TUTKIMUKSIA

VIEMÄRIEN KUNTOON VAIKUTTAVISTA SEIKOISTA

P. KOKKONEN

HELSINKI 1923

HELSINKI 1923,
SUOMAL. KIRJALL. SEURAN KIRJAPAINON OSAKEYHTIÖ

Sisällysluettelo.

Siv.

Johdanto 1
Katsaus alaa koskevaan kirjallisuuteen 5
Havaintopaikat 13
Viemärejä pienentävät ilmiöt 23
I Tukkiva aines kotoisin samalta kohdalta 24
1. Murtumiset 24
2. Repeytymät 39
3. Kohoutumat 97
4. Pullistumat 104
II. Tukkiva aines muualta kulkeutunutta 109
Viemärejä suurentavat ilmiöt l. syövytysilmiöt 113
Muita viemärien kuntoon vaikuttavia tekijöitä 136
I. Painuminen ojitetuilla soilla 136
II. Routimisilmiöt 142
1. Roudan esiintyminen viemärin luiskilla 142
2. Roudan sulamisesta johtuvat muutokset viemärin luiskilla 152
III. Karjan vaikutus 159
IV. Kasvillisuuden vaikutus 165
Viemärien kuntoon vaikuttavat tekijät ja viemärien ikä 177
Piirroksien selityksiä 181
Referat 185

Alkulause.

Jo v. 1916 ollessaan metsäharjottelutöissä Korkeakosken hoitoalueella ryhtyi allekirjottanut tutkimaan viemärien ja ojien kuntoon vaikuttavia seikkoja. Sittemmin tutkimukset jatkuivat kohdistuen vanhoihin ja uusiin sekä työn alla oleviin viemäreihin ja ojiin ympäri maan etelä-osaa.

Uusiin viemäreihin on voitu tutustua vain siinä määrässä, kuin on ollut kaivutyömaita Maataloushallituksen alaisissa maanviljelysinsinööripiireissä. Sen lisäksi on tekijä ollut tilaisuudessa tutkimaan muitakin kuivatustyömaita.

Aineiston keräys on kehittynyt työn kuluessa suuresti siitä syystä, että alussa ei juuri ollut tietoa viemärien kuntoon vaikuttavista tekijöistä, joten ne olivat tutkimusten aikana aivan alusta lähtien selvitettävät. Tämä on syynä aineistossa jossakin määrässä havaittavaan hajanaisuuteen.

Tutkimuksen kuluessa olen saanut avustusta useilta tahoilta. Ensiksi on kiitollisuudella mainittava opettajani, professori Gösta Grotenfelt-vainajan lämmin ja aulis mielenkiinto ja harrastus tutkimukseeni. Erityisesti olen opettajaltani, ylijohtaja, professori A. K. Cajanderilta saanut varsinkin tutkimukseni loppuaikana arvokkaita neuvoja ja herätteitä; samoin ovat professori J. Valmari ja Metsätieteellisen Koelaitoksen v. t. professori V. T. Aaltonen antaneet auliisti minulle monta korvaamatonta neuvoa erittäinkin käytännöllisten vaikeuksien voittamiseksi. Professori K. Linkola ja fil. maist. J. Keränen ovat edistäneet työtäni arvokkailla, edellinen kasvillisuutta ja jälkimmäinen routimista koskevilla tiedoilla. Lisäksi ovat fil. tohtorit, dosentit B. Aarnio ja Väinö Auer sekä Matti Sauramo antaneet maalajeja sekä fil. tohtori O. J. Lukkala metsäojituksia koskevia tietoja.

Edellisen lisäksi ovat minua vielä ammattitoverini auttaneet aineiston keräyksessä. Erityisesti tadon tässä suhteessa mainita yliinsinööri M. G. v. ESSENin, maanviljelysinsinöörit I. E. v. FIEANDTin, A. H. SCHRODERUKSEN ja P. V. NUUTILAN, joista viimeksi mainittu on lisäksi suorittanut useimmat vedennopeuslaskelmat.

Fil. maist. SIMO LILJA on auttanut minua korjausluvussa ja fil. maist. E. A. SAARIMAALTA olen saanut neuvoja kielellisessä suhteessa.

Kaikille mainituille henkilöille ja muille, jotka julkaisuani ovat jollakin tavalla auttaneet, lausun hartaimmat kiitokseni.

Puheenaolevaa työtä varten olen saanut Suomen Metsätieteelliseltä Seuralta apurahan ja myös Maataloushallitus on auttanut aineiston keräyksessä määräämällä minut toimittamaan lukuisia kunnossapitotarkastuksia eri puolilla maata. Kaikesta tästä olen mainitulle Seuralle ja sanotulle Hallitukselle kiitollinen.

Helsingissä, lokakuussa 1923.

TEKIJÄ.

Johdanto.

Kuten tunnettua tarvitsevat kasvien juuret happea. Samanaikainen veden ja hapen otto tapahtuu parhaiten maassa, jossa pohjavesi on sopivan alhaalla, koska silloin maassa on runsaasti kosteutta (huokoisvettä) ja ilmaa. Toiselta puolen menestyvät kumminkin useat kasvit pohjavedessäkin, jos se on liikkeessä ja ravintorikasta. Kulttuurikasvit eivät kumminkaan siedä liiallista kosteutta, vaikka niistäkin muutamat menestyvät paremmin matalasti kuivatetussa maassa. Ruis esim. menestyy parhaiten kuivatussyvyyden ollessa 0.9—1.2 m, kaura 0.7—0.9 m, heinä 0.5—0.6 m j. n. e.[1]. Toistaiseksi ei ole varmaa tietoa siitä, miten syvän kuivatuksen mikin puulaji vaatii. Metsänkasvulle pidetään tosin 0.4—0.6 m kuivatusta riittävänä, mutta havainnot osottavat kuitenkin, että suurempi kuivatussyvyys on eduksi varsinkin matalampimutaisilla soilla. Kun pohjavesi kohoaa määrättyä syvyyttä ylemmäksi, rupeavat niin viljelys- kuin muutkin kasvit kärsimään kosteudesta, ja maa muuttuu vesiperäiseksi. Viljelysmailla vesiperäisyys aiheuttaa sadon alenemisen, kosteutta rakastavien rikkaruohojen suuren lisääntymisen sekä vaikeuttaa ja toisinaan kokonaan estää (tulvien aikana) maan muokkaamisen ja kylvön. Metsämailla liiallinen kosteus ilmenee m. m. puiden pituus- ja paksuuskasvun pienenemisessä, neulasten lyhenemisessä (etenkin männyn) ja niiden värin muuttumisessa tumman vihreästä likaisen harmaanvihreäksi sekä puun runsaassa naavottumisessa.

[1] Vert. GEORG SCHEWIOR, Die Bodenmelioration. II Teil. Leipzig 1910. Siv. 5 — E. KRÜGER, Kulturtechnischer Wasserbau. Handbibliothek für Bauingenieure. III. Teil. Wasserbau. 7. Band. Berlin 1921. Siv. 88 ja 252. — PAUL GERHARDT, Kulturtechnik, 5 neubearbeitete Aufl. Kulturtechnische Bücherei. Berlin 1922. Siv. 20.

Pohjaveden kohoamisen tähden, tapahtuipa se sitten mistä syystä tahansa, on maassamme syntynyt laajoja vesiperäisiä maita. Näistä muodostavat suurimman ryhmän suot, jotka ovat syntyneet pääasiassa kangasmaiden soistumisesta, osittain lukuisien järvien umpeen kasvamisesta [1]. Toisen valtavan ryhmän vesiperäisiä maita muodostavat »luonnonniityt», joista osa on luonnostaan tulvamaita, osa enimmäkseen turvemaista raivattuja niittyjä. Tämän lisäksi on vielä vesiperäisiä peltoja, todennäköisesti kumminkin jotenkin vähän verrattuna kahteen edelliseen ryhmään.

Suomi on suhteellisesti maailman suorikkain maa. Kokonaista 27.5 % maan koko pinta-alasta on suota.

Seuraava taulukko osottaa rahka- ja mutasoiden jakautumista läänittäin [2]:

Lääni	Mutasoita km²	Rahkasoita km²	Yhteensä soita km²	Soita % koko pinta-alasta
Uudenmaan lääni	354	370	724	6.5
Turun ja Porin lääni	662	2458	3120	13.5
Hämeen »	1213	1237	2450	13.6
Viipurin »	4258	4436	8694	27.7
Mikkelin »	3145	1174	4319	25.0
Kuopion »	6314	6796	13110	36.7
Vaasan »	3743	11408	15151	39.6
Oulun »	16761	37899	54660	34.8
Koko maa	36450	65778	102228	30.8

[1] Vert. A. K. CAJANDER, Maamme soista ja niiden metsätaloudellisesta merkityksestä. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja. XXIII. (1906). Siv. 1—72. — Sama, Studien über die Moore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 2 (1913). — A. L. BACKMAN, Torvmarkernas uppkomst i Korpikylä Kronopark av Rajajoki revier (esitelmän selostus). Acta Forestalia Fennica 7 (1917). Siv. 60—62. — Sama, Torvmarksundersökningar i mellersta Österbotten. Acta Forestalia Fennica 12 (1919).

[2] E. A. MALM, Suomen soiden pinta-ala. Suomen Suoviljelysyhdistyksen Vuosikirja 1903. Ensim. vihko. Siv. 102.

»Luonnonniittyjä» on paljon vähemmän, vain 580,104 ha [1], joka tekee 1.7 % maan pinta-alasta ja näistäkin on luultavasti sangen huomattava osa n. s. rinneniittyjä, joita ei voida lukea vesiperäisiksi maiksi, mutta joita tilasto ei ole erottanut. Kaikkiaan on siis vesiperäisiä maita, kosteita peltoja lukuunottamatta:

		% koko maan maapinta-alasta
Soita	10,222,800 ha	30.8
Niittyjä	580,104 »	1.7
Yhteensä	10,802,904 ha	32.5 %

Edellä mainituista soista omistaa valtio valtionpuistoissa sekä yhteis- ja liikamaissa y. m. 5,491,000 ha eli 45 % koko valtion maiden (12,103,000 ha) pinta-alasta [2] ja puolet koko valtakunnan suomaista. Tästä määrästä on metsähallinnon suonkuivaustöiden yhteydessä laaditun tilaston mukaan ojituskelpoista n. 1,909,000 ha eli 35 % soiden koko pinta-alasta [3].

Kuinka suuret alat vesiperäisiä maita tähän asti on kuivatettu, siitä ei ole tarkkaa tietoa, sillä tilastot niistäkin soista, joita valtion toimesta ja sen avulla on kuivatettu, ovat vaillinaiset. PALMÉNin mukaan kuivatettiin valtion avustuksella vv. 1821—1900 välisellä ajalla vesiperäisiä maita jotenkin varmasti n. 110,000 ha, mahdollisesti 143,000 ha [4]. Maataloushallituksen toimesta on vv. 1907—21 kuivatettu kysymyksessä olevan hallituksen tietojen mukaan 66,144 ha suota. Metsähallituksen toimesta on sen hoidossa olevia vesiperäisiä maita kuivatettu v:een 1921 29,685 ha [5].

Tämän lisäksi ovat vielä yksityiset ja yhtiöt kuivattaneet lukuisia suoalueita. Etenkin viime vuosina on suuria vesiperäisiä alueita yksi-

[1] Suomen virallinen tilasto. III. Maatalous. 17. Maataloustiedustelu Suomessa 1920. Maanviljelys ja karjanhoito 1920. Siv. 3.

[2] Metsätilasto 1914. Siv. 75—76.

[3] Vert. S. E. MULTAMÄKI, Suomen soista ja niiden metsittämisestä. Acta Forestalia Fennica 16 (1920). Siv. 68.

[4] L. ILMARI PALMÉN, Suonkuivaustyöt Suomessa XIX vuosisadalla. Suomen Suoviljelysyhdistyksen Vuosikirja 1903. Kolmas vihko. Siv. 249.

[5] Metsähallituksesta, tri O. J. LUKKALAn hyväntahtoisesti antamien tietojen mukaan.

tyisten toimesta ojitettu. Seuraava taulukko osottaa Uudenmaan ja Hämeen lääneissä vv. 1918—20 maanviljelysinsinöörien toimittamat tutkimukset, joissa osakkaat ilman valtion apua suorittivat ojitustyöt [1]:

Vuosi	Toimitusten luku	Viemärin pituus km	Osakkaita	Kuivatusalueen pinta-ala ha
1918	4	16	55	279
1919	6	12	46	142
1920	3	4	14	90

Edellisten tietojen mukaan voitanee arvioida kaikkiaan kuivatetuksi n. 320,000 ha. Tällöin on yksityisten (ilman valtion apua) alotteestä kuivatut maat arvioitu n. 50 à 70,000 ha:ksi. Näin ollen olisi nyt kuivattu kaikkiaan n. 2.6 % kaikista vesiperäisistä maista. Kaivettujen viemärien pituus lienee 10,000—15,000 km välillä.

On ilmeistä, että tällä työllä on suuri taloudellinen merkitys.

Erittäin tärkeätä on myös kuivatustekniikan kehittäminen. Suomessa ei ole tähän puoleen riittävästi kiinnitetty huomiota, vaan on ylipäänsä hyväksytty ulkomailla käytetyt opit ja menetelmät, vaikka ne eivät Suomen erilaisissa oloissa soveltuisikaan. Mainittakoon vain aikaisimmin kuivatetuilla soilla käytetyt viemäriverkot, joissa viemärit olivat toisiaan vastaan kohtisuorassa tai olivat yhdensuuntaiset riippumatta turvekerrosten vahvuudesta ja pohjamaan korkeussuhteista. Lisäksi mainittakoon, että vetelille nevoille on suunniteltu aivan liian matalia viemäreitä, joissa tapauksissa ne ovat suon painumisen johdosta melkein hävinneet, koska ei ole ollut läheskään tarkkaa tietoa erilaisten turvekerrosten painumisesta. Toisissa tapauksissa on vesi syönyt viemärin tavattoman suureksi, aiheuttaen vaurioita viemärin sivussa ja alempana oleville maille. Moni kuivatustyö ei sen takia ole tuottanut sitä hyötyä, mikä siitä olisi voinut olla, jos olisi voitu välttää mainitunlaisia haittoja.

Avo-ojituksessa, jolla meillä viljelysmaat pääasiallisesti ja vesiperäi-

[1] Tiedot I:sen piirin maanviljelysinsinöörin konttorista.

set metsämaat melkein kokonaan kuivatetaan [1], muodostavat ojaverkon viemäri, apu- eli sivuviemäri, johto-ojat, niskaojat ja sarkaojat.

Tärkeimmät ovat viemärit ja apuviemärit (joskus niitä nimitetään nimillä valtaoja, valtaviemäri, kanava, valtakanava), sillä niistä useimmissa tapauksissa riippuu kuivatuksen teho. Sen takia on ojituksessa syytä kiinnittää varsinkin niihin erikoista huomiota.

Tämä tutkielma kohdistuu pääasiassa viemärien kunnossapysymiseen, siihen vaikuttaviin tärkeimpiin ilmiöihin, vähemmässä määrässä johto- ja sarkaojiin. Viimemainitut ojat ovat yleensä pieniä ja verrattomasti pienempiä kuin viemärit, joten niissä ojan seinämiin vaikuttavien voimien merkityskin on viemäreihin verrattuna vähäinen. Viemäreihin on vielä luettu joet, joita on perattu maan kuivattamista varten.

Käsiteltäessä viemärien kuntoon vaikuttavia seikkoja on tutkimuksen pohjaksi otettu pääasiassa *kuivatusteknilliset näkökohdat.* Aluksi esitetään *katsaus alaa koskevaan kirjallisuuteen* ja sen jälkeen selostetaan tärkeimmät *havaintopaikat.* Viemärien kuntoon vaikuttavat tekijät on jaettu ensinnäkin kahteen ryhmään: *viemäreitä pienentäviin* ja *niitä suurentaviin ilmiöihin.* Kolmannessa ryhmässä käsitellään muutamia erikoisia viemärien kunnossapysymiseen vaikuttavia tekijöitä ja lopuksi tarkastellaan eri ilmiöitten ja viemärien iän välistä suhdeatt.

Katsaus alaa koskevaan kirjallisuuteen.

Kuivatusalueen läpi kulkevan viemärin tai sitä halkovien viemärien kunnossapysyminen on tärkein edellytys riittävän kuivatuksen ylläpitämiselle alueella. Viemärien tehokas kunnossapitäminen luonnollisesti vaatisi, että tunnettaisiin kaikki seikat, jotka vaikuttavat jollakin tavalla viemärien kuntoon. Vaikka, kuten yleisesti tunnetaan, jo van-

[1] Suomen virallinen tilasto. III. Maatalous. 17. j. n. e. mukaan on salaojitettu peltoala 1.4 % kaikista pelloista.

halla ajalla on toimeenpantu vesiperäisten maiden kuivattamisia[1], ei kuitenkaan ole mitään varsinaisia tutkimuksia tavattavissa tältä alalta.

Sen sijaan tavataan yksityisiä tutkimuksia, jotka tosin ovat tehdyt aivan toisenlaisissa tilaisuuksissa, mutta joissa kuitenkin esiintyvät samat ilmiöt, jotka tavataan viemärien kuntoon vaikuttavien ilmiöitten yhteydessä. Tällaisista on ennen muita mainittava maansiirtymistutkimukset.

Vanhimpana näistä on mainittava REUSCHin tutkimus Vaerdalinlaaksossa Norjassa toukokuun 18 ja 19 päivien välisenä yönä v. 1893 sattuneesta suuresta maansiirtymästä, jossa kuoli 111 ihmistä ja siirtyi 55 milj. m³ maata peittäen 8.5 km² laajuisen maa-alan ja muodostaen 3.2 km² laajuisen järven patoamalla joen[2]. Näin tuhoisan maanrepeytymän syynä pitää REUSCH erittäin vetelän saven esiintymistä, vaikkakin varsinaisena syynä oli hänen mielestään pieni puro nimeltä Follobaekken, joka syövytyksen kautta aiheutti maanrepeytymän[3].

Samalla esittää REUSCH useita muita repeytymiä Vaerdalen varrelta ja suuria syövytysilmiöitä, joissa etenkin korkeat pystysuorat saviseinät herättävät mielenkiintoa[4]. Erikoisesti on mainittava tutkimus maansiirtymästä Stjørdalenissa Trondhjemista kaakkoon. Maansiirtymä sattui elokuun 16 päivänä v. 1893. Repeämän syynä pitää REUSCH vetelää savea, joka luultavasti pitkän ajan on ollut luisumaisillaan ja viimein joutui liikkeeseen vieden mukanaan suuren määrän kiinteämpää savea[5].

Ruotsissa on usein sattunut maanrepeämiä, joista useita on tutkittu. Vanhimpana on mainittava WESTERGÅRDin tutkimus maanrepeämästä Saltkällan luona Bohuslänissä v. 1905[6]. Ennen repeämää oli maan-

[1] Esim. Pontiniset suot Latium maakunnassa Italiassa kuivattiin n. 289 e. Kr. (vert. ADOLF FRIEDRICH, Kulturtechnischer Wasserbau. Erster Band. Dritte erweiterte Aufl. Berlin 1912 Siv. 5).

[2] HANS REUSCH, Nogre optegnelser fra Vaerdalen, Norges Geologiske Undersögelse N:o 32. Aarbog for 1900. (Vert. alempana WESTERGÅRD j. n. e. siv. 8.)

[3] Sama — siv. 6.

[4] Sama — siv. 20—30.

[5] Sama — siv. 44.

[6] A. H. WESTERGÅRD, Om jordskredet vid Saltkällan i Bohuslän. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 225.

pinnan kaltevuus ollut 1 : 8.5. Repeämän syynä pitää WESTERGÅRD erityisen vetelää savea ja luisumille suotuisia vuoriperän korkosuhteita[1]. Saven vettyminen oli ollut seuraus seutukunnalla ennen repeämistä sattuneista runsaista sateista[2].

Bohuslänissä Smedbergin luona elokuun 23 päivänä v. 1911 tapahtui maanrepeämä, jota v. POST on tutkinut[3]. Repeämän laajuus oli 4.55 ha. Tämän alueen jakoi rautatie kahteen osaan. Siirtyneen saviaineksen määrän arvioi v. POST 125,000 m³. Saven kosteus eri maakerroksissa on huomattava.

Syvyys m maanpinnasta repeämän jälkeen	Absoluuttinen vesipitoisuus näytettä otettaessa
1	13.2
2	57.0
3	84.2
4	71.2
5	67.5
6	68.3
7	73.3
8	68.6
9	65.4

Maanpinta oli ennen repeämää huomattavan kalteva vaihdellen 1 : 15—1 : 60 ja sitäpaitsi savialueen länsipuoliskolla kulki pieni puro, joka oli 13 à 14 m saven pinnan alapuolella. Tämä maan kaltevuus on v. Postin mielestä, vaikka se näyttääkin jotenkin vaarattomalta, toinen tekijä, joka on aiheuttanut repeämän. Toisena syynä pitää v. POST saven suurta kutistuvaisuutta, joka aiheutti halkeamia päällimäisessä savikerroksessa. Viivakutistuvaisuus oli ATTERBERGin tutkimuksen mukaan 10 %.

Myöhemmistä tutkimuksista on mainittava FRÖDINin »Jordskreden och markförskjutningarna i Göta älvs dalgång mellan Trollhättan och

[1] A. H. WESTERGÅRD, edellä mainittu julkaisu. Siv. 6.

[2] Sama — siv. 7.

[3] LENNART VON POST, Jordskredet vid Smedberg i Bohuslän. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 244.

Lilla Edet», jossa käsitellään repeämiä morfologisina tekijöinä. Repeämien syistä sanoo FRÖDIN: »Irrallisten kerrostumain reliefimuodot riippuvat lähinnä maanalaisen veden vaikutuksesta ja tästä johtuvat erilaiset maansiirtymät»[1]. FRÖDIN erottaa useita repeämämuotoja, joista mainittakoon: »ravinerna» l. kuivat laaksot, erosiorepeämät ja vieremät sekä maljarepeämät (skålskred).

Maansiirtymistutkimuksista Ruotsissa on vihdoin mainittava valtion rautateiden geoteknillisen kommissionin julkaisema suuri »Slutbetänkande»[2], joka sisältää kommissionin 8-vuotisen työn tulokset. Tutkimusten tulokset, perustuen pitkäaikaisiin ja perinpohjaisiin havaintoihin, ovat erittäin mielenkiintoisia, ja siksi lienee syytä selostaa niitä hiukan täydellisemmin.

Kommissioni esittää aluksi maassa tapahtuvat dynamiset ilmiöt yleisesti.

Löyhissä maissa tapahtuva maan liike on kahdenlaista, nim. maanpuristumista (marksammanpressning) ja maansiirtymistä (markförskjutning). Maanpuristumistutkimuksissa tehdyt graafiset esitykset antavat selvän käsityksen maan koossapysyväisyydestä eri syvyyksillä[3]. Niistä nähdään, että maan pintakerros on moninverroin koossapysyvämpää kuin sen alla olevat.

Sitten selvitellään maansiirtymisteoriaa. Maansiirtymillä ymmärtää kommissioni »sådan deformation inom jordlagren, vilken förorsakas

[1] GUSTAF FRÖDIN, Jordskreden och markförskjutningarna i Göta älvs dalgång o. s v. Meddel. från Kungl. Vattenfallsstyrelsen N:o 19 (1919). Siv. 18.

[2] Statens järnvägars geotekniska kommission 1914—22. Slutbetänkande avgivet till Kungl. Järnvägsstyrelsen. Statens Järnvägar. Geotekniska Meddel. 2. Stockholm 1922.

Kommissioni asetettiin joulukuun 29 p:nä v. 1913 ja annettiin sille tehtäväksi, »dels att geologiskt undersöka av Kungl. Styrelsen närmare angivna statsbanelinjer samt angiva, huruvida å dessa linjer rubbningar av banvallar till följd av jordskred eller dylikt kunde vara att befara, dels att, om detta vore fallet, inkomma med förslag till de åtgärder, som ansåges böra vidtagas för järnvägens säkerställande mot sådana rubbningar av banvallen». Kommissioniin kuuluivat: prof. G. DE GEER, rakennuspäällikkö F. BLIDBERG, prof. W. FELLENIUS ja valtiongeologi L. v. POST sekä sihteerinä toimistoins. JOHN OLSSON ja apulaissihteerinä fil. lis. R. LIDÉN.

[3] Edellä mainittu »Slutbetänkande» j. n. e. Siv. 10 ja 11.

därav, att de sammanhållande krafterna inom jordmassan i vissa delar av denna övervinnas».

Tämän jälkeen selitetään hankauksen esiintymistä.

Kohesio on vetelässä savessa ainoana vastustavana voimana, sillä hankaus on aivan pieni. Sen mukaan, mikä näistä maan koossapitävistä voimista on määräävänä, erotetaan hankaus- ja kohesiomaalajeja. Hankausmaalajeihin kuuluu esim. sora, hiekka ja löyhä moreenisora; kohesiomaalajeja taas ovat vetelä savi, lieju ja turve.

Hankausmaissa maansiirtymä saa vieremän (ras) luonteen ja kohesiomaissa taas repeämän (skred) luonteen.

Maan vakavuusehdot ovat niin hyvin sisäisiä kuin ulkoisia.

Mainittujen maan ulkoisten ja sisäisten vakavuusehtojen huononeminen on aina maansiirtymien lähin syy, aihe. Ulkoisien vakavuusehtojen aiheuttamaa syytä kutsuu kommissioni statisdynamiseksi ja sisäisten taas konsistensista aiheutuvaksi.

Syyt luokittelee kommissioni seuraavasti:

A. Statisdynamiset syyt
   1) Aktiivisen kuormituksen suureneminen
   2) Passiivisen kuormituksen tai vastapainon pieneneminen

B. Konsistensisyyt
   1) Hankauksen pieneneminen
   2) Koossapysyväisyyden pieneneminen

Kuitenkin huomautetaan, että näitten syitten yhdistelmiäkin voi esiintyä.

Itse maansiirtymiä sellaisinaan ei syiden nojalla voida kommissionin mukaan luokitella.

Pääominaisuuksiinsa nähden jakaa kommissioni maansiirtymät vieremiin ja repeämiin.

Sen jälkeen selostetaan lähemmin etupäässä repeämiä ja niiden alkusyiden (element) keskinäistä suhdetta.

Maanrepeämisen hahmotteluun (utgestaltning) ja kulkuun (förlopp) vaikuttavat niin hyvin maa-ainesten ominaisuudet kuin topograafiset

olosuhteet. Maanrepeämän alku riippuu näistä tekijöistä ja repeämän edelleen kehitys samoin. Repeämän jatkuvan kehityksen mukaan on erotettu kaksi tyyppiä, nim.:

1) Repeämä kehittyy pääasiallisesti siirtyvien massojen liikesuuntaan.

2) Repeämä kehittyy pääasiallisesti vastakkaiseen suuntaan kuin maamassat liikkuvat.

Itse maansiirtymien luokittelussa on kommissionilla kaksi ryhmää: vieremä (ras) ja repeämä (skred). Tämän lisäksi on maansiirtymät, ottaen huomioon jatkuva repeämistapa, jaettu yksinkertaisiin ja yhdistettyihin, jotka viimeksi mainitut repeämät laajenemissuunnan mukaan on jaettu kahteen alaryhmään.

Paitsi repeämän muodon perusteella, jaottelee kommissioni maansiirtymät myös syiden mukaan, joten esim. erosion aiheuttamaa kutsutaan erosiovieremäksi.

Kommissioni esittää lopputuloksena seuraavan maansiirtymien luokittamiskaavan:

»Huvudindelning på basis av markförskjutningens inre karaktär
- I Ras
- II Skred

Underindelningar:
- A. Statisk-dynamisk anledning
  - a) Ökning av den aktiva belastningen
  - b) Minskning av mottrycket

I avseende å anledningarna:
- B. Konsistensanledning
  - a) Minskning av friktionen
  - b) Minskning av kohesionen

I avseende å förloppet:
1. Enkel markförskjutning
2. Sammansatt markförskjutning
   - a) Framåtgripande
   - b) Bakåtgripande»

Ja lopuksi kommissioni huomauttaa:

»Ett visst skred innehåller, särskilt vad förloppet beträffar, vanligen

flera av de i ovanstående schema som alternativa betecknade momenten. Det blir de dominerande av dessa moment, som bestämma skredets typ».

Suomessa on aikojen kuluessa sattunut lukuisia maanrepeämiä, joita on verraten niukasti käsitelty kirjallisuudessa [1], varsinkin geologiselta kannalta. Halikossa Vesilänkylässä tapahtui toukokuussa v. 1919 suuri maanrepeämä, jonka ala oli n. 7 ha. Tästä repeämästä on HELLAAKOSKI julaissut pienen tutkimuksen [2], jossa selostetaan repeämien liikettä ja niiden syitä yleensä. Repeämien liikkeen mukaan erottaa HELLAAKOSKI kolme astetta: aste 1, vähäinen painuminen maanpinnassa, aste 2, maanpintaan ilmestyy halkeamia ja aste 3, aiheuttaa joen patoutumisen. Mitä syihin tulee, sanoo hän: »die Erdschlipfe sind alsdann Trocknungsprozesse des Tones» [3].

Vielä on mainittava maanpainekirjallisuus, mikäli se koskee käsiteltävää alaa.

Vanhemmassa kirjallisuudessa maanpaineteoria perustuu pääasiallisesti oletuksiin. Niinpä COULOMB [4], maanpaineteorian perustaja, otaksuu luisumispinnan tasoksi, jolle otaksumalle hän luo koko teoriansa. Myöhemmät maanpainetta käsitelleet tutkijat, kuten CULMANN [5], REBHANN [6], WINKLER [7], WITTMANN [8], WEYRAUCH [9], MÜLLER-BRESLAU [10] y. m. omaksuvat myös edellä olevan oletuksen. Myöhemmistä maanpaineen

---

[1] Z. TOPELIUS, Finland, framställdt i teckningar (Text). Helsingfors 1845. Siv. 109. — K. E. F. IGNATIUS, Suomen maantiede. Helsinki 1890. Siv. 172—175.

[2] AARO HELLAAKOSKI, Erdschlipfe in Südwest-Finnland. Fennia 41 (1920).

[3] Sama — siv. 10.

[4] COULOMB, Essai Sur une application des règles de Maximis & Minimis à quelques Problèmes de Statique, relatifs à l'Architecture. Mém. de mathématique et de physique présentés à l'Acad. Royale des Sciences, par divers Savans, & lûs dans ses Assemblées. Année 1773. Paris (1776). Siv. 343—382.

[5] K. CULMANN, Die graphische Statik, Zürich 1866.

[6] GEORG REBHANN, Theorie des Erddruckes und der Futtermauern. Wien 1871.

[7] E. WINKLER, Neue Theorie des Erddruckes. Wien 1872.

[8] W. WITTMANN, Beitrag zur Theorie des Erddruckes. München 1877.

[9] JAKOB J. WEYRAUCH, Theorie des Erddruckes. Wien 1881.

[10] HEINRICH MÜLLER-BRESLAU, Erddruck auf Stützmauern. Stuttgart 1906.

tutkijoista, jotka käsittelevät myös kaarevia luisumispintoja, ovat mainittavat PRELINI[1] ja RÉSAL[2]. Etenkin viimeksi mainittu käsittelee luisumisia teoreettisesti[3], saaden tulokseksi, että luisumisvaara on sitä suurempi,

mitä pienempi on maan koossapysyväisyys luisumispinnan luona,

mitä suuremmat ovat luisumispinnan keskimääräinen kaltevuus ja vastaava pituus,

mitä suurempi on yläpuolisen maan tiheys (paino), ja pienempi sen koossapysyväisyys ja lopuksi,

mitä suurempi on luhistumakappaleen keskimääräinen vahvuus ja mitä pienempi on minimivahvuus kerroksessa, joka repeytymisviivan on leikattava.

Vielä lienee syytä mainita havainnoista, joita on tehty etenkin satamarakennuksilla sattuneiden vajoamisien yhteydessä. Ruotsissa on näistä kirjotettu verraten vilkkaasti. Tässä mainittakoon vain HULTINin ehdotus (v. 1915), että luisumispinta maanpainelaskuissa otettaisiin sylinterin pinnaksi maanluisumien estämiseksi[4]. Myös WESTERBERG on käsitellyt maanpainetta teoreettisesti[5], nähtävästi tuntematta RÉSALin aikaisemmin mainittua teosta.

Mitä oman maan kirjallisuuteen tulee tutkimusalalla, rajottuu se muutamaan yleistajuiseen kirjotelmaan[6].

---

[1] CHARLES PRELINI, Graphical determination of Earth Slopes, Retaining Walls and Dams. London 1908.

[2] JEAN RÉSAL, Poussée des terres. Paris 1910.

[3] Sama — siv. 116.

[4] SVEN HULTIN, Grusfyllningar för Kajbyggnader. Tekn. Tidskrift. Veckouppl. 1916. Siv. 292—294.

[5] NILS WESTERBERG, Jordtryck i kohesionära jordarter. Tekn. Tidskrift. Väg- och Vattenbyggnadskonst. 1921. Siv. 25—29; 49—58 ja 61—66.

[6] Esim. ANTTI TANTTU, Metsäojituksesta. Tapio 1913. Siv. 1—8 ja 39—45. — P. KOKKONEN, Jyrkästi viettävien korpien ojittamisesta. Tapio 1917. Siv. 317—326.

Havaintopaikat.

Seuraavassa selostetaan tärkeimmät havaintopaikat ja kuvataan niiden yleistä luontoa.

1. Korkeakosken hoitoalue Juupajoen ja Ruoveden pitäjissä. (Havainnot tehty v. 1916.) Tutkittu useita kuivattuja soita Hyytiälän maalla, missä suot ovat etupäässä korpia ja rämeitä, samoin Siikanevan reunoilla nevaa kiertäviä ojitettuja korpia, rämeitä ja nevan rantoja.

Pohjamaana on täällä kaikkialla hiekka[1], vain osittain moreenihiekka. Paikoin, etenkin soiden välisillä kannaksilla, joiden läpi kuivatusviemäri putouksen lisäämiseksi on usein viety, on pohjamaana sora, kivikko ja välistä louhikko tai kallio. Turve on yleensä korpi- ja osittain rämemailla hyvälaatuista korpiturvetta, Siikanevalla valkosammalturvetta; siellä täällä tavataan muitakin turvelajeja, kuten niittyvillaturvetta y. m.

Putoussuhteet ovat yleensä hyvät[2]. Lukuunottamatta Siikanevaa muodostavat suot täällä yleensä eri korkeuksilla olevia pienenpuoleisia, kapeilla, jyrkillä notkosoilla yhdistettyjä soita (karjal. suoyhtymä).

Tutkittujen soiden pinta-ala on noin 750 ha, viemärien pituus 28 km. Ojitukset on toimitettu vv. 1910—16. Viemärien muoto on yleensä kaikkialla: pohjaleveys 0.3 m ja laitojen kaltevuus 1 : 0.6.

2. Äijänneva Virtain pitäjässä. (Havainnot tehty vv. 1918—19.) Noin 1,000 ha laaja neva-, korpi- ja rämealue, jolla on joku kangassaari tai -niemi siellä täällä. Nevan omistaa valtio, vain reunamailla olevat alueet ovat yksityisten hallussa.

---

[1] Maalajien luokituksessa on noudatettu Suomen Geologisen Toimiston käyttämää tapaa, samaa kuin esim. Agrogeologisissa Kartoissa. Ainoastaan turvemaalajeihin nähden on tehty poikkeus. Turpeita on erotettu: *Sphagnum*-, sara-, niittyvilla-, karhunsammal- ja korpiturpeet sekä luonnollisesti sekotuksia näistä.

[2] Putous- ja kaltevuussuhteet on arvosteltu alueitten kuivatusmahdollisuutta silmällä pitäen.

Äijänneva on vedenjakajasoita. Suurin osa kallistuu etelään päin, Kokemäenjoen vesistöön, pienempi osa Kyrönjoen sadealueeseen.

TANTUN mukaan on suon keskiosa ollut »kalvakkanevaa», jossa paikotellen on ollut *Menyanthes trifoliata*-rikkaita *Carex limosa*-rimpiä [1]. Reunasuot ovat mustikka- ja muurainrämeitä, joilla kasvaa verraten hyvää mäntymetsää.

Turpeen syvyys vaihtelee nevaosassa suota 1.0—4.5 m, rämeillä vain 0.4—1.0 m. Turpeen muodostavat TANTUN mukaan *Sphagnum-*, *Eriophorum-* ja *Scirpus caespitosus*-jätteet. Suurella alueella tavataan lisäksi sara-*Sphagnum-*, saraniittyvilla- ja niittyvilla-*Sphagnum*-turvetta. Pohjamaana on hietasavi; kuitenkin tapaa siellä täällä luotoja, joissa on runsaasti kiviä. Reunakorpien ja rämeiden pohjamaa on yleensä moreenihiekkaa.

Äijännevan halki kaivettiin v. 1856 1.6 km pitkä kanava, ja sen vaikutuksesta syntyi keskelle suota noin 1 ha suuruinen männikkö, jonka ikä nyt on n. 58 vuotta. Turpeen vahvuus tällä kohdalla on n. 3 m. Vv. 1897—1900 kaivettiin ja puhdistettiin suolla n. 18 km viemäriä ja niskaojaa valtion maalle ja muutamia km yksityisten maalle. Sivuviemärit leikkaavat pääsuolla valtaviemärin kohtisuorasti aina 400 m päässä, valtaviemärin suuntaiset ja siitä 400 m päässä olevat apuviemärit jakavat suon 16 ha suuruisiin neliöihin. Apuviemärin suuntainen niskaoja erottaa suon kangasmaista. Työ tuli maksamaan 47,618 mk. 12 p.

Kuivatus aiheutti suolla suuren painumisen. Etenkin ojan reunat ovat painuneet tuntuvasti. Kuivatus vaikutti myös turpeen lahoamiseen edistävästi. Aivan viemärien luiskilla ei ole huomattavissa sanottavaa lahoamista, vaan ainoastaan turpeen mustumista ja kovettumista.

3. Parkanon metsäojitusalueet Nerkoon hoitoalueella (havainnot tehty vv. 1919—20) käsittävät Laivanevan, Kotkannevan, Mustanlamminnevan ja Kiimanevan ynnä näiden soiden ympärillä olevia lukuisia pikkusoita ja sijaitsevat Parkanon kirkolta noin 4 km päässä Kuruun menevän maantien kahden puolen. Kuivatussuunnitelman on laatinut suonkuivausmetsänhoitaja, maist. I. ROKIO. Alaltaan on koko tutkittu alue n. 600 ha ja sille on kaivettu n. 30 km viemäriä ja muuta kuivatusojaa. Työ on suoritettu vv. 1908—15.

Alue käsittää enimmäkseen mäntyä kasvavia rämeitä, joiden välille suuremmille soille on muodostunut aukeita, laadultaan vaihtelevia nevoja. Turve on yleensä niittyvillan- y. m. sekaista saraturvetta, paikoin on melko puhtaita niittyvillaturvekerroksia hyvin lahonneen saraturpeen

[1] ANTTI TANTTU, Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä. Acta Forestalia Fennica 5 (1915). Siv. 178.

päällä. Turvekerrostumain vahvuus vaihtelee paljon alkaen 0.2 m soistuvilla kankailla, päättyen 4 m nevoilla.

Pohjamaa on pääasiallisesti hiekkaa tai moreenihiekkaa; jossakin syvimmässä notkossa tavataan hietaa. Kankaat ovat yleensä kivisenpuoleista moreenia.

Kaltevuussuhteet ovat verraten hyvät, paikoin liian suuretkin. Viemäri-(oja-)verkko on täällä erittäin tyypillinen n. s. *metsäojasto*, josta usein puuttuu varsinainen pääviemäri, jossa pääviemärin tehtävät ovat jaetut lukuisille kuivatusojille ja jossa, jos välistä pääviemäri selvästi ilmenisikin, se usein saa niskaojan tehtävät [1].

4. Jaakkoinsuo Vilppulan hoitoalueella. Suon ala on n. 160 ha. Kuivatussuunnitelman on laatinut silloinen suonkuivausmetsänhoitaja, tri A. TANTTU v. 1908. Suunnitelma toteutettiin v. 1909 ja v. 1915 kaivettiin lisäojia.

Sanottu alue sijaitsee n. 4 km pohjoiseen Vilppulan asemalta rautatien varressa. Alueella tavataan useita suotyyppejä, kuten kangasrämeitä ja -korpia, varsinaisia rämeitä ja korpia. Turve on myös hyvin vaihtelevaa. Suurimman alan peittää korpiturve. Paikoin on saravoittoisia turpeita, samoin kuin valkosammalsekaisia turpeita. Turve on yleensä verraten lahonnutta [2]. Turvekerrosten vahvuus korvissa on 0.3—1.5 m ja rämeillä 1—3 m, paikoin ylikin.

Pohjamaa on yleensä hiekkaa ja paikoin hietaa sekä osittain savihietaa (kutusavea).

Kaltevuussuhteet ovat hyvät.

5. Vasikkahaan kuivatusalue Ruotsinpyhtään Vastilan kylässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-alaltaan 140.03 ha. Suunnitelman laati ins. J. E. VON FIEANDT v. 1900. Kustannusarvio päättyi 11,460 mk. Työ toteutettiin vuosina 1902 ja 1904 ja maksoi 11,498 mk. 74 p. Viemärien pituus on 12.1 km; pohjaleveys vaihtelee 0.5—1.5 m:iin ja sivukaltevuus 1 : 1.5.

Suoalue on osittain viljeltyä turvemaata, osittain viljelemätöntä korpi- ja rämemaata, jolla turve on pääasiassa korpiturvetta, lahoamisasteen ollessa verraten korkea. Kuivatusalueeseen kuuluu vielä suuria aloja savimaita, joiden pinnalta on turvekerros, pääasiallisesti korpitur-

[1] Vert. ANTTI TANTTU, Metsäojituksesta. Tapio 1913. Siv. 39.

[2] Turpeen lahoamisaste on arvioitu 10-asteikkoa käyttäen. 0 aivan lahoamatonta, 1—2 jotenkin lahoamatonta, 3—4 jonkin verran lahonnutta, 5—6 puolilahonnutta, 7—8 verraten lahonnutta ja 9—10 hyvin lahonnutta. Lahoamiseen on tässä luettu myös turpeen mekaninen mureneminen.

vetta, polttamalla poistettu. Savi on etenkin kuivatusalueen yläosassa erinomaisen löyhää, vellimäistä. Maan pinnan muodostaa noin 0.6—0.8 m paksu, kuivunut ja halkeillut savikerros. Tämän kerroksen alla on sinertävä, aivan vellimäinen savi, joka on taivuttanut luiskat niin, että viemärioja useista paikoista on madaltunut aina 0.5 m syvyyteen saakka. — Kuivatusalueen turveosalla ovat putoussuhteet erikoisen hyvät, joten vesi on saavuttanut verraten suuren nopeuden ja kyennyt kulettamaan suuria määriä turvetta joen alaosiin ja Kyminjokeen.

6. Koiranevan kuivatusalue Oulaisten pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Alaltaan 238.5 ha. Kuivatussuunnitelman laati ins. BENGT LILLE v. 1890. Kustannusarvio päättyi 16,000 mk. Työ toteutettiin vv. 1894—99. Viljelykseen oli v. 1920 mennessä otettu 117 ha eli 49 % koko alasta; mainittakoon, että v. 1903 (4 vuotta kuivatuksen jälkeen) oli viljeltyä 6.50 ha. Viemäriä 7.01 km.

Laadultaan Koiraneva ei ole erikoisen hyvä. Eräät osat etenkin hyötyalueen alavimmissa etelä- ja itäosissa ovat katsottavat hyviksi; ne ovat pääasiassa saransekaista turvetta, jonka lahoamisaste on verraten korkea. Ylempänä suolla on sen sijaan niittyvilla voitolla; sekaantuneena *Sphagnum*in kanssa muodostaa se paikoin verraten laihaa turvetta. Pohjamaana on syvemmillä osilla savi, joka vaihtuu matalammilla osilla ja laitaseuduilla kivikon sekaiseksi moreenisaveksi.

7. Kurjennevan kuivatusalue Oulaisten pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-ala 127 ha. Suunnitelman laati ins. M. ERONEN v. 1911. Kustannusarvio päättyi 11,500 mk. Työ toteutettiin vv. 1915—17; kustannukset päättyivät summaan 10,289 mk. 15 p. Viemärien pituus on 3.44 km. Viljeltyä oli v. 1920 53.0 ha eli 42 %.

Hyötyalueesta on suurin osa suota, joka pääasiallisesti käsittää korpia ja paremmanpuoleisia rämeitä, turpeen ollessa etupäässä korpiturvetta; pienempi osa on vanhaa niittyä. Suon pohjana on verraten hyvä savi. Kaltevuussuhteet ovat tyydyttävät.

8. Vesiheikinnevan kuivatusalue Oulaisten pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-ala 231.4 ha. V. 1909 laati ins. M. ERONEN kuivatussuunnitelman, jonka kustannusarvio, edellyttäen 6.3 km pituudelta viemäriä, päättyi 12,000 mk. Suunnitelma toteutettiin vv. 1911—12 ja tuli työ maksamaan 11,514 mk. 65 p. Viljeltyä oli v. 1920 54.8 ha eli 23.8 %.

Alue käsittää pääasiallisesti reheviä korpi-, räme- ja vanhoja niittymaita, joista kahden ensin mainitun turvekerrostumien paksuus vaihtelee 0.5—2.0 m ja viimeksi mainitun 0.3—1.5 m. Pohjamaana täällä on

kaikkialla savi. Suomaita on erikoisen ankarasti poltettu ja poltetaan yhä, joten niiden turvekerros tulee verraten ohueksi tai häviää kokonaan.

9. Kotisuon kuivatusalue Haapaveden pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-ala 119 ha. Mainitun suon kuivattamiseksi laati ins. A. WINTER v. 1917 suunnitelman, jonka kustannusarvio, edellyttämällä 2.8 km pituisten viemärien kaivun, päättyi 4,340 mk.; työ toteutettiin vv. 1915—17 hätäaputyönä ja tuli maksamaan 4,337 mk. 60 p. Viljeltyä oli v. 1920 34.7 ha eli 29 %.

Kotisuo on yleensä laadultaan verraten huonoa käsittäen pääasiassa rahkarämeenluontoisia niittyvillarämeitä, joilla pintaturvekerros on hyvin valkosammalpitoista ja ravintoköyhää. Syvemmällä on turve pääasiassa niittyvillaa; aivan pohjamaan pinnalla on hieman saransekaista turvetta. Pohjamaa on enimmäkseen (kvartsi-)hiekkaa; ainoastaan syvemmissä notkoissa on tavattavissa savihietaa.

10. Mäyräojan ja Isonnevan kuivatusalue Haapaveden pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-ala 362.4 ha. V. 1911 laati ins. M. ERONEN suunnitelman, jonka kustannusarvio päättyi 24,200 mk., edellyttäen Mäyräojan perkausta 6.27 km ja 6.3 km pituudelta viemäriä. Suunnitelma toteutettiin vv. 1914—16 ja tuli maksamaan 24,199 mk. 82 p. Viljeltyä oli v. 1920 55 hä eli 15.4 %.

Isoneva on suurimmaksi osaksi kortetta ja saraa kasvavaa heinänevaa. Suon reunoilla tavataan varsinaisia korpia ja mustikkarämeitä sekä paikoin pohjoisosassa rahkanluontoisia rämeitä. Turve on pääasiallisesti kortteen sekaista saraturvetta, reunoilla tavataan hiukan seassa valkosammalta. Turpeen lahoamisaste on verraten korkea. Turvekerroksen vahvuus suon reunamilla olevilla rämeosilla on 0.4—1.7 m ja keskeisellä nevaosalla 1.5—4.0 m, paikoin ylikin. Pohjamaa on yleensä savihiesua, joka etenkin suon reunamilla muuttuu vähitellen hiedaksi. Kaltevuus on suolla erikoisen hyvä.

11. Savonnevan kuivatusalue Pulkkilan pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-ala 364.3 ha. Suunnitelman laati v. 1892 ins. A. NEOVIUS ja kustannusarvio päättyi 15,000 mk., edellyttäen 7.52 km pituisen viemärin kaivamisen. Suunnitelma toteutettiin vv. 1892—94; kustannuksista ei ole tietoa.

Savonneva, joka sijaitsee Pulkkilan kirkonkylän vieressä, kirkolta suoraan itään, käsittää vanhoja niittyjä, joista osa on jo sarotettu ja otettu peltoviljelykseen, ja korpi- ja rämemaita, viimeksi mainittuja etenkin itäosassa. — Turve on, lukuunottamatta ohutta rahkasammaleen sekaista turvetta rämealueella, pääasiallisesti korpiturvetta, jossa

tavataan runsaasti liekoja ja jonka lahoamisaste on verraten korkea. Pohjamaana on pääasiallisesti savihieta, joka saattaa eräillä osilla vaihdella hiedan ja hiekan kanssa.

Viemärien kunto v. 1919 oli verraten huono, sillä kasvillisuus, sara ja karhunsammal, olivat suurimmaksi osaksi tukkineet vesiväylän ja lisäksi olivat pajupensaat päässeet vallalle viemärien luiskilla.

12. Kortenevan kuivatusalue Kaustisen pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Pinta-alaltaan 246.8 ha. Suunnitelman laati v. 1908 ins. M. ERONEN ja kustannusarvio päättyi 13,960 mk., edellyttäen 7.0 km pituudelta kaivettavaksi viemäriä. Työ toteutettiin vv. 1910—12 ja maksoi 13,960 mk. V. 1920 oli viljeltyä 30 ha ja sen lisäksi sarotettua 60 ha.

Korteneva, joka sijaitsee Kaustisen kirkolta noin 15 km etelään ja on vedenjakajasoita, käsittää pääasiallisesti rahkasuonluontoisia niittyvilla- ja puhtaita rahkarämeitä sekä rahkasuonluontoisia nevoja; sen lisäksi tavataan kuivatusalueella vähäisiä vanhoja niittyjä, jotka ovat kuivatuksen jälkeen osittain otetut peltoviljelykseen. — Turve nevaalueella on pääasiassa niittyvillan ja *Sphagnum*in sekaista, erittäin vetistä ja vähän lahonnutta. Rämeosalla on turve sen sijaan jo enemmän korpiturpeen tapaista, vaikkakin se sisältää runsaasti valkosammalta; lahoamisaste on rämeilläkin verraten alhainen. Turvekerrosten vahvuus on rämeosalla 0.4—2.5 m ja nevaosalla yli 4 m. Pohjamaana on suon reunamilla moreeni, joka on jotenkin kivistä, suon keskiosalla taas hiedan sekainen savi. Ojittamisen jälkeen on suon pinta painunut n. 1.1 m.

13. Saarni- ja Sarvinevan kuivatusalue Jurvan pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1920.) Ylempi Saarnineva on 174.412 ha ja alempi Sarvineva 621.181 ha eli yhteensä pinta-alaltaan 795.593 ha. V. 1904 laati ins. J. E. VON FIEANDT suunnitelman nevojen kuivattamiseksi ja päättyi kustannusarvio 47,000 mk. Työ toteutettiin vv. 1911—14 ja silloin kaivettiin 7.7 km viemäriä, joka tuli maksamaan 38,642 mk. 75 p.

Kuivatusalueen muodostaa kaksi aivan erillistä suota, joita yhdistää jotenkin jyrkkä, kivikkoperäinen kangasräme. Ylempi osa (Saarnineva) on pääasiassa rahkasuonluontoista niittyvillarämettä, osittain nevaa. Alempi osa (Sarvineva) taas on ylempänä rahkarämettä ja -nevaa, keski- ja alaosa sen sijaan sara- ja kortenevaa sekä paremmanluontoista rämettä. Turve on ylimmällä osalla rahkan sekaista niittyvillaturvetta, jonka lahoamisaste on alhainen. Samoin on Sarvinevan yläosassa turve rahkaniittyvillaturvetta; alaosa sen sijaan on pinnalta sara-, korte- ja

rahkasammaleensekaista turvetta, mutta syvemmältä jotenkin puhdasta korteturvetta. Lahoamisasteeltaan viimeksi mainitulla osalla olevat turpeet ovat vaihtelevia. Suon ylimmällä osalla on lahoamisaste pintakerroksessa verraten alhainen. Sen sijaan alemmalla osalla pintakerroksen lahoamisaste on jo jokseenkin korkea. Syvempien kerroksien turpeet ovat hyvin lahonneet. Pohjamaa on suon reunalla yleensä kivikon sekaista moreenihiekkaa, joka syvemmällä muuttuu järvenpohjaliejuksi. Liejun alla on savi.

14. Isosuojakson kuivatusalue Pöytyän pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1921.) Pinta-ala 1,006.75 ha. Suunnitelman laati ins. BENGT LILLE v. 1902 ja kustannusarvio päättyi 63,800 mk. Työ toteutettiin vv. 1902—05 ja tuli maksamaan 64,066 mk. 54 p. Suolla risteilee nyt 32,805 km kanavia. Viljelykseen oli v. 1920 otettu tuskin 50 ha eli n. 5 %.

Suo sijaitsee Aurajoen ja Pyhäjärven laaksojen välisellä vedenjakaja-alueella ja on tyypillisiä vedenjakajasoita. Keskiosa, josta vedet jakautuvat kahteen suuntaan, etelään ja pohjoiseen, käsittää rahkanevoja ja -rämeitä, joilla kasvaa kituvaa, n. 2 m pitkää mäntyä. Nevaosat ovat erittäin veteliä. Etelä- samoinkuin pohjoisosa suosta on jo parempaa, muuttuen vähitellen nevasta nevakorveksi ja varsinaiseksi korveksi. Turve käsittää keskiosalla, rämeillä, pääasiassa *Sphagnum fuscum*ia ja varpuja, kuten kanervaa, suokanervaa, karpaloa y. m. Nevaosat ovat erikoisen vetelää *Sphagnum*in sekaista niittyvillaturvetta. Etelä- ja pohjoisosissa, missä suot ovat enemmän korven luontoisia, on turve etupäässä sara- ja korpiturvetta. Lahoamisaste on yleensä hyvin alhainen.

Pohjamaana on keskiosassa moreeni, joka etenkin rannoilla on erittäin kivistä. Etelä- ja pohjoisosilla on pohjamaa enimmäkseen hietaa, jossa on jonkun verran saviainesta.

Viemärien kunto oli v. 1921 erittäin vaihteleva. Rämeillä keskiosassa suota olivat ne hyvässä kunnossa, mutta sen sijaan nevaosalla aivan hävinneet turpeen suuren painumisen vuoksi, jolloin oli muodostunut syviä painanteita nevojen sijalle. Näiden »nevalaaksojen» pinta oli lähes 2 m alempana kuin lähellä olevan rämeen pinta. Pohjois- ja eteläosalla oli viemärien kunto parempi.

15. Suursuon kuivatusalue Hartolan pitäjässä. (Havainnot tehty v. 1921.) Pinta-ala 786.1 ha. Kuivatussuunnitelman laati v. 1895 ins. G. I. v. FIEANDT ja päättyi kustannusarvio 21,000 mk. Työ tehtiin vv. 1896—97 ja tuli maksamaan 20,941 mk. 40 p. Viemärien yhteinen pituus on 21,753 km.

Suo sijaitsee Hartolan kirkolta etelään kulkevan maantien ja Jääsjärven välisellä alueella. Se on suurimmaksi osaksi rahkarämettä. Ainoastaan etelä- ja itäreunalla on paremmanluontoisia rämeitä. Turve on pinnalta pääasiassa valkosammalta, seassa jonkun verran niittyvillaa. Pintaturve on verraten lahoamatonta, syvemmällä oleva lahonnutta. Turvekerrosten vahvuus on keskellä suota aina 5 m, reunoilla 0.5—2.0 m.

Pohjamaa on yleensä hietaa, paikoin hiekkaa. Syvemmillä kohdilla tavataan savihietaa.

16. Hetesuon kuivatusalue Iisalmen pitäjässä. (Havainnot tehty vv. 1920—23.) Pinta-ala 125.1 ha. Kuivatussuunnitelman laati ins. M. ERONEN v. 1916. Kustannusarvio päättyi 18,000 mk. Työ toteutettiin vv. 1919—22 ja tuli maksamaan 45,541 mk. 12 p.

Sanottu alue, joka sijaitsee 15 km pohjoiseen Iisalmen kaupungista Iijärven länsirannalla, noin 1.5 km järvestä, käsittää suurimmaksi osaksi saraa ja kortetta kasvavaa nevanluontoista suota. Sammal on pääasiallisesti vettärakastavia *Sphagnum*-lajeja. Suon keskusta on erittäin vetelää, kuten jo nimestäkin ilmenee. Laitaosat ovat kovempia, niityiksi raivattuja. Ylimmällä osalla on suo jo enimmäkseen hyvää korpea. Suon läpi juoksevan Jyrkänpuron varrella on niittyjä aina Iijärveen asti.

Turvekerrostumat ovat nevaosalla sara-korteturvetta, ympäröivillä niityillä korpiturvetta, jossa on erittäin runsaasti liekoja. Sama koskee laskupuron varrella olevien niittyjen turvetta. Paksuudeltaan turvekerros vaihtelee suuresti: itse Hetesuolla on se yli 3 m, rannoilla olevilla niityillä 0—1.6 m ja puronvarsiniityillä vain 0—0.5 m.

Pohjamaana on Hetesuolla lieju, mikä osottaa, että se on ollut aikaisemmin järvenä. Niittyjen pohjamaana on savi, ja puron varsilla tavataan erittäin suurilla aloilla turpeen alla hyvin vetelää lietemaata, jossa on kaikenlaisia kasvinjätteitä, ja tämän kerroksen alla, joka saattaa olla 1.2—2.2 m vahva, erikoisen tiukka, punertava savikerros.

17. Vaihinjoen kuivatusalue Vihdin pitäjässä. (Havainnot tehty vv. 1921—22.) Alueen pinta-ala 225.95 ha. Tälle alueelle, jonka kuivatussuunnitelman laati ins. P. V. NUUTILA v. 1920, on vv. 1920—22 kaivettu kuivatusviemärejä 8 km. Työ tuli maksamaan 245,112 mk. 77 p.

Alue on osittain peltoa ja osittain vanhaa niittyä; länsiosassa tavataan rahkaturpeen peitossa olevaa suomaata. Vanhan niityn ja pellon osilla peittää maanpinnan keskimäärin 0.2—1.5 m vahva turvekerros,

joka on pääasiassa korpiturvetta, mutta paikoin myös korteturvetta. Pohjamaana on suurimmalla osalla savi. Alemmalla osalla hyötyaluetta, missä idästä päin tuleva Vihdinjoki yhtyy Vaihinjokeen, peittää maanpinnan noin 0.8—1.5 m vahva hieta- ja hiekkakerros, jonka tulvavesi aikojen kuluessa on tuonut mukanaan. Tämän kerroksen alla on keskimäärin 0.6 m vahva korpiturvekerros. Viimeksi mainitun kerroksen alla on sinertävä savi.

Vaihinjoen sadealueen suuruus paalulla 6 + 60 on 13,750 ha, jota vastaava tulvavesimäärä on laskettu 0.4 s. l. mukaan 5.5 m³:ksi sekunnissa, paalulla 19 + 60, jonka sadealue on 2,750 hehtaaria, on tulvavesimäärä laskettu 0.8 s. l. mukaan 2.20 m³:ksi sekunnissa.

18. Nurmijärven kuivatusalue Nurmijärven pitäjässä. (Havainnot tehty vv. 1922—23.) Hyötyalueen pinta-ala on 585.63 ha. Perkkaussuunnitelman laati v. 1910 ins. I. A. SCHROEDER (HALLAKORPI). Hän laati kaksi vaihtoehtoa, joista edellinen Nurmijärven pengerrysehdotuksineen päättyy kustannusarvioon 162,300 mk. ja toinen samoin pengerryksineen 237,000 mk. V. 1920 myönsi Valtioneuvosto vaihtoehdon I mukaan toimeenpantavaa perkkaustyötä varten 1,450,000 mk. Työt alkoivat v. 1921 ja ovat vielä kesken. Perkattu on (v. 1923 elok.) n. 8.5 km Nurmijokea Numlahden koskesta ylöspäin. Pohjan leveys on 4—5 m, sivukaltevuus 1 : 1.5 tai 1 : 2 ja putous 0.2—0.4 m tuhannelle m:lle.

Nurmijärvestä lähtevän Nurmijoen sadealue ennen Vahaksenjärven vesien tuloa (paalulla 57) on 10.910 ha ja saman joen sadealue Numlahden koskessa (paalulla 93), joka on muutaman sadan metrin päässä aikaisemmin kuivatun Kuhajärven vesijättömaasta, on sadealue 13.540 ha. Kuhajärven laskeminen on toimitettu noin 50 (?) vuotta sitten. Nurmijärven ja Numlahden kosken välillä olevalla 9 kilometrin pituisella joella on putousta 1,000 m kohti keskimäärin 0.30 m.

Tämän joen varrella, Numlahden kosken yläpuolella leviää, kuten jo on mainittu, laaja Kuhajärven vesijättömaa, jossa pääasiallisena maaaineksena on väriltään ruskeanharmaa järvenpohjalieju, vahvuudeltaan 0—2 m, ja sen alla kerrallinen savi. Kuhajärven vesijättömaan ja Nurmijärven välisellä osalla joen varrella ovat maat pinnalta yleensä tulvien tuomaa (liete-)savea. Tämän kerroksen vahvuus vaihtelee 0.8—1.5 m:iin. Sen alla on turvetta, vahvuudeltaan 0.5—0.9 m. Turpeen alla on tavallisesti paikoin lieju, paikoin savi. Eräillä osilla puuttuu ensin mainittu (liete-)savikerros, joten maanpinnalla on 0.7—1.0 m vahva turvekerros, jonka alla sitten on lieju ja sen alla taas savi.

Tässä yhteydessä mainittakoon, että 4—5 vuotta sitten silloinen Numlahden kartanon omistaja kaivatti uuden laskuväylän Kuhajärven vesijättömailla olevien maidensa kuivattamiseksi kiertämällä Numlahden kosken sen itäpuolelta noin 150 m päästä. Täällä porattiin kallioon 4—5 m syvä ja 1.5 m leveä kanava, joka alempana päättyi pieneen viemäriin. Viimeksi mainittu johti veden savipeltojen kautta noin 20 m Kuhajärven vesijättömaan pintaa alempana olevaan Nurmijokeen. Tämä pieni viemäri suureni valtavaksi erosiolaaksoksi.

Edellisten lisäksi on vielä seuraavilla kuivatusalueilla tehty havaintoja (v. 1921):

K u r k i e n n e v a n kuivatusalue Karttulan pitäjässä,
H a a t a l a n Suursuon kuivatusalue Maaningan pitäjässä,
L e p p i s u o n kuivatusalue Pielisjärven pitäjässä,
K y y r ö n s u o n kuivatusalue Kontiolahden pitäjässä,
L e k s a n s u o n kuivatusalue Liperin pitäjässä,
J u r v a n j ä r v e n kuivatusalue (Leväjoki) Jurvan pitäjässä ja
L a u h a s u o n kuivatusalue Huittisten pitäjässä.

Viemärejä pienentävät ilmiöt.

Viemärejä pienentäviin ilmiöihin luetaan tässä, kuten nimikin osottaa, kaikki maansiirtymisilmiöt, jotka aiheuttavat viemärin pienenemisen jollakin tavalla. Ilmiöt jaetaan kahteen ryhmään tukkivan aineen alkuperäisen paikan mukaan. Ensimäiseen ryhmään kuuluvat siten kaikki ilmiöt, joissa tukkiva aines on kotoisin samalta kohdalta, toiseen taas tapaukset, jossa tukkiva aines on muualta kotoisin, siis veden tuomaa. Edellisessä ryhmässä erotetaan tukkeutumistavan mukaan seuraavat eri tapaukset. T u k k e u t u m i n e n l. p i e n e n e m i n e n tapahtuu pienien osasten m u r t u m i s e n kautta viemärin reunoista, se aiheutuu viemärin reunojen r e p e y t y m i s e s t ä tai viemärin paikan k o h o u t u m i s e s t a tai se johtuu viemärin reunan tai reunojen p u l l i s t u m i s e s t a.

I. Tukkiva aines kotoisin samalta kohdalta.

1. Murtumiset.

Murtumisilla ymmärretään tukkeutumisilmiöitä, joissa maa-aines vähitellen irtautuen ja soluen mataloittaa viemärin siirtymättä kuitenkaan samalla viemäriä pitkin.

Murtumisista tehdyt havainnot on jaettu kolmeen ryhmään sen perusteella, millaisia maalajeja viemärit leikkaavat. Täten saadaan:

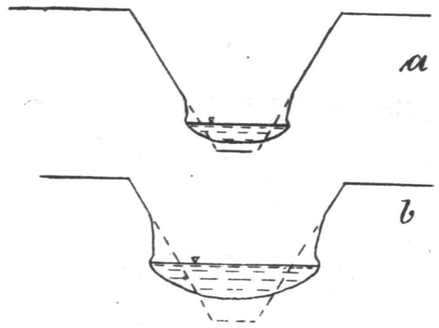
1. Turvemaat
2. Mineraalimaat
3. Maat, joissa mineraalimaan päällä on turvekerros

Taulukko I (siv. 26—33) esittää tärkeimmät tehdyt havainnot.

Taulukon lisäksi lienee tarpeellista selittää tarkemmin muutamia yksityisiä murtumistapauksia.

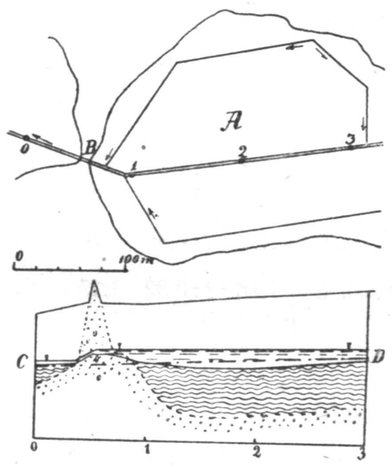
21. Pinnalla on 0.4 m vahva sara-(*Sphagnum*-)turvekerros, joka on puolilahonnutta (6) ja sen alla hyvin lahonnutta (9) saraturvetta, joukossa paikoin verraten runsaasti liekoja. Koko turvekerroksen vahvuus on 1.35 m eli vain n. 0.1 m suurempi kuin viemärin syvyys alkuaan. Murtumisen jälkeen oli syvyys 0.65 m. Pohjan leveyttä on sangen vaikea määrätä, sillä se on hyvin vaihteleva. Putous on 1 m jokaiselle 1,000 m:lle (I = 0.001 m). Murtuminen on alkanut luiskan alareunasta; turve on lohkeillut kuivumisesta johtuvia ja liekojen synnyttämiä rakoja myöten irti ja vierinyt alaspäin. Murtumisrintuus on 0.55 m korkea ja melkein pystysuora. Toisella luiskalla se osittain kallistuu viemäriin. Viemäriin vajonnut turve on tullut osittain muodottomaksi massaksi, osittain siinä voi erottaa entisen kerrosasennon. —

Murtuminen on aiheuttanut viemärissä n. 0.6 m mataloitumisen. Tämän vuoksi viemärissä niillä paikoin, joissa murtuminen jostakin syystä, kuten kantojen ja runsaan varvuston vaikutuksesta, ei ollut vielä ehtinyt alkaa, oli n. 0.6 m vettä. Tämä murtumisalue, jonka, kuten juuri mainittiin, katkaisi joku säännöttömyys, oli 214 m pitkä. Kuitenkin oli yläpäässä mataloitumissyvyys n. 0.4 m. Padotus, joka tämän 0.4 m veden kohoamisen aiheutti, ulottui noin 200 m ylöspäin.



Kuva 1.
Mittakaava 1:40.

22. Tutkittua ojaa ei tässä tapauksessa voida lukea viemäreihin, mutta murtumistapa, joka siinä esiintyy, tavataan samanlaisissa oloissa viemäreissäkin, ja kun murtumisen kehitystä voitiin siinä alusta (ojan kaivun jälkeen) alkaen seurata, lienee syytä selostaa sitä lähemmin.



Kuva 2.
Viemärin pituusleikkauksessa esittää katkonainen viiva C—D sen alkuperäistä pohjaa.

Ojan suuruus- ja muotomitat selviävät taulukosta I. Maa on hienoa hiekkaa. Kaivamisen perästä pysyivät ojan seinämät kauniina ja pystyssä niin kauan kuin oja oli kuivillaan. Mutta niin pian kuin siihen laskettiin vettä, alkoi tämä murruttaa hiekkaa, kuten kuva 1 osottaa[1]. Veden koskettama osa oli kaukalon muotoinen, mutta veden pinnan yläpuolella oli hiekkaseinä jotenkin pystysuora. Pieni, n. 5—8 cm syvä syvennys oli aina vedenpinnan kohdalla. Jos vettä kohotettiin, suureni syvennys, ja hiekkaa murtui taas ylhäältä.

N:o 23. Maa on jotenkin tasarakeista hiekkaa. Viemäri kaivettiin, kuten kuva 2 osottaa, lyhyen kangastaipaleen (B) poikki ylempänä olevan suon (A) kuivattamiseksi.

Taulukosta I nähdään viemärin suuruus- ja muotomitat. Hiekka ei

[1] Kuviin nähden yleensä viitataan tämän julkaisun loppuun liitettyihin selityksiin.

Taulukko I, osottava murtumisia koskevat havainnot.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N:o	Paikka	Viemärin suuruus: alkuperäinen: pohjaleveys m	alkuperäinen: syvyys m	alkuperäinen: luiskakaltevuus m	tutkimuksen aikainen: pohjaleveys m	tutkimuksen aikainen: syvyys m	tutkimuksen aikainen: luiskakaltevuus m	putous m 1000 m:lle	Veden: syvyys viemärissä m	Veden: nopeus viemärissä m/sek:ssa [2]	Maakerrokset maanpinnalta lukien (runsaimmin esiintyvä maalaji)[3]	Turpeen lahoamisaste	Viemärin kunto	Pituus, jolla matkalla viemäri on samanlaista m	Turvekerroksen vahvuus m	Muistutuksia
											Turvemaa l.					
1	Parkanon valtionpuisto.	0.30	(1.1)[1]	1 : 0.6	0.30	0.95	1 : 0.71	1.0	0.6	0.37	*Sphagnum*-(niittyvilla-)turve	1	Hyvin hyvä	260	2.5	—
2	Isosuojakso, Pöytyän pit.	0.50	2.20	1 : 1	0.46	1.55	1 : 1.15	0.75	0.7	0.45	» » »	3	» »	780	3—4	—
3	Parkanon valtionpuisto.	0.30	(1.0)	1 : 0.6	0.30	0.83	1 : 1.0	1.0	0.6	0.37	1.2 » niittyv.-(korpi-)turve	7				
4	Korkeakosken hoitoalue	0.30	1.35	1 : 0.6	0.30	1.16	1 : 0.84	1.2	0.6	0.40	*Sphagnum*-(niittyv.-sara-)turve	3	» »	820	1.2—3.5	—
5	Parkanon valtionpuisto	0.30	(1.25)	1 : 0.6	0.30	1.03	1 : 0.85	1.5	0.6	0.48	*Sphagnum*-turve	2	» »	40	—	—
6	»	0.30	(1.15)	1 : 0.6	0.26	1.00	1 : 0.90	1.0	0.6	0.37	0.60 m *Sphagnum*-niittyvilla-turve	6				
7	Äijänneva, Virtain pitäjä	0.50	1.50	1 : 1.0	0.40	0.95	1 : 1.0	0.5	0.7	0.33	*Sphagnum*-(karhunsammal-)turve	5	» »	96	—	Kantokerros 0.5 m
8	Parkanon valtionpuisto.	0.30	(1.25)	1 : 0.6	0.30	0.95	1 : 0.90	0.9	0.6	0.35	0.40 m niittyv.-saraturve	9				
9	»	0.30	—[4]	1 : 0.6	0.30	1.12	1 : 0.85	1.1	0.6	0.38	*Sphagnum*-turve	0	» »	126	2.8	Kantokerros 0.4 m
10	»	0.30	—	1 : 0.6	0.30	1.16	1 : 0.82	1.25	0.6	0.41	0.4 » » »	5				
11	Äijänneva, Virtain pitäjä	0.50	(1.95)	1 : 1	0.50	1.50	1 : 1.1	0.3	0.7	0.28	0.6 » » »	7				
12	Parkanon valtionpuisto.	0.30	—	1 : 0.6	0.30	0.95	1 : 0.78	1.5	0.6	0.48	Saraturve	6—9	Jotenkin hyvä	160	4.0	—
13	Siloneva, Parkanon pit.	0.50	—	1 : 1	0.55	1.30	1 : 1.2	0.8	0.7	0.46	*Sphagnum*-turve	1	» »	110		Kantokerros 0.5 m
											0.4 m niittyv.-turve	8				
											Sphagnum-turve	3	Hyvin hyvä	200	1.5	» 0.6 m
											0.5 m saraturve	8				
											Sphagnum-saraturve	4	» »	25	1.2—2	» 0.3 m
											0.1 m *Sphagnum*-saraturve	6				
											0.4 » » »	9				
											1.2—2 m hieta					
											Sara-*Sphagnum*-turve	6	» »	750	2.8—4.0	—
											1.10 m » »	9				
											2.8—4.0 m hietasavi	6	Jotenkin hyvä	120	0.95—1.2	Kantokerros 0.2 m
											0.40 m korpiturve	10				
											0.95—1.2 m hietasavi					
											Niittyv.-*Sphagnum*-turve	3	Hyvin hyvä	170	—	—
											0.5 m saraturve	7				
											1.2 » sara(korpi-)turve	9				

[1] Kaikissa taulukoissa sulkujen sisällä olevat luvut eivät ole tarkkoja.

[2] Kaikki vedennopeudet ovat lasketut tunnetun kaavan $v = c\sqrt{RI}$ m/sek:ssa mukaan, jossa R on hydraulinen säde ja I putous yhdelle metrille metreissä. c on määrätty GANGUILLET-KUTTERin kaavasta $c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$ kun I on ollut > 0.0005 m ja viemärin pohjan leveys ei ole ollut suurempi kuin 0.75 m; m on tällöin ollut $= 1.50$. Muissa tapauksissa on käytetty samoin GANGUILLET-KUTTERin kaavaa $c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$, jolloin $n = 0.030$. Vert. esim. ADOLF FRIEDRICH, Kulturtechnischer Wasserbau j. n. e. Siv. 140 ja 147 — W. R. KUTTER, Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen. Berlin 1922.

[3] Maakerrosten merkinnässä on ensin merkitty pinnalla oleva kerros ja sitten esim. 1.2 m niittyv.-(korpi-)turve merkitsee, että 1.2 m syvyydeltä alkaa niittyvillaturve, jossa on huomattavassa määrässä korpiturvetta.

[4] Viemärin syvyys niissä tapauksissa, joissa sitä ei ole numeroilla ilmotettu, on tuntematon.

TAULUKKO I (jatk.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Viemärin							Veden							
		suuruus														
		alkuperäinen			tutkimuksen aikainen											
N:o	Paikka	pohja-leveys m	syvyys m	luiska-kaltevuus m	pohja-leveys m	syvyys m	luiska-kaltevuus m	putous m 1000 m:lle	syvyys viemärissä m	nopeus viemärissä m/sek:ssa	Maakerrokset maan-pinnalta lukien (runsaimmin esiintyvä maalaji)	Turpeen lahoamisaste	Viemärin kunto	Pituus, jolla matkalla viemäri on samanlaista m	Turvekerroksen vahvuus m	Muistutuksia
14	Parkanon valtionpuisto	0.30	—	1 : 0.6	0.30	0.90	1 : 0.95	1.0	0.6	0.37	*Sphagnum*-sara(niittyv.-)turve	4	Hyvin hyvä	150	0.90—1.00	—
											0.40 m saraniittyv.turve	8				
15	»	0.30	—	1 : 0.6	0.30	1.02	1 : 0.80	1.1	0.6	0.38	Niittyvillaturve	2	» »	360	—	—
											1.00 m saraturve	7				
16	»	0.30	—	1 : 0.6	0.30	0.90	1 : 0.5	1.0	0.6	0.37	Sara-*Sphagnum*-turve	7	Jotenkin hyvä	288	2.0	—
											0.40 m sara(niittyv.-)turve	9				
17	»	0.30	1.00	1 : 0.6	—	0.70	—	1.2	0.6	0.40	Saraturve (liekoja)	8	Luiskat murtuneet, viemäri madaltunut n. 0.30 m	65	1.5	Padotus ulottuu n. 250 m Poikkileikkauksen muoto säännötön; on kuitenkin huomattavissa pystysuora, n. 0.40 m korkea murtumispinta.
											0.6 m sarakorpiturve	10		—	—	
18	»	0.30	(1.15)	1 : 0.6	—	0.95	—	1.0	0.6	0.37	Saraturve (liekoja)	5	Luiskat murtuneet, viemäri madaltunut n. 0.20 m.	62	1.0	Kantokerros 0.2 m Padotus ulottuu n. 200 m Poikkileikkauksen muoto kuten edellinen.
											0.40 m saraturve	10		—	—	
19	»	0.30	—	1 : 0.6	—	0.65	—	1.3	0.6	0.42	Korpiturve (liekoja runsaasti)	9	Luiskat murtuneet, viemäri madaltunut n. 0.35 m.	51	1.3	Padotus ulottuu n. 250 m Poikkileikkauksen muoto kuten edellä n:o 17.
20	»	0.30	—	1 : 0.6	—	0.70	—	1.3	0.6	0.42	Saraturve, pohjalla liekoja	10	Luiskat murtuneet, viemäri madaltunut n. 0.40 m.	461	(4.0)	Padotus ulottuu n. 300 m ylemmäksi. Poikkileikkauksen muoto kuten edellä n:o 17.
21	»	0.30	—	1 : 0.6	—	0.65	—	1.0	0.6	0.37	Sara-(*Sphagnum*-)turve	6	Luiskat murtuneet, viemäri madaltunut n. 0.60 m.	214	1.2	Padotus n. 200 m. Poikkileikkauksen muoto kuten edellä n:o 17.
											0.40 m saraturve (pohjalla liekoja)	9				

TAULUKKO I (jatk.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N:o	Paikka	Viemärin suuruus: alkuperäinen pohjaleveys m	alkuperäinen syvyys m	alkuperäinen luiskakaltevuus m	tutkimuksen aikainen pohjaleveys m	tutkimuksen aikainen syvyys m	tutkimuksen aikainen luiskakaltevuus m	putous m 1000 m:lle	Veden syvyys viemärissä m	Veden nopeus viemärissä m/sek:ssa	Maakerrokset maanpinnalta lukien (runsaimmin esiintyvä maalaji)	Turpeen lahoamisaste	Viemärin kunto	Pituus, jolla matkalla viemäri on samanlaista m	Turvekerroksen vahvuus m	Muistutuksia
											Mineraalimaat.					
22	Äijänneva, Virtain pitäjä	0.20	0.60	1 : 0.67	—	0.45	—	0.5	0.6	0.25	Hieno hiekka	—	Veden vaikutuksesta murenivat ojan seinämät ja mataloittivat sitä n. 0.15 m.	280	—	Murtuminen melkein pystysuora.
23	Korkeakosken hoitoalue	0.30	1.80	1 : 0.6	(0.75)	1.50	(1 : 0.8)	1.0	0.6	0.37	Hiekka	—	Luiskat vierineet vähitellen ja mataloittaneet viemäriä n. 0.30 m.	30	—	Murtuminen aiheuttanut veden padotuksen viemäriin n. 350 m matkalla ja 2.50 ha alalla (kuva 4).
24	»	0.30	1.85	1 : 0.6	(0.70)	1.55	(1.1)	1.0	0.6	0.37	Hiekka	—	Luiskat vierineet vähitellen ja viemäri madaltunut 0.40 m.	45	—	Viemärin tukkeutuminen aiheuttanut veden padotuksen 480 m matkalla ja 4.5 ha alalla.
25	Parkanon valtionpuisto	0.30	1.25	1 : 0.6	(1.20)	0.80	—	1.0	0.6	0.37	Moreenihieta	—	Luiskat murtuneet kokonaan. Viemärin mataloituminen 0.45 m.	38	—	Tukkeutuminen aiheuttanut padotuksen 410 m pituudelta ja 3.0 ha alalla.
26	»	0.30	1.50	1 : 0.6	(1.10)	1.00	—	1.2	0.6	0.40	Hietä (kivistä)	—	Luiskat murtuneet, maanpintaakin murtunut 0.20—0.30 m. Mataloituminen n. 0.30-0.45 m.	45	—	Padotus 400 m pituudella ja 1.80 ha alalla.
27	»	0.30	1.00	1 : 0.6	(0.50)	0.60	—	2.5	0.6	0.58	Hiekka (karkea), pinnalla 0.10 m turvetta	—	Luiskat murtuneet kokonaan, hiukan maanpintaakin 0.15—0.25 m. Mataloituminen 0.40 m.	280	—	Padotusta ei. Kuivatuksen pieneneminen noin 1.1 ha alalla.
											Maat, joissa mineraalimaan päällä on turvekerros.					
28	»	0.30	(1.25)	1 : 0.6	(0.60)	0.80	—	1.5	0.6	0.45	*Sphagnum*-saraturve 0.5 m hiekka	7	Luiskien alaosassa on hiekka solunut viemäriin. Mataloit. 0.25—0.35 m.	46	—	Padotus 120 m matkalla ja 0.60 ha alalla.
29	»	0.30	(1.30)	1 : 0.6	(0.55)	0.80	—	2.0	0.6	0.52	Korpiturve 0.5 m hiekka	6	—»—, n. 0.30 m.	500	—	Padotus 150 m matkalla ja 2.2 ha alalla.
30	»	0.30	(1.30)	1 : 0.6	(0.60)	0.90	—	2.0	0.6	0.52	Korpiturve 0.35 m hiekka	7	—»—, n. 0.30 m.	60	—	Vahingollinen vaikutus hyvin vähäinen.
31	»	0.30	(1.20)	1 : 0.6	(0.65)	0.60	—	1.2	0.6	0.40	Korpiturve 0.3 m hieta	9	Luiskat murtuneet noin 6 m leveältä kahden puolen keskuslinjasta lukien. Mataloituminen noin 0.30 m.	40	—	Padotus 240 m matkalla ja 0.8 ha alalla. Viemärin kahden puolen, 40 m pitkällä ja 6 m leveällä alalla puut kallistuneet viemäriin.

TAULUKKO I (jatk.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Viemärin							Veden	
		suuruus								
		alkuperäinen			tutkimuksen aikainen					
N:o	Paikka	pohjaleveys m	syvyys m	luiskakaltevuus m	pohjaleveys m	syvyys m	luiskakaltevuus m	pituus m 1000 m:lle	syvyys viemärissä m	nopeus viemärissä m/sek:sss
32	Parkanon valtionpuisto	0.30	(1.25)	1 : 0.6	(0.80)	0.95	—	1.5	0.6	0.45
33	Vilppulan hoitoalue	0.30	(1.25)	1 : 1	(1.00)	1.05	—	1.5	0.6	0.39
34	Korkeakosken hoitoalue	0.30	1.00	1 : 0.6	(0.60)	0.80	—	2.5	0.6	0.58
35	»	0.30	1.00	1 : 0.6	(0.40)	0.90	—	1.5	0.6	0.45

kuitenkaan pysynyt kaltevuudella 1 : 0.6, vaan murtui vähitellen ja mataloitti viemärin 0.4 m:llä. Murtuminen aiheutti suoran luiskan muuttumisen kaarevaksi. Pohja levisi n. 1.0 m levyiseksi ja maanpinnan luona oli luiska melkein pystysuora. Itse kankaan kohdalla, joka muutoin oli vain 45 m leveä, ei viemärin mataloituminen aiheuttanut mitään vahinkoa. Sen sijaan ylempänä suolla tukkeutuminen aiheutti veden patoutumista n. 480 m matkalla ja kuivatuksen pienenemisen n. 4.5 ha alalla.

27. Maa on alkuaan soistumassa olevaa kangasta, jossa on hiukan (n. 0.1 m) turvetta (karhunsammal) ja sen alla hiekkaa. Ojamuoto on tässäkin tapauksessa sama kuin edellä. Murtumisen jälkeen muodostui oja kaukalomaiseksi (kuva 68[1]) ja mataloitui n. 0.4 m. Mata-

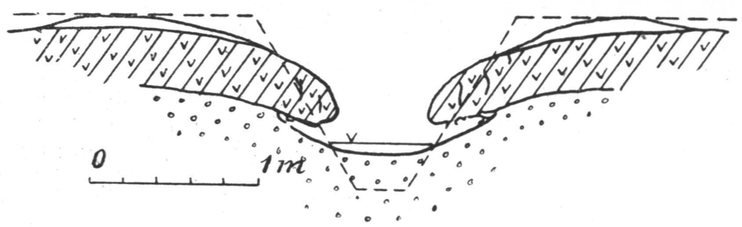
[1]) Kuvat 64—153 ovat kirjan lopussa.

12	13	14	15	16	17
Maakerrokset maanpinnalta lukien (runsaimmin esiintyvä maalaji)	Turpeen lahoamisaste	Viemärin kunto	Pituus, jolla matkalla viemäri on samanlaista m	Turvekerroksen vahvuus m	Muistutuksia
Sara-*Sphagnum*-turve 0.4 m saraturve 0.8 m savihieta	2 8	Luiskat sortuneet alla olevan savihiedan tähden n. 0.6 m vielä luiskain yläreunasta ulospäin. Turvekerros on hyvin murtunut.	170	—	Padotus (0.30 m korkea) ulottuu n. 200 m ylöspäin ja 0.6 ha alalle. Muu vahinko mitätön.
Korpiturve 0.75 m savihieta	10	Luiskan turveosa painunut hietasaven valumisen johdosta viemäriin (painuminen n. 0.35 m) ja ulottuu 0.75—0.90m luiskan yläreunasta ulospäin.	360	—	Padotus vähäinen, ulottuu vain 60 m ylöspäin. Murtuneen viemärin osan kuivatusala n. 1.20 ha.
Sphagnum-(niittyv.-)turve 0.5 m hiekka	6	Hiekka valunut turvekerroksen alta n. 1.20m etäisyydestä asti ojan keskustasta.	260	—	Vahinko vain ojan mataloitumisessa ja sen johdosta aiheutuneessa kuivatuksen pienenemisessä.
Sara(korpi)turve 0.5 m hieta	9	Turve murtunut alla olleen savihiedan valuttua viemäriin. Valuminen ulottuu 1.5 à 2.0 m viemärin keskustasta.	160	—	Kuten edellisessä.

loituminen ei aiheuttanut muuta vahinkoa kuin ojan oman kuivatustehon pienenemisen 1.1 ha suuruisella alueella.

29. Maanpinnalla on 0.5 m vahvalti korpiturvetta, joka on puolilahonnutta (6). Turpeessa on vähän liekoja, mutta säikeitä sitä enemmän. Turpeen alla on tasarakeinen hiekka. Murtumisessa solui hiekka luiskilta turpeen alta viemäriin madalluttaen sitä n. 0.3 m. Turve ei vielä ollut paljoakaan alentunut (korkeintaan 0.1 m). Viemärin syvyys oli 0.8 m. Pohjaleveydeksi merkittiin 0.55 m. Hiekka turpeen alla muodosti kauniin kaukalon, jonka yläreunat ulottuivat syvälle turvekerroksen alle (n. 1.2 m viemärin keskustasta). Murtuminen oli aiheuttanut vahinkoa, paitsi kuivatustehon vähenemistä, padotusta ylempänä n. 150 m matkalla ja 0.40 ha suuruisella alalla.

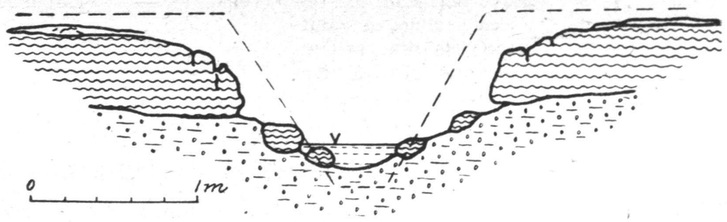
34. Pintakerroksen muodostaa 0.5 m vahvuinen, niittyvillansekainen *Sphagnum*-turve, jonka alla on tasarakeinen hiekka. Murtumisen kautta mataloitui viemäri 0.12 m (kuva 3). Turpeen alta solui hiekkaa 1.25 m etäisyydestä viemärin keskustasta, mikä aiheutti turvekerroksen laskeutumisen. Vaikka aivan viemärin likellä oli hiekan valuminen suuri, ei turvekerros kuitenkaan ole paljoa painunut, vaan jäänyt



Kuva 3.

ylös muodostaen räystään. Tämä turvekerroksen painuminen ja samalla taipuminen on venyttänyt sitä tuntuvasti (0.10 à 0.15 m). Ennemmin tai myöhemmin, etupäässä turpeen lahoamisen tähden, on tämä räystäs lohkeava viemäriin. Vahinko murtumisesta rajottuu tässä tapauksessa viemärin oman kuivatustehon pienenemiseen.

35. Tässä tapauksessa muodostaa pintamaan hyvin lahonnut saraturve, jonka alla on hienoa hietaa, melkein savihietaa. Hieta aiheutti



Kuva 4.

murtuessaan taipumista saraturpeessa. Ollen lahonneena hyvin löyhää ei saraturve kestänyt taivutusta, vaan murtui vähitellen viemäriin palasina, jotka jäivät sille paikalle, mihin ne putosivat. Pohjassa olevia turvekappaleita näyttää vesi keväisin kuluttaneen ja osittain vieneen kokonaan pois. Näiden turverappujen viemärin keskuksen puolella on hieta hyvin alhaalla; vastakkaisella puolella sen sijaan hieta on aivan turpeen ylimmän osan kohdalla, joten hiedan pinta tulee rapukkaaksi (vert. kuva 4).

Aineistosta on jätetty pois m. m. savimailla tutkitut viemärit, koska niissä ei tavattu murtumisia.

Tehtyjen tutkimusten mukaan on murtumisien esiintyminen t u r v e m a i l l a hyvin rajotettua. Kaikissa havaituissa murtumistapauksissa oli turve verraten tai hyvin lahonnutta (8—10) ja käsitti vain sara- ja korpiturvetta, joissa oli enemmän tai vähemmän liekoja.

Mitä murtumistapaan näillä mailla tulee, on se, kuten havainnot osottavat, yleensä säännötön, mikä näyttää johtuvan turpeen epätasaisuudesta ja lieoista, joita oli kaikissa havaituissa murtumistapauksissa. Kaikille turvemurtumille on kuitenkin ominaista jyrkkä, korkeampi tai matalampi, jotenkin pystysuora murtumisrintuus.

M i n e r a a l i m a i l l a esiintyy murtuminen, kuten havainnot osottavat, vain etupäässä hiekka-, hieta- ja savihietamailla olevissa viemäreissä. Savimaalla ei ole tavattu murtumista.

Murtumistapa on mineraalimailla hyvin säännöllinen. Hiekkamaassa muodostuu viemärin poikkileikkaus kaukalomaiseksi (kuva 68). Silloin, kun hiekka on veden huuhtomaa, eikä ole kasvien juuria antamassa sille koossapysyväisyyttä, muodostaa hiekka aivan suoran luiskan, kuten eräs tapaus osottaa. Ainoastaan nurmen kohdalla käyristyy luiska pystysuoraan asentoon.

Mailla, missä viemäri leikkaa turvekerroksen alla olevaa mineraalimaata, esiintyy murtumista silloin, kun viemärin pohjalla tavataan sellainen mineraalimaa, joka on murtumiselle altis, siis hiekka, hieta tai savihieta.

Murtumistapa on tällöin mineraaliosassa samanlainen kuin vastaavissa oloissa varsinaisilla mineraalimailla. Ainoastaan mineraalimaan yläosassa tulee murtumispinta päällä olevan turvekerroksen painosta pysymään loivempana kuin varsinaisessa mineraalimaassa. Päällä olevassa turpeessa on murtuminen riippuvainen turvelajista. Tapaukset 29 ja 34 esittävät yleisen, vastustuskykyisen, lahoamattoman turpeen murtumista. Turve ei tällaisissa tapauksissa ollenkaan murru, vaan taipuu. Luultavaa on, että pitemmän ajan kuluttua tapahtuu koko taipuneen osan murtuminen tai oikeammin lohkeaminen. Tähän viittaavat

lukuisat rakomuodostumat, joita tavattiin taipuneessa osassa. Lahonnut sara- ja korpiturve on tutkimusten mukaan hyvin herkkä murtumaan. Tapaus 35 antaa yleisen kuvan murtumistavasta näissä turvelajeissa.

Murtumislaajuutta tarkastettaessa edellä olevan aineiston valossa saadaan tulokseksi:

1. Turvemailla ei murtuminen ulotu luiskan yläreunaa ulommaksi.

2. Mineraalimailla voi murtuminen hiekassa mennä yli luiskan yläreunan, hiedassa ja savihiedassa se ei juuri ulotu kauvemmaksi kuin hiekassa.

3. Kerroksellisilla mailla tapahtuneen murtumisen vaikutuksen laajuus nähdään seuraavasta yhdistelmästä, johon on otettu vertauksen vuoksi kaksi tapausta (26 ja 27) mineraalimaista:

Tapaus n:o	Pohjamaan laatu	vahvuus viemärissä m	Murtuminen ulottuu viemärin keskustasta m
26	hiekka	kokonaan	1.30
27	»	»	1.30
31	hieta	0.90	6.00
32	savihieta	0.45	1.35
33	»	0.70	1.75
34	hiekka	0.50	1.20
35	savihiekka	0.50	2.00

Edellä olevat numerot viittaavat siihen, että murtumisvaikutus ulottuu kauvemmaksi mailla, joiden pohjamaana on hieta, kuin mailla, joiden pohjamaana on hiekka. Sitä paitsi näyttää pohjamaakerroksen korkeus, jonka viemäri leikkaa, lisäävän tuntuvasti vaikutuslaajuutta.

Murtumisen vaikutus ei kuitenkaan rajotu tähän n. s. suoranaiseen murtumisesta johtuvaan vahinkoon, vaan murtuminen aiheuttaa, kuten havainnot osottavat, viemärin mataloitumisen kautta sen kuivatustehoa pienentävästi:

Tapaus n:o	Tukkeutuman pituus m	Padotuksen korkeus m	Padotuksen pituus m	Kuivatuksen pieneneminen ala ha
		Turvemaat		
17	65	0.30	250	(1.36) [1]
18	62	0.20	200	(1.05)
19	51	0.35	250	(1.20)
20	465	0.30	300	(3.06)
21	214	0.40	200	(1.66)
		Mineraalimaat		
23	82	0.30	350	2.50
24	45	0.30	480	4.50
25	38	0.45	410	3.00
26	45	0.38	400	1.80 [2]
27	280	0.40	—	1.10 [3]
		Kerrokselliset maat		
28	46	0.30	120	0.60
29	500	0.30	150	2.20
30	60	0.25	—	0.20 [3]
31	40	0.30	240	0.80
32	170	0.35	200	0.60
33	360	0.20	150	1.20
34	260	0.10	—	— [3]
35	160	0.10	—	— [3]

Kuten taulukko osottaa, aiheuttavat murtumiset tuntuvasti vahinkoa kuivatustehon pienenemisen kautta. Erityisen huomattavia ovat tapaukset 23—26 ja 31, joissa murtumiskohdalla syntynyt kuivatuksen pienenemisestä aiheutunut vahinko on pieni verrattuna padotuksen aikaan saamaan kuivatuksen pienenemiseen.

Murtuneissa viemäreissä luiskakaltevuuksia tarkastettaessa saadaan seuraava yhdistelmä:

[1] Sulkujen sisälle merkityt alat on saatu kertomalla padotuksen ja tukkeutuman pituus 40 m:llä, mikä on katsottu olevan viemärin keskimääräinen kuivatusalan leveys.

[2] Tässä tapauksessa oli myös välillä olevassa turvemaassa luiskien murtumisia, jotka osaltaan lisäsivät padotusta.

[3] Viemärin loppupää, johon ei laskenut muita ojia.

	Luiskakaltevuus, jossa murtuminen esiintyy	murtumista ei tavata
Sara- ja korpiturve	1 : 0.6	1 : 1
Hiekka	1 : 0.6—1.0	1 : 1.5
Hieta	1 : 0.6—1.0	1 : 1.5
Savihieta	1 : 0.6—1.0	1 : 1.5

Murtuminen esiintyy sara- ja korpiturpeessa, ku luiskakaltevuus on 1 : 0.6 tai suurempi, ja hiekka-, hieta- ja savihietamaissa sekä kerrokselliisissa maissa, joissa viemäri leikkaa hiekkaa, hietaa tai savihietaa, luiskan ollessa 1 : 1 tai jyrkempi. Mainittuihin mineraalimaihin nähden on tämä seikka kyllä ollut aikaisemminkin tunnettu[1].

Yhteenvetona edellä olevasta tarkastelusta voidaan mainita:

Murtumiset esiintyvät yleensä mailla, joiden koossapysyväisyys on pieni tai sitä ei ole ollenkaan, kuten lahonneissa korpi- ja saraturvemaissa, hiekka-, hieta- ja savihietamaissa.

Murtumislaajuus on maissa, missä viemäri leikkaa pinnalla olevan turvemaan lisäksi alla olevaa mineraalimaata, suurempi kuin turve- ja mineraalimaissa ja taas ensin mainituissa maissa suurin niissä, joissa pohjamaa on hienorakeista kuten hietaa ja savihietaa.

Murtumisen aiheuttama vahinko, viemärin mataloitumisestä johtuva kuivatuksen pienenemінen, saattaa usein olla tuntuva.

Murtumisen syynä on liian jyrkkä luiskakaltevuus.

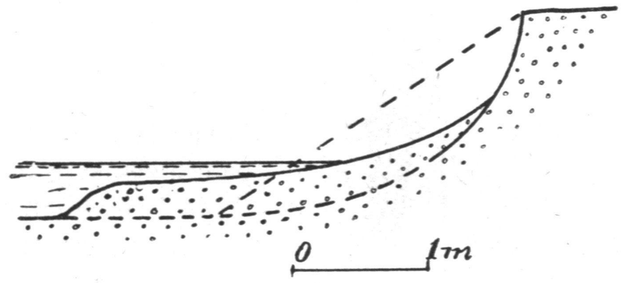
---

[1] Vert. esim. ADOLF FRIEDRICH, Kulturtechnischer Wasserbau j. n. e. Siv. 251 ja 309. E. — KRÜGER, Kulturtechnischer Wasserbau, Handbibliothek für Bauingenieure. III. Teil. Wasserbau. 7. Bd. Berlin 1921. Siv. 90 ja 91.

2. Repeytymät.

Repeytymillä ymmärretään tukkeutumisilmiöitä, joissa maa pienemmissä tai suuremmissa lohkareissa vierii tai liukuu enemmän tai vähemmän kaarevassa liikkeessä viemäriin.

1. Vaihinjoen kuivatusalue Vihdin pitäjässä. Repeämä tapahtui elokuussa v. 1921 heti kaivun jälkeen (kuvat 69 ja 70). Maalaji on tässä tapauksessa hiekkaa, jossa on hiukan (4 à 6 painoprosenttia) savea sekä siellä täällä kiviä. Repeytymän pituus on 28 m. Maan kosteus vierimispinnalla 0.6 m maanpinnan alapuolella on 20.8 painoprosenttia ja vedenpinnan kohdalla 29.6 %. Vastaavat kosteusprosentit laskettuina tilavuusprosentteina ovat 24.6 ja 36.9. Keväällä toukokuussa v. 1922 suureni vieremä tuntuvasti. Maassa oli pohjavedne liike verraten tuntuva.

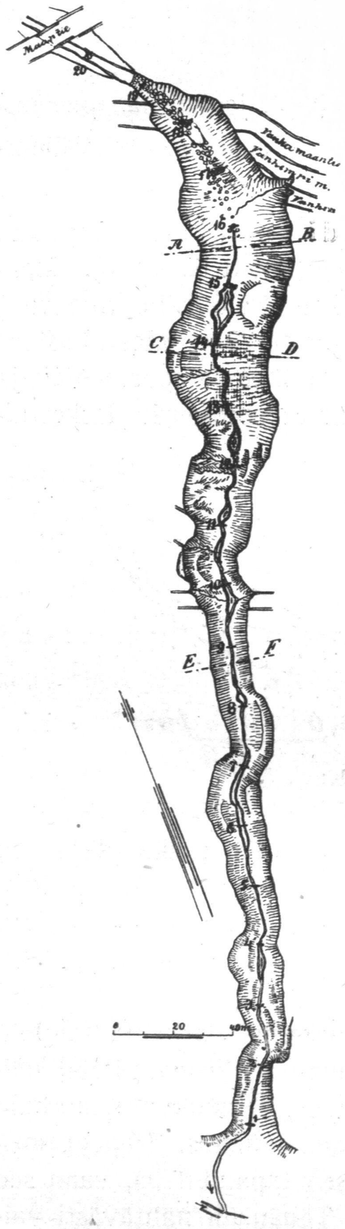


Kuva 5.

Maan repeytyminen oli tässä tapauksessa tapahtunut suunnilleen seuraavasti.

Maa-aines irtautui äkkiä kaarevaa pintaa myöten, jonka yläosa oli tuntuvasti kaarevampi kuin alaosa (kuva 5). Liike oli alkanut luiskan alaosasta, jossa jo aikaisemmin oli veden vaikutuksesta vierinyt maata hiukan veden pinnan yläpuoleltakin, ja heti tämän jälkeen vieri maa melkein koko luiskan pituudelta.

Maaosaset eivät muodostaneet mitään suurempia harkkoja tai lohkareita, vaan liikkuivat enemmän tai vähemmän irrallisina. Päällimäisenä liikkuvat maaosaset kulkivat vierien paljon pitemmän matkan kuin syvemmällä olevat, jossa sitä esti osasten välinen hankaus. Repeytymispinnan yläosa ei ollut lopullinen ensi vierimisen tapahduttua, vaan sen muodostumista oli jatkunut pitemmän ajan. Tähän oli nähtävästi vaikuttanut kasvien juuristo, joka antoi maalle jonkinlaisen koossapysyväisyyden. Maan vaikkapa vähäisestäkin koossapysyväisyydestä johtui, että repeytymispinta tuli maanpinnan luona aivan jyrkäksi tai kallistuminen viemäriin muuttui negatiiviseksi, s. o. maanpintaan syntyi räystäs, joka ulottui kauemmaksi alla olevaa maanseinämää.



Kuva 6.
Numlahden erosiolaakson kartta.

Vierimispinnan yläosassa oli käyristyssäde 1.85 m ja alaosassa 4.50 m. Repeytymispinta näkyi vain yläosassa, sillä keski- ja alaosassa peitti sen vierinyt maa-aines. Lapion avulla sen totesi hyvin, sillä sen alla oli tiukka maa ja päällä aivan pehmeä, pohjaveden kostuttama, vierinyt maa.

Maanpinta oli vierimisen jälkeen luiskan yläosassa jotenkin pystysuora, alaosassa sen sijaan hyvin loiva. Vedessä kaaristui maanpinta alaspäin ja yhtyi pohjaviivaan.

Tällaista repeämää, jossa maan liike tapahtuu pieninä, enemmän tai vähemmän itsenäisinä osasina pyörivässä liikkeessä, voidaan kutsua v i e r e m ä k s i.

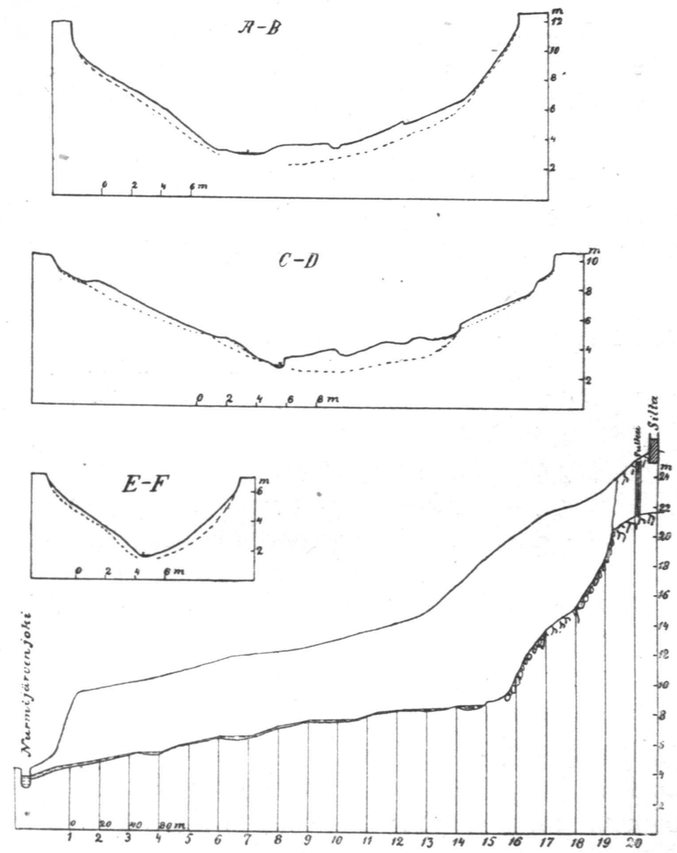
2. K a l l i o p u r o, T u o v i l a n l a h t i, M a a n i n g a n p i t ä j ä s s ä. Repeytymä tapahtui kesäkuussa v. 1921 heti kaivun jälkeen (kuva 71). Maalaji on moreenihietaa, jonka kosteus oli verraten suuri, sillä paikalla oli lähde, joka synnyttämällä korkean pohjavesipaineen aiheutti vieremän.

Maa-ainesten vieriminen tapahtui verraten suurina lohkareina (läpimitaltaan 2—4 dm), koska saviaines lisäsi maan koossapysyväisyyttä. Samasta syystä ei muodostunut kauniisti kaarevaa vierimispintaa, vaan säännötön. Yläosassa oli vierimispinta melkein pystysuora aina 0.5 metrin syvyyteen, josta se sitten verraten jyrkästi kaaristui viemäriin päin. Vierivien maalohkareiden pyörimisliike tässä tapauksessa oli hyvin pieni. Entisen luiskan pintaosat, jotka kallistuivat suhteessa 1 : 1.5, olivat nyt aivan vaakasuorassa tai hiukan kallistuneet päinvastaiseen suuntaan.

Noin 20 m alempana mainitusta repeytymästä oli toinen täydellisesti samanlainen repeytymä, jossa kuitenkin maa oli repeytynyt paljon pienemmissä lohkareissa kuin edellisessä.

Omituisuutena on vielä mainittava, että tässä tapauksessa saattoi havaita selvän lähdekeskuksen, josta pohjavesi säteittäin tunki maa-aineksen viemäriin päin.

3. N u m l a h d e n e r o s i o l a a k s o N u r m i j ä r v e n p i t ä j ä s s ä. Aikaisemmin mainittiin Nurmijärven kuivatushanketta (siv. 21) selostettaessa sivumennen Numlahden erosiolaaksosta, miten se oli saanut alkunsa. Alaltaan on laakso n. 4,000 m². Koko laakso on muodostunut kerralliseen saveen, jossa SAURAMON mukaan tavataan kolme suurta horisonttia (kerrossarjaa) [1]:



Kuva 7.
Numlahden erosiolaakson pituusprofiili ja kolme poikkileikkausta, joissa pilkutettu viiva osottaa kiinteän maan rajaa.

[1] MATTI SAURAMO. Studies on the Quaternary varve sediments in southern Finland. Bull. de la Comm. Geol. de Finland n:o 60. Siv. 70.

1. Ylin, 0.5—2.0 m vahva horisontti (II Ss.), jossa kerrosten vahvuus on 2—5 cm. Savi on hyvin hienorakeista ja jäykkää. On syntynyt jäänreunan ollessa toisella Salpausselällä.

2. Noin 1.5 m vahva horisontti (iSs.), jossa kerrokset ovat 0.5—2 cm vahvoja ja selviä. Ylinnä on hietasavea, alempana savea, osittain jäykkääkin. On kerrostunut jäänreunan peräytyessä ensimäiseltä toiselle Salpausselälle.

3. Noin 3—6 m vahva horisontti (ISs.), jossa kerrokset ovat 0.5—25 cm vahvoja. Kerrokset ylinnä epäselviä, alempana selvempiä. Ylinnä savea, joka alempana tulee hietasaveksi ja alinna hiedaksi ja hiekaksi. Suurin osa syntynyt jäänreunan viipyessä ensimäisellä Salpausselällä.

Seuraavat luvut osottavat kummankin laakson rinteen, kiinteän maan vesipitoisuutta poikkileikkauksen A—B kohdalla elokuun 7 päivänä 1923 [1]:

Metriä maanpinnasta	Vettä painoprosenttia	
	läntisellä rinteellä	itäisellä rinteellä
0.25	18.5	24.1
1.0	21.5	25.8
2.5	29.0	32.3
5.0	32.3	36.1
7.0	37.0	48.5

Laakso on n. 400 m pituinen alkaen Helsingin-Nurmijärven maantiestä, jonka alitse tulee Kuhajärven vesijättömaalta viemäri (kuva 6). Yläosassa on laakso verraten kapea ja matala. Vanhan maantien kohdalla, jonka vesi laaksoa murtaessa on katkaissut, on laakso yli 20 m leveä ja n. 7 m syvä (kuvat 6 ja 7). Noin 20 m alempana on laakson levein kohta 40 m, hiukan alempana tästä taas on syvin kohta eli 10.20 m. Samoilla paikoin alkaa ilmetä laakson pohjalle verraten laajalti vettä (kartta). Yli 30 m levyistä laaksoa on n. 50 m pitkälti. Sen jälkeen alkaa laakso kaveta ja madaltua. Alimmat 200 m on laakso keskimäärin 15 m leveä ja 5 m syvä. Maa-aines, joka siitä on poistunut, on ollut n. 30,000 m³, siis verraten suuri noin kuuden vuoden kuluessa tapahtuneelle syöpymiselle.

Laaksossa tavattiin kahdenlaista maan liikettä: laakson pohjalla vedessä maaosasten kulku viemäriä pitkin ja vedenpinnan yläpuolella

[1] Vesimääräykset tehtiin seuraavasti: otettiin sinkkipeltisiin astioihin maanäytteet (n. 10 g) mainittuna päivänä. Samana iltana punnittiin ne laboratoriossa ja seuraavana päivänä kuivattiin näytteet kuivauskaapissa + 100 ° C n. 6 tunnin ajan, jonka jälkeen ne punnittiin.

maaosasten liike laakson pohjaan päin kohtisuorassa viemärin suuntaa vastaan [1].

Viimeksi mainitussakin tavattiin kaksi selvästi eroavaa liiketapaa. Yleensä läntisellä laakson rinteellä oli huomattavissa aivan yleisesti maan vierimistä pieninä osasina. Ainoastaan niillä kohdilla, missä sarkaojat valuttivat vettä laakson rinteelle, näytti maan siirtyminen tapahtuneen suurina maakappaleina. Edellistä, nim. vierimistä, edisti maan routiminen, joka pienenteli kuivuuden vaikutuksesta halkeilleet pystysuorat maapatsaat työntäen ne erilleen toisistaan ja kiinteästä maasta sekä murentaen ne. Tämän vuoksi keväällä (esim. v. 1923) roudan sulamisen jälkeen maa vieri pieninä palasina rinnettä alas muodostaen erittäin löyhän 0.2—0.6, välistä 1.8 m vahvan kerroksen luiskille. Tähän löyhään maakerrokseen piirteli keväällä sarkaojista juokseva vesi kiemurtelevia uomiaan (vert. kuva 118). Keväällä v. 1923 roudan avustama vieriminen levitti laaksoa länsipuolella 1—2 m. Kesällä v. 1922 paalun 17 kohdalla tavattu n. 7 m korkea pystysuora seinä (kuva 115) hävisi keväällä maan vierimisen kautta ja sijalle tuli luiska, jonka keskimääräinen kaltevuus oli 1 : 1; tällä kohdalla oli edellä mainittu 1.8 m vahva löyhä, roudan murentama kerros (kuva 117).

Itäisellä laakson rinteellä liikkui maa suurempina lohkareina, vaikkin edellä kerrotunlaista vierimistä tavattiin paikotellen. Yleensä itäinen rinne oli jyrkempi (vert. poikkileikkauksia) ja sitä paitsi täällä valui vettä enemmän, joten se ei ollut niin arka kuivumiselle eikä sillä routakaan siitä syystä ulottunut niin syvälle kuin edellisellä rinteellä.

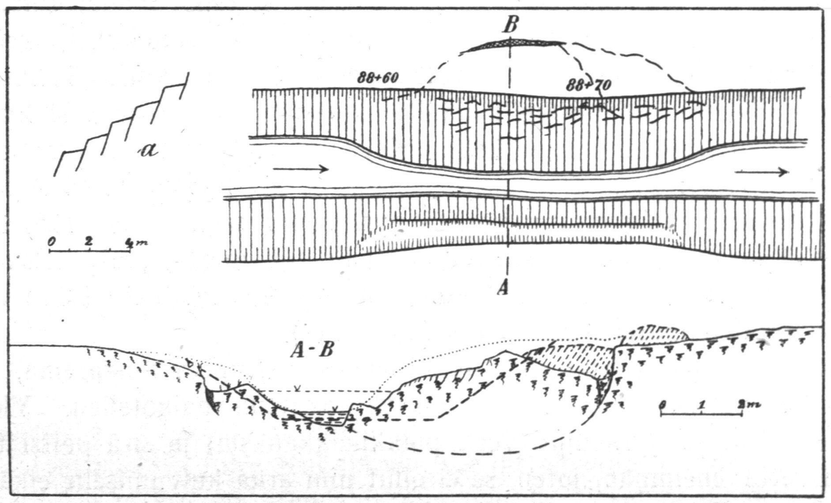
Lohkareiden suuruus vaihteli jonkun verran. Tavattiin lohkareita, jotka olivat n. 0.5 m³, jopa 1 à 2 m³ suuruisia. Liukuessaan repeytymispintaa pitkin lohkareet olivat itsekin pyörineet, joko liikkeen suuntaan tai sitä vastaan, tehden edellisessä tapauksessa useita pyörähdyksiä, mutta jälkimäisessä vain vähäisen pyörähdyksen, mikä johtui liukumispinnan loivenemisesta.

Liukumis- l. luisumispinta oli laaksossa olevissa kerrallisissa savissa porrasmainen siten, että kukin kerros tai kerrosryhmä muodosti yhden portaan, joka oli lohennut pitkin kerroksen rajaa muodostaen portaan päällyksen ja kohtisuorasti kerrosta vastaan muodostaen portaan korkeuden. Ainoastaan siellä, missä ojat valuttivat vettä laaksoon, oli luisumispinta tasaisempi.

[1] Kun otetaan huomioon molemmat maan liikkeet, kuuluu tapaus viemäriä suurentaviin ilmiöihin. Jos taas otetaan huomioon vain jälkimäinen liike, kuuluu tapaus viemäriä (vesiväylää) pienentäviin ilmiöihin ja tästä viimeksi mainitusta syystä se on tähän otettu.

Länsirinteellä tapahtunut vierimisliike on aivan ensimäisessä tapauksessa olleen liikkeen tapainen, siis vieremä. Sen sijaan eroaa jälkimäinen edellisestä siinä, että maa-aines murtuu maasta verraten suurina harkkoina ja liukuu tai vierii kaltevaa luisumispintaa myöten. Tämän vuoksi voidaan tällaista maan liikettä kutsua vierimis- eli murtumisluisumaksi.

4. Vieremiä Eurajoessa Euran pitäjässä, Satakunnassa. Repeytymät tapahtuivat v. 1921. Maa on tässä tapauksessa enimmäkseen savikkoa, jossa joen äyräällä on runsaasti kuivumi-



Kuva 8.

sesta johtuneita rakoja. Repeytymiset johtuivat työpadotuksen vaikutuksesta. Sanottuna vuonna perattiin Eurajokea Panelian kylän kohdalta. Perkkauspaikan yläpuolelle rakennettiin työpato, joka pidätti veden kohottamalla sen kaivun aikana melkein äyräitten tasalle. Kun työ oli saatu valmiiksi ja työpato avattiin, laski vesi muutamassa päivässä paljon alemmaksi, kuin missä se aikaisemmin samoissa olosuhteissa oli ollut. Jo perkkauksesta aiheutuva matalaveden pinnan laskeminen aiheutti maanpaineen lisäyksen rantapenkereessä, ja sen lisäksi tuli vielä veden pehmittävä vaikutus siinä padotuksen aikana. Tämä maan koossapysyväisyyden pieneneminen ja toiselta puolen maanpaineen lisääntyminen aiheuttivat lukuisia repeämiä.

Toiset näistä repeytymistä olivat täydelleen edellä kerrotun erosiolaakson alaosan repeytymien kaltaisia, joten niistä ei ole syytä sen enempää tehdä selvää.

Sen sijaan toisilla repeytymillä oli hiukan toisenlainen luonne. Maa-aines pysyi niissä enemmän tai vähemmän yhtenäisenä lohkareena. Repeytyminen tapahtui joko likempänä tai kauempana joen yläreunasta, jolloin syntyi repeytymisrakoja. Tämän raon luona maa liikkui melkein raon suuntaan, jolloin maanpinta aleni useissa tapauksissa 1.5 m.

Näiden repeytymien yleinen muoto oli puoliympyrämäinen, t. s. repeytymisrako teki puoliympyrää muistuttavan kaaren. Vieremän keskiosa repeytymisraon luona painui aina näissä tapauksissa enin. Välistä näkyi pinnalla, jota myöten maan liukuminen tapahtui, täysin massiivista savea.

5. Nurmijoki Nurmijärven kuivatusalueella. Paalu 88 + 63 — 88 + 76 (kuva 8). Maa on vanhaa vesijättöä. Repeytymän ala on 154 m². Maa on laadultaan järvenpohjaliejua, jonka viivakutistuvaisuus oli kovettuneen maakerroksen alla noin 32 %, pintakutistuvaisuus 46 % ja kuutiokutistuvaisuus 66 %[1] sekä vetisyys n. 70 painoprosenttia. Perkkauksessa tuli pohjan leveydeksi 4 m ja luiskakaltevuudeksi 1 : 1.5. Suunnitelman mukaan oli veden nopeus, vesisyvyyden ollessa 0.70 m ja putouksen 0.4 : 1,000, 0.42 m/sek:ssa.

Luisuminen tapahtui ainoastaan joen oikealla rannalla maanpinnan repeytyessä kovan maakerroksen kohdalla pystysuoraa rakoa myöten, jonka suurin etäisyys luiskan yläreunasta oli 2.60 m (asemakartta kuvassa 8). Repeytymisraon jatkona oleva luisumispinta oli tasaisesti kaareva ja voitiin sitä seurata 1.70 m syvyyteen. Tällä osalla oli luisumispinnan kaarevuussäde 6 m. Repeytymisraon luona oli maanpinta siirtynyt seuraavasti: 0.78 m alaspäin ja 0.45 m viemäriin päin. Luiskan ylä-

[1] Kutistuvaisuus määrättiin seuraavalla tavalla: Tarkotusta varten tehtyihin kuutionmuotoisiin (särmä 6 cm) sinkkipeltilaatikkoihin otettiin tutkitulta paikalta näytteet siten, että laatikko hyvin huolellisesti painettiin lapiolla otettuun tai rintuuksessa olevaan maahan. Kun laatikko oli täten saatu täyteen, irrotettiin se maasta, liika maa poistettiin laitoja myöten ja laatikko sulettiin kannella, jottei vettä haihtuisi ennen punnitsemista. Kun näytteet laboratoriossa oli punnittu, asetettiin ne kuivumaan, avaamalla kannet. Kuivuminen, joka kesti 6 à 8 kk., oli tasainen läpi kuution, vaikka ainoastaan yksi sivu kosketti vapaaseen ilmaan. Kuivumisen perästä, jolloin alkuperäinen kuutio oli enemmän tai vähemmän kutistunut, punnittiin näytteet ja mitattiin kuution särmien pituudet. Näin saatiin näytteiden vesipitoisuus sekä särmien pituuksien keskiarvoista kutistuvaisuudet. Ruotsissa on jotenkin samalla tavalla tutkittu eri maalajien kutistumista. Vert. H. v. FEILITZEN, E. HAGLUND ja A. BAUMAN, Om bränntorv och bränntorvberedning. Stockholm 1917. Siv. 35 ja E. HAGLUND, Om krympning hos gyttja och torf. Svenska Mosskult. Fören. Tidskr. 1910. Siv. 2—6.

reuna liikkui viemäriin n. 1 m ja alaspäin n. 0.3 m. Luiskakaltevuus, joka ennen luisumista oli 1 : 1.5, oli nyt 1 : 3.5. Poikkileikkauksesta huomataan, ettei luisumisessa maanpinnan ja luiskan välinen kulma muuttunut. Tämä osottaa, että liike tapahtui yhtä ainoaa luisumispintaa myöten. Tällaisia repeytymiä, joissa liikkuva maakappale pysyy entisen muotoisena ja maahiukkaset pysyvät paikoillaan toisiinsa nähden, voitaisiin kutsua varsinaisiksi yksinkertaisiksi luisumiksi.

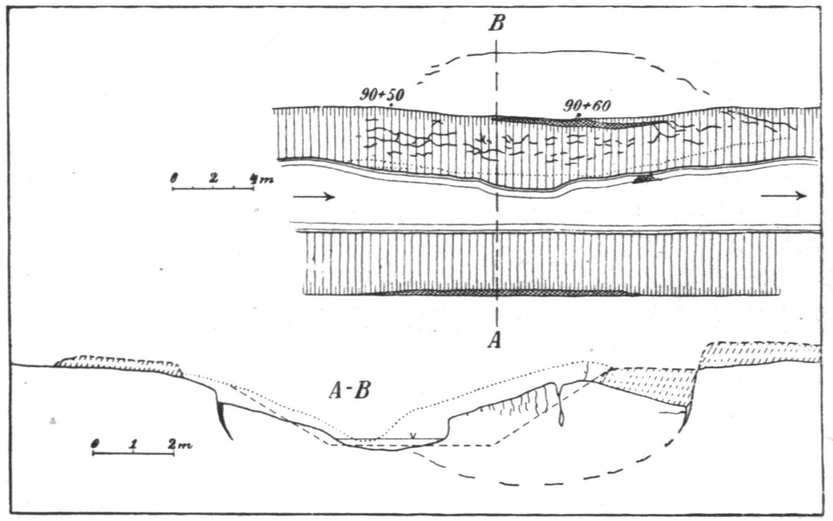
Luiskalla oli runsaasti maan kuivumisesta johtuneita halkeamia, jotka eivät olleet pystysuorassa asennossa, kuten halkeamat tavallisissa olosuhteissa, vaan ne kallistuivat viemäriin päin. Tämä vinottainen rakoilu luiskalla osottaa, että luisuminen on tapahtunut verraten pitkän ajan perästä kaivun jälkeen, koska kuivumisraot ennen luisumista olivat ehtineet jo yli 0.5 m syviksi.

Luiskalla ja etenkin sen alareunalla tavattiin omituiset raput (kuva 8 a), jotka olivat syntyneet veden vaikutuksesta. Vesi oli pehmittänyt liejun kuivuneen patsaan alta, joten se ei enää pysynyt samalla korkeudella kuin ennen, vaan painui alaspäin hangaten valuessaan toista patsasta vastaan. Toinen patsas, joka myös jo oli kallellaan, painui yhtä pehmeällä perustalla vuorostaan seuraavaa vastaan ja niin muodostui raputtainen luiska (kuva 8 a), jossa rappujen korkeus oli viemärin puolella suurempi (0.10—0.15 m) kuin ylempänä (0.05 m). Veden pitkäaikaisesta vaikutuksesta oli laitimainen patsas aivan vajoamassa veteen. Nähtävästi oli aikaisemmin useita patsasrivejä vajonnut.

6. Sama joki. Paaluväli 90 + 50 — 90 + 68. Repeytymän ala on 192 m². Maalaji, maan kosteus ja kutistuvaisuus olivat jotenkin samat kuin edellisessä tapauksessa. Maa oli läpeensä tasaista liejua. Kovettuneen maakuoren vahvuus oli tässä tapauksessa kuten edellisessäkin verraten vähäinen (0.5—1.0 m) ja sen lisäksi se oli jonkin verran kuivumisesta halkeillut. Perkkauksessa poistettiin, kuten kuvassa 9 oleva profiili A—B osottaa, viemärin oikealta puolelta verraten tuntuvasti maata ja jonkin verran myös vasemmalta puolelta. Uudet luiskat, kuten profiili näyttää, tulivat tuntuvasti jyrkemmiksi kuin entiset joen reunat.

Asemakartasta 9 nähdään, että luisuessa oli syntynyt maahan viemärin oikealle puolelle, 3.1 m etäisyyteen luiskan yläreunasta, sen suuntainen halkeama, joka sitten käyristyi molemmissa päissään vähitellen viemäriin päin. Samalla puolen oli luiskalle syntynyt verraten leveä ja

syvä halkeama, johon lienee osittain ollut syynä luisuminen, koska halkeaman yläpuoleinen luiskan osa on painunut 10—15 cm alemmaksi kuin viemärin puoleinen osa. Tämän halkeaman alapuolella oli lukuisia kuivumisesta johtuneita rakoja, jotka olivat pystysuoria ja ylemmät niistä yli 0.5 m syviä, ja rakojen syvyys pieneni kuta likemmäksi viemäriä tultiin, kuten profiili A—B osottaa. Päärakoilu oli viemärin suuntainen. Poikkileikkauksesta A—B nähdään, että maanpinta oli laskeutunut repeytymisraon luona 0.95 m ja siirtynyt viemäriin 0.30 m. Luiskan yläreuna on laskeutunut vain 0.35 m, mutta sen sijaan siirtynyt



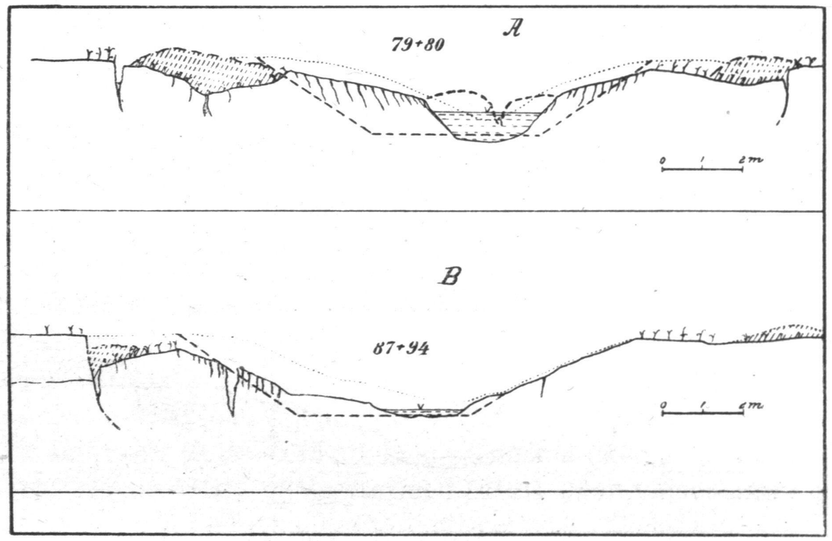
Kuva 9.

viemäriin päin 0.50 m. Äsken mainitun halkeaman syntymiseen lienee myöskin vaikuttanut luiskan alaosan painuminen, minkä osottaa maanpinnan ja luiskan muodostaman kulman pieneneminen. Mainittu painuminen johtuu siitä, että vesi on syövyttänyt luisumisessa viemäriin tunkeutunutta liejua, jolloin luiskan alaosalla ei ollut riittävän tukevaa pohjaa, vaan se painui alas. Pystysuorat kuivumisraot luiskalla osottavat, että luisuminen on tapahtunut heti viemärin kaivun jälkeen. Samasta poikkileikkauksesta nähdään myöskin vastakkaisella rannalla tapahtunut pieni luisuma, joka itse asiassa ei ole aiheuttanut mitään vauriota.

Luisumistapa on tässä tapauksessa ollut erittäin säännöllinen, joten tapaus kuuluu varsinaisiin yksinkertaisiin luisumiin, kuten edellistä samanlaista tapausta nimitettiin. Maa-aines on tavallaan muodostanut

kokonaisuuden, joka on kääntynyt kaarevassa liikkeessä hakien tasapainoasentoa. Vielä on erityisesti huomattava luisumisen jälkeen muodostuneen maanpinnan ja ennen kaivua olleen maanpinnan suuri yhdenmukaisuus, minkä poikkileikkaus osottaa.

7 a. S a m a j o k i. Paalu 79 + 40 — 80 + 25. Repeytymän pinta-ala on n. 800 m². Maalaji on sama kuin n:ssa 5. Vesipitoisuus oli 1.60 m syvyydessä maanpinnasta 82 % painosta, samassa paikassa oli viivakutistuvaisuus 33.2 %. Kovettuneen maankuoren vahvuus oli 1.10 m



Kuva 10.

Kuvassa 10 A nähdään repeytymän poikkileikkaus. Kuten se osottaa, oli luisuminen tapahtunut viemärin molemmilla puolilla. Vasemmalla puolen oleva repeytymistapaus eroaa aikaisemmista monessa suhteessa. Repeytymisrako, joka sijaitsi alkuperäisestä luiskan yläreunasta 3.40 m, oli pystysuora. Maa repeytymisraon luona ei ollut sanottavasti painunut, vaan sen sijaan kallistunut viemäriin päin 0.25 m. Suurin painuminen maanpinnassa on tapahtunut repeytymisraosta 2 metrin päässä ja se oli 0.90 m. Tällä kohdalla oli myös tavattavissa suuria halkeamia, joiden maanpintareunat olivat samalla tasolla. Luiskan yläreuna oli siirtynyt viemäriin 0.90 m ja painunut alaspäin 0.35 m. Luiskan alkuperäinen kaltevuus 1 : 1.5 oli repeytymisessä muuttunut 1 : 5. Poikkileikkauksesta huomataan vielä kuivumisrakojen, jotka olivat

keskiluiskassa yli 0.50 m syviä ja 0.10 m leveitäkin, suuntautuminen viemäriin, mikä osotti, kuten aikaisemmassa tapauksessa jo mainittiin, että luisuminen on tapahtunut paljon jälkeen viemärin kaivun. Poikkileikkauksessa oleva katkonainen viiva osottaa maanpintaa heti luisumisen jälkeen. Pohjasta, luiskan alaosasta oli paljon maata luisuessa pullistunut viemäriin. Kaivutyön tähden piti avata pieni vesiväylä, jonka vuoksi pullistumat hävisivät. — Viemäristä poistettu maa oli asetettu likelle luiskan yläreunaa.

Viemärin oikealla puolella ovat huomattavissa jotenkin samat seikat kuin vasemmalla puolella. Kuitenkin on täällä repeytymisraon luona tapahtunut selvä painuminen, joka on 0.25 m suuruinen. Siirtyminen viemäriin on ollut vain 0.10 m. Maanpinnan suurin painuminen tavataan 1.00 m päässä repeytymisraosta ja on se ollut 0.50 m. Luiskan yläreunan siirtyminen on ollut verraten pieni, 0.10 m ja painuminen alaspäin 0.20 m. Luiskakaltevuus muuttui luisumisen jälkeen 1 : 3.6:ksi. Luiskalla huomattiin samanlaiset viemäriin kallistuvat halkeamat kuin vastakkaisellakin luiskalla.

Etenkään vasemmalla puolella ei tavattu selvää pintaa, jota pitkin liike olisi tapahtunut, vaan ainoastaan suuri repeytymisrako, joka oli aiheutunut maanpinnan kallistumisesta viemäriin päin. Maa-aineksen liike oli tässä tapauksessa ollut enemmän puristuvaa kuin luisuvaa. Maan puristuksesta pullistuivat luiskan pehmeä osa ja pohja viemäriin, samalla kuin maa ulompaa vajosi ja luiska loiveni. Maahiukkaset olivat muuttaneet asentoa toisiinsa nähden. Tällaista repeytymää voitaisiin kutsua p u r i s t u m i s- e l i p u l l i s t u m i s l u i s u m a k s i.

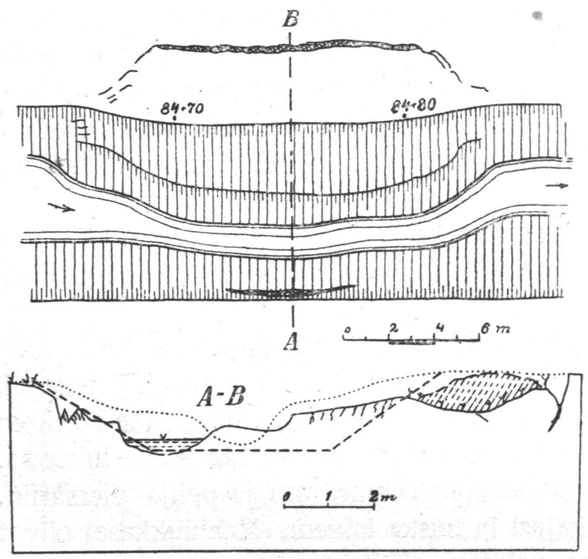
7 b. S a m a j o k i. Paaluväli 87 + 84 — 88 + 20. Repeytymän ala on 300 m². Maalaji, maan kosteus- ja kutistumissuhteet ovat jotenkin samat kuin n:ssa 5. Kovettuneen maankuoren vahvuus on 1.00 m. Perkkauksessa poistettiin maata etupäässä vasemmalta puolelta, jolloin, kuten kuva 10 B osottaa, luiska jyrkkeni 1 : 3:sta 1 : 1.5:een.

Poikkileikkauksessa (kuva 10 B) kiintyy huomio suureen liikkeeseen, jonka maa on repeytymisissä tehnyt. Repeytymisrako, joka oli 2 m luiskan yläreunasta, oli huomattavan syvä (näkyvä osa 1.5 m). Sen luona maanpinta oli painunut 0.85 m ja siirtynyt viemäriin 0.30 m. Luiskan yläreuna on sen sijaan painunut 0.35 m ja 0.38 m ja siirtynyt viemäriin 0.10 m. Luiskan kaltevuus repeytymisen jälkeen oli 1 : 3. Erikoisesti kiinnitti huomiota luiskalla oleva suuri halkeama (kuva 73), joka oli syntynyt osittain kuivumisen vaikutuksesta, osittain maa-aineksen valumisesta luiskan alaosan alta viemäriin. Edellinen seikka on

kuitenkin tässä tapauksessa vähemmän vaikuttanut halkeaman syntymiseen kuin jälkimäinen.

Repeytyminen oli puheena olevassa tapauksessa tapahtunut selvää luisumispintaa myöten ja maa-aines muodosti yhden luisuvan kappaleen, joten tapaus on luettava varsinaisiin yksinkertaisiin luisumiin.

8. Sama joki. Paaluväli 84 + 66 — 84 + 84 (kuva 11). Repeytymän pinta-ala on 194 m². Maalaji, maan kosteus ja kutistuminen olivat jotenkin samat kuin n:ssa 7 a. Kuivuneen maakerroksen vahvuus oli 0.80 m. Perkkauksessa poistettiin maata molemmilta luiskilta tuntuvasti ja luiskat tulivat paljon jyrkemmiksi kuin mitä ne olivat alkuaan.



Kuva 11.

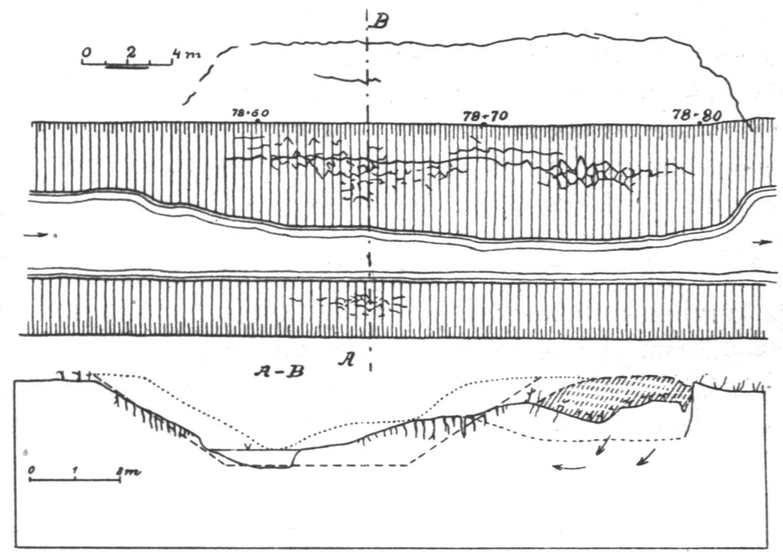
Repeytymisessä syntyi viemärin oikealle puolelle alhaalta ylöspäin katsottuna n. 3.5 m päähän luiskan yläreunasta sen kanssa yhdensuuntainen 12 m pitkä ja 0.2—0.4 m leveä halkeama. Tämän halkeaman molemmista päistä jatkuu, kuten kartta osottaa, viemäriin päin pieniä, jonkin verran epäsäännöllisiä halkeamia. Vastakkaisella luiskalla tavattiin myös pieni halkeama. Oikean rannan luisumisen johdosta oli joen vesiväylä siirtynyt, kuten kartta osottaa, aivan toiselle rannalle. Repeytyminen oli tapahtunut edellä mainitun raon jatkona olevaa pintaa myöten (profiili A—B kuvassa 11). Sen lisäksi oli tapahtunut verraten suuri maanpinnan painuminen repeytymisraon ja luiskan yläreunan välillä (0.90 m). Repeytymisraon luona oli painuminen vain 0.30 m ja siirtyminen viemäriin päin 0.45 m. Vastaavat siirtymiset luiskan yläreunan kohdalla olivat alaspäin 0.55 m ja viemäriin päin 0.80 m. Luiskalla tavattavat halkeamat kallistuivat ulospäin, mikä osotti, että luisuminen oli tapahtunut jonkun aikaa kaivun jälkeen. Luiskan kaltevuus luisumisessa oli muuttunut 1 : 6:ksi.

Repeytyminen on ollut kahdenlainen, nim. repeytymisraon luona selvää

liukumista määrättyä pintaa myöten, mutta lähempänä viemäriä on maan siirtyminen ollut puristusta. Tapaus on luettava puristumisluisumiin.

9. Sama joki. Paaluväli 78 + 57 — 78 + 82 (kuva 12). Repeytymän ala on 220 m². Maalaji, maan kosteus ja kutistuminen ovat jotenkin samat kuin n:ssa 7 a.

Repeytyminen, kuten kartta (kuva 12) osottaa, oli tapahtunut vain toisella puolen viemäriä. Repeytymisrako, joka oli n. 20 m pitkä, oli



Kuva 12.

muodostunut keskimäärin 3.5 m päähän luiskan yläreunasta. Molemmista päistä oli rako käyristynyt viemäriä kohti, tosin ei yhtäjaksoisena. Viemärin luiskalla, etenkin luisuneella puolella, oli erittäin runsaasti kuivumisesta aiheutuneita rakoja, niistä suurimmat viemärin suuntaisia. Näiden rakojen suureneminen näytti johtuneen luisumisen jälkeen tapahtuneesta luiskan alaosan painumisliikkeestä. Veden liike viemärissä oli kuluttanut verraten helposti pehmeän liejumaan, joka luisuessaan työntyi viemäriin. Kulutetun sijaan tunkeutui viemäriin uutta liejua luiskan alaosan alta maanpaineen vaikutuksesta aiheuttaen siten luiskan alaosan painumisen. Rakojen pystysuora asento todistaa, että luisuminen oli tapahtunut heti kaivun jälkeen. Poikkileikkauksesta A—B nähdään maanpinnan painumiset ja siirtymiset. Repeytymisraon luona oli maanpinta siirtynyt viemäriin päin 0.30 m ja alaspäin 0.45 m.

Viemärin luiskan yläreunan kohdalla on siirtyminen viemäriin ollut verraten vähäinen, vain 0.28 m, alaspäin sen sijaan suurempi, 0.58 m. Maan painuminen repeytymisraon ja luiskan yläreunan keskiosan välillä oli suurin, nim. 1.00 m. Tällä kohdalla olikin metrin vahvuinen kerros viemäristä poistettua maata. Repeytymisessä oli luiskan kaltevuus muuttunut n. 1 : 6:ksi. On vielä huomattava viemärin pohjan ja luiskan alaosan pullistuminen.

Repeytymistapa oli tässä tapauksessa osittain kahdenlainen, nim. luisuminen tapahtui vain repeämän ulommassa osassa luisumispinnan luona, sen sijaan oli luisuminen lähempänä viemäriä enemmän puristuvaa. Tämä tapaus on siis luettava pullistumisluisumiin.

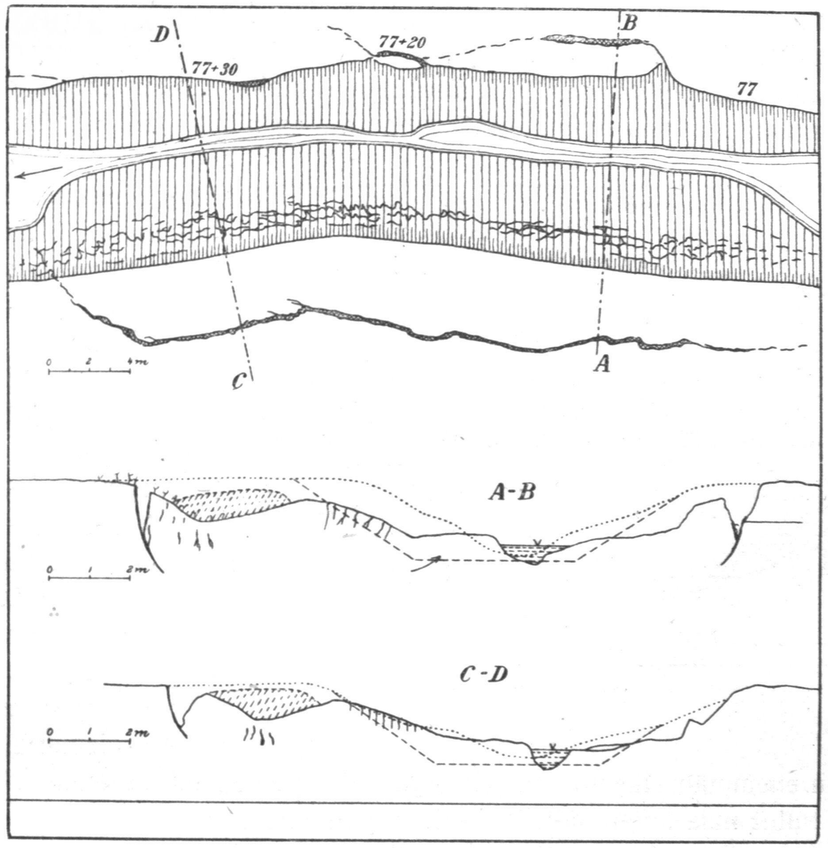
Entisen maanpinnan ja luisumisen perästä syntyneen maanpinnan välillä on huomattavissa verraten suuri yhtäläisyys. Etenkin on huomattava vasemmalla puolella olevien luiskien yhdensuuntaisuus.

10. S a m a j o k i. Paaluväli 76 + 93 — 77 + 38 (kuvat 13 ja 74). Repeytymän pinta-ala on 470 m². Maalaji on kuten edellisissäkin liejua, maan kosteus vaihtelee 66—70 %; maan kutistumiset: viiva- 32 %, pinta- 49 % ja kuutiokutistuminen 67 %. Kovettuneen maan kuoren vahvuus oli 1.00—1.30 m. Perkkauksessa poistettiin, kuten profiilit A—B ja C—D osottavat, maata etupäässä vasemmalta puolelta. Oikealta poistettiin sitä vain alaosasta, josta syystä luiska tuli paljon jyrkemmäksi kuin alkuperäinen.

Repeytyminen oli molemminpuolinen. Vasemmalla puolen viemäriä oli se kuitenkin verraten pieni. Repeytymisrako seurasi tällä puolella enimmäkseen luiskan yläreunaa; ainoastaan alaosassa poikkesi se 1.50 m etäisyyteen luiskan yläreunasta. Tällä luiskalla ei ollut kuivumisesta johtuvia halkeamia, sillä työpadotuksen aiheuttama vedennousu esti niiden syntymisen. Oikealla puolen sen sijaan oli luiskan kanssa yhdensuuntainen, n. 4 m päässä siitä kulkeva repeytymisrako, joka molemmista päistä, vaikkakin katkonaisena kaaristui viemäriin. Yläosassa luiskan samalla puolen oli erittäin runsaasti enemmän tai vähemmän viemärin suuntaisia, suurimmaksi osaksi kuivumisesta johtuneita, pystysuorassa asennossa olevia halkeamia.

Tässä repeytymässä ei repeytymisraon luona ollut tapahtunut varsinaista luisumista muualla kuin oikealla puolella repeytymän alapäässä ja siinäkin oli osittaista pullistumista tavattavissa, kuten poikkileikkaus A—B osottaa. Sen sijaan tavataan valtava painuminen yläreunan ja repeytymisraon välillä, joka on aiheuttanut repeytymisraon suurenemisen viemärin puoleisen maan kallistumisen kautta. Poikkileikkauksessa A—B

on maan siirtyminen ollut seuraava: oikealla puolella viemäriä repeytymisraon luona on painuminen n. 0.35 m ja siirtyminen viemäriin 1.00 m. Luiskan yläreunan kohdalla tapahtunutta maan siirtymistä oli tässä vaikea määrätä. Vasemmalla puolella oli maa siirtynyt repeytymisraon

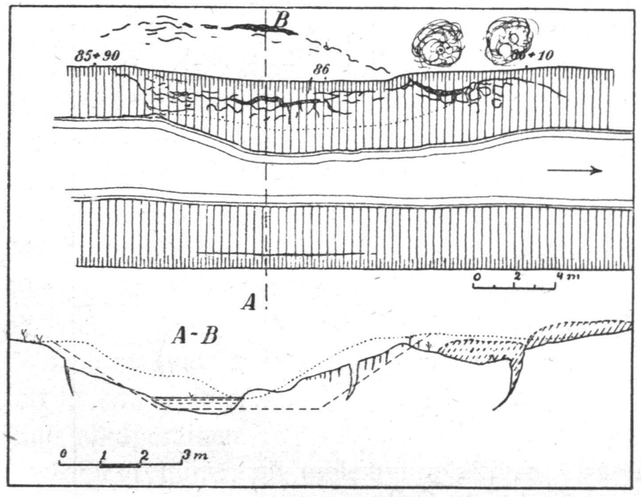


Kuva 13.

luona alaspäin 0.10 m ja viemäriin päin 0.35 m. Maan painuminen oli 1.50 m repeytymisraosta viemäriin päin 1.05 m. Luiskan yläreunan kohdalla oli siirtyminen alaspäin 0.50 m ja viemäriin päin 0.30 m. Poikkileikkauksessa C—D olivat maan siirtymiset repeytymisraon luona alaspäin 0.20 m ja viemäriin päin 0.90 m. Luiskan yläreunan kohdalla alaspäin 0.35 m, viemäriin päin 0.50 m. Maanpinnan painuminen repeytymisraon ja luiskan yläreunan välillä oli 0.85 m. Luiskalle syntyneet pystysuorat halkeamat osottivat, että luisuminen oli tapahtunut heti kaivun jälkeen. Vielä oli huomattavissa halkeamia kovettuneessa maaosassa

sillä kohdalla, joka eniten painui. Molemmissa poikkileikkauksissa huomataan, että viemäristä poistettu maa oli kasautunut repeytymisraon ja luiskan yläreunan välille. Luisumisen jälkeen syntynyt maanpinta on verraten yhdenmukainen, etenkin viimeisessä poikkileikkauksessa ennen kaivua olleen maanpinnan kanssa.

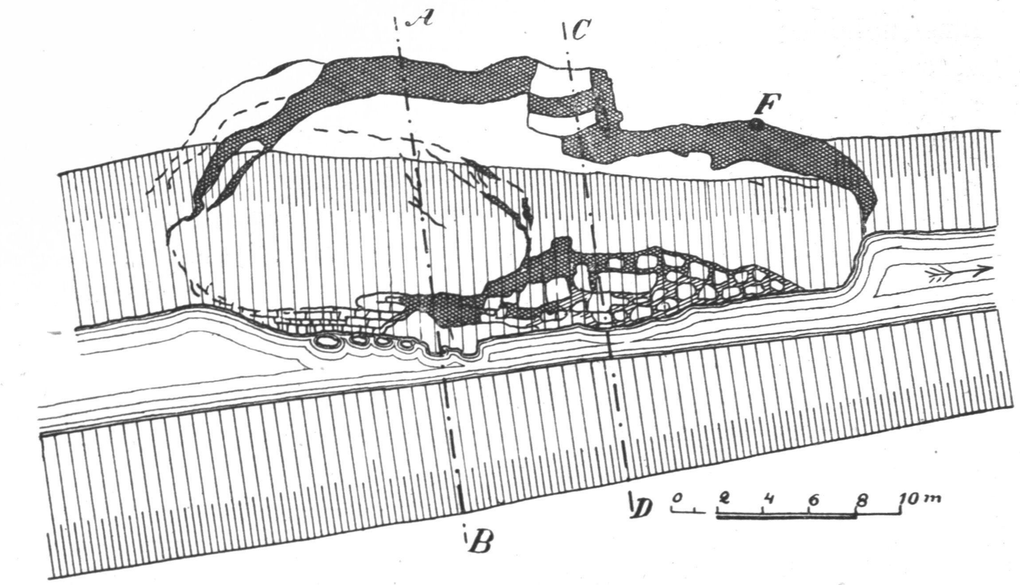
Luisuminen ei ole tapahtunut määrättyä pintaa pitkin, vaan maa on puristunut ylhäällä olevan painon vaikutuksesta viemäriin, muodostaen korkean pullistuman ja aiheuttaen samalla luiskan loivenemisen, maanpinnan laskeutumisen sekä repeytymisraon syntymisen. Luisuma on siis luettava pullistumisluisumiin. Ainoastaan oikealla puolella on tavattavissa jotenkin selvä yksinkertainen luisuma.

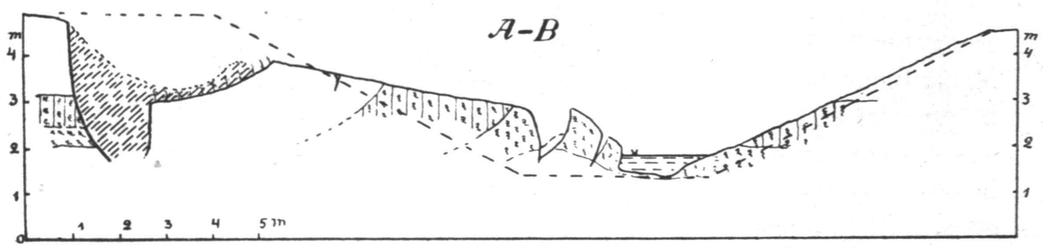


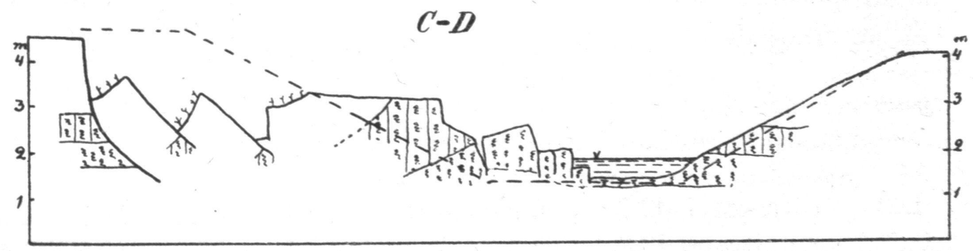
Kuva 14.

11. Sama joki. Paaluväli 85 + 87 — 86 + 10 (kuva 14). Repeytymän pinta-ala on 104 m². Maalaji, maan kosteus ja kutistuvaisuus ovat samat kuin n:ssa 5. Perkkauksessa poistettiin maata molemmilta puolilta viemäriä, kuitenkin enemmän oikealta puolelta, ja tällä puolen oli asetettu viemäristä tullut maa aivan lähelle luiskan yläreunaa.

Kuten piirros (kuva 14) osottaa, oli repeytymisesta syntynyt repeytymisrako verraten katkonainen ja epäsäännöllinen. Repeytymän alaosassa se kulki viemärin luiskaa pitkin ja sitten poikkesi luiskan yläreunasta ulommaksi ollen kauimpana 2.5 m etäisyydellä siitä. Tämä epäsäännöllisyys johtui puiden vaikutuksesta, jotka sijaitsivat luisuman alaosan kohdalla n. 1.0 metrin päässä luiskasta, kuten kartta osottaa. Itse luiskalla oli lukuisia halkeamia, joiden varsinainen suunta oli viemärin kanssa yhdensuuntainen. Poikkileikkauksessa A—B huomataan suuri repeytymisrako ja sen jatkona luisumispinta. Maanpinta repeytymisraon ja luiskan yläreunan välillä oli jonkin verran painunut. Viemäristä poistettu maa peitti suurimman osan repeytymisraon ja luiskan yläreunan







Kuva 15.

välillä olevaa maanpintaa. Itse luiskalla, kuten jo mainittiin, oli lukuisasti kuivumisesta johtuneita pystysuoria halkeamia. Jotenkin keskellä luiskaa oli lähes yhden metrin syvyinen, viemäriin päin kaartuva halkeama, jonka syntymiseen oli vaikuttanut paitsi kuivuminen myös var-

sinaisen luisumisen perästä tapahtunut maan liike viemäriin päin sekä veden syövyttävä vaikutus luiskan alareunaan. Edellisen osotti halkeaman käyristys viemäriin päin, veden syövytyksestä aiheutuneen vaikutuksen osotti raon suureneminen, joka johtui luiskan alaosan painumisesta. Mainittu myöhäisempi maanliike oli nähtävästi ollut pehmeän liejun puristumista viemäriin, jolloin myös maanpinta repeytymisraon ja luiskan yläreunan välillä laskeutui huomattavasti. Maanpinnan siirtymiset olivat seuraavat: repeytymisraon luona oli siirtyminen viemäriin 0.30 m ja alaspäin 0.40 m, luiskan yläreunan kohdalla alaspäin 0.45 m ja viemäriin päin 0.70 m.

Viemärin oikealla puolella oli myöskin havaittavissa pieni luisuma, jolla kuitenkaan ei ollut sanottavaa vaikutusta viemärin poikkileikkaukseen.

Tässä tapauksessa oli maan liike tapahtunut selvää luisumispintaa myöten, joskin oli havaittavissa verraten suurta maan puristumista, joka aiheutti viemärissä pullistumista. Repeytymä on luettava siis kuuluvaksi pullistumisluisumiin.

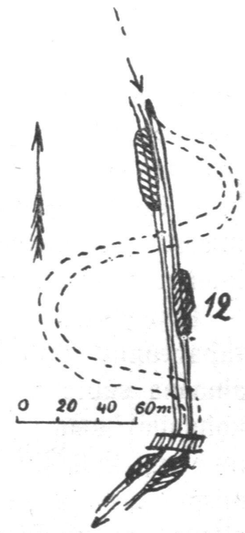
12. S a m a j o k i. Paaluväli 61 + 40 — 61 + 70 (kuvat 15, 75 ja 84). Repeytymän ala on 300 m². Viemärin leikkaama maa oli kerroksellista. Maanpinnan muodosti n. 1.0—1.7 m vahvuinen (liete-)savi. Tämän kerroksen alla oli turvetta, joka lähinnä muistutti korpiturvetta, 0.5—1.1 m. Tätä kerrosta seurasi ohuempi (0.2—0.4 m vahva) liejukerros. Liejukerroksen alla tavattiin sitten savi (litoriina). Eri maalajien vesipitoisuus, kutistuminen ja tuhkamäärä (kartalla paikassa F) selviävät seuraavasta taulukosta [1]:

Syvyys maanpinnasta m	Maalaji	Vetisyys tilavuus %	Vetisyys paino %	Kutistuvaisuus % viiva-	Kutistuvaisuus % pinta-	Kutistuvaisuus % kuutio-	Hehkutushäviö % ilmakuivasta maasta	Omin. naisp.
0.40	(liete-)savi	42.7	39.9	19.5	31.4	43.5	19.15	1.07
0.80	korpiturve	73.8	63.3	28.2	42.5	56.5	32.65	1.16
1.50	lieju	86.7	70.8	41.2	53.3	68.7	24.50	1.22
1.80	savi	69.3	45.0	20.3	32.9	45.1	4.35	1.54
2.10	savi	65.9	43.6	20.0	32.3	44.4	4.50	1.51

[1] Sivulla 45 olevassa alahuomautuksessa on selitetty, miten nämä luvut ovat saadut.

Kuten taulukko osottaa, oli 1.50 m syvässä olevan liejun vesipitoisuus verrattomasti korkeampi kuin sen alla olevan saven tai päällä olevan lietesaven. Samoin oli turvekerroksen vesipitoisuus paljon suurempi, etenkin painoprosenteissa lausuttuna kuin savimaan. Samoin oli liejun kutistuvaisuus paljon suurempi kuin muiden kerrosten. Kovettunut maankuori ulottui 1.0—1.6 m syvyyteen.

Repeytymä sattui oikaisun kohdalle (kuva 16), »mantereen» puolelle. Viemäri oli keskimäärin 2.80 m syvyinen ja luiskan kaltevuus 1 : 2. Repeytyminen tapahtui ennenkuin luiska oli täydellisesti saatu valmiiksi. Viimeistelyä vaille jäi repeytymän alaosan kohdalla oleva luiska.



Kuva 16.

Vieremän asemakartasta nähdään, että repeytymisrako on ollut verraten laaja (keskimäärin 1.20 m leveä) ja epäsäännöllinen. Sen molemmat päät ulottuivat luiskan keskelle. Luiskan ulkopuolella oli sen keskiosassa epäsäännöllinen mutka, joka johtui sarkaojasta. Repeytymisraon etäisin kohta oli n. 3 m luiskan yläreunasta. Repeytymän pohjoisosassa oli muodostunut useita repeytymisrakoja. Pienempiä rakoja, jotka olivat syntyneet repeytymisen yhteydessä, huomattiin etenkin repeytymän keskiosassa (vert. karttaa). Vielä kiintyi huomio erityisesti luisuneen osan veden puoleisella reunalla oleviin halkeamiin ja maapatsaisiin, jotka olivat syntyneet luisumisen yhteydessä maan tunkeutuessa viemäriin. Myöhemmin viemärissä kulkeva vesi, joka työpadotuksen vaikutuksesta oli toisin ajoin korkeammalla (yöllä) ja toisin ajoin hyvin matalalla (päivällä), kulutti ja hävitti näitä patsaita.

Poikkileikkauksen A—B:n kohdalla oli repeytymisrako syntynyt 2.2 m päähän alkuperäisen luiskan yläreunasta. Repeytyminen oli tapahtunut koko kuivuneen maakuoren osalla melkein pystysuoraan. Repeytymispinnan jatkona oleva luisumispinta oli, kuten piirros osottaa, kaareva ja se alkoi turvekerroksen yläosasta, n. 1.65 m maanpinnasta lukien. Repeytymisraon luona oli maanpinnan siirtyminen alaspäin 1.65 m ja viemäriin päin 1.70 m. Luiskan yläreunan kohdalla olivat vastaavat luvut 0.85 m ja 1.10 m. Repeytymisraon ja luiskan yläreunan välisen maan pinta oli hiukan kaareva. Repeytymisen jälkeen oli luiskan kaltevuus 1 : 5.5. Viemäriin pullistuneet maat olivat halkeilleet, kuten poikkileikkaus osottaa, monella tavalla. Poikkileikkauksen A—B kohdalla tavat-

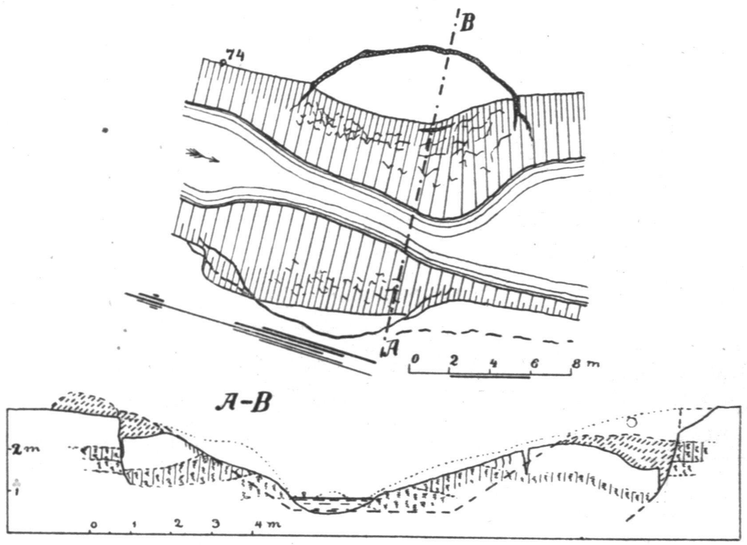
tiin luiskassa vain muutamia halkeamia, jotka olivat aiheutuneet itse luisumisesta.

Toisella osalla repeytymää, nim. poikkileikkauksen C—D kohdalla, ei maan liike ole läheskään niin säännöllinen kuin edellisen poikkileikkauksen kohdalla. Repeytynyt maa oli lohennut kolmeen suureen palaan, jotka kukin olivat eri suuressa määrässä luisuneet viemäriä kohti. Repeytymisraon luona oli maanpinnan painuminen ollut 1.45 m ja siirtyminen viemäriin 0.20 m, luiskan yläreunan siirtyminen alaspäin oli 1.40 m ja viemäriin päin 2.20 m. Näiden maakappaleiden välissä oleva osa oli luisunut keskimäärin puolet siitä, minkä viemärin puoleinen kappale. Luiskan kallistuminen oli repeytymisen jälkeen 1 : 20, siis tuntuvasti pienempi kuin edellisen poikkileikkauksen kohdalla. Maan tunkeutuminen viemäriin oli tämän poikkileikkauksen kohdalla ollut jotenkin samanlainen kuin edellisen. Maan lohkeileminen useampiin osiin tässä tapauksessa lienee aiheutunut maankuoressa olleiden kuivumisesta johtuneiden suurien rakojen vaikutuksesta, josta syystä maankuoren repeytyminen ei vaatinut hyvinkään paljon voimaa.

Repeytymän pohjois- (poikkil. A—B) ja eteläosassa oli repeytyminen tapahtunut yhtä luisumispintaa myöten, ja maa oli luisunut yhtenä ainoana suurena möhkäleenä. Repeytymän keskiosassa (poikkil. C—D kohdalla) maan siirtyminen oli tapahtunut useampia luisumispintoja myöten; kullakin luisuneella suurella maakappaleella oli oma luisumispintansa, jotka syvemmällä näyttivät yhtyvän. Tätä viimeksi mainittua repeytymistapaa kutsuttiin aikaisemmin murtumisluisumaksi. Huolimatta tästä vähäisestä murtumisluisumasta on luisuma kokonaisuudessaan luettava kuuluvaksi yksinkertaisiin luisumiin.

13. Sama joki. Paaluväli 74 + 4 — 74 + 15 (kuva 17). Repeytymän pinta-ala oli 160 m². Maa oli samalla tavalla kerroksellista kuin edellisessä tapauksessa. Pinnalla oli 0.85 m (liete-)savea, sitä seurasi 0.45 m vahvuinen, enemmän tai vähemmän lietteensekainen korpiturvekerros. Tämän kerroksen alla oli ohut (0.20—0.30 m) liejukerros, jota seurasi savi. Kosteus- ja kutistuvaisuussuhteet olivat jotenkin samanlaiset kuin edellisessä esimerkissä. Maakerrosten asema ei ollut vaakasuora, vaan kallistui viemäriin päin. Kuivuneen maankuoren, jossa oli verraten suuria halkeamia, vahvuus oli keskimäärin 0.8 m. Kuivumisesta johtunut rakoilu ei ulottunut 0.90 m syvemmälle. Perkkauksessa syveni viemäri 0.35 m ja sitäpaitsi poistettiin maata molemmilta luiskilta, jolloin etenkin oikeanpuoleinen luiska tuli paljon jyrkemmäksi, kuin mitä se aikaisemmin oli ollut.

Repeytymisessä, joka tapahtui molemmilla puolilla viemäriä, syntyi oikealle rannalle kaareva repeytymisrako, jonka suurin etäisyys oli 3 m luiskan yläreunasta; vasemmalle rannalle 1 m etäisyyteen luiskan yläreunasta oli syntynyt myös kaareva rako. Molemmilla luiskilla oli kuivumisesta johtuneita lukuisia halkeamia. Yksi suuri halkeama oikealla luiskalla lienee johtunut luisumisliikkeestä. Maanpinta oli repeytymisen jälkeen joen keskellä jotenkin samalla korkeudella kuin entisen joen uoman pohja. Repeytymisen kautta kokonaan tukkeutunut viemäri täytyi

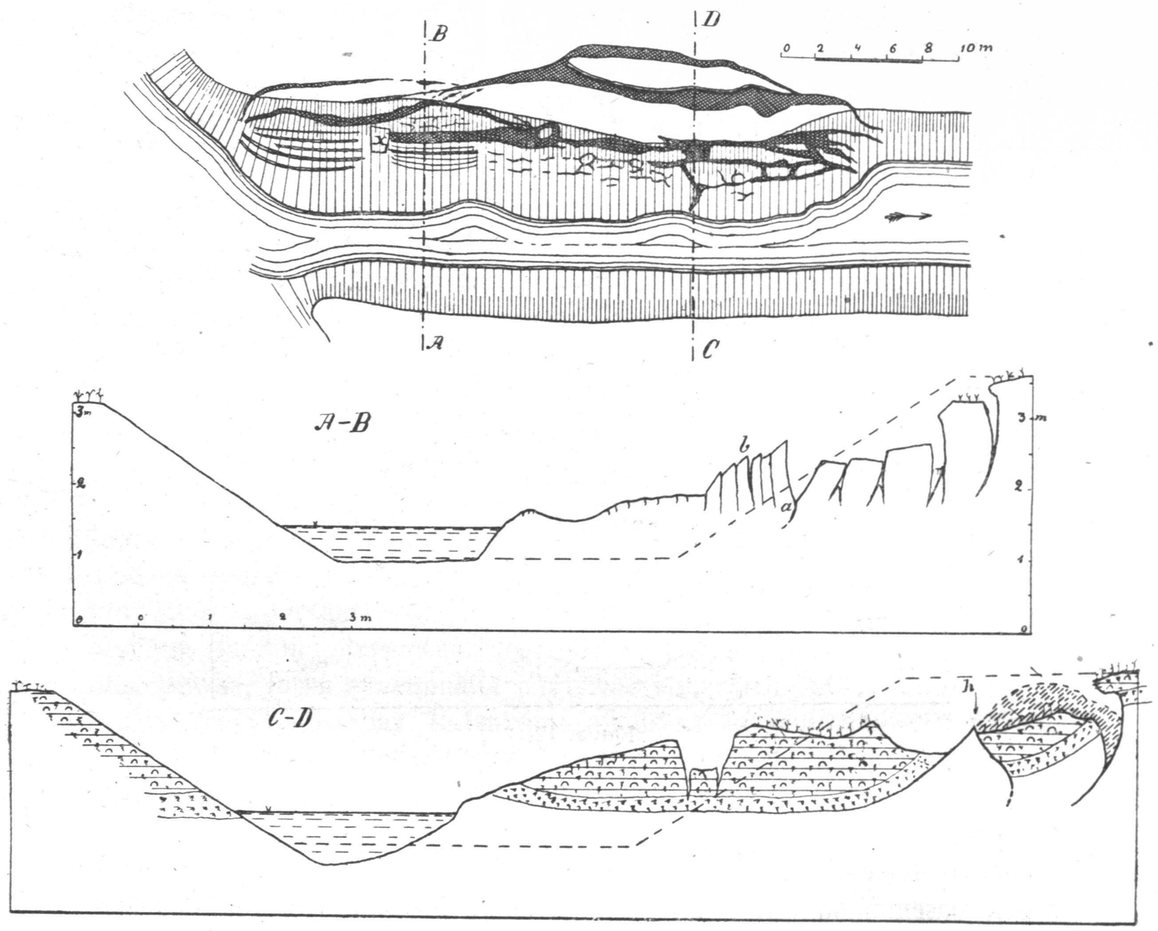


Kuva 17.

kaivutöiden tähden avata kaivamalla vähäinen 2 m leveä vesiväylä repeytymän kohdalle.

Maan luisuminen oli etenkin viemärin oikealla puolella verraten suuri, vasemmalla puolella jonkin verran pienempi. Oikealla puolella oli maanpinta repeytymisraon kohdalla alentunut 1.40 m ja siirtynyt viemäriin päin 0.50 m. Luiskan yläreunan kohdalla oli laskeutuminen 0.35 m ja viemäriin siirtyminen 0.60 m. Samalla puolen oli muuttunut luiskan kaltevuus suhteesta 1 : 1.5 1 : 3.3:ksi. Vasemmalla puolen viemäriä oli maan laskeutuminen repeytymisraon luona 0.50 m ja siirtyminen viemäriin päin 0.15 m. Luiskan yläreuna oli siirtynyt viemäriin päin 0.20 m ja laskeutunut alaspäin 0.20 m. Luiskan kaltevuus oli luisumisen jälkeen 1 : 2.3. Entinen maanpinta ja repeytymisen perästä syntynyt maanpinta ovat, kuten poikkileikkaus osottaa, verraten yhdenmukaiset, kun otetaan huomioon repeytymisen jälkeen viemäristä poistettu maa.

Repeytyminen oli molemmilla puolilla tapahtunut yhdessä ainoassa otteessa. Oikealla puolella oli erittäin sileä, tasaisesti kaareva luisumispinta. Vasemmalla puolella oli repeytyminen ollut samanlainen, vaikkakin



Kuva 18.

pienempi. Repeytymä kuuluu siis yksinkertaisiin luisumiin. Luisuminen oli tapahtunut heti kaivun jälkeen.

14. S a m a j o k i. Paaluväli 28 + 65 — 29 (kuvat 18 ja 85). Repeytymän pinta-ala oli 310 m². Repeytymän yläosassa oli maa melkein pintaan asti savea. Ainoastaan joissakin paikoin tavattiin liejua ja lietettä maan pintakerroksessa. Repeytymän keskipaikoilla alkoi maanpinnalla olla liejuturvetta, jossa turpeen turveosan muodostivat korte- ja sarajätteet. Tämän turvekerroksen alla oli liejua, jossa oli paljon puiden (m. m.

lepän) jätteitä. Viimeksi mainitun kerroksen vahvuus vaihteli 0.30—0.60 m. Liejua seurasi sininen savi, jonka ylimmässä kerroksessa tavattiin vielä jonkin verran puun jätteitä. Seuraavat numerot osottavat eri kerrosten vesipitoisuuden ja orgaanisten aineitten määrän.

	Kerroksen vahvuus m	Vettä % painosta	Hehkutushäviö % kuiva-ainemäärästä
Liejuturve	0.4—1.3	44.1	32.3 (22.3)
Lieju	0.3—0.6	69.5	25.7
Savi	— —	58.2	6.9

Pintakartasta (kuva 18) nähdään, miten maanpinta oli halkeillut repeytymisessä. Huomataan ensiksi, että luiskan yläreuna on siirtynyt paikoin kokonaista 2 m viemäriin päin. Luiskan reunan kanssa yhdensuuntaisesti 2.0 ja 3.5 m etäisyyteen on syntynyt 0.5—1.5 m leveitä murtumisrakoja. Repeytymän ylemmässä osassa, missä, kuten ylempänä mainittiin, oli savimaata aivan pintaan asti, on syntynyt verraten kapeita rakoja luiskan yläreunan kahden puolen, n. 1 m etäisyyteen siitä. Koko repeytymispaikalla tavattiin luiskalla lukuisia leveitä halkeamia, jotka olivat syntyneet repeytymisen aikana. Vedenpinta oli kaventunut repeytymisen johdosta 6.30 m:stä 2.80 m:iin ja viemärin pohja oli kaventunut 5 m:stä 2 m:iin.

Repeytyminen ei ollut yhtenäinen, vaan suuria eroavaisuuksia tavattiin eri osissa repeytymää. Siinä osassa, missä oli liejuturvetta maanpinnalla, oli maan liike paljon yksinkertaisempi. Maanpinnan turvekerros samoinkuin liejukerroskin olivat repeytymisessä jakaantuneet kahteen osaan, joiden välillä oli kohonnut saviharja (poikkileikkaus C—D). Harjan viemärin puoleisen pinnan muodosti luisumispinta, jota myöten suuri maakappale oli liukunut viemäriin päin. Maan pinta ei ollut pysynyt vaakasuorana, vaan käyristynyt verraten tuntuvasti. Luiska ei myöskään ollut pysynyt rikkoutumatta, vaan siihen oli syntynyt suuria rakoja, kuten poikkileikkaus osottaa. Luiskan kaltevuus oli repeytymisen jälkeen 1 : 4. Poikkileikkaus osottaa myös, miten liejukerros asettui repeytymisen tapahduttua. Äsken mainitun harjan oikealla puolella oleva maakappale oli edellä kerrotun maan liikkeen tapahduttua irtautunut 2.75 m päässä olevaa repeytymisrakoa myöten ja vajonnut 0.65 m luisuen repeytymisraon jatkona olevan pinnan ja harjan toisen sivun välissä. Siirtymiset olivat poikkileikkauksen C—D kohdalla seuraavat: repeytymisraon luona alaspäin 0.55 m ja viemäriin päin 0.60 m

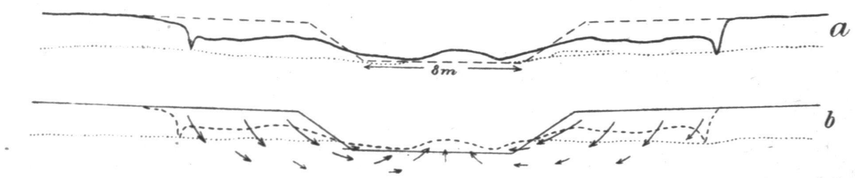
sekä luiskan yläreunan kohdalla alaspäin 0.75 m ja viemäriin päin 2.10 m. Poikkileikkaus osottaa lähemmin, miten eri kerrokset asettuivat repeytymisen jälkeen. Myöhemmin repeytyneen osan päällä oli verraten vahva kerros viemäristä poistettua maata.

Repeytymistapa tässä vieremässä poikkeaa paljon edellisistä tapauksista. Siirtynyt maa on repeytynyt viemärin suuntaisiin kappaleisiin, jotka sitten erikseen ovat luisuneet omia luisumispintojaan myöten. Ensimäisellä maakappaleella viemäristä lukien oli, kuten poikkileikkaus C—D osottaa, yksi ainoa luisumispinta. Sen sijaan seuraavalla kappaleella oli kaksi luisumispintaa. Toinen varsinainen luisumispinta, joka suuntautui kaarevasti viemäriin päin, toinen vastakkainen luisumispinta, joka aluksi kaartui vastakkaiseen suuntaan, mutta syvemmällä suuntautui myös kaarevasti viemäriin päin. Varsinaisella luisumispinnalla liikkuivat kappaleet viemärin puolella. Vastakkaisella luisumispinnalla luisui kappale päinvastaisella puolella. Harja (poikkileikkauksessa C—D h) rajottui siis varsinaiseen ja vastakkaiseen luisumispintaan. Harjan suunta oli, kuten kartastakin nähdään, sama kuin viemärin. — Repeytymän turveosalla oli siis luisuminen tapahtunut kahdessa maakappaleessa, joiden väliin liikkeen tapahtuessa syntyi harja. Luisuminen oli kuitenkin tapahtunut todellisia luisumispintoja myöten, joten luisumaa voitaisiin kutsua kaksikertaiseksi varsinaiseksi luisumaksi.

Poikkileikkaus A—B osottaa, miten maa oli luisunut siinä osassa, joka käsitti enimmäkseen savea maanpintaan asti. Luiska oli luisunut useampina kappaleina alas, joista kukin liikkeen loputtua jäi eri korkeuksille. Kauimmainen halkeama, joka oli 1.0 m päässä luiskan yläreunasta, oli verraten syvä (1.90 m). Tämän ja seuraavan halkeaman välillä oleva maa oli laskeutunut 0.35 m ja siirtynyt kaarevaa luisumispintaa myöten viemäriin päin 0.15 m, samalla hiukan kallistuen samaan suuntaan. Seuraava maakappale oli painunut alaspäin paljon enemmän (ulommainen reuna 0.70 m ja viemärin puoleinen reuna 0.50 m) ja siirtynyt myös enemmän viemäriin päin kuin edellinen maakappale. Sitä seuraavat kaksi kappaletta olivat painuneet paljon vähemmän, mutta siirtyminen viemäriin päin oli ainakin yhtäsuuri kuin edellisessä. Suuren halkeaman toisella puolen, jossa kuivumisesta johtuneet patsaat (b) olivat asettuneet pystyyn, tavattiin jo maan nousemista. Sanottua suurta halkeamaa rajottavat maakappaleet olivat liikkuneet päinvastaiseen suuntaan: toinen kohonnut ja toinen laskenut.

Tässä osassa luisumaa oli siis olemassa kaksi luisumispintaa, jotka,

kuten poikkileikkaus osottaa, olivat toisiinsa nähden vastakkaisia ja ne pinnan osat, jotka luisumispinnoista olivat näkyvissä, kaartuivat myöskin vastakkaisiin suuntiin. Viemärin puoleisen luisumispinnan syvempi osa kaartui lopulta myös viemäriin päin (kuva 18 A—B a), joten molemmilla luisumispinnoilla syvemmässä oli samansuuntainen kaarevuus. Vielä huomattiin, että kaikkien äsken mainittujen maakappalten välillä olivat myös huomattavissa pienet n. s. harjamuodostumat. Maakappaleet luisuivat siis kahden harjan väliin harjoja rajottavia luisumispintoja myöten. Harjan muodosti vetelä savi, ja luisuvat maakappaleet olivat enemmän tai vähemmän kiinteitä. Poikkileikkauksessa A—B muodostivat pystysuoraan jääneet maapatsaat (b) oikeastaan rapukkaisen harjamuodostuman, sillä oikealla puolella maa vajosi ja myös vasemmalla tapahtui pieni vajoaminen (0.10 m). Kartta osottaa, miten harjahalkeamat



Kuva 19.

olivat yhdensuuntaisia ja miten maakappale (kartalla x), jota ei ehditty luiskalta poistaa, oli estänyt harjamuodostumien synnyn. Tämän harjan ja viemärin välille oli luisumisessa työntynyt paljon savea. Luisumaa on tässä osassa repeämää pidettävä varsinaisena useampikertaisena.

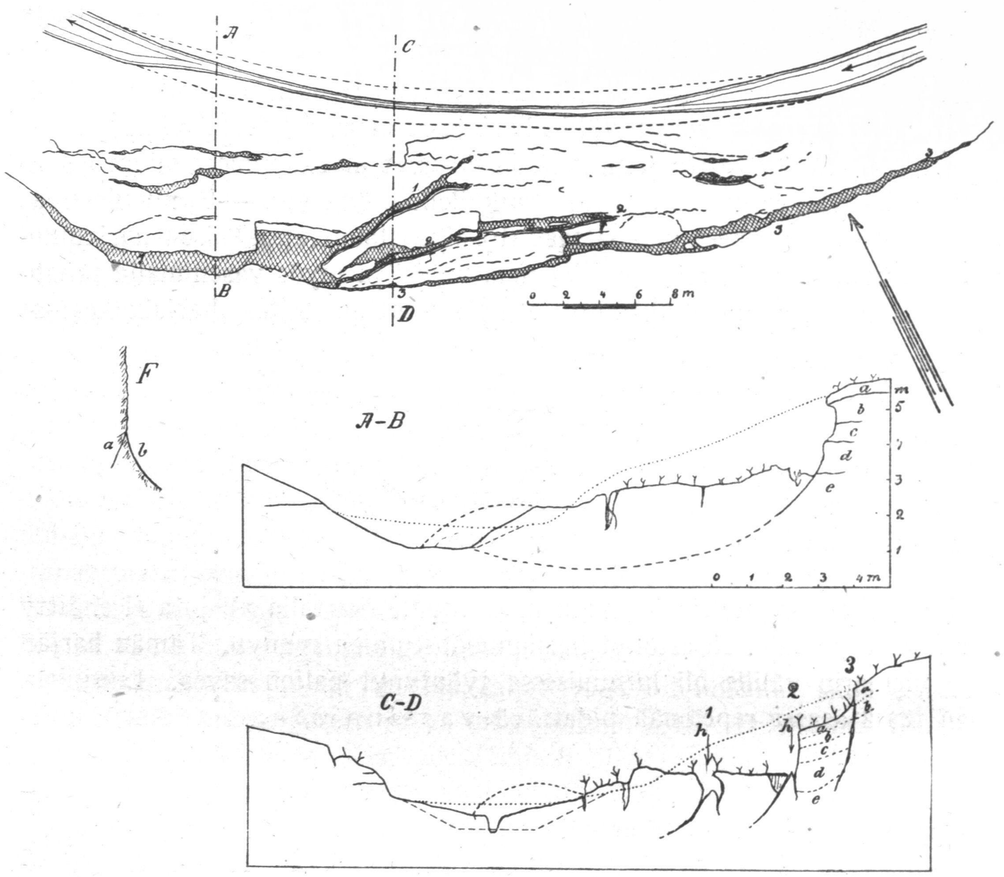
Luisuma kokonaisuudessaan voidaan katsoa kuuluvan varsinaisiin kaksi- tai useampikertaisiin.

15. Loviisan joki (kuva 19). Paaluväli 100—102. Pinta-alaltaan oli repeytymä n. 4,800 m². Maa oli pinnalta lietesavea, syvemmältä (1.20 m) vetelää sinistä savea. Kovettunut maankuori keskimäärin 1.50 m. Luisuminen tapahtui yöllä, heti kun mainitut paaluvälit oli saatu valmiiksi.

Luisuminen esiintyi molemmilla puolilla jokea, jolloin murtumishalkeama syntyi n. 6—7 m päähän luiskan yläreunasta. Maan siirtyminen viemäriin oli molemmilla puolilla suuri (1—1.20 m). Samoin oli maan painuminenkin suuri (0.80—1.10 m). Viemärin pohja kohosi luisumisessa n. 0. 70 m. Piirros 19 osottaa, millainen viemärin poikkileikkaus oli luisumisen jälkeen paaluilla 101 + 10 ja millainen oli maan liike. Tämä tapaus kuuluu luisumistapaansa nähden yksinkertaisiin luisumiin.

Vahinko, jonka luisuminen tuotti kaivettavaa maamäärää lisäämällä, oli verraten tuntuva.

16. Leväjoen perkkaus Jurvan pitäjässä. Paaluväli 99 + 60 — 100 + 20. Repeytymän pinta-ala oli 480 m² (kuvat 20, 87, 88,



Kuva 20.
F repeytymisrintuuksen poikkileikkaus (kartalla B:n kohdalla), jossa näkyy, miten repeytymisrintuuksen alaosassa yhtyy kaksi massiiviseen saveen syntynyttä halkeamaa (a ja b).

94 ja 95). Repeytymän kohdalta oli maanpinta hienoa hiekkaa (n. 0.7 m vahvalta), jonka alla alkoi savi. Kuivunut maakerros oli joen partaalla 2.4 m vahva ja oheni vähitellen jokilaaksoon päin. Jokiäyräällä oli kuivuneessa maankuoressa huomattavissa erilaisia kerroksia. Kyntömultakerrosta, joka oli n. 0.2 m vahvuinen (profiileissa a), seurasi vaaleanharmaa, 0.2—0.7 m vahvuinen kerros (b). Tämän alla oli harmaa kerros, jonka vahvuus oli 0.4—0.6 m (c). Kolmantena kerroksena oli ruskea, verraten kova, palttaa muistuttava, 0.8—1.0 m paksuinen kerros (d).

Vasta tämän kerroksen alla alkoi sinertävä massiivinen savi, jossa vielä n. 0.5 m syvyyteen tapasi jälkiä kuivuuden aiheuttamista raoista. Raot olivat kuitenkin sadeajan tähden turvonneet kiinni (e). Entisen raon osotti runsas ruosteen väri, joka oli tullut päällä olevasta kerroksesta. Jokiuoman syvyys oli keskimäärin 5 m. Perkkauksessa syveni viemäri n. 1.0 m, kuten profiilit A—B ja C—D näyttävät.

Pintakartta (kuva 20) osottaa maan halkeamat luisumisen tapahduttua. Koko luisuman pituus on 65 m. Tälle matkalle syntyi luisumisessa jokiuoman kanssa yhdensuuntainen, siitä n. 8 à 10 metrin etäisyydellä kulkeva halkeama. Tämän n. s. päärepeytymishalkeaman ja viemäriväylän välille oli syntynyt lukuisa joukko erisuuruisia halkeamia, kuten kartasta nähdään.

Poikkileikkaukset A—B ja C—D osottavat, millaiseksi jokilaakso vierimisen jälkeen oli muuttunut. Poikkileikkauksessa A—B painui maanpinta murtumis- eli repeytymisraon luona 2.20 m ja siirtyi viemäriin 0.40 m. Maanpinnan kaltevuus, joka ennen oli keskimäärin 1 : 2.3, oli luisumisen jälkeen 1 : 6. Luisuneen maan pinnalla huomattiin (poikkileikkauksessa A—B myös) useita suuria halkeamia. Luisumispinta oli yläosassa, jossa murtuminen tapahtui, sangen karkea, mutta massiivisen saven kohdalla tasainen ja kaareva. Poikkileikkauksen A—B kohdalla on luisuminen ollut yksinkertainen, kuten piirros osottaa. Poikkileikkauksessa C—D nähdään paljon epätasaisempi maanpinnan muodostus luisuman jälkeen. Etäisimmän murtumisraon (kartassa merkitty 3) luona on maanpinnan laskeutuminen ollut 0.40 m, seuraavan murtumisraon luona (2) 1.75 m. Seuraavan murtumisraon luona (1) on laskeutuminen ollut n. 1.00 m. Siirtyminen viemäriin etäisimmän murtumisraon luona (3) on ollut vain 0.05 m, toisen murtumisraon luona (2) 0.45 m ja kolmannen murtumisraon luona (1) 1.00 m. Kahdessa viimeksi mainitussa murtumisraossa huomattiin samanlainen harjamuodostuma kuin tapauksessa 14.

Luisuminen on puheena olevassa tapauksessa tapahtunut useampaan otteeseen. Ensimäinen luisuminen tapahtui repeytymisrakoa 1 myöten (vert. karttaa), toinen murtumisrakoa 2 myöten ja kolmas murtumisrakoa 3 myöten. Ensimäinen luisuminen oli jotenkin äkillinen, luisuminen 2 oli osittain samanaikainen kuin luisuminen 1; luisuminen 3 sen sijaan tapahtui verraten hitaasti edellisten jälkeen. Mainittakoon vain, että tutkimuksen aikana painui etäisimmän murtumisraon (3) luona poikkileikkauksen C—D kohdalla maa 0.30 m, synnyttäen samalla harjan (kuva 95). Maan luisuminen murtumisrakoja 2 ja 3 myöten jat-

kui sitä mukaa kuin viemäri saatiin täyteen syvyyteen kaivetuksi. Vielä mainittakoon, että luisumisessa syntyneet luisumispinnat näyttivät olevan aivan koko pituudeltaan muodostuneet, vaikkakin joku matka viemärin luona oli epäselvää. Tämän osotti se, että kun viemäri luisuman alaosassa heti kaivettiin auki, luisui maa jatkuvasti kaarevaa luisumispintaa myöten muodostamatta epäsäännöllisesti halkeilleita maaröykkiöitä viemäriin, kuten luisumisen tapahduttua.

Harjamuodostuman syntyä näytti kuivumisesta johtunut rakoilu auttavan. Huomasi selvästi harjaa rajottavat pintain yläosat hyvin ruosteisiksi ja osittain koviksi, mikä osotti, että ne aikaisemmin olivat olleet rakojen seiniä, joihin ylhäältä oli valunut »ruostetta» (vert. kuva 20 F). Harjojen suunta oli kohtisuorassa maan liikesuuntaa vastaan. Kuten kartta osottaa, eivät harjat ole aivan yhdensuuntaisia viemärin kanssa. Tämän aiheutti luultavasti se, että luisuminen oli etenevä, s. o. se jatkui sitä mukaa kuin viemäri tuli täyteen syvyyteen kaivetuksi, kuten aikaisemmin mainittiin.

Tämä tapaus on luettava kaksi- ja useampikertaisiin luisumiin.

17. N u r m i j o k i. Paaluväli 64—64 + 30 (kuvat 89—93 ja 96). Luisuman pinta-ala oli 220 m². Maalaji, maan kosteus ja kutistuvaisuus olivat jotenkin samat kuin n:ssa 12. Kuivuneen maankuoren vahvuus repeytymisraon luona oli 1.00 m. Perkkauksessa poistettiin luiskalta, jossa luisuminen myöhemmin tapahtui, vahva maakerros. Luisuminen sattui n. 4 viikkoa kaivun perästä suuren sateen jälkeen.

Repeytymisraon luona oli maanpinnan laskeutuminen 1.30 m ja siirtyminen viemäriin 0.45 m. Luisuminen muistutti esimerkissä 14 esitettyä luisumista (poikkileikkausta C—D). Se oli nimittäin tapahtunut kahdessa osassa. Ensimäinen osa käsitti varsinaisen luiskan luisumisen ja toinen luiskan yläreunan ja repeytymisraon, joka sijaitsi luiskan yläreunasta 3.50 m etäisyydellä, välisen osan luisumisen. Näiden molempien luisumien välille muodostui samoinkuin esimerkissä 14, harja (kuva 93), joka paikoin oli 1.1 m korkea. Juuresta harjan leveys vaihteli 1.0—2.2 m. Harjan suunta oli aina viemärin suunnan mukainen. Harja ei ulottunut yhtäjaksoisesti koko luisuman pituudelle, vaan oli yhdestä kohdasta poikki. Harjan repeytymisraon puoleisella osalla huomasi, että maanpinta oli painunut toisissa paikoissa eri tavalla kuin toisissa. Oli paikkoja, joissa vastakkaisella luisumispinnalla ei ollut tapahtunut luisumista ollenkaan, vaan maa oli kallistunut poispäin »valevastakkaista luisumispintaa» myöten (kuva 89), jolloin muodostui harja.

Tämä tapaus on luettava kaksi- ja useampikertaisiin luisumiin.

18 a ja b. V a i h i n j o k i. Paaluvälit 14 + 20 — 14 + 80 ja 21 + 30 — 22 + 20 (kuva 98). Repeytymien pinta-alat ovat 350 m² ja 550 m². Luisumapaikalla oli maanpinnassa turvetta 1.40 m vahvalti, pinnalla pääasiallisesti korpiturvetta ja syvemmällä korpikorteturvetta. Lahoamisaste oli korkea (9 à 10). Turpeen alla oli liejunsekainen savi, jota viemäri leikkasi 0.20 m syvälti. Ensin mainitulla repeytymispaikalla oli ennen perkkausta pienehkö puro, jonka pohja perkkauksessa aleni 0.75 m. Jälkimäinen luisuma tapahtui sen sijaan oikaisukohdassa. Viemärin pohjaleveys oli 3.00 m ja luiskakaltevuus 1 : 1.5.

Viemärin kaivu puheena olevilla paikoilla onnistui hyvin, mutta muutama päivä kaivun jälkeen alkoi viemärin pohja vähitellen kohota ja lopuksi oli jälellä veden kulkua varten vain pieni uoma viemärin oikealla puolella. Viemärin vastakkaisella puolella aleni luiskan yläreuna keskimäärin 0.35 m (enintään 0.65 m). Viemärin pohja kohosi keskimäärin 0.25 m ja enintään 0.45 m. Samalla ilmestyi luiskan yläreunasta 2 à 6 m etäisyyteen repeytymisrakoja, joissa viemärinpuoleinen osa maasta painui alaspäin. Painuminen oli verraten pieni (0.10—0.30 m). Sen sijaan repeytymisraon ja luiskan yläreunan välillä tapahtui tuntuva maanpinnan painuminen (0.30—0.70 m). Viemärin pohjan kohoaminen oli luisumissa yleensä jotenkin tasainen, melkein yli koko pohjan, ainoastaan n. 0.50—0.70 m levyinen osa oikeanpuoleisen luiskan luona kohosi verraten vähän. Kuitenkin huomasi, että luisuman puoleisen luiskan luona oli pohja kohonnut eniten.

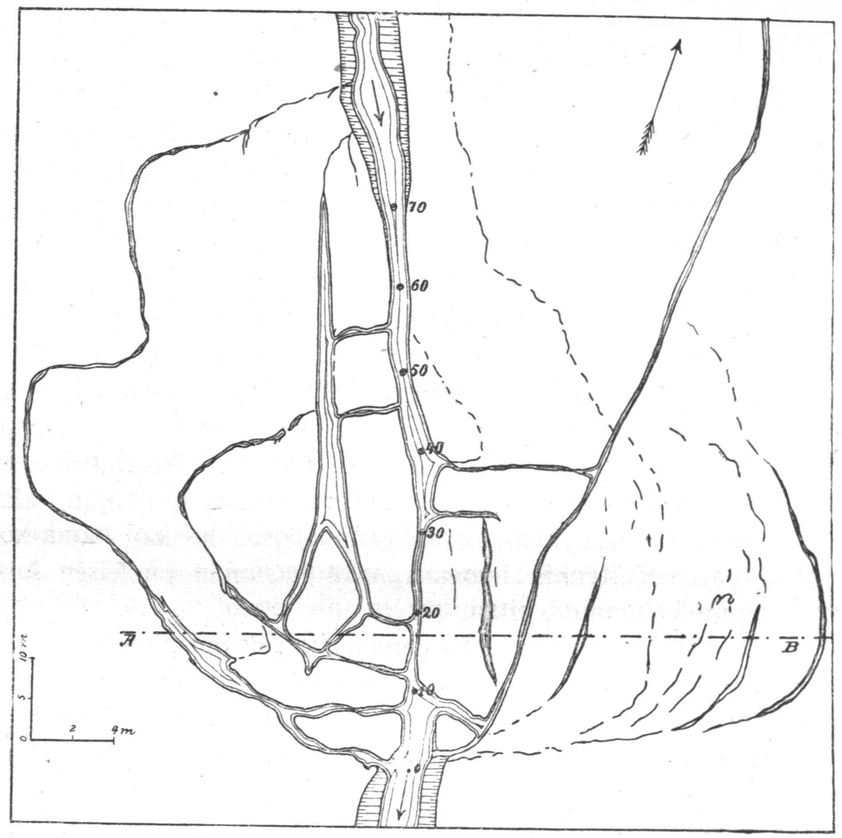
Näissä tapauksissa ei huomattu varsinaista luisumispintaa, vaan maa oli ikäänkuin puristunut ylempänä olevan maan painosta viemäriin, josta oli aiheutunut viemärin pohjan kohoaminen ja maanpintaan syntynyt repeytymisrako sekä tapahtunut pinnan suuri painuminen repeytymisraon ja luiskan yläreunan välillä, jossa oli runsaasti viemäristä poistettua maata.

Repeytymiä on siis pidettävä pullistumisluisumina.

19. J y r k ä n p u r o H e t e s u o n k u i v a t u s a l u e e l l a, (kuvat 21, 22, 99 ja 100). Paaluväli 30 + 10 — 32 + 10 (paaluväli = 40 m). Pinta-ala on 1,950 m². Maalaji on liejua ja tulvan tuomaa maata, jossa on runsaasti kasvijätteitä. Kosteusaste on turpeen alla olevassa liejussa verraten suuri (67—87 % tilavuudesta). Maanpinnan muodostaa keskimäärin 0.30—0.50 m vahva turvekerros, pääasiallisesti korpiturvetta (vettä 91 % tilavuudesta, orgaanisia aineita 80.2 % kuiva-aineesta). Kävellessä maa hyllyi erittäin kovasti. Hyllyvän maa-aineksen vahvuus

vaihteli 1.2—2.5 m. Kokoumukseltaan se on sekotus mineraalimaasta (66—85 % painosta) ja kasvi- ja eläinkunnan jätteistä (15—34 %)[1].

Ennen repeytymää oli maanpinnan kaltevuus paikalla verraten suuri, keskimäärin 2.0 m 1,000 m:lle. Vanha puro (Jyrkänpuro) ei kulkenut suoraan jyrkimmän laskun suuntaan, vaan kiemurteli vetelän alueen itäistä reunaa alaspäin. Uusi viemäri suunniteltiin suoraan. Ensimäi-

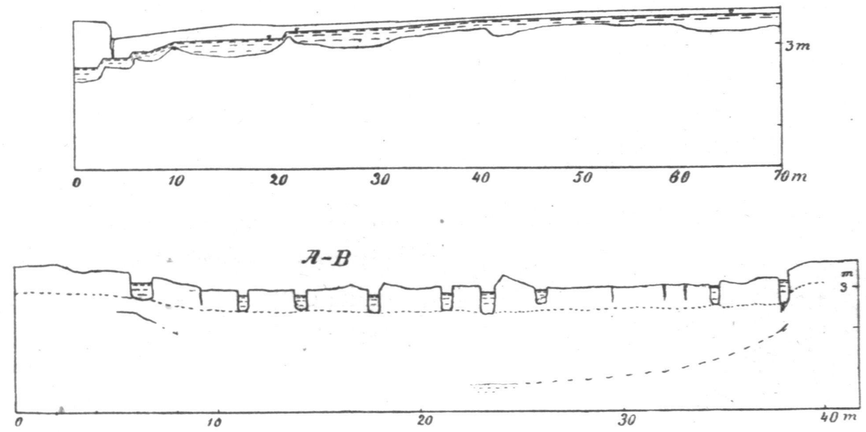


Kuva 21.

nen kaivaminen tapahtui kesällä v. 1919, mutta viemäriä ei saatu läheskään täyteen syvyyteen kaivetuksi, kun jo maamassa täytti sen. Tällöin syntyi jonkin verran halkeamia maan pintakerrokseen, mutta ei kuitenkaan hyvin suuria. Maan tunkeutuminen viemäriin tapahtui joka puolelta, ilman mitään säännöllisyyttä. Kun maa puheena olevalla paikalla ei ollut kokoumukseltaan läheskään homogeenista, ja sen vesipitoisuus suuresti

[1] Tuhkamääräysten mukaan, jotka tehtiin v. 1923.

vaihteli, ei maansiirtyminen luonnollisesti ollut joka paikassa samanlaista. Se saattoi toisissa kohdin ilmetä viemärin koko seinämien tai toisen seinämän tai vain sen osan siirtymisenä, taikka pohjan kohoamisena. Koska purossa tulvan aikana kulki verraten paljon vettä ja vedellä lisäksi oli suuri nopeus, kuletti vesi sanotulta paikalta erikoisen runsaasti maata, joka laskeutui alempana oleville niityille tai muodosti suistomaita Iijärven rannalle. Tästä veden kuluttavasta vaikutuksesta oli seurauksena, että maanpinta tuli yhä enemmän kaltevaksi viemäriä kohti ja viemärin suuntaan. Koska maa-aines oli melkein nestemäistä massaa, aiheutti tämä painetta maanpintaa vastaan alemmalla osalla, ja ylem-



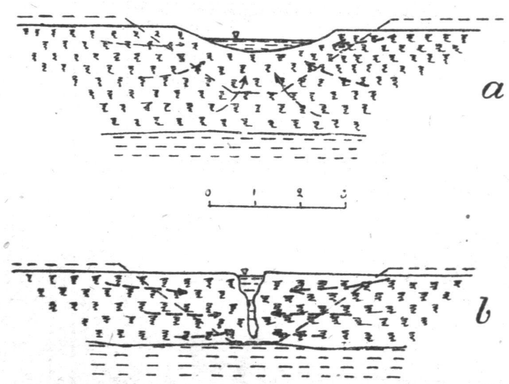
Kuva 22.
Ylempi pituusprofiili ja alempi poikkileikkaus A—B.

mällä osalla taas syntyi maanpinnassa painetta (vetoa) alaspäin, mitkä paineet suurenivat, kuta kaltevammaksi maanpinta tuli. Talvella v. 1921—22 kaivettiin viemäri täyteen syvyyteen. Kovat pakkaset, jolloin maa jäätyi, estivät maan heti tunkeutumasta viemäriin. Kuitenkin oli se pelättävissä maan sulamisen jälkeen, jonka vuoksi viemärin luiskat vahvistettiin pystyyn juntatuilla paaluilla. Paaluttaminen johtui siitä luulosta, että maan tunkeutuminen viemäriin tapahtuisi suurina yhtäläisinä maamöhkäleliikkeinä. Roudan sulamisen jälkeen ei näin käynyt, vaan syntyi täydellinen maan mullistus sanotuilla paaluväleillä (kuvat 99 ja 100). Varsin tiheä paalutus viemärin molemmilla luiskilla ei näyttänyt merkinneen mitään. Vetelä maamassa siirtyi sekä viemäriin että alaspäin hävittäen kokonaan viemärin ja työntäen suuret määrät maata alas (kartassa 0 paalun kohdalle), josta sitten vesi sen helposti kuletti järveen. Maa-aineksen liikkeessä ei huomattu mitään erityistä luisumispintaa, sillä kaikkien osasten asento toisiinsa nähden näytti hiukan muut-

tuneen. Ainoastaan liikesuunta on ollut yhteinen. Vielä huomattiin, että kiinteän pohjan läheisyys viemärin pohjaan vaikutti tuntuvasti täyttymistapaan. Kuva 23 b näyttää kaaviollisesti, miten täyttyminen tapahtui kiinteän savipohjan ollessa lähellä viemärin pohjaa. Kuva 23 a esittää tapausta, jossa kiinteä pohja on ollut verraten syvällä.

Haot, kannot y. m. ovat antaneet täyttymiselle erilaisia vivahduksia siten, että ne ovat estäneet tai toisinaan edistäneet jonkun viemärin osan tukkeutumista.

Repeytymille tunnusmerkilliset raot olivat tässä toisenlaiset kuin aikaisemmissa. Maan voimakas siirtyminen oli aiheuttanut hyvin koossapysyvän nurmen pinnan halkeilemisen ja rakojen synnyn. Kuten kartta osottaa, erottui repeytymä muusta ympäristöstä enemmän tai vähemmän selvällä halkeamalla. Tämän ja viemärin väliin oli syntynyt, riippuen maan siirtymisen suuruudesta, lukuisia halkeamia. Muutamat keskustassa olevista halkeamista olivat lähes 2 m leveitä. Halkeaman syvyys oli tavallisesti vain turvekerroksen vahvuus (0.2—0.5 m, vert. poikkileikkausta A—B). Ainoastaan rajahalkeamassa tavattiin syvempiä paikkoja samoinkuin keskelläkin, jossa niihin oli vaikuttanut suuri veden virtaaminen. Halkeamien asento oli vaihteleva, mutta kuitenkin oli huomattavissa selvästi kaksi varsinaista halkeamissuuntaa, nimittäin viemärin suuntainen ja sitä vastaan kohtisuora. Nämä kaksi suuntaa ovat johtuneet maamassan viemäriin ja alaspäin suuntautuvista liikkeistä. Näytti siltä, että viemäriin suuntautunut liike olisi tapahtunut ensin tai että se suurimmaksi osaksi olisi jo tapahtunut, kun maan liike alaspäin alkoi. Edellisestä liikkeestä olivat syntyneet viemärin suuntaiset halkeamat ja jälkimäisestä poikittaiset. Ensimäisen liikkeen tapahduttua tukkeutui viemäri jotenkin kokonaan, joten vesi kohosi repeytymän yläpuolella n. 0.6—0.8 m, mikä vastaavasti lisäsi painetta maanpintaa vastaan repeämän alaosassa. Jo ennestään liikkeessä ollut maa ei voinut enää vastustaa tätä näin suurentunutta maanpainetta, vaan siirtyi alaspäin alla olevaa avonaista viemärin päätä kohti, tukkien sen osittain maamassalla ja muodostaen samalla n. 1.0 m



Kuva 23.

korkean putouksen (vert. pituusprofiilia). Tämä siirtyminen aiheutti poikittaiset halkeamat. Veden saadessa uudet väylät syntyneistä halkeamista alkoi avoviemärin suulla nopea maan syöpyminen, jonka tuloksena oli 10 m pitkä, kovaa savea myöten kulunut uoma. Tähän uomaan juoksi vesi lukuisista väylistä, putouksia muodostaen (kuva 100).

Repeytymän yläosassa tapahtui yleensä viemärin täyttyminen, kuten kuva 23 b osottaa (myös kuva 99). Viemärin leveys oli supistunut 4 m:stä 1.0 m:iin; syvyys 1.4 m:stä 0.15—0.45 m:iin.

Repeytymää, jossa maanpintaan syntyvät repeytymisraot, mutta itse repeytyminen tapahtuu aivan säännöttömästi, muistuttaen nesteen liikkeitä, voitaisiin kutsua t ä y t e s i i r t y m ä k s i.

Taulukossa II selostetaan repeytymien koko havaintoaineisto lyhyesti mainitsemalla repeytymistapa edellä olevien tyypillisten esimerkkien mukaan.

Repeytymät voidaan ryhmitellä monella tavalla. Käytännöllisintä on ottaa luokitusperustaksi repeytymisessä tapahtuva maan liike.

Liikkeen mukaan, jonka maakappale tai -hiukkanen on tehnyt esitetyissä havainnoissa, voidaan erottaa kolmenlaisia repeytymiä:

1. V i e r e m ä t, joissa maa repeytyy vierimispintaa myöten ja vierii suuremmissa tai pienemmissä osasissa viemäriin.

2. L u i s u m a t, joissa maa repeytyy repeytymisrakoa myöten ja luisuu suurina kappaleina enemmän tai vähemmän selvää luisumispintaa myöten.

3. T ä y t e s i i r t y m ä t, joissa maa repeytyy murtaen rakoja maanpintaan ja siirtyy viemäriin päin nestemäisesti täyttäen sen joko kokonaan tai osaksi.

Jos lähemmin vielä tarkastetaan havaintoja, huomataan eri piirteitä maan liiketavassa etenkin luisumissa. Tämän tähden on tapausten yksityiskohtaisissa selityksissä jo annettu erilaisia nimityksiä eri luisumistapauksille, joiden mukaan sitten selitettiin havaintoaineisto. Yhdistämällä mainitut nimitykset systemaattisesti ja ottaen huomioon ryhmien sukulaisuudet, saadaan seuraava ryhmittely kaikille repeytymille:

Taulukko II, osottava tärkeimmät tutkituista repeytymistä.

N:o	Paikka	Viemärin pohjaleveys m	Viemärin syvyys m	Viemärin luiskakaltevuus	Viemärin tasotusviivan kaltevuus m 1000 m:lle	Vesisyvyys viemärissä m	Vedennopeus viemärissä m/sek:ssa	Maakerrokset maanpinnalta lukien	Maan kosteus % (tilavuus)	Maan viivakutistuvaisuus %	Maan kuivuneen osan vahvuus m	Turpeen lahoamisaste	Luiskain kaltevuus ennen perkkausta	Luiskain kaltevuus repeytymän jälkeen	Viemäri syveni perkkauksessa m	Repeytymän ala m²	Repeytymän pituus m	Repeytymisen tapahtui 1-10 päiv. kaiv. jälk.	Repeytymisen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen: sateitten jälk.	Repeytymisen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen: lumen ja routadan sul. jälk.	Repeytymisen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen: muulloin	Repeytymä 2 puolinen [1]	Repeytymälaji	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin: repeytymisraon luona	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin: luiskan yläreun. ja rep.-raon väl.	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin: luiskan yläreunan kohdalla	Muistutuksia
1	Vaihinjoki,	2.75	1.85	1 : 1.5	0.55	0.8	0.58	Hiekka	25	—	(0.4)	—	—	—	1.2	70	28	—	—	—	1	—	Vieremä, jossa maa-aines tekee pyörivän liikkeen.	—	—	(0.8)	
»	Vihdin pitäjä							1.3 m »	37	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	
2 a	Kalliopuro, Maaninka	1.30	1.15	1 : 1.5	1.8	0.8	0.93	Moreenihieta..	—	—	0.5	—	—	—	0.7	20	5	1	—	—	—	—	Vieremä, jossa maa-aines liukuu isommissa tai pienemmissä lohkareissa	(0.5)	—	—	2 päivää kaivun jälkeen.
2 b	— » —	—	—	—	—	—	—	— » —	—	—	—	—	—	—	—	25	10	1	—	—	—	—		—	—	—	
3	Numlahden erosiolaakso, Nurmijärven pitäjä	—	—	—	—	—	—	Kerrallinen savi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2 Vieremiä, joissa on tapauksia 1 ja 2.	—	—	—	
4	Eurajoki, Euran pitäjä	—	—	—	—	—	—	Hietasavi	—	—	—	—	—	—	—	(240)	30	—	—	—	1	—	Vieremiä 2.	—	—	—	
5	Nurmijoki, Nurmijärven pitäjä	4.00	1.85	1 : 1.5	0.4	0.9	0.49	Lieju	70	32	1.0	—	(1:4)	(1:3.5)	0.20	154	13	—	—	—	1	—	Yksinkertainen luisuma.	0.78 0.45	— —	1.00 [2] 1.30	Osittain kaksipuolinen.
6	— » —	»	1.75	»	»	»	»	— » —	71	31	0.95	—	1 : 3 1:2.5	1 : 3 1:3.4	0.20	192	18	1	—	—	—	—	— » —	0.95 0.30	— —	0.35 0.50	Ensimäisenä päivänä kaivun jälkeen.
7 a	— » —	»	1.90	»	»	»	»	— » —	70	34	1.10	—	1:3.5 1:3.6	1 : 5 1:3.6	0.40	1100	85	—	—	—	1	—	Pullistumisluisuma.	0.00 0.25	0.90 —	0.35 0.40	
7 b	— » —	»	1.95	»	»	»	»	— » —	—	—	1.10	—	1:2.7	1 : 3	0.40	300	36	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.85 0.30	— —	0.35 0.38	
8	— » —	»	1.70	»	»	»	»	— » —	—	—	0.80	—	1 : 4	1 : 6	0.15	194	18	—	—	—	1	—	Pullistumisluisuma.	0.30 0.45	0.90 —	0.50 0.80	
9	— » —	»	1.85	»	»	»	»	— » —	—	—	0.85	—	(1:4)	1 : 6	0.35	220	25	1	—	—	—	—	Osittain yksinkertainen, osittain pullistumisluisuma. Kuitenkin on viimeksi mainittu niin huomattava, että repeytymä on luettava pullistumisluisumiin.	0.45 0.30	1.00 —	0.58 0.28	Heti kaivun jälkeen.
10	— » —	4.00	1.90	1 : 1.5	0.4	0.9	0.49	Lieju	70	32	1.15	—	1 : 2 1 : 3	1 : 3 1 : 3	0.15	407	45	1	—	—	—	—	Pullistumisluisuma.	0.22 0.90	0.95	0.45 0.40	C-D — » —
11	— » —	»	1.60	»	»	»	»	— » —	70	31	1.10	—	1 : 2	1 : 3	0.25	104	23	1	—	—	—	—	Pullistumisluisuma.	0.40 0.40	—	0.45 0.70	
12	— » —	»	2.95	1 : 2	»	»	0.48	(Liete-) savi ..	43	20	1.10		(1:2)	1:5.5	2.95	300	30	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma, (vähäinen osa repeytymästä olisi luettava murtumisluisumaksi).	1.65	—	0.85	A-B — » —
								1.60 m liejuturve	74	28		10	(1:2)	1:2.0										1.70		1.10	
								2.20 » lieju ..	87	41														1.45		1.40	C-D
								2.60 » savi ..	68	20														0.20		2.20	
13	— » —	»	2.50	1 : 1.5	»	»	0.49	(Liete-) savi ..	42	20	0.80		1 : 3	1:3.3	0.45	160	9	1	—	—	—	2	Yksinkertainen luisuma.	1.40	—	0.35	Oik.
								0.85 m liejuturve	72	28		10												0.50		0.60	puol. — » —
													1 : 3	1:2.3										0.50		0.20	Vas. puol.
								1.30 » lieju ..	87	41														0.15		0.20	
								1.55 » savi ..	69	21																	
14	— » —	5.00	2.35	»	0.2	»	0.36	Vieremän yläosassa savea;	58	—	(0.9)		(1:2)	(1:3)	0.45	310	35	1	—	—	—	—	Kaksikertainen luisuma.	0.30 0.20	—	0.60 0.25	A-B
								alaosassa:																0.55		0.75	
								Liejuturve ..	44	—		10	(1:2)	(1:3)	0.45									0.60		2.10	C-D
								0.4 – 1.3 m lieju	70	—																	
								0.7—1.9 » savi	58	—																	
15	Loviisanjoki	8.00	2.00	»	0.3	1.20	0.56	Savi	—	—	—	—	—	1:3.8	—	(4800)	200	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.95 —	—	0.75 —	Heti kaivun jälkeen
16	Leväjoki, Jurvan pitäjä	2.00	5.00	1 : 2	0.2	0.8	0.42	Hiekka	—	—	2.40	—	1:2.3	1 : 6	0.80	480	60	1	—	—	—	—	Useampikertainen luisuma.	2.20 0.40	—	—	Poikkil. A-B.
								2.1 m savi ..	—	—														0.40 0.05			Poikkil. C-D; rep.-raon 3 l.
																								1.75 0.45			Repeyt.-raon 2 luona.
																								1.00 1.00			Repeyt.-raon 1 luona.
17	Nurmijoki	4.00	2.95	1 : 1.5	0.4	0.9	0.49	(Liete-) savi ..	42	21	1.00	—	—	—	—	220	30	—	1	—	—	—	Kaksikertainen luisuma.	1.30	—	—	
								0.95 m. liejuturve	65	30														0.45		—	
								1.55 » lieju..	75	40																	
								1.90 » savi ..	61	22																	
18 a	Vaihinjoki	3.00	1.60	1 : 1.5	0.55	0.8	0.59	Korpiturve ..	—	—	—	10	1 : 4	1 : 3	0.95	350	60	—	1	—	—	—	Pullistumisluisuma.	0.30	0.60	0.40	
								1.55 m savi (vetelä) ..																0.10		0.30	
18 b	— » —	»	»	»	»	»	»	Korpiturve ..	—	—	—	10	1:3.8	1 : 3	0.75	550	90	—	1	—	—	—	— » —	(0.45)	—	0.40	
								1.50 m savi ..	—	—	—	—												0.10		0.20	
19	Jyrkänpuro, Iisalmen pitäjä	0.5	1.25	»	4.5	0.7	1.10	Korpiturve ..	91	22	—	7	—	—	0.90	1950	80	1	—	—	—	—	Täytesiirtymä.	0.45	—	—	
								0.4 m lieju ..	87	14	—													0.25		—	Heti kaivun jälkeen.
								2.1 »(kova) savi	53	5																	

[1] Tähän on merkitty repeytymät, jotka sattuivat molemmilla puolilla viemäriä samalla kohdalla ja olivat samanlaiset.
[2] Ylimäinen luvuista merkitsee maan siirtymistä alaspäin ja alimainen siirtymistä viemäriin päin.

Taulukko II (jatk.)

N:o	Paikka	Viemärin pohjaleveys m	Viemärin syvyys m	Viemärin luiskakaltevuus	Viemärin tasotusviivan kaltevuus m 1000 m:lle	Vesisyvyys viemärissä m	Vedennopeus viemärissä m/sek:ssa	Maakerrokset maanpinnalta lukien	Maan kosteus % (tilavuus)	Maan yläkutistuvaisuus %	Maan kuivuneen osan vahvuus m	Turpeen lahoamisaste	Luiskain kaltevuus ennen perkkausta	Luiskain kaltevuus repeytymän jälkeen	Viemäri syveni perkkauksessa m	Repeytymän ala m²	Repeytymän pituus m	Repeytyminen tapahtui 1-10 päiv. kaiv. jälk.	Repeytyminen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen sateitten jälk.	Repeytyminen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen lumen ja roudan sul. jälk.	Repeytyminen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen muulloin	Repeytymä 2 puolinen	Repeytymälaji	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin repeytymisraon luona	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin luiskan yläreunan ja rep.-raon väl.	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin luiskan yläreunan kohdalla	Muistutuksia
20	Vasikkahaan puro, Ruotsinpyhtään pitäjä	0.30	1.10	1:1.25	0.5	0.6	0.31	Savi	—	—	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	Pullistumisluisuma.	—	—	—	
21	Nurmijoki	4.00	1.80	1 : 1.5	0.4	0.9	0.49	Lieju	—	—	1.00	—	—	—	0.30	(400)	45	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.90 0.30	—	0.40 0.75	Heti kaivun jälkeen
22	— » —	»	1.85	»	»	»	»	»	—	—	0.95	—	—	—	0.25	(350)	38	1	—	—	—	—	— » —	0.65 0.35	—	0.55 0.60	— » —
23	— » —	»	1.75	»	»	»	»	»	—	—	0.80	—	—	—	0.20	(350)	35	1	—	—	—	—	— » —	0.85 0.25	—	0.30 0.45	— » —
24	— » —	»	1.95	»	»	»	»	»	—	—	0.85	—	—	—	0.35	(250)	30	—	—	—	1	—	— » —	0.95 0.25	—	0.35 0.50	
25	— » —	»	1.90	»	»	»	»	»	—	—	1.00	—	—	—	0.30	(400)	43	1	—	—	—	—	— » —	0.90 0.25	—	0.45 0.70	
26	— » —	»	1.80	»	»	»	»	»	—	—	0.90	—	—	—	0.25	(350)	48	—	—	—	1	—	Pullistumisluisuma.	0.10 0.35	0.60	0.50 0.55	
27	— » —	»	1.75	»	»	»	»	»	—	—	0.85	—	—	—	0.35	(250)	22	1	—	—	—	—	— » —	0.15 0.30	0.50	0.45 0.65	— » —
28	— » —	»	1.85	»	»	»	»	»	—	—	1.05	—	—	—	0.20	(300)	35	—	—	—	1	—	— » —	— 0.35	0.55	0.30 0.45	
29	— » —	»	1.65	»	»	»	»	»	—	—	0.80	—	—	—	0.25	(350)	40	1	—	—	—	—	— » —	0.35 0.30	0.75	0.60 0.40	
30	— » —	»	1.95	»	»	»	»	»	—	—	1.00	—	—	—	0.30	(400)	45	1	—	—	—	—	— » —	0.25 0.35	0.80	0.30 0.55	— » —
31	— » —	»	3.05	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 0.95 m korpiturve 1.60 » lieju..... 2.05 » savi	—	—	1.00	— 10	—	—	0.35	(200)	20	—	1	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	1.60 0.85	—	(0.85) (2.10)	
32	— » —	»	2.85	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.20 m korpiturve 1.85 » lieju .... 2.20 » savi	—	—	1.00	 10	—	—	0.25	(250)	30	—	1	—	—	—	— » —	1.40 0.65	—	0.50 1.10	
33	Nurmijoki	4.00	2.95	1 : 1.5	0.4	0.9	0.49	(Liete-)savi ..... 1.10 m korpiturve 1.75 » lieju .... 2.20 » savi	—	—	1.05	 10	—	—	0.30	(200)	22	—	1	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	1.35 0.40	—	— —	
34	— » —	»	3.05	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.15 m korpiturve 1.80 » lieju .... 2.15 » savi	—	—	1.20	 10	—	—	0.35	(150)	20	—	1	—	—	—	Kaksikertainen luisuma.	1.20 0.30	—	— —	
35	— » —	»	3.10	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.40 m korpiturve 2.00 » lieju .... 2.30 » savi	—	—	1.35	 10	—	—	0.25	(150)	20	—	1	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	1.25 0.20	—	0.20 0.45	
36	— » —	»	2.80	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.10 m korpiturve 1.80 » lieju .... 2.10 » savi	—	—	1.05	 10	—	—	0.20	(150)	20	—	1	—	—	—	Yksinkertainen luisuma, jossa keskelle viemäriä on tavallaan muodostunut harja.	1.30 0.25	—	— —	
37	— » —	»	3.15	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.15 m korpiturve 1.80 » lieju .... 2.10 » savi	—	—	1.10	 10	—	—	0.30	(180)	25	—	1	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	1.75 0.35	—	0.65 1.15	
38	— » —	»	2.95	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.25 m korpiturve 1.95 » lieju .... 2.25 » savi	—	—	1.00	 10	—	—	0.25	(150)	20	—	1	—	—	—	— » —, erittäin säännöllinen.	1.40 0.25	—	0.90 0.90	
39	— » —	»	2.75	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.10 m korpiturve 1.70 » lieju .... 2.00 » savi	—	—	—	 10	—	—	0.35	(200)	28	—	1	—	—	—	Kaksikertainen luisuma.	1.30 0.40	—	1.20 0.55	
40	— » —	»	2.80	»	»	»	»	(Liete-)savi .... 1.10 m korpiturve 1.80 » lieju .... 2.10 » savi	—	—	—	— 10	—	—	0.20	(120)	15	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	1.00 0.60	—	— —	Heti kaivun jälkeen.
41	— » —	»	2.85	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 1.20 m korpiturve 1.90 » lieju .... 2.20 » savi	—	—	—	 10	—	—	2.85	(450)	42	1	—	—	—	—	— » —	1.10 0.20	—	0.45 1.10	Toisena päivänä kaivun jälkeen.
42	— » —	»	2.80	»	»	»	»	Hieta ..... 1.10 m korpiturve 1.85 » lieju .... 2.15 » savi	—	—	—	— 10	—	—	0.35	(180)	25	—	1	—	—	—	— » —	1.45 0.45	—	— —	
43	— » —	»	2.50	»	»	»	»	Korpiturve ..... 1.00 m lieju .... 1.30 » savi ..... 2.10 » »	64 75 66 66	25 34 19 16	—	10	—	—	0.40	(450)	45	1	—	—	—	—	— » —	1.40 0.40	—	0.90 1.70	Heti kaivun jälkeen.

Taulukko II (jatk.)

N:o	Paikka	Viemärin pohjaleveys m	Viemärin syvyys m	Viemärin luiskakaltevuus	Viemärin tasotusviivan kaltevuus m 1000 m:lle	Vesisyvyys viemärissä m	Vedennopeus viemärissä m/sek:ssa	Maakerrokset maanpinnalta lukien	Maan kosteus % (tilavuus)	Maan viivakutistuvaisuus %	Maan kuivuneen osan vahvuus m	Turpeen lahoamisaste	Luiskain kaltevuus ennen perkausta	Luiskain kaltevuus repeytymän jälkeen	Viemäri syveni perkauksessa m	Repeytymän ala m²	Repeytymän pituus m	Repeytymisen tapahtui 1-10 päiv. kaiv. jälk.	Repeytymisen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen satelitten jälk.	Repeytymisen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen lumen ja routaan sul. jälk.	Repeytymisen tapahtui jonkun aikaa kaivun jälkeen muulloin	Repeytymä 2 puolinen	Repeytymälaji	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin repeytymisraon luona	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin luiskan yläreunan ja rep.-raon väl.	Repeytymisessä painui maanpinta alas ja siirtyi viemäriin luiskan yläreunan kohdalla	Muistutuksia
44	Nurmijoki	4.00	2.30	1 : 1.5	0.4	0.9	0.49	(Liete-)savi ..... 0.60 m korpiturve 1.40 » lieju .... 1.75 » savi	—	—	—	10	—	—	0.30	(250)	35	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	1.00 0.35	—	—	Heti kaivun jälkeen.
45	— » —	»	2.80	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 0.75 m korpiturve 1.50 » lieju .... 1.85 » savi	—	—	—	10	—	—	0.25	(200)	25	1	—	—	—	—	— » —	0.80 0.25	—	—	— » —
46	— » —	»	2.60	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 0.90 m korpiturve 1.65 » lieju .... 1.90 » savi	—	—	—	10	—	—	0.35	(550)	40	1	—	—	—	—	— » —	1.10 0.30	—	0.60 1.10	
47	— » —	»	2.20	»	»	»	»	Korpiturve ..... 1.30 m lieju .... 1.55 » savi	—	—	—	10	—	—	0.65	(400)	45	1	—	—	—	—	— » —	0.80 0.80	—	0.35 0.90	Ensimäisenä päivänä kaivun jälkeen.
48	— » —	»	2.25	»	»	»	»	Lieju ..... 0.50 m savi	—	—	—	—	—	—	0.45	(150)	20	1	—	—	—	—	— » —	0.70 0.35	—	0.35 0.70	Heti kaivun jälkeen.
49	— » —	»	2.10	»	»	»	»	Savi	—	—	—	—	—	—	0.35	(120)	15	1	—	—	—	—	Vieremisluisuma.	0.80 0.30	—	0.45 0.65	— » —
50	— » —	»	2.15	»	»	»	»	Lieju ..... 0.60 m savi	—	—	—	—	—	—	0.65	(50)	5	1	—	—	—	—	— » —	0.40 —	—	—	— » —
51	— » —	»	2.20	»	»	»	»	(Liete-)savi ..... 0.90 m korpiturve 1.50 » lieju .... 1.75 » »	—	—	—	10	—	—	0.45	(100)	15	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.70 0.25	—	—	— » —
52	— » —	5.00	2.05	»	0.2	»	0.36	Korpit. (hakoja) . 1.10 m lieju .... 1.40 » savi	—	—	—	10	—	—	0.60	(450)	32	1	—	—	—	—	— » —	0.95 0.20	—	0.45 1.10	— » —
53	— » —	»	2.10	»	»	»	»	Korpiturve ..... 1.10 m lieju .... 1.35 » savi	—	—	(1.00)	10	—	—	0.40	(150)	21	1	—	—	—	—	— » —	0.90 0.45	—	0.30 0.70	
54	— » —	»	2.00	»	»	»	»	Korpiturve ..... 1.05 m lieju .... 1.40 » savi	—	—	(1.00)	10	—	—	0.55	(100)	15	1	—	—	—	—	— » —	0.50 0.45	—	0.30 0.60	Heti kaivun jälkeen.
55	Nurmijoki	5.00	1.90	1 : 1.5	0.2	0.9	0.36	Liejuturve .... 0.80 m lieju.... 1.50 » savi....	—	—	(1.00)	10	—	—	0.30	(300)	43	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.30 0.35	—	0.20 0.40	Heti kaivun jälkeen.
56	— » —	»	1.90	»	»	»	»	Lieju	—	—	0.80	—	—	—	0.30	(60)	10	1	—	—	—	—	— » —	0.40 0.25	—	0.15 0.20	— » —
57	— » —	»	1.95	»	»	»	»	»	—	—	0.80	—	—	—	0.35	(100)	15	1	—	—	—	—	— » —	0.40 0.20	—	— —	Toisena päivänä kaiv. jälk.
58	— » —	»	1.90	»	»	»	»	»	—	—	0.70	—	—	—	0.40	(400)	40	—	—	—	1	—	Pullistumisluisuma.	0.20 0.45	0.60	0.45 0.65	
59	— » —	»	2.05	»	»	»	»	Korpiturve .... 1.10 m lieju	—	—	(0.80)	10	—	—	0.45	(200)	25	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.85 0.30	—	0.45 0.60	— » —
60	— » —	»	2.00	»	»	»	»	Lieju	—	—	(0.70)	—	—	—	0.30	(100)	15	1	—	—	—	—	— » —	0.45 0.30	—	0.40 0.60	Heti kaivun jälkeen.
61	— » —	»	2.40	»	»	»	»	(Liete-)savi .... 0.80 m korpiturve 1.40 » lieju .... 1.70 » savi	—	—	0.80	10	—	—	0.40	(150)	21	1	—	—	—	—	— » —	0.80 0.40	—	0.40 0.80	— » —
62	— » —	»	2.60	»	»	»	»	(Liete-)savi .... 0.90 m korpiturve 1.50 » lieju .... 1.75 » savi	—	—	0.85	10	—	—	0.30	(160)	25	1	—	—	—	—	— » —	0.70 0.30	—	0.30 0.40	Toisena päivänä kaivun jälkeen.
63	— » —	»	2.40	»	»	»	»	(Liete-)savi .... 0.95 m korpiturve 1.45 » lieju .... 1.80 » savi	—	—	0.80	10	—	—	0.25	(150)	23	—	1	—	—	—	— » —	0.65 0.35	—	0.45 0.50	
64	— » —	»	2.00	»	»	»	»	Korpiturve .... 1.10 m lieju .... 1.60 » savi	—	—	(1.00)	10	—	—	0.40	(200)	28	1	—	—	—	—	Pullistumisluisuma.	0.30 0.45	—	0.45 0.90	
65	— » —	»	2.10	»	»	»	»	Korpiturve .... 1.00 m lieju .... 1.40 » savi	—	—	(1.00)	10	—	—	0.40	(150)	20	1	—	—	—	—	— » —	0.40 0.60	—	0.50 0.85	
66—71	Eurajoki	—	(3.10)	—	—	—	—	Savi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	Yksinkertaisia luisumia.	(1.60) —	—	—	
72—74	— » —	—	(3.80)	—	—	—	—	Hietasavi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	Vieremisluisumia.	(1.40)	—	—	
75—78	— » —	—	(3.80)	—	—	—	—	Savi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	— » —	(1.40)	—	—	
79	Tiiläänjoki, Askolan pitäjä	2.80	2.10	1 : 1.5	0.4	0.8 1.2	0.43 0.56	Hietasavi (kiv.)	—	—	0.80	—	—	—	—	(60)	10	1	—	—	—	—	— » —	—	—	—	
80	— » —	»	1.70	»	»	0.8	0.34	(Liete-)savi .... 0.70 m liejuturve 1.20 » lieju .... 1.60 » savi	—	—	0.70	— 10	—	—	—	(60)	10	1	—	—	—	—	Yksinkertainen luisuma.	0.95 0.80	—	—	
81	— » —	»	2.00	»	»	»	0.43	Savi ..... 1.4 m erittäin vetelä savi....	—	—	1.00		—	—	—	(90)	15	1	—	—	—	—	— » —	1.20 0.80	—	1.20 1.20	
82	Ilvesjoki [1], Teiskon pitäjä	(1.20)	1.20	»	—	»	—	(Liete-)savi	—	—	—	—	—	—	—	(240)	12	1	—	—	—	—	Täytesiirtymä.	1.00	—	—	

[1] Rakennusmestari E. TAMMISEN hyväntahtoisesti antamien tietojen mukaan.

1. Vieremät
2. Luisumat — A. Murtumisluisumat; B. Varsinaiset luisumat (a. Yksinkertaiset luisumat; b. Kaksi- tai useampikertaiset luisumat); C. Pullistumisluisumat
3. Täytesiirtymät

Edellä esitettyjen havaintojen nojalla lienee syytä hiukan lähemmin selostaa eri repeytymäryhmien luonnetta ja maan liikettä niissä.

V i e r e m i s s ä liikkuu maa-aines erillisenä muodostamatta suuria kappaleita. Niissä vieremissä, joita on tutkittu, on aina vieremän laajenemissuunta ollut vastakkainen maa-aineksen liikesuunnan kanssa. Viereminen on siis alkanut luiskan alaosasta ja jatkunut ylöspäin luiskaa. Vieremisaika saattaa tästä huolimatta olla lyhyt, joten viereminen on näyttänyt aivan äkilliseltä. Ainoastaan luiskan yläosassa tapahtuu varsinaisen vieremisen perästä jälkivieremisiä, jotka ovat yleensä verraten vähäisiä.

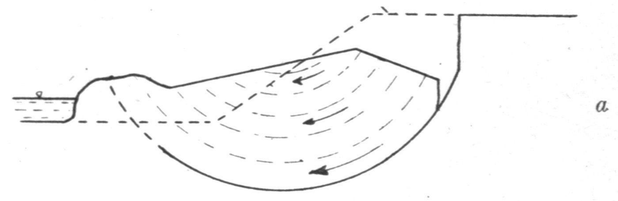
Maan liike tapahtuu käyrää pintaa myöten ja maa-aines pyörii joko samaan tai vastakkaiseen suuntaan kuin maan liike tapahtuu. Edellinen tapahtuu etupäässä hiekka- ja soramaissa ja jälkimäinen moreeni- ja osittain savimaissakin.

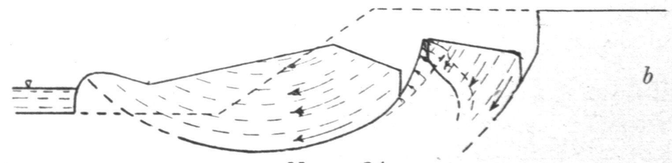
M u r t u m i s l u i s u m i s s a maa lohkeilee isompiin ja pienempiin osiin, jotka luisuvat erillisinä tavallisesti repeytymän ulommassa osassa, jota vastoin lähellä viemäriä on selvä yksinkertainen luisuma (vert. kuva 25 a).

V a r s i n a i s i s s a l u i s u m i s s a maa liukuu aina luisumispintaa pitkin suurina kappaleina. Maan liike on, kuten kuvatuista tapauksista nähdään, repeytymisraon luona painumista alaspäin ja viemäriin siirtymistä, viemärin puoleisessa osassa taas kohoamista ja viemäriin siirtymistä. Liike on suurin luisumispinnan luona (vert. kuva 24 a). Siinähän on, jos oletetaan, että luisumispinta on sylinterimäinen, liikkeen radan säde suurin. Aivan maanpinnalla on liike pienin. Onpa tapauksia, joissa esim. luiskan yläreuna ei ole siirtynyt juuri ollenkaan (esim. n:o 56).

Y k s i n k e r t a i s e s s a l u i s u m a s s a maa liikkuu yhtenä suurena kappaleena selvää luisumispintaa myöten (kuva 24 a). Maa voi tässäkin tapauksessa joskus, etupäässä hankauksen vuoksi, repeytyä ja katkeilla osiin, jotka erillisinä liukuvat samaa luisumispintaa myöten alas.

K a k s i- t a i u s e a m p i k e r t a i s i s s a l u i s u m i s s a maan liukuminen tapahtuu kahdessa tai useammassa otteessa, vaikkakin nämä eri luisumiset saattavat tapahtua melkein samalla hetkellä (vert. kuva 24 b). Kussakin otteessa maa liukuu eri luisumispintoja myöten. Ensimäisessä otteessa on aina yksi luisumispinta, kuten varsinaisessa yksinkertaisessa luisumassa. Toisessa otteessa, samoin kuin kaikissa seuraavissa, on aina kaksi luisumispintaa: v a s t a k k a i n e n ja m y ö t ä i n e n, molemmin puolin luisuvaa maakappaletta. Luisuvien maakappalten väliin muodostuu kahden luisumispinnan rajottama h a r j a. Kuva 24 b esittää kaaviomaisesti kaksikertaisen luisuman ja siinä olevan harjan muodostumisen. Toisen otteen (samoin kuin kolmannen, neljännen j. n. e.) luisuminen molempia luisumispintoja myöten ei aina ole yhtä suuri. Usein saattaa olla tapauksia, joissa ei huomaa vastakkaista luisumispintaa myöten maan liukuneen ollenkaan, vaan maan kallistuminen ja sen aiheuttama rako on synnyttänyt harjan. Yleensä näyttää tätä vastakkaista luisumispintaa myöten tapahtuva liike olevan pienempi kuin varsinaista luisumispintaa myöten. Vastakkaista ja myötäistä luisumispintaa myöten, jotka luisumispinnat muodostavat toistensa kanssa verraten suuren kulman, tapahtuva liike aiheuttaa, että pehmeä maa, joka jää ensimäisen luisumispinnan ja toisen otteen vastakkaisen luisumispinnan väliin, alkaa kohota ja siten muodostuu eri otteissa siirtyneitten maakappalten

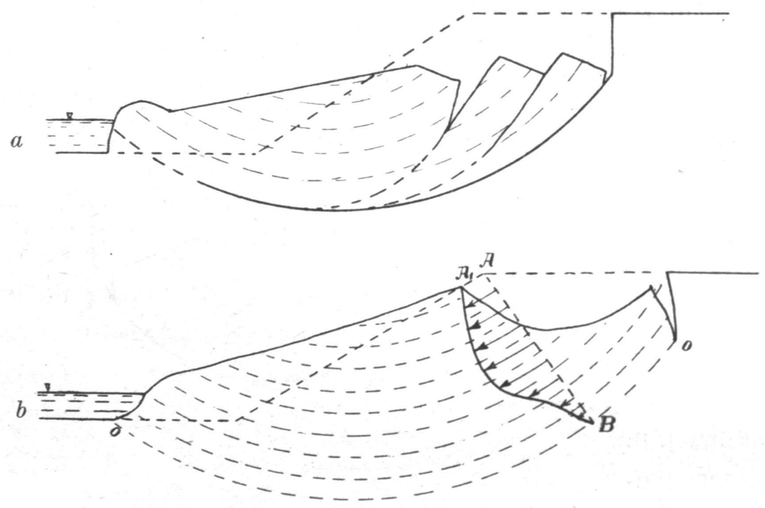

a


b

Kuva 24.

väliin aikaisemmin mainittu harja. Harjan korkeus ja suuruus riippuvat luisuman korkeudesta ja laajuudesta. Pienissä luisumissa, kuten Nurmijoen varrella, ovat harjat useimmin vähän ylempänä maanpintaa (korkein oli 1.1 m). Mutta esim. suuressa maanrepeytymässä Halikossa v. 1919 ovat tällaiset harjat (barrikad) aina 4 à 5 m korkuisia [1]. Harjan pituussuunta on jotenkin sama kuin repeytymisraon.

Luisumispinta on kaikissa havainnoissa ollut sylinterimäinen, ei milloinkaan taso. Yleensä yläosa on käyrempi kuin alaosa. Vastakkainen luisumispinta saattaa tehdä, kuten muutamat havainnot osottavat,



Kuva 25.

käyristyksen kahteen suuntaan: luisumispinnan yläosassa on vastakkainen käyristys ja pinnan alaosassa samansuuntainen käyristys kuin varsinaisilla luisumispinnoilla.

P u l l i s t u m i s l u i s u m a t ovat välimuotoja luisumien ja pullistumien välillä (vert. kuva 25 b). Niissä maanpinta repeytymisraon luona harvoin laskeutuu luisumispintaa pitkin, vaan tapahtuu maanpinnan kallistuminen allaolevan vetelän maan poistumisen vuoksi, ja se aiheuttaa repeytymisraon synnyn. Viemärissä taas syntyy pohjan kohoutuminen, pullistuminen, siihen työntyvän vetelän maan tähden. Näiden,

[1] AARO HELLAAKOSKI, Erdschlipfe in Südwest-Finnland. Fennia 41. (1920). Siv. 13.

nim. painuneen ja kohoutuneen osan välillä, tapahtuu maa-aineksen luisumista.

T ä y t e s i i r t y m i s s ä liikkuu maa-aines enemmän nestemäisesti kuin kiinteän aineen tavoin, jolloin ainesosasten asento toisiinsa nähden muuttuu. Maanpinnassa, missä usein on verraten kiinteä nurmikerros, tavataan repeytymisrakoja, jotka ovat jotenkin viemärin suuntaisia, siis johtuvat maa-aineksen viemäriin päin kohdistuvasta liikkeestä. Toisinaan tavataan sitäpaitsi poikittain suuntautuvia repeytymisrakoja, jotka ovat seurauksia maa-aineksen viemärin suuntaan tekemästä liikkeestä.

Kun luokitellaan repeytymisiä koskevat havainnot eri kuivatusalueiden mukaan, saadaan seuraava taulukko:

Kuivatusalue	Vieremät	Luisumat				Täytesiirtymät	Yhteensä repeytymiä
		Murtumis-	Varsinaiset		Pullistumis-		
			Yksinkert.	Kaksi-t. useampikert.			
	tapaukset						
Eurajoki	1	7	6	—	—	—	14
Vaihinjoki	1	—	—	—	2	—	3
Kalliopuro	2	—	—	—	—	—	2
Nurmijoki [1]	—	2	38	4	13	—	57
Jyrkänpuro	—	—	—	—	—	1	1
Vasikkahaanpuro	—	—	—	—	—	(4)	(4)
Leväjoki	—	—	—	1	—	—	1
Tiiläänjoki [2]	—	1	2	—	—	—	3
Ilvesjoki	—	—	—	—	—	1	1
Loviisanjoki [3]	—	—	1	—	—	—	1
	4	10	47	5	15	6	87

[1] Elokuun 20 päivään mennessä kuluvaa vuotta tapahtuneet repeämät, sillä työ on kesken.

[2] Syyskuun 11 päivään mennessä kuluvaa vuotta tapahtuneet repeämät, sillä työ on kesken.

[3] Loviisanjoessa oli lukuisasti repeämiä, mutta ainoastaan suurin tuli tutkituksi.

Aineistosta havaitaan, että mainituilla kymmenellä kuivatusalueella on repeytymiä esiintynyt hyvin epätasaisesti. Lukuisimmin on niitä tapahtunut Nurmijärven kuivatusalueella (havaintojen luku on 57, mikä on n. 66 % kaikista havainnoista). Sitä seuraa Eurajoen kuivatusalue (havaintojen luku 14 eli 16 % kaikista). Muilla kahdeksalla kuivatusalueella oli vain muutama harva repeytymä.

Jakautuminen eri repeytymäryhmiin on myös sangen epätasainen: enimmän on yksinkertaisia luisumia, 47 havaintoa eli 54 %; sen jälkeen pullistumisluisumia, 15 havaintoa eli 17.5 % ja vieremisluisumia, 10 havaintoa eli 11.5 % havaintojen koko luvusta.

Eri repeytymäin jakautumista eri maalajien ja eri repeytymäryhmien välillä esittää seuraava taulukko:

Maalaji, jossa luisumispinta pääasiallisesti syntyi	Vieremät	Luisumat				Täytesiirtymät	Yhteensä repeytymiä
		Murtumis-	Varsinaiset		Pullistumis-		
			Yksinkert.	Kaksi-t. useampikert.			
	tapaukset						
Hiekka	1	—	—	—	—	—	1
Hieta	2	—	—	—	—	—	2
Hietasavi	1	4	—	—	—	—	5
Savi	—	5	9	1	—	5	20
Lieju	—	—	10	—	11	—	21
Lieju ja savi, (kerrokselliset maat)[1]	—	1	28	4	4	1	38
	4	10	47	5	15	6	87

Kuten taulukosta nähdään, esiintyvät vieremät etupäässä mailla, jotka käsittävät karkeita maalajeja, hiekkaa ja hietaa. Yksi tapaus on merkitty esiintyneen hietasavimaalla. Murtumisluisumat esiintyvät hietasavi- ja savimailla. Kaikki seuraavat luisumat ja täytesiirtymät

[1] Näissä tapauksissa oli luisumispinnan yläosa liejua; muutamassa tapauksessa aivan ylimmässä osassa tavattiin turvetta, alaosassa taas savea.

ovat jotenkin tasaisesti jakautuneet savi- ja liejumaiden kesken, jotka ovat erittäin hienorakeisia ja koossapysyviä maalajeja. Kerroksellisilla mailla tavatut luisumat ja täytesiirtymät ovat luettavat myös kahteen viimeksi mainittuun ryhmään, nim. savi- ja liejumaissa tavattaviin, sillä luisuminen tapahtuu aina sanottujen maalajien kohdalla maassa.

Eri repeytymäryhmien esiintymisestä määrätyillä seuduilla ei tosin aineiston vähälukuisuuden vuoksi voida mitään lopullista sanoa, mutta havainnot viittaavat siihen, että merenrantojen savikkomailla esiintyisi etupäässä luisumia, sisämaassa sen sijaan vieremiä ja täytesiirtymiä sekä mahdollisesti näiden ja varsinaisten luisumien välimuotoja, vieremis- ja pullistumisluisumia.

Repeytymien alaa ja niiden rikkomien viemäriosien pituuksien tarkastelua varten on aineisto, vaikkapa se on vain yksinkertaisiin luisumiin nähden tyydyttävän runsas, jaettu ryhmiin repeämän pinta-alan ja pituuden perusteella ja siten saatu seuraava taulukko[1]:

[1] Tästä taulukosta on jätetty pois 17 havaintoa, joissa pinta-alasta ja pituudesta ei ollut tietoa.

Repeytymislaji	Repeytymän pinta-ala m² tapauksia: 0-50	51-100	101-200	201-300	301-500	501-1000	1001-	Yhteensä tapauksia	Repeytymän pituus m tapauksia: 0-5	6-10	11-15	16-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-	Yhteensä tapauksia
Vieremät	2	1	—	1	—	—	—	4	1	1	—	—	2	—	—	—	—	4
Murtumisluisumat	1	—	1	—	—	—	—	3	1	1	1	—	—	—	—	—	—	3
Yksinkert. luisumat	—	7	18	6	8	1	1	41	—	3	7	6	12	6	6	—	1	41
Kaksi-tai useampikert. luisumat	—	—	2	1	2	—	—	5	—	—	—	1	2	1	—	1	—	5
Pullistumisluisumat	—	—	4	3	6	1	1	15	—	—	—	2	4	3	3	1	2	15
Täytesiirtymät .	—	—	—	1	—	—	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	1	2
	3	9	25	12	16	2	3	70	2	5	9	9	20	10	9	2	4	70

Kuten luvut osottavat, ei pienimpään suuruusluokkaan molemmissa taulukon osissa (ala ja pituus) kuulu muuta kuin vieremiä ja murtumisluisumia. Seuraavaan luokkaan (ala 51—100 m², pituus 6—10 m) kuuluu paitsi vieremiä ja murtumisluisumia myös yksinkertaisia luisumia. Seuraavissa luokissa ovat varsinaiset luisumat enemmistönä.

Yleensä voidaan mainita, että vieremissä ja murtumisluisumissa, siis maaosasten ollessa verraten pieniä ja niitten liikkeen ollessa pyörivän, ovat repeytyneet alat verraten pieniä. Sen sijaan varsinaisissa luisumissa ja pullistumisluisumissa sekä täytesiirtymissä, joissa maa liikkuu suurin kappalein, repeytyneet alat ja repeytymien pituudet ovat suuria.

Repeytymien absoluuttinen laajuus nähdään seuraavista luvuista:

	Viemärin pituus m	Repeytymien ala m²	Repeytymien pituus m	Repeytymien pituus % viemärin pituudesta
Vaihinjoki	8,000	970	178	2.2
Kalliopuro	2,000	45	15	0.7
Eurajoki	4,500	—	350 [1]	7.8
Nurmijoki	9,200	14,934	1,615 [2]	17.6
Leväjoki	1,500	480	60	4.0
Jyrkänpuro	4,500	1,950	80	1.8

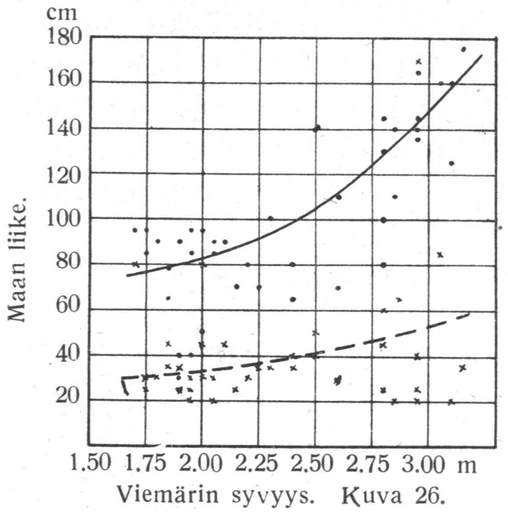
Kuten prosenttiluvuista nähdään, ovat repeämät etenkin Nurmijoessa tuottaneet tuntuvan vahingon lisäämällä kaivua. Jos arvioidaan repeämässä luisuneen maan poistokustannukset neljäsosaksi alkuperäisistä kustannuksista samalle matkalle, menisi repeämien korjaukseen n. 150 mk. 10 m kohti eli 24,225 mk. Nurmijoessa, mikä on aika suuri summa.

Repeytymissä tapahtuvan maan liikkeen riippuvaisuutta viemärin syvyydestä on voitu tutkia verraten rajotetussa määrässä. Ainoastaan yksinkertaisista luisumista on tyydyttävän runsaasti (41 kpl.) havaintoja, jolloin on tehty maan siirtymismittauksia. Näistäkin olisi osa erotettava pois sen tähden, että niissä on ollut luisumisen määrääjänä

[1] Epävarma, sillä vieremien pituudeksi on oletettu 25 m.

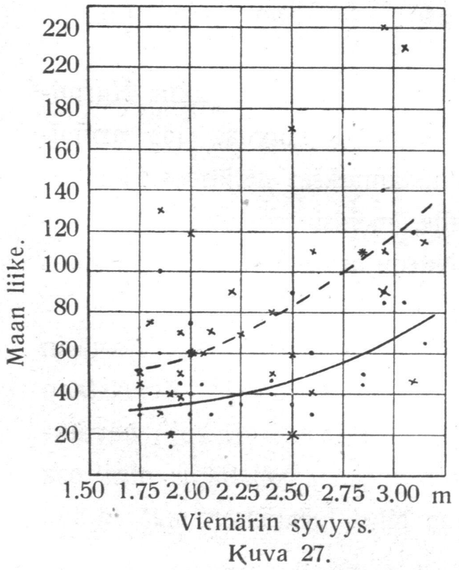
[2] V. 1922 tapahtui 42 repeämää, joiden yhteinen pituus oli 1,244 m, viemärin pituuden ollessa n. 5 km. V. 1923 oli elok. 7 p. mennessä repeytymiä sattunut 15, joiden pituus oli 371 m, n. 4 km matkalla.

aivan toiset seikat kuin viemärin syvyys, mikä viimeksi mainittu on ollut vain sivutekijänä. Kuitenkin tuottaa tällainen erottelu suuria vaikeuksia määräävien tekijöiden seulomisessa ja sitäpaitsi ei taloudellisten vaikeuksien vuoksi puutteelliseksi jäänyt aineisto anna tälle erottelulle kylliksi pätevää perustaa. Graafiset piirrokset (kuvat 26 ja 27) valaisevat viemärin syvyyden vaikutusta maan siirtymisen suuruuteen. Kuvasta 26 huomataan, että viemärin syvyyden lisääntyessä maanpinnan painuminen repeytymisraon luona alaspäin ja siirtyminen viemäriin päin suurenevat. Kuitenkin viemärin syvyydellä on edelliseen selvästi voimakkaampi vaikutus kuin jälkimäiseen. Luiskan yläreunan siirtymisen suuruuden vaihteluja esittää kuva 27. Mittausluvut ovat tässä tapauksessa hajaantuneet verraten epätasaisesti. Joka tapauksessa kuitenkin huomataan, että viemäriin päin tapahtunut siirtyminen on suurempi kuin alaspäin ja viemärin syvyyden suureneminen lisää näitä molempia siirtymisiä.



Kuva 26.

Maan liike alaspäin. Pisteet (ja täysiviiva) esittävät maan liikettä repeytymisraon luona, ristit ja (katkonainen viiva) maan liikettä luiskan yläreunan kohdalla.



Kuva 27.

Maan liike viemäriin päin. Merkinnät samat kuin edellisessä kuvassa.

Sivulla 9 selostettiin Ruotsin Rautatiehallituksen geoteknillisen kommissionin saamaa tulosta maansiirtymien syistä, joiden mukaan siirtymät voidaan jaotella. Tässä kommissionin tutkimusten tuloksessa on jäänyt huomaamatta repeämien alkusyy: repeytymän edellytyksenä on näet aina, että maanpinta on

kalteva, tai että tasainen maa on kuormitettu (esim. rautatiepenkereellä). Ilman tällaista olotilaa ei mikään repeytymä tai maansiirtymä ole mahdollinen, vaikkapa maan koossapysyväisyys tai hankaus kuinka pienenisi. Kaikkien maanrepeämien alkusyynä on pysyvä maanpaine, joka maanpinnan ollessa vaakasuora on nolla, mutta suurenee maanpinnan kaltevuuden lisääntyessä. Tätä maanpainetta vastustaa maan koossapysyväisyys (kohesio) ja maahiukkasten välinen hankaus, jotka eri maalajeissa ja olosuhteissa ovat eri suuret[1]. Kun jälkimäisten yhteinen vaikutus on suurempi kuin maanpaineen, ei repeytymää synny. Mutta milloin maanpaine jostakin syystä voittaa maanvastuksen, tapahtuu repeytymä. Tämän maanpaineen kasvun tai vastuksen pienenemisen, mikä johtaa siihen, että maanpaine voittaa vastustavat voimat, aiheuttavat syyt voidaan jakaa — kun ei erityisesti viemärejä ajatella — mainitun kommissionin jakotapaa seuraten, kuitenkin niin, että asetetaan statis-dynamisen syyn sijalle maanpaine, sillä onhan maan koossapysymisen pienenemisellä, kun se on riittävän suuri, statis-dynamiset seuraukset. Silloin saadaan repeytymän syyksi:

I. Maanpaine
   a. Maanpaineen kasvu kuormituksesta
   b. » » vastapaineen pienennyksestä
2. Maan koossapysymisen muutos
   a. Hankauksen pieneneminen
   b. Koossapysymisen pieneneminen

Viemärien varsilla tavattavien repeytymien syiden selittämiseen ei tämä jako kuitenkaan ole riittävä, sillä viemäreihin vaikuttaa paljon useampia huomioon otettavia seikkoja.

Maanpaineen kasvaminen saattaa johtua viemärien syventämisestä, ojamaiden asettamisesta aivan lähelle luiskaa ja vedenpinnan äkillisestä alentamisesta. Viemärin syventäminen voi olla kahdenlaista, nim. kaivamisesta johtuvaa ja erosion aiheuttamaa. Molemmissa tapauksissa vedenpinta luonnollisesti alenee. Maanpaineen kasvu vastapaineen pienen-

[1] Vert. selostusta Ruotsin Rautatiehallituksen geoteknillisen kommissionin työn tuloksista siv. 9.

nyksestä tavataan viemäreissä kaivun yhteydessä usein tapahtuvassa luiskan jyrkentämisessä, joka kuitenkin näissä havainnoissa on yhdistetty viemärin syventämisestä johtuvaan maanpaineen lisäykseen. Tämä on johtunut siitä, ettei joka paikassa ole ollut saatavissa aivan tarkkaa ennen kaivua ollutta poikkileikkausta, jonka mukaan olisi voinut määrätä perkkauksen aiheuttamat luiskain kaltevuuden muutokset.

Maanpaineen kasvaminen saattaa vielä aiheutua maan kosteuden lisäyksestä, minkä saavat aikaan pitkäaikaiset sateet tai työpadotus. Kuten havainnoista huomataan, on halkeilleen maankuoren kosteus n. 40 % tilavuudesta. Edellä mainittujen seikkojen vaikutuksesta saattaa kosteus kohota 65 %:iin, jolloin, jos kuivuneen maankuoren vahvuus on 1.2 m, maanpainon lisäys olisi m² kohti n. 300 kg, joka aiheuttaisi tuntuvan lisäyksen maanpaineessa.

Maanvastuksen pieneneminen viemärissä tapahtuu usealla tavalla. Perkkauksessa poistetaan maanvastukselle tärkeä nurmipeite luiskilta, samoinkuin usein hyvin vankka vesikasviston juuristo viemärin pohjasta. Veden lisäys, joka pääasiallisesti aiheutuu rankoista sateista, pienentää myös maan koossapysymistä. Paitsi maan koossapysyväisyyteen vaikuttaa vesi myös kuivumisesta halkeilleessa maassa hankaukseen. Veden valuminen maan sisään tapahtuu halkeamia myöten, jotka rankoilla sateilla täyttyvät hyvin äkkiä. Halkeamapintojen välinen hankaus pienenee tuntuvasti veden vaikutuksesta ja saattaa aiheuttaa maassa tasapainohäiriöitä. Rankat lyhytaikaiset sateet eivät kuitenkaan voi niin suuressa määrin pienentää maahiukkasten välistä koossapysyväisyyttä, että siitä johtuisi tasapainohäiriöitä. Sen sijaan pitkillä runsailla sateilla on tässä suhteessa huomattava merkitys. Ne voivat kostuttaa maata niin paljon, että se kadottaa koossapysyväisyytensä, josta seuraa repeytyminen [1]. Vielä kolmaskin kosteuden lisäystapa on huomattava: työpadotuksen aiheuttama. Kaivutöiden aikana täytyy perattava joki tai puro padota, jotta joessa juokseva vesi ei estäisi työtä. Padotuksen johdosta kohoaa vesi padon yläpuolella usein aivan maanpinnan tasalle, jolloin luonnollisesti maan kosteus lisääntyy huomattavasti, josta seuraa maan koossapysyväisyyden pieneneminen, varsinkin, jos maan kosteus sivuuttaa määrätyn rajan [1]. Maanvastuksen pienenemistä edistää myös maan halkeileminen, jonka on katsottu voivan aiheuttaa repeämän [2]. Kun otetaan huomioon vielä, että halkeileminen maan kuivaessa tutkituissa repeytymissä oli hyvin korkea (vert. havainnot n:t 5, 12 ja 19), on halkeileminenkin luettava repeämisen syiden joukkoon. Tässä mainittakoon esimerkkinä, että vesijättömaalla Nurmijoen varrella tavattiin elok. 17 p. v. 1923 sarkaojan pohjassa halkeamia, jotka olivat keskimäärin 4 cm, muutamat jopa 8 cm leveitä. Lumesta ja roudasta sulaneella vedellä on vaikutusta etupäässä hankauksen pienentäjänä. Keväisin virtaavalla runsaalla pohjavedellä on maan koossapysymisen pienentäjänä myös suuri vaikutus repeämien syntyyn.

[1] Syksyiset (v. 1923) maanrepeämät Lounais-Suomessa ja Uudellamaalla johtuvat pääasiallisesti pitkäaikaisten sateitten aiheuttamasta maan koossapysymisen pienenemisestä.

Kun maan luontainen kosteus on suuri, esiintyy maa enemmän nestemäisenä kuin kiinteänä. Silloin maan koossapysyväisyys ei voi vastustaa vähäisintäkään maanpaineen lisäystä, joten repeytymän pääsyynä maanpaineen rinnalla on pidettävä maan luontaista kosteutta.

Repeytymien syyt on edellisen perusteella jaettu seuraavasti:

I. Maanpaineen lisäyksestä johtuvat, jolloin maanpaineen lisäys aiheutuu:

a. viemärin syventämisestä ja luiskan jyrkentämisestä
b. ojamaiden asettamisesta liian likelle luiskaa
c. maan kosteuden lisäyksestä
d. vedenpinnan äkillisestä alentumisesta

II. Maanvastuksen pienenemisestä johtuvat, jolloin tämä pieneneminen aiheutuu:

a. nurmen poistamisesta luiskalta ja vesikasvien juurien poistamisesta pohjasta
b. sateitten vaikutuksesta
c. työn aikaisesta padotuksesta (työpadotuksesta)

[1] Vert. SIMON JOHANSSON, Die Festigkeit der Bodenarten bei verschiedenem Wassergehalt. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 256. Siv. 52—83.

[2] Vert. LENNART VON POST, Jordskredet vid Smedberg i Bohuslän. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 244. Siv. 18.

d. pohjaveden vaikutuksesta

e. lumesta ja roudasta sulaneesta vedestä

f. kuivumisen aiheuttamasta maan halkeilemisesta

III. Maan luontaisesta kosteudesta johtuvat.

Eri syiden tarkalleen määrääminen on hyvin vaikeata, varsinkin, koska lisäksi joka vieremässä on aina vaikuttamassa useita eri tekijöitä yht'aikaa, joiden vaikutus saattaa toisinaan olla verraten helppo määrätä, toisinaan taas hyvin vaikea.

Eri tekijöiden vaikutuksen määräämistä yleensä lienee kumminkin syytä hiukan selvitellä.

Viemärin syventämisessä, jolloin vedenpinta aina laskee, lisääntyy maanpaine. Sillä osalla viemäriä, johon ei tule syvennystä, vaan ainoastaan veden pinta laskee, ei maanpaineen suureneminen ole niin suuri kuin edellisessä, sillä vesi on keveämpää kuin maa. Luiskien jyrkentäminen suurentaa myös maanpainetta. Havainnoissa 5—15 on useimmissa poikkileikkauksissa luiska perkkauksessa jyrkentynyt alkuperäisestä, mistä on aiheutunut maanpaineen lisäystä, koska tuntuva vastapaino poistui. Ojamaiden aiheuttaman maanpaineen lisäyksen arvioiminen on vaikeata, mutta että sillä on suuri merkitys, huomataan seuraavasta tapauksesta:

T i i l ä ä n j o e n perkkauksessa, Askolan pitäjässä, huomasi rakennusmestari eräällä kohdalla viemärin pohjassa kohoamisen merkkejä ja antoi siirtää ojamaat ulommaksi viemäristä. Kohoutuminen lakkasi ja viemärin pohja maan elastisuuden vaikutuksesta alenikin vähän [1].

Mainittujen molempien syiden (a ja b) määräämisessä on erittäin tärkeä aika, milloin repeytymä perkkauksen jälkeen sattuu. Jos se on syntynyt heti kaivun jälkeen, on se seuraus viemärin syventymisestä tai ojamaiden asettamisesta liian lähelle luiskaa taikka molemmista. Viimeksi mainittujen osuus on arvosteltava vertaamalla niiden runsautta viemärin syventämisestä johtuvaan maanpaineen lisäykseen.

Erosion lisäämä maanpaine on selvästi havaittavissa, sillä repeytymät erosiolaaksoissa sattuvat tavallisesti tulvien aikana tai niiden jälkeen (esim. Numlahden erosiolaakso).

[1] Rakennusmestari E. TAMMISEN hyväntahtoisesti antamien tietojen mukaan.

Maan kosteuden kohoamisesta johtuvaa maanpaineen lisäystä on hyvin vaikea arvostella. Ainoastaan tapauksissa, joissa maan kosteus lisääntyy lumesta ja roudan sulamisesta, voidaan tämä maanpaineen kasvu todeta. Samoin myös työpadotuksen aiheuttama kosteuden lisäys on verraten helposti selitettävissä, kuten aikaisemmin jo mainittiin.

Vedenpinnan äkillisestä alentumisesta johtuvan maanpaineen lisäyksen vaikutus repeämän syntymiseen on myös havaittavissa ajasta, jolloin repeytymä tapahtuu. Heti veden laskettua vaikuttaa maanpaine täydellä voimalla. Jos silloin syntyy repeämä, on se ensi kädessä maanpaineen aiheuttama. Myöhemmin tapahtuneissa repeämissä on kyllä maanpaine veden haihtumisen tähden pienentynyt, mutta sitä vastustavat voimat ovat nähtävästi pienentyneet vielä enemmän.

Maanvastuksen pieneneminen on yleensä edellistä vaikeampi arvioida. Mitään yleispiirteisiä sääntöjä ei tätä varten voi antaa. Kuitenkin esim. perkkauksessa poistetun nurmen ja kovan maakerroksen vaikutus voidaan huomata siitä, että luiska perkkauksen jälkeen ei pysy yhtä jyrkänä kuin ennen perkkausta, vaikka ei perkkauksessa olisikaan tapahtunut mitään syvennystä viemärissä (vert. repeytymispiirroksissa olevia maan pintaviivoja ennen kaivua ja repeämän jälkeen).

Edellä mainittiin, miten repeytymisaika valaisee etenkin maanpaineen osallisuutta repeämisen syihin. Tämän tähden esitettäköön tässä lukuja käytettävänä olevan havaintoaineiston mukaan repeytymisajoista:

Repeytymälaji	Repeytyminen sattui					Yhteensä havaintoja
	1—2 vuorokauden kuluessa kaivusta[1]	3—10 vuorokauden kuluessa kaivusta	myöhemmin heti rankkasateen jälkeen	lumen ja roudan sulamisen jälkeen	muulloin	
Vieremät	2	—	—	(∞)[2]	2	4
Murtumisluisumat	3	—	—	(∞)[2]	7	10
Yksinkert. luisumat	22	8	9	—	8	47
Kaksi- tai useampikert. luisumat	—	2	3	—	—	5
Pullistumisluisumat	4	4	2	—	5	15
Täytesiirtymät	2	—	—	—	(4)[3]	6
Yhteensä	33	14	14	(∞)	26	87
Prosenttia kaikista repeytymistä.....	37.9	16.1	16.1	—	29.9	100.0

Kuten taulukosta nähdään, tapahtui lähes 38 % kaikista repeämistä 2 vuorokauden kuluessa kaivun jälkeen ja seuraavina 8 päivänä 16 % eli yhteensä 54 %. Nämä on katsottava olevan suorastaan maanpaineen aiheuttamia. Enemmän kuin 10 vuorokautta kaivun jälkeen tapahtuneihin kuuluivat heti sateen jälkeen tapahtuneet repeämät (16.1 %) ja epämääräisenä aikana tapahtuneet repeämät (29.9 %).

Edellä olevan perusteella ovat 87 repeämän syyt esitetyt seuraavassa taulukossa. Tällöin merkitsee:

● = pääsyy.
◎ = erittäin suuresti vaikuttava syy.
○ = verraten huomattava syy.
• = huomioon otettava syy.

---

[1] Tähän on merkitty kaikki Eurajoessa tapahtuneet repeytymät heti työpadon avaamisen jälkeen.

[2] Merkitsevät Numlahden erosiolaaksossa sattuneita lukemattomia repeytymiä.

[3] Pöytyän Isollasuolla huomatut tapaukset.

N:o	Repeytymälaji	Maanpaineen lisäys aiheutuu					Maanvastuksen pienenem. aiheutuu						Maan luontainen kosteus
		viemärin syventämisestä	ojamaiden asettamisesta lähelle luiskan reunaa	maan kosteuden lisäyksestä	eroslon aiheuttamasta viemärin syvenemisestä	vedenpinnan äkillisestä alenemisesta (työpadotus y. m.)	perkauksessa poistetusta nurmesta	sateitten vaikutuksesta	työpadotuksesta	pohjaveden vaikutuksesta	lumesta ja roudasta sulaneesta vedestä	kuivumisen aiheuttamasta maan halkeilemisesta	
1	Vieremä	○	–	●	–	–	–	–	–	○	–	–	–
2 a	»	○	–	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2 b	»	○	–	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	»	●	–	–	–	○	–	–	○	–	–	–	–
49	Murtumisluisuma	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	–
50	»	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	–
3	»	–	–	◎	●	–	–	–	–	–	●	–	–
72	»	–	–	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
78	»	–	–	–	–	●	–	–	○	–	–	–	–
79	»	●	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Yksinkert.luisuma	●	●	–	–	–	◎	–	–	–	–	○	–
6	»	●	○	–	–	–	○	–	–	–	–	•	–
7 b	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
12	»	●	◎	–	–	–	–	–	–	○	–	–	–
13	»	●	◎	–	–	○	–	–	○	–	–	○	–
15	»	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
21	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
22	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
23	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
24	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
25	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
31	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
32	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
33	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
35	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
36	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
37	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
38	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
40	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
41	»	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
42	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
43	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
44	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
45	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
46	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
47	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
48	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
51	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
52	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
53	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–

N:o	Repeytymälaji	Maanpaineen lisäys aiheutuu: viemärin syventämisestä	ojamaiden asettamisesta liian lähelle luiskan reunaa	maan kosteuden lisäyksestä	erosion aiheuttamasta viemärin syvenemisestä	vedenpinnan äkillisestä alenemisesta (työpadotus y.m.)	Maanvastuksen pienenem. aiheutuu: perkauksessa poistetusta nurmesta	sateitten vaikutuksesta	työpadotuksesta	pohjaveden vaikutuksesta	lumesta ja roudasta sulaneesta vedestä	kuivumisen aiheuttamasta maan halkeilemisesta	Maan luontainen kosteus
54	Yksinkert. luisuma	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
55	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
56	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
57	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
59	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
60	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
61	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
62	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
63	»	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
66—71	»	–	–	–	–	●	–	–	◎	–	–	–	–
80	»	●	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
81	»	●	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	Kaksi- tai useampikert. luisuma	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16		●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	–
17		●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
34		●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
39		●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
7a	Pullistumisluisuma	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
8	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
9	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
10	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
11	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
18a	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
18b	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
26	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
27	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
28	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
29	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
30	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
58	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
64	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
65	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
19	Täytesiirtymä	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	●
20	»	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	●
82	»	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	●

Kuten taulukosta nähdään, on vieremien syynä pääasiallisesti maan kosteuden lisäyksestä johtuva maanpaineen suurentuminen. Tämän lisäksi tulee viemärin syvennyksestä aiheutunut maanpaineen kasvu. Maanvastuksen pieneneminen on vieremissä sivuseikka, sillä niissä maalajeissa, joissa vieremät esiintyvät, ei ole suurtakaan koossapysyväisyyttä, vaikkakin hankaus on suuri.

Murtumisluisumissa hajaantuvat repeämissyyt. Kuitenkin huomataan, että maanpaineen lisäyksellä, joka eri tapauksissa johtuu eri syistä, on määräävä asema. Ainoastaan havainnossa 3 (Numlahden erosiolaakso) on lumesta ja roudasta sulaneella vedellä suuri vaikutus, etenkin maan koossapysymiseen ja maanpaineeseen. Samoin on routa maan koossapysyväisyyden hävittäjä.

Yksinkertaisissa luisumissa samoin kuin muissakin luisumislajeissa on viemärin syventämisestä ja luiskain jyrkentämisestä johtuvalla maanpaineella määräävä asema. Useissa tapauksissa on ojamaiden asettamisesta liian lähelle luiskaa johtuvalla maanpaineella myös suuri vaikutus luisumiseen, etenkin yksinkertaisissa luisumissa liejumaalla (havainnot 12, 13, 15 ja 21—25) ja pullistumisluisumissa sekä täytesiirtymissä. Vedenpinnan äkillinen alentaminen (työpadotus) on merkitty tapauksille 66—71 varsinaiseksi syyksi. Maanvastuksen pieneneminen yleensä ei luisumisessa ole määräävä. Mutta melkein jokaisessa tapauksessa on kuitenkin huomattava nurmen ja ruohokasvien sekä kovan maan pintakerroksessa olevien juuristojen poistamisen vaikutus maanvastukseen. Sateitten aiheuttama maanvastuksen pienennys (hankauksen pienentyminen) on muutamissa tapauksissa sangen tärkeä repeytymän syy. Näissä tapauksissa on kyllä maanpainetta lisännyt sateena tullut vesi, mutta sen paino on pieni verrattuna koko maan painoon, joten sillä on vain enemmän ajateltu kuin oleellinen vaikutus repeytymän syntymiseen. Tapauksissa 66—71 on padotuksella kohotettu vesi syynä koossapysyväisyyden pienenemiseen ja maanpaineen kasvuun, mitkä seikat johtivat repeytymiseen.

Kaksi- tai useampikertaisissa luisumissa on pääsyynä viemärin syventämisestä johtunut maanpaine. Sivusyinä tavataan ojamaiden asettamisesta lähelle luiskaa johtunut maanpaine sekä sateitten ja nurmen poiston pienentämä maanvastus.

Pullistumisluisumissa on maanpaineen rinnalla ollut repeytymiseen erittäin suuresti vaikuttavana syynä ojamaiden asettaminen lähelle luiskaa ja maan luontainen kosteus. Verraten huomattavana syynä on mainittava nurmen poistaminen perkkauksessa.

Täytesiirtymissä ovat pääsyinä maan luontainen kosteus ja viemärin syventämisestä johtunut maanpaine, sivusyinä ojamaiden asettaminen lähelle luiskaa.

Yhteenvetona edelläolevasta selvittelystä voidaan mainita:

Repeytymät, jotka esiintyvät viemäreissä, voidaan luokittaa ilmenemismuotonsa puolesta seuraavasti:

1. Vieremät
2. Luisumat
   A. Murtumisluisumat
   B. Varsinaiset luisumat
      a. Yksinkertaiset luisumat
      b. Kaksi- tai useampikertaiset luisumat
   C. Pullistumisluisumat
3. Täytesiirtymät

Vieremät esiintyvät etupäässä hiekka- ja hietamailla.

Luisumista tavataan: murtumisluisumia yleensä hietasavimailla, harvoin hietamailla ja muita luisumia vain savi- ja liejumailla sekä kerroksellisilla mailla, joissa mainitut maat muodostavat pohjaosan.

Täytesiirtymät esiintyvät lieju-, liete- ja turvemailla.

Repeytymät aiheuttavat tuntuvaa vahinkoa perkkaustöiden toteuttamisessa. Muutamissa tapauksissa on niiden aikaan saama vahinko laskettava kymmenissä tuhansissa markoissa puhumattakaan perkkaustöiden hidastumisesta.

Mitä viemärin syvyyden vaikutukseen tulee, on maan liike sitä suurempi, mitä syvempi viemäri on.

Repeytymisen syynä on pidettävä yleensä maanpaineen kasvua, joka johtuu ensi kädessä viemärin syventämisestä ja luiskien jyrkentämisestä. Maanpaineen lisäyksen saattaa vielä aiheuttaa ojamaiden asettaminen liian likelle luiskaa. Eräissä tapauksissa suurentavat myös työpadotus ja erosio maanpainetta.

Repeytymistä edistävä maanvastuksen pieneneminen saattaa johtua nurmen, vesikasvien juurien ja kovan maakerroksen poistamisesta, sateitten aiheuttamasta hankauksen pienenemisestä ja padotuksen lisäämästä maan kosteudesta sekä maan kutistumisesta.

Huomattava tekijä on repeytymissä myös maan luontainen kosteus. Kaikilla alueilla, joilla repeytymiä on tavattu, on maan luontainen kosteus ollut hyvin suuri, luisumissa aina 60 % tilavuudesta ja täytesiirtymissä aina 80—90 % ja ylikin.

Repeytymät esiintyvät yleensä samana kesänä kuin kaivu tapahtuu; ainoastaan siellä, missä niiden syynä on erosion aiheuttama maanpaine, esiintyvät ne niin kauan kuin erosiokin.

3. Kohoutumat.

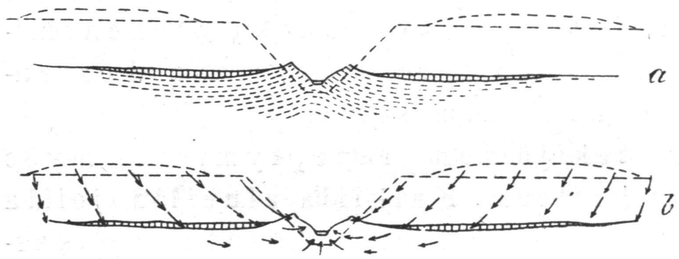
Kohoutumalla ymmärretään viemärin tukkeutumistapaa, jossa viemäri joittenkin seikkain vaikutuksesta pienenee, kutistuu kokoon ja näyttää ikäänkuin kohoavan ylöspäin.

1. Korteneva Kaustisen pitäjässä. Kohoutuman pituus on n. 950 m. Turve on koko matkalla *Sphagnum*-turvetta, jonka lahoamisaste on hyvin alhainen (1). Kuivatustyön aikana oli suo hyvin vetelää. Työtä johtanut rakennusmestari [1] kertoi suon olleen niin vete-

[1] Rakennusmestari E. TAMMISEN hyväntahtoisesti antaman tiedon mukaan.

län, että se ei monessakaan paikassa kantanut miestä. Keskiosan kaivaminen täytyi toimittaa talvella. Talven aikaan kaivetut kanavat olivat kuitenkin kesällä uudestaan avattavat, sillä roudan sulamisen jälkeen ne täyttyivät. Viemärien keskimääräinen suuruus oli v. 1906, jolloin kuivatustyö suoritettiin, seuraava: syvyys 2.3 m, pohjaleveys 0.5 m ja luiskakaltevuus 1 : 1. Turvekerroksen vahvuus oli suurimmalla osalla suota yli 5.0 m, luotojen reunoilla oli se matalampaa.

Kesällä v. 1920 olivat viemärin suuruusmitat seuraavat: syvyys 0.5 m, pohjaleveys 0.2 m ja luiskakaltevuus 1 : 1. Viemärin poikkileikkausmuoto oli muuttunut kuvan 28 a osottaman kaltaiseksi. Luiskat olivat saaneet omituisen kaarevan muodon. Sitäpaitsi luiskan yläreuna muodosti matalan harjan maanpinnan yläpuolelle. Varsinainen turvekerrostuma käyristyi viemärin kohdalla ylöspäin. Viemärin alapuolella tekivät turvekerrokset käyristyksen viemärin kohdalla. Kaivun aikana poistettu maa oli nyt kokonaan vajonnut vetelään turpeeseen ja oli samassa tasapinnassa kuin muukin suo. Luiskien yläreunan muodostamat harjat olivat niin korkeat, että niiden muun suon pinnan yläpuolella olevat poikkileikkauspinta-alat olivat jotenkin yhtä suuret kuin suon pinnan alapuolelle jäävän viemärin osan pinta-ala. Viemäri näytti ikäänkuin kohonneen ylemmäksi muuta suon pintaa.



Kuva 28.

Todellinen liike, jonka turvekerrokset ovat tehneet, on turpeen painumisesta johtunut. Painumisliikkeen suunta nähdään kuvasta 28 b. Suon pinta on 14 vuoden kuluessa, mikä on kulunut sen kuivattamisesta, painunut keskimäärin 1.0 m. Tämän lisäksi ovat turvekerrokset viemärin luona siirtyneet tuntuvasti viemäriin päin. Aivan viemärin alla on paikoin tapahtunut turpeessa nousemista, joka kuitenkin on jokseenkin pientä verrattuna turvekerrosten painumiseen. Joka tapauksessa on painumis- ja siirtymisliike aikaan saanut näennäisen kohoutuman.

Kohoutuman syynä on pidettävä turpeen suurta vetisyyttä, josta aiheutui, että turpeella ei ollut minkäänlaista kantokykyä eikä koossapysyväisyyttä. Turvekerrokset alenivat sitä mukaa kuin vesikin viemärin vaikutuksesta. Suuri vetisyys vaikutti myös, että — huolimatta suuresta painumisesta ja siirtymisestä viemäriin päin — turpeessa ei huomaa mitään halkeamia, jotka olisivat johtuneet siinä olleesta vetojännityksestä.

Mainitulla Kortenevalla näyttää heti ensimäisen kaivun jälkeen — päättäen työtä johtaneen insinöörin[1] ja rakennusmestarin kertomuksista — tapahtuneen samanlaista kohoutumista, vaikka maan liikkeet silloin suuremman vesipitoisuuden vallitessa olivat paljon nopeammat.

2. Eräs suo Monolan kylässä Savitaipaleen pitäjässä. Kohoutuman pituus on n. 200 m. Turvekerrosten laatu on sama kuin edellisessä tapauksessa. Ainoastaan turpeen lahoamisaste on hiukan korkeampi (4). Suon ovat talonpojat kuivanneet turvepehkun ottoa varten. Kertomuksen mukaan oli suo ollut niin vetinen, ettei se kantanut miestä ollenkaan. Kaivun aikana (v. 1911) oli viemäri ollut pinnalta 3.5 m leveä, pohjaleveys oli 0.40 m ja syvyys 1.85 m. V. 1921 olivat viemärin mitat seuraavat: pintaleveys 1.2 m, pohjaleveys 0.15 m ja syvyys 0.55 m. Viemärin poikkileikkausmuoto oli jotenkin samanlainen kuin edellisessä tapauksessa. Ainoastaan luiskan yläreunan muodostama harja oli keskimäärin 0.2 m korkeampi kuin edellisessä tapauksessa. Turvekerrosten asento oli täydelleen edellisen esimerkin kaltainen.

Viemärin kaivun jälkeen oli maanpinta painunut paljon, mutta kun suolla ei oltu toimitettu pinta- eikä viemärin pituuspunnitusta, ei voitu lähemmin määrätä painumisen suuruutta. Maan liikkeet ovat olleet samanlaiset kuin edellisessäkin tapauksessa.

Kohoutuman syyt ovat tässä tapauksessa olleet samat kuin tapauksessa n:o 1.

3. Isosuojakso Pöytyän pitäjässä. 4 kohoutuman yhteinen pituus on n. 300 m. Turve on *Sphagnum*ia, seassa jonkin verran saraa ja niittyvillaa. Turpeen lahoamisaste on 6. Vetelyys on ollut suolla suuri, sillä kohoutumapaikat näyttävät olleen rimpinevoihin luettavia soita. Viemärien keskimääräinen suuruus kaivettua (v. 1905) oli seuraava: syvyys 2.3 m, pohjaleveys 0.5 m ja luiskien kaltevuus 1 : 1.

V. 1921 oli useimmilla rimpinevoilla viemäri kokonaan hävinnyt ensimäisessä esimerkissä kerrotunlaisen maan liikkeen tähden. Syy

[1] Yli-insinööri M. G. v. ESSENin hyväntahtoisesti antamien tietojen mukaan.

siihen, ettei tässä tapauksessa jäänyt minkäänlaista ojaa, oli turpeen erikoisen suuri vetisyys ja verraten korkea lahoamisaste. Kuva 101 osottaa, millainen viemäri oli erään rimpinevan kohdalla. V. 1921 elokuussa oli kulku sanotun nevan yli verraten vaikeata turpeen vetisyyden tähden. Toisissa kohoutumissa oli maa-aineksen liikkeessä huomattavissa epäsäännöllisyyttä. Se ei ollut selvästi kerroksellista kuten säännöllisissä kohoutumissa, vaan oli se aivan epätasaisesti täyttänyt viemärin. Tässä suhteessa muistuttivat nämä kohoutumat täytesiirtymiä. Kuitenkaan ei tällöin tavattu täytesiirtymille ominaisia repeytymishalkeamia.

Näiden kohoutumien syinä on pidettävä turpeen suurta vesipitoisuutta.

4. Sarvi- ja Saarnineva Jurvan pitäjässä. Turve on saraa, seassa huomattavasti kortetta. Sen lahoamisaste on 7. Suo oli ennen kuivatusta hyvin vetelä, jonka vuoksi saman viemärin sai avata uudestaan. Nämä kaivutyön aikaiset maan siirtymiset ovat myös luettavat kohoutumiin. Kuivaustyöt loppuivat v. 1914. Keskimääräinen viemärin suuruus oli seuraava: syvyys 2.70 m, pohjaleveys 0.50 m ja luiskakaltevuus 1 : 1.

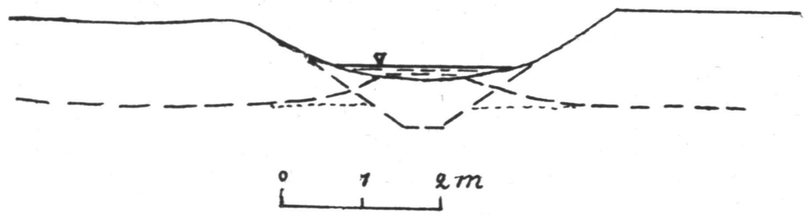
Kesällä v. 1920 oli viemärin suuruus suon keskiosalla, jossa kohoutumista oli tapahtunut: syvyys 0.70 m, paikoin vain 0.45 m, pohjaleveys 0.10—0.20 m ja luiskat olivat jotenkin pystysuorat. Turvekerrosten asema oli hyvin säännöllinen, kaaristuen samalla tavalla kuin tapauksessa 1 ylöspäin. Taipuminen ei kuitenkaan ollut niin suuri kuin siinä. Vielä oli viemärin poikkileikkauksessakin huomattavissa jonkinlainen muutos, jota ei voida pitää kohoutumisilmiönä, vaan viemärin seinämien pullistumisena. Pullistuminen ei ollut kuitenkaan yhtäjaksoinen, vaan paikottainen, eikä se sitäpaitsi ollut erikoisen suurikaan.

Syynä oli tässäkin tapauksessa verraten vetelä turve.

5. Vasikkahaan kuivatusalue Ruotsinpyhtään pitäjässä. Kohoutumien (6 kpl.) yhteinen pituus on 150 m. Maa on savea, jonka pinta on veden haihtumisen tähden kuivunut 0.6—0.8 m vahvalti. Kuivuneen kerroksen alla on sinervä, erittäin vetelä savi, joka on pikemmin nestemäistä kuin kiinteää. V. 1904, jolloin kuivatustyöt saatiin loppuun suoritetuiksi, oli kohoutumapaikalla viemärin suuruus seuraava: syvyys 1.25 m, pohjaleveys 0.50 m ja luiskakaltevuus 1 : 1.5.

V. 1920 oli viemärin suuruus seuraava: syvyys 0.5—0.6 m, leveys sen sijaan ei ollut sanottavasti muuttunut. Luiskat olivat käyristyneet ylöspäin, ja koko viemäri oli saanut kaukalomaisen muodon.

Luiskain kanssa oli taipunut ylöspäin kova maankuori, kuten kuva 29 osottaa, samalla kuin vetelä, sininen savi kohosi ylemmäksi madalloittaen viemärin. Syynä siihen, ettei vetelä saviaines puristunut suorastaan pohjasta viemäriin, lienee pidettävä aluksi saven sitkeyttä ja myöhemmin kortteistoa, joka kasvoi viemärissä. Mahdollisesti viemärin kaivun aikana oli jo olemassa vankka kasvien juuristo, joka ulottui uuden viemärin pohjan alapuolelle, ja esti saven äkillisen työntymisen, mutta ei voinut vastustaa maanpainetta kauemmin. (Tutkimuksen aikaan oli viemärin pohjassa oleva sininen savi niin vetelää, että siihen painui rautatanko [2.5 m × 1.2 cm] omalla painollaan.)



Kuva 29.

Kohoutumisen syynä on pidettävä maan suurta vetisyyttä, jonka tähden maa ei kestänyt viemärin syventämisestä johtunutta maanpaineen lisäystä. Jonkin verran on luonnollisesti vaikuttanut myös ojamaiden asettaminen likelle luiskan yläreunaa.

Edellä selvitettyjen havaintojen yhteenvetona voidaan mainita:

Kohoutumat esiintyvät hyvin vetelillä suomailla, nevoilla, joissa turve on aivan kannattamatonta, ja savimailla, kun kovan maankuoren alla on jotenkin vellimäinen savi, jota ei sentään viemäri suorastaan leikkaa.

Kohoutumat pienentävät viemäriä tai kokonaan hävittävät sen. Edellinen tapahtuu lahoamattomilla, homogeenisilla, jonkin verran kantokykyä omaavilla soilla sekä yleensä savimailla, etupäässä merenrantasavikoilla. Jälkimäinen tapahtuu erittäin vetelillä, rimpimäisillä, jonkin verran lahonneilla soilla.

Kohoutumassa — varsinkin lahoamattomilla

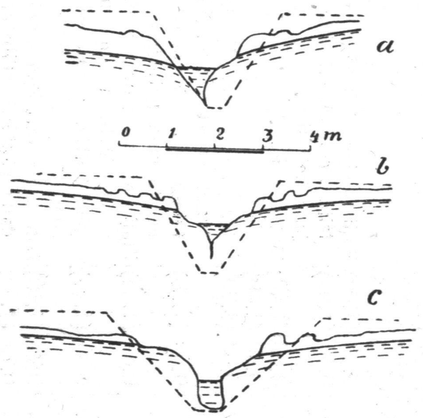
Taulukko III, osottava pullistumisia koskevat havainnot.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Viemärin suuruus								Kosteusaste		Pullistuman								
		alkuperäinen			tutkimuksen aikainen								laatu		suuruus					
N:o	Paikka	pohjaleveys m	syvyys m	luiskakaltevuus	pohjaleveys m	syvyys m	luiskakaltevuus [1]	Maakerrosten laatu [2]	Turpeen lahoamisaste	ennen kuivatusta (arvioitu)	tutkimuksen aikainen	pituus m	yksipuolinen	molempipuolinen	pienin	suurin	Pullistuminen alkaa maanpinnasta lukien m	Pohjavesi ilmenee luiskalla maanpinnasta m	Pullistuman selitys	Muistutuksia
1	Korkeakosken hoitoalue	0.30	1.31	1:0.6	0.10	1.02	1:0.8	*Sphagnum*-(niitty-villa-)turve	2	7	5	30	1	—	0.25	0.10	0.30	0.30	Pullistuminen on ollut heikko. Pohjavesi kohtaa luiskan 0.60 m korkeudella pohjasta. Pullistuminen siirtänyt koko luiskaa 0.15 m viemäriin päin.	Viemärin mataloituminen johtunut turpeen painumisesta. Toinen luiska aivan suora. Rämeen suojelusojia nevaa vastaan.
2	»	»	1.27	»	0.05	0.80	1:0.9	— » —	2	7	5	25	1	—	0.35	0.20	0.20	0.20	Pullistuminen verraten voimakas.	— » —
3	»	»	1.95	»	0.00	1.45	1:0.8	— » —	2	8	6	60	1	—	0.75	0.30	0.40	0.40	— » —	— » —
4	»	»	1.57	»	0.15	1.30	—	— » —	2	8	6	35	—	1	0.25	0.00	0.25	0.25	Pullistuminen ei erikoisen voimakas.	Viemäri nevarämeellä.
																	0.10	0.15	Luiskat siirtyneet hyvin vähän sisään.	
5	»	»	1.53	»	0.05 — 0.00	1.20	—	— » —	2	8	6	30	—	1	0.40	0.05	0.20	(0.15)	Pullistuminen erittäin voimakas. Molemmat luiskat ovat hyvin kaarevia. Pohja supistunut aivan kapeaksi juovaksi.	— » —
																	0.15	0.15		Viemärin pohjalla 0.25 m vahvalti liejua.
6	»	»	1.56	»	0.00	1.00	—	— » —	2	8	6	40	—	1	0.45	0.20	0.00	0.00	Pullistuminen tapahtunut koko luiskan	Pullistuma läheistä sukua täytesiirtymälle.
																	0.10	0.15	pituudella. Pohja kokonaan hävinnyt, ainoastaan pieni rako on olemassa.	
7	»	»	0.95	»	0.20	0.70	—	*Sphagnum*-niitty-villaturve	2	6	4	35	—	1	0.15	0.00	0.20	0.25	Pullistuminen verrattain vähäinen. Oikealla puolen viemäriä	Oikealla puolen viemäriä on laaja suo, vasemmalla sen sijaan verraten kapea.
																	0.15	0.20	on laaja suo, vasemmalla sen sijaan verraten kapea.	
8	»	»	1.54	»	0.25	1.25	—	Sara-(*Sphagnum*-niittyvilla-)turve	4	6	2	65	—	1	0.30	0.05	0.30	0.20	Vasemmalla luiskalla on pullistuminen	
																	0.15	0.15	ollut voimakkaampi kuin oikealla luiskalla.	
9	»	»	1.66	»	0.10	1.30	—	— » —	4	6	4	50	—	1	—	—	0.35	0.30	— » —	
																	0.15	0.15		
10	Parkanon valtionpuisto	»	(1.30)	»	0.00	1.00	—	*Sphagnum*-(sara-niittyvilla-)turve	0	(7)	4	32	—	1	—	—	0.35	0.35	Pullistuminen voimakas. Paikoin verraten lahonnut saraturve lohkeillut viemäriin.	Viemärin pintaleveys 1 m.
								0.6 m sara-(*Sph.*-)t.	7								0.20	0.20		
11	Äijänneva	»	(1.90)	1 : 1	0.25	1.05	1 : 1 1:0.5	Sara-(*Sphagnum*-niittyvilla-)turve	4	(8)	4	210	—	1	—	—	—	0.40	Pullistumisen johdosta koko oikeanpuolinen luiska tullut jyrkemmäksi (1 : 0.5), sitä paitsi luiskan alaosa pullistunut kaarelle. Vasemmalla luiskalla on pullistumista vain luiskan alaosassa.	Oikealla puolella hyvin vetinen ja laaja neva ja vasemmalla verraten likellä kangassaari.
12	Äijänneva	0.5	(1.95)	1 : 1	0.45	1.40	1:0.75 1:0.5	Sara-(*Sphagnum*-niittyvilla-)turve	4	(8)	4	20	—	1	—	—	0.40	0.40	Pullistumisen johdosta on oikeanpuolinen	Kuten edellä.
																	0.50	0.45	luiska tullut jyrkemmäksi (1 : 0.5) kuin vasemmanpuolinen (1 : 0.75). Lisäksi on luiskan alaosa molemmilla puolilla kaartunut viemäriin päin.	
13	»	»	(1.90)	»	0.35	1.20	—	— » —	5	(8)	4	60	—	1	—	—	0.30	0.30	Pullistuminen on ollut voimakas molem-	Molemmilla puolilla laajat suot.
																	0.30	0.30	milla luiskilla, jonka johdosta ne ovat jyrkentyneet. Luiskan alaosassa on vielä paikallista pullistumista.	
14	»	»	(1.95)	»	0.50	1.15	—	— » —	5	(8)	4	110	—	1	—	—	0.00	0.10	Pullistuminen voimakkaampi oikealla	Vasemmalla puolella laajemmat ja vetisemmät suot kuin oikealla.
																	0.35	0.35	kuin vasemmalla puolella.	
15	»	»	(1.90)	»	0.00	1.25	—	— » —	5	(8)	4	40	—	1	—	—	0.25	0.25	Pullistuminen on ollut niin voimakas,	Muistuttaa täytesiirtymää; kuitenkin ovat turvekerrokset pysyneet säännöllisinä.
																	0.25	0.25	että se on tukkinut koko viemärin.	
16	»	»	(2.00)	»	0.40	1.30	—	— » —	5	(8)	4	80	—	1	—	—	0.20	0.20	Pullistuminen voimakas molemmilla	
																	0.30	0.30	puolilla.	
17	»	1.00	(2.05)	»	0.70	1.50	—	Sara-(*Sphagnum*-niittyvilla-)turve,	4	(7)	2	100	—	1	—	—	0.80	(1.50)	Pullistuminen tapahtunut vain lahon-	Viemäri ei sanottavasti pienentynyt.
								0.90 m saraturve	9								0.90	(1.50)	neessa saraturpeessa luiskien alaosassa ja on verraten voimakas. Lahonnut turve on pullistunut, niin että luiskat ovat jotenkin pystysuorat.	
18	»	»	(2.00)	»	0.50	1.50	—	Sara-(*Sphagnum*-niittyvilla-)turve	5	(7)	1	100	—	1	—	—	0.75	(1.50)	Pullistuminen on ollut hyvin heikkoa	— » —
								0.75 m saraturve	8								0.75	(1.50)	lahonneessakin osassa, mutta kuitenkin huomattava.	
19	»	»	(1.80)	»	0.60	1.25	—	Sara(niittyv.-)t. ..	6	(7)	1	130	—	1	—	—	0.70	(1.20)	— » —	— » —
								0.7 m saraturve ..	8								0.80	(1.25)		
20	»	(0.70)	(1.70)	»	0.40	1.10	—	Sara-(*Sph.*-)turve .	6	(6)	1	60	—	1	—	—	0.60	0.70	— » —	— » —
								0.50 m saraturve	8								0.55	0.65		
21	»	(0.60)	1.50	»	0.30	1.00	—	Sara-(*Sph.*-)turve .	6	(8)	1	80	—	1	—	—	0.60	(1.00)	Pullistuminen voimakas vasemmalla puo-	On huomattavissa jonkin verran pohjan kohoutumista.
								0.60 m sara-*Sphagnum*)turve	9								0.50	(1.00)	lella viemäriä, oikealla puolen sen sijaan heikompi.	
22	»	(0.8)	1.90	»	0.40	1.40	—	Sara-(*Sph.*-)turve .	7	(7)	1	80	—	1	—	—	0.80	(1.40)	Kuten n:o 15.	Kuten n:o 15.
								0.80 m saraturve	9								0.80	(1.40)		
23	Parkanon valtionpuisto	0.30	(1.65)	1:0.6	0.10	1.20	—	*Sphagnum*-(sara-niittyvilla-)turve	0	7	2	410	—	1	—	—	0.60	(1.20)	Lahonneen turpeen kohdalla on tapahtunut pullistuminen, joka ei ole erittäin suuri. Yläosa lahosta korpiturpeesta enin pullistunut.	Kantokerros 0.4—0.7 m syvyydessä.
								0.6 m korpiturve	8								0.60	(1.20)		
24	»	»	(1.70)	»	0.15	1.25	—	*Sphagnum*-(sara-)turve	0	7	2	38	—	1	—	—	0.80	(1.25)	Pullistuminen samanlainen kuin edellisessä. Paikoin on jo pullistunut maa jonkin verran lohkeillut viemäriin.	
								0.8 m saraturve ..	8								0.80	(1.20)		
25	Äijänneva	(1.00)	1.90	1 : 1	0.65	1.10	—	Sara-*Sph.*-turve ..	6	(7)	1	40	—	1	—	—	0.75	(1.10)	Lahonneen sara-*Sphagnum*-turpeen kohdalla vähäistä pullistumista.	
								0.75 m sara-*Sphagnum*-turve	9								0.75	(1.00)		
26		»	1.80	»	0.60	1.15	—	Sara-*Sph.*-turve ..	6	(7)	1	30	—	1	—	—	0.75	(1.15)	Lahonneen sara-*Sphagnum*-turpeen kohdalla tuntuvaa pullistumista.	
								0.75 m sara-*Sphagnum*-turve	9								0.75	(1.15)		

[1] Muuttumattoman luiskan kaltevuus. — [2] Turvenimityksissä on pitänyt tehdä tuntuvia lyhennyksiä tilan ahtauden vuoksi.

soilla — näyttää viemäri nousevan ylemmäksi verrattuna ulompana olevaan maanpintaan joten jälellä olevan vähäisen viemärin kuivatuskyky pienenee.

4. Pullistumat.



Kuuluvat tapauksiin 3, 16 ja 14.
Kuva 30.

Pullistumat ilmenevät viemärin luiskien sisääntyöntymisinä, jolloin osasta poikkileikkausta pullistuu maata viemäriin, ja eroavat ne edellä esitetyistä tukkeutumisilmiöistä siinä, että ne ovat enemmän paikallista laatua s. o. ne kohdistuvat vain osaan poikkileikkausta.

Taulukossa III selostetun aineiston perusteella voidaan erottaa pullistumia [1], joissa

1. pullistuminen ilmenee vain viemärin toisella luiskalla ja
2. pullistuminen ilmenee molemmilla luiskilla.

Toispuoliset pullistumat esiintyvät havaintojen mukaan niin sanotuissa suojelusojissa, jotka estävät suon leviämisen kankaille, sekä ojissa, jotka ovat kaivetut nevan reunaan suuria nevoja reunustavien rämeitten ja korpien kuivattamiseksi. Kaikki kolme tapausta ovat otetut, osittain kankaitten, osittain rämeitten ja korpien suojelusojista.

Toispuolisen pullistuman muoto on hyvin säännöllinen. Luiskan yläosan kaltevuus ei ole muuttunut. Vähitellen sen alareunaan mennessä kasvaa pullistuma ja on likellä viemärin pohjaa suurin. Pullistuneen luiskan poikkileikkausviiva on koukkumainen (vert. kuvat 30 a ja 31 n:o 2).

Molemminpuoliset pullistumat ovat kahdenlaisia, kuten havainnot osottavat:

[1] Kosteusasteikko on arvioitu seuraavasti: 1—2 kuivaa, jolloin vettä ei lähde turpeesta kovallakaan puristuksella; 3—4 kuivanpuoleista, jolloin vettä on lähtee turpeesta kovalla puristuksella; 5—6 kostea, jolloin vettä lähtee helposti puristamalla ja kulkiessa kohoaa vesi jalkaterän päälle; 7—8 märkä, jolloin vettä on runsaasti jalkaterän päällä ja 9—10 vetinen, jolloin suo paikoin kannattaa miehen, paikoin ei.

1. pullistuma kohdistuu melkein yli luiskan ja
2. pullistuma kohdistuu vain luiskan alimpaan osaan.

Tämän seikan valaisemiseksi esitettäköön seuraava taulukko:

Tapaukset			Koko luiskan muodostaa sama turvelaji	Luiskan alaosan muodostaa toinen turvelaji	Turpeen lahoamisaste [1]	Pullistuma
N:o	Luku	Yht.				
4—7	4	—	1	—	2	Molemminpuolinen yleinen pullistuma
8—9	2	—	1	—	4	
10	1	—	—	1	1;7	—»—
11—12	2	—	1	—	4	—»—
13—16	4	13	1	—	5	—»—
17	1	—	—	1	4;9	Molemminpuolinen paikallinen pullistuma
18	1	—	—	1	5;8	
19	1	—	—	1	6;8	—»—
20	1	—	—	1	6;8	—»—
21	1	—	—	1	6;9	—»—
22	1	—	—	1	7;9	—»—
23	1	—	—	1	0;8	—»—
24	1	—	—	1	0;8	—»—
25	1	—	—	1	6;9	—»—
26	1	10	—	1	6;9	—»—
Yht.	—	23	12	11	—	—

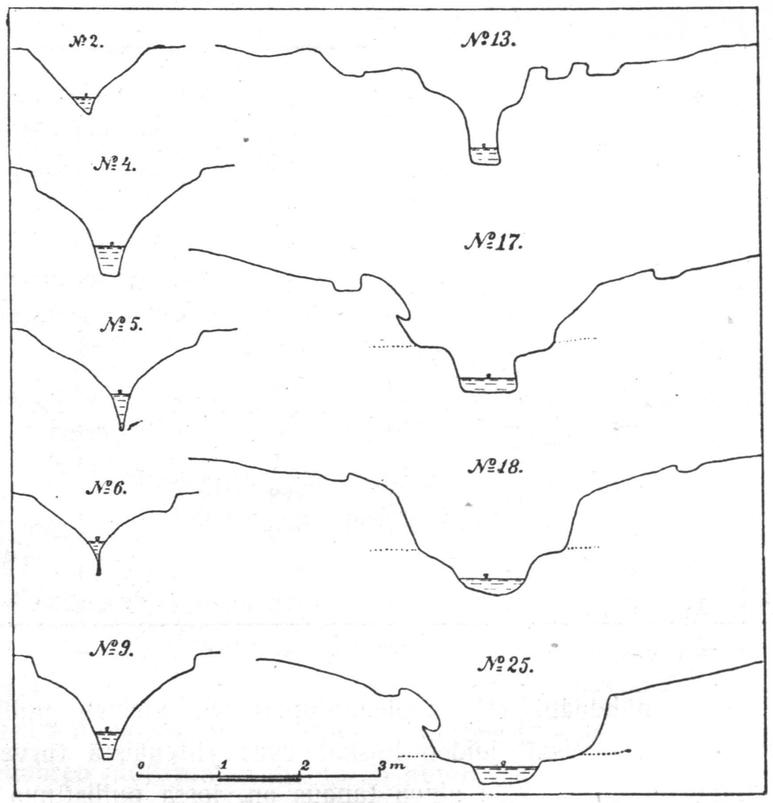
Taulukosta nähdään, että molemminpuolinen yleinen pullistuma esiintyy vain viemäreissä, joiden luiskat ovat yhtenäistä turvetta ja verraten lahoamatonta. Yksi ainoa tapaus on, jossa pullistuma on ilmennyt koko luiskalla, vaikka turve on luiskien pohjaosassa toisenlaista.

Molemminpuolisia paikallisia pullistumia tavataan, kuten taulukko osottaa, vain viemäreissä, joiden pohjaosan muodostaa verraten lahonnut (8—10), pääasiassa saraa sisältävä turve (taulukko III).

Vetisyyssuhteitten selvittämiseksi pullistumistapauksissa esitettäköön seuraavat numerot:

[1] Kun viemärissä on ollut kaksi turvekerrosta, joilla on ollut eri lahoamisaste, on päällimäisen kerroksen lahoamisaste ensin mainittu.

Pullistumalaji	Kosteusaste		
	Keskimäärin	Pienin	Suurin
Toispuolinen	7.3	7	8
Molemminpuolinen yleinen ..	7.5	6	8
—»— paikallinen	7.0	6	8



Poikkileikkaukset kuuluvat tapauksiin 2, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 18 ja 25.
Kuva 31.

Niin epävarmaa kuin 10—18 vuotta sitten kuivattujen soiden kosteusolojen arvioiminen onkin, näyttäisi kumminkin siltä, että paikalliset pullistumat tapahtuisivat kuivemmilla soilla kuin edelliset kaksi ryhmää. Lisäksi huomataan, etteivät pullistumat esiinny kaikkein vetelimmillä soilla. Kuten taulukossa III muistutuksissa on merkitty, on pullistumissa, joissa turve on ollut vetisintä, paljon jo kohoutuman ominaisuuksia.

Tarkastamalla taulukossa III olevia sarekkeita pullistuman suuruudesta ja viemärin alkuperäisiä sekä tutkimuksen aikaisia mitoja, tullaan siihen tulokseen, että toispuolisissa ja osittain yleisissä molemminpuolisissa tapauksissa pullistuminen on enemmän tai vähemmän siirtänyt luiskien asentoa. Tästä syystä on viemärin pohja useimmiten kokonaan hävinnyt tai osittain supistunut. Osittaisilla pullistumilla ei luiskan siirtymistä ole ollut havaittavissa.

Jos verrataan taulukon III sarekkeita 17 ja 18 toisiinsa, huomataan suurta yhtenäisyyttä luvuissa. Pohjaveden pinta kohtaa viemärin suunnilleen samalla kohdalla, jossa pullistuminen luiskalla varsinaisesti alkaa. Ainoastaan paikallisissa pullistumissa pohjavesi vain harvassa tapauksessa ilmenee luiskalla ennen viemärin vedenpinnan korkeutta. Jos vielä kiinnitetään huomiota taulukon III muistutussarekkeeseen, havaitaan syy pohjaveden runsauteen, johtuen se laajoista suoalueista, joilta vesi valuu. Tällaisia muistutuksia ei tavata ollenkaan paikallisissa pullistumissa. Syynä toispuolisiin ja yleisiin molemminpuolisiin pullistumiin on pidettävä runsaan pohjaveden lisäämää maanpainetta, mikä lisäys johtuu viemärien joko toisella tai molemmilla puolin olevista laajoista, ojittamattomista soista.

Jos tarkastetaan viemärin poikkileikkausta tapauksissa 17, 18 ja 25, huomataan, että luiskat[1] ovat tuntuvasti jyrkenneet:

Tapaus	Luiskan kaltevuus alkuaan	Luiskan kaltevuus tutkimuksen aikaan
17	1 : 1	1 : 0.6 ja 1 : 0.7
18	1 : 1	1 : 0.4 » 1 : 0.4
25	1 : 1	1 : 0.5 » 1 : 0.3

Kaikissa kolmessa tapauksessa ovat luiskat tulleet jyrkemmiksi, etenkin kahdessa viimeksi mainitussa tapauksessa on jyrkkeneminen ollut suuri. Samaan suuntaan käypiä ovat tulokset muissakin havainnoissa. Tämä jyrkkeneminen johtuu lahoamattoman turvekerroksen painumisesta, mikä taas on seuraus allaolevan vetelän turvekerroksen

[1] Se osa, johon pullistuminen ei ole vaikuttanut.

kantokyvyttömyydestä. Ylemmän turvekerroksen paino aiheuttaa paikallispullistumat. Ainoassakaan näistä tapauksista ei ollut havaittavissa pohjaveden suoranaista vaikutusta, jota kyllä mahdollisesti voisi ajatella jossakin tapauksessa.

Ylläesitetyn perusteella voidaan yhteenvetona pullistumista mainita:

Pullistumat esiintyvät vain turvemailla ja niilläkin vain määrätyissä olosuhteissa.

Toispuoliset pullistumat tavataan suurien soiden reunoilla olevien suojelusojien suonpuoleisilla luiskilla.

Molemminpuoliset yleiset pullistumat esiintyvät viemäreissä suurilla soilla, joiden vetisyys ei ole erityisen suuri (6—8), vaan joilla on verraten harvoja viemäreitä tai ovat ojittamattomat.

Paikalliset pullistumat voivat esiintyä kaikilla soilla, joissa pintakerroksen muodostaa verraten lahoamaton turve, ja joissa sen alla on hyvin lahonnut sara-, korpi- tai *Sphagnum*-turve tahi näiden sekotuksia.

Kahdessa ensiksi mainitussa pullistumisryhmässä vaikuttaa pohjavesi erikoisen suurentavasti maanpaineeseen, samalla kuin se pienentää turpeen koossapysyväisyyttä.

Syynä pullistumiin on yleensä maanpaine.

II. Tukkiva aines muualta kulkeutunutta.

Edellä on puhuttu ilmiöistä, joissa tukkiva aines on peräisin samalta kohdalta viemäriä. Nyt tulisivat käsiteltäviksi ilmiöt, joissa tukkeava aines on veden muualta tuomaa. Seuraavalla sivulla, taulukossa IV esitetään tätä koskevat havainnot.

Tämän lisäksi on syytä selostaa lähemmin muutamia tapauksia.

6 ja 7. Parkanon valtionpuisto (kuva 104). Havainnot ovat samasta viemäristä, n:o 6 ylempää kapeamman korven kohdalta ja n:o 7 sen jatkoa verraten leveän korven kuivatusojasta. Ylempänä oli vesi uurtanut viemäriä (tapaus n:o 25 syövytysilmiöissä) syvälti, sillä veden nopeus oli n. 0.73 m/sek:ssa, ja kulettanut sieltä paljon hiekkaa ja turvetta alaspäin. Veden tultua korpeen, jossa oli keskimäärin putousta 1 : 1,000, pieneni nopeus 0.37 m/sek:ssa. Tämä nopeus ei voi kulettaa enää hiekkaa eikä kunnolleen hietaakaan[1]. Hiekka painui ensin pohjaan ja sitten hieta. Seuraavat tuhkamääräykset osottavat hiekan ja hiedan puhtautta:

Maalaji	Hehkutushäviö painoprosenttia
hiekka	5.6
hieta	7.4

Prosenttilukujen alhaisuus osottaa, että turveosaset kulkivat veden mukana alemmaksi. Hiedan ja hiekan raja ei ollut ollenkaan selvä, vaan vähitellen muuttuva. Hiekan samoin kuin hiedankaan pinta ei ollut tasainen, vaan siinä oli lukuisasti pankkoja, jotka veden virtailun vaikutuksesta siirtyivät hiljalleen alaspäin. Hiedan tai hiekan pinta oli koko viemärin leveydeltä yhtä korkealla, jollei oteta lukuun pankkojen aiheuttamaa epätasaisuutta.

Hiekan ja hiedan tulo ylhäältä oli aiheuttanut viemärin mataloitumisen, joka tapahtui niitten kerrostuessa vaakasuorasti. Tällaista tukkeutumistapaa voitaisiin kutsua mataloitumiseksi.

[1] Vert. UMPFENBACHin lukuja: hiekkajyväset kulkevat veden mukana, jos sen nopeus on 0.49 m/sek:ssa ja hieno hiesu ja lieju kulkee veden nopeuden ollessa 0.32 m/sek:ssa (ALBRECHT PENCK, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894. Siv. 283).

Taulukko IV, osottava havainnot tukkeutumisilmiöistä, joissa tukkiva aines on muualta kulkeutunutta.

N:o	Paikka	Viemärin suuruus					Viemärin putous m 1000:lle m:lle	Vesisyvyys m	Veden nopeus viemärissä m/sek:ssa	Tukkiva aines pääasiallisesti		Tukkeutumisen selitys	Tukkeutunut matka m	Muistutuksia	Turvekerroksen vahvuus
		alkuperäinen			tutkimuksen aikainen										
		pohjaleveys m	syvyys m	luiskakaltevuus	pohjaleveys m	syvyys m				hiekkaa	hietaa				
1	Parkanon valtionpuisto	0.3	(1.00)	1 : 0.6	0.7	0.5	1.0	0.6	0.37	1	—	Ylempänä olevissa viemäreissä syöpynyt paljon hiekkaa, hietaa ja turvetta, joista hiekka, ja turve laskeutui pohjaan puheena olevalla paikalla.	102	Tukkeutumiseen myös vaikuttanut karjan ylikulkupaikkojen kohdilla tapahtunut viemärin mataloituminen. Kuivatusalan leveys oli n. 60 m.	2.0
2	»	»	(1.15)	»	0.60	0.60	0.8	0.6	0.33	—	1	Sama kuin edellä, mutta hieta laskeutui pohjaan puheena olevalla paikalla.	337	Tukkeutumiseen vaikuttavat kortteet y. m., jotka kasvavat viemärissä. Viemäri kaivettu 1910. Kuivatusala 40 m leveä.	1.5
3	»	»	(1.00)	»	0.80	0.30	1.0	0.6	0.37	1	—	Sama kuin n:o 1.	250	Kuivatusala 60 m leveä.	0.9
4	»	0.3	(1.10)	1 : 0.6	0.95	0.40	1.0	0.6	0.37	1	—	»	120	Osittain on tapahtunut murtumista, mutta suurin osa tukkivasta aineesta on tullut muualta. Kuivatusalan leveys 80 m.	0.2
5	»	»	(1.15)	»	0.40	0.70	1.0	0.6	0.37	1	(1)	»	400	Jonkin verran murtumista luiskilla. Kuivatusalan leveys 45 m.	0.2
6	»	»	(1.10)	»	1.50	0	1.0	0.6	0.37	1	—	»	200	Viemäri täydellisesti tukkeutunut. Kuivatusalan leveys 70 m.	0.8
7	»	»	(1.10)	»	1.50	0	1.0	0.6	0.37	1	—	»	250	Viemäri täydellisesti tukkeutunut. Metsä kuolevaa 4 ha alalla.	1.10
8	»	»	(1.10)	»	0.50	0.70	1.0	0.6	0.37	1	—	»	150	0.20 m vahvalti viemärissä hiekkaa. Kuivatusalan leveys 50 m.	2.0

Mataloituminen oli tapauksissa 6 ja 7 aivan täydellinen, hiekka ja hieta täyttivät viemärin kokonaan.

Tämäntapainen oli mataloitumistapa myös muissa ilmiötä koskevissa havainnoissa.

Kuten ylempänä olevasta taulukosta nähdään, oli havainnoista puhtaita hietamataloitumisia vain yksi ja muissa oli hiekka pääaineksena.

Viemärin alkuperäisen ja tutkimuksen aikaisen syvyyden ero käy selville seuraavista mittauksista:

Havainnon n:o	Kuivatusala ha	Pituus m	Viemärin		Mataloituminen	
			alkuperäinen syvyys[1] m	tutkimuksen aikainen syvyys m	m	% alkuperäisestä viemärin syvyydestä
1	0.61	102	1.00	0.50	0.50	50.0
2	0.35	337	1.15	0.60	0.55	47.8
3	1.50	250	1.00	0.30	0.70	70.0
4	0.96	120	1.10	0.40	0.70	63.0
5	1.80	400	1.15	0.70	0.45	39.2
6	1.40	200	1.10	0.00	1.10	100.0
7	4.00	250	1.10	0.00	1.10	100.0
8	0.75	150	1.10	0.70	0.40	36.4
Yht.	12.36	1809	—	—	—	—

Kuten edellä olevat luvut osottavat, on viemärin mataloituminen aiheuttanut kuivatuksen suuren alenemisen, jopa koko kuivatuksen häviämisen.

Ala, jolla mataloituminen oli hävittänyt tai pienentänyt kuivatuksen, oli yli 12 ha ja viemärin pituus n. 1,800 m. Tämän lisäksi oli vielä yksi sivuoja, joka viemärin mataloitumisen vuoksi oli vettä täynnä.

Voidaan siis sanoa, että mataloitumiseksi tässä kutsuttu tukkeutumisilmiö on pahimpia kuivatuksen pienentäjiä ja se edellyttää aina ylempänä viemärissä maa-aineksen irtautumista.

[1] Ottamalla huomioon painuminen.

Viemärejä suurentavat ilmiöt l. syövytysilmiöt.

Edellä on selvitelty ilmiöitä, joilla on pienentävä vaikutus viemärin poikkileikkaukseen. Seuraavassa tullaan käsittelemään ilmiöitä, jotka enemmän tai vähemmän suurentavat viemäriä.

Nämä ilmiöt johtuvat veden kyvystä kulettaa joko liittyneinä tai vierittämällä pohjaa pitkin maa-aineksia mukanaan, kun vedennopeus sivuuttaa kullekin maalajille ominaisen nopeuden. UMPFENBACHin[1] mukaan vesitien pohjan laatu vaihtelee veden nopeuden mukaan seuraavasti:

Pohja-aineksen laatu	Vedennopeus m/sek:ssa
Hienoa hiesua ja liejua	0.32
Hiekkaa	0.49
Hienoa soraa	0.65
Soraa, läpimitta keskimäärin 27 mm	0.97
» » » 54 »	1.62
Kiviä, 5 dm³ kokoisia	2.27
» 34 » »	3.25
» 68 » »	4.87
» 0.34—0.51 m³ kokoisia	11.69

Seuraavassa selostetaan tärkeimpiä tapauksia syövytysilmiöistä:

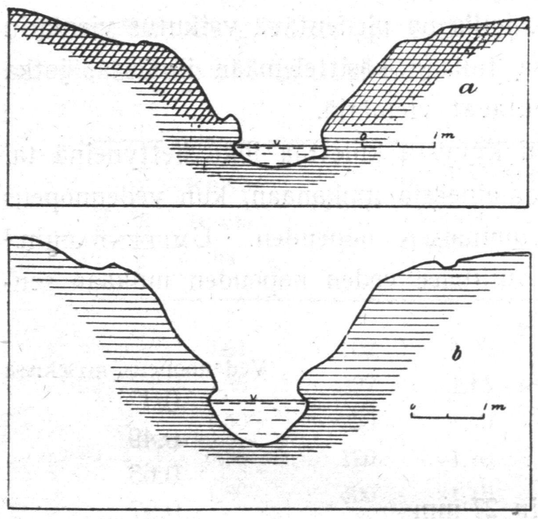
8. Äijänneva Virtain pitäjässä[2]. Viemärin alkuperäinen suuruus oli seuraava: pohjaleveys 0.75 m ja syvyys 1.9 m sekä luiskakaltevuus 1 : 1; tutkimuksen aikainen suuruus oli: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 2.75 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.75. Viemärin putous on 3 m 1,000

[1] ALBRECHT PENCK, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894. Siv. 283. — Vert. myös GEORG SCHEWIOR, Die Bodenmelioration. I. Leipzig 1909. Siv. 193. — J. SPÖTTLE, Landwirtschaftliche Bodenverbesserungen. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III. Der Wasserbau. VII Bd. Leipzig 1911. Siv. 24. — I. A. S-HALLAKORPI, Maan kuivatus. Porvoo 1917. Siv. 20.

[2] Äijännevan ja osittain Vilppulan hoitoalueen viemärien alkuperäistä suuruutta koskevat tiedot eivät ole varmoja, koska alkuperäisiä profiilejä ei ole ollut kaikilta osilta saatavissa.

m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, olettaen 0.7 m vesisyvyyden, on 0.96 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat: pinnalla 1.70 m vahvalti verraten lahonnutta (7) saraniittyvillaturvetta, sen alla hyvin lahonnutta (9) saraturvetta; turve erittäin tasarakenteista.

Veden syövytys oli rajottunut lahoon saraturveosaan (kuva 32 b), jossa se oli tapahtunut ainoastaan kulumalla. Hangatessaan viemärin seiniä kulutti vesi turvetta, joka oli tässä tapauksessa hyvin homogenista, muodostaen tasaisesti säännöllisen, kaukalonmuotoisen poikkileikkauksen. Syövytys oli, koska se tapahtui hyvin pienissä osasissa, erittäin hidasta. Ylempänä olevaan niittyvillan sekaiseen saraturpeeseen ei syövytys ollut vaikuttanut mitään.



Kuva 32[1].

Tässä tapauksessa ei syövytyksestä ole seurannut sanottavaa vahinkoa. Ainoastaan kuivatussyvyys on suurentunut.

9. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli seuraava: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 1.75 m ja luiskakaltevuus 1 : 1; tutkimuksen aikainen suuruus oli: pohjaleveys 1.1 m, syvyys 1.65 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.85. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan ja olettaen veden syvyydeksi 0.7 m, on 0.88 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 1.4 m verraten lahonnutta (8) sara(niittyvilla-) turvetta ja sen alla hyvin lahonnutta (9) saraturvetta.

Vesi on syövyttänyt turvetta tässä tapauksessa samoin kuin edellisessäkin hyvin hitaasti, kuluttaen sen pieninä osina (kuva 32 a). Poikkileikkauksen muoto oli kaukalomainen. Syövytys on syventänyt viemäriä n. 0.5 m. Sen vaikutus ei ulotu muuhun luiskan osaan.

Syövytys on aiheuttanut kuivatuksen syvenemisen.

[1] Alkuperäistä poikkileikkausta ei ole voitu moneenkaan syövytyskuvaan piirtää, koska ei ole useinkaan saatu kiintopisteistä tietoa.

12. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli seuraava: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 0.7 m ja luiskakaltevuus 1 : 1; tutkimuksen aikainen suuruus oli: pohjaleveys 0.8 m ja syvyys 1.3 m. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle. Vedennopeus viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan laskettuna, olettaen vesisyvyydeksi 0.7 m, on 0.88 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 0.9 m vahvalti verraten lahonnutta (8) sara-*(Sphagnum-)*turvetta, sen alla hyvin lahonnutta (10) saraturvetta.

Veden syövytys on ollut suuri. Se on alussa tapahtunut jotenkin samalla tavalla kuin kahdessa edellä selitetyssä tapauksessa, nimittäin kulumalla. Mutta kulumisen jatkuessa lahonneessa turpeessa kylliksi kauaksi lahoamattoman pintaturpeen alle, lohkesi pintaturve suurina kappaleina viemäriin (kuva 32 c). Lohkeamisessa, jossa murtopinta oli hiukan kaareva, kallistui lohennut turve niin paljon, että turvekerrokset joutuivat pystysuoraan asentoon. Näin kaatuneesta turvelohkareesta oli koko pintakerros etupäässä roudan vaikutuksesta irtautunut ja solunut veteen. Veteen solunut osa näytti hyvin helposti hajonneen ja muodosti pienessä suvantopaikassa alempana mutamaisia kasautumia.

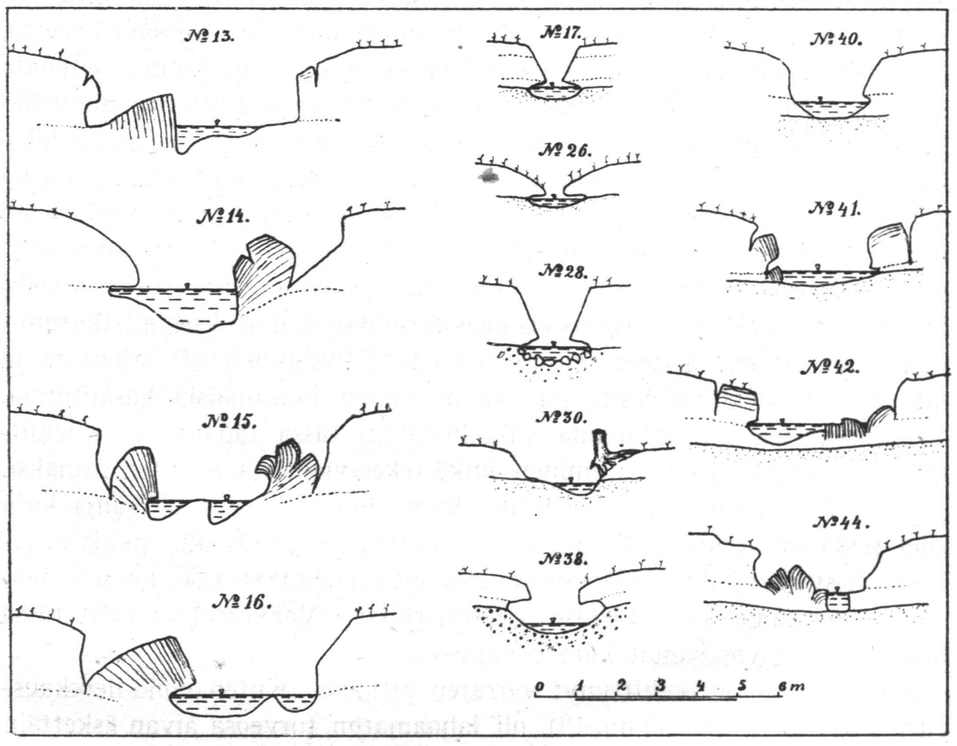
Syöpymisen aiheuttamana vahinkona on tässä tapauksessa mainittava viemärin luiskien sortuminen, mikä tekee viemärin verraten rumaksi.

13. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli sama kuin edellisessä esimerkissä. Tutkimuksen aikainen suuruus oli: pohjaleveys 1.5 m ja syvyys 1.3 m. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle, joten vedennopeus on sama kuin edellisessä esimerkissä. Maakerrokset ovat tässä tapauksessa myös samat kuin edellisessä.

Syöpyminen oli kehittynyt verraten pitkälle. Kuten poikkileikkauspiirros osottaa (kuva 33 n:o 13), oli lahoamaton turveosa aivan äskettäin kaatunut viemäriin, ja kaatuneessakin turvekappaleessa olivat kerrokset, jotka pääasiallisesti pakkasen vaikutuksesta kallistuivat ja hajosivat veden kuletettaviksi, pystysuorassa asennossa. Lahonneessa turpeessa tapahtui syöpyminen jotenkin samalla tavalla kuin tapauksessa 8, nimittäin hiljalleen kulumalla. Vielä huomataan poikkileikkauksesta, että molemmilla reunoilla oli puolittain lohkeamistilassa olevia paloja. Yleensä lohkeamisraot olivat pystysuorat. Vasemmalla puolella huomattiin kuitenkin vino lohkeamisrako, joka johtui siitä, että turvekerrokset olivat kallistuneet painumisen johdosta. Yleensä lohkeamisrako näytti suuntautuneen kohtisuoraan turvekerroksia vastaan.

Vahinko on tässä tapauksessa vähäinen, mutta voi ajan oloon tulla huomattavaksikin.

14. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli sama kuin esimerkissä 12. Tutkimuksen aikainen suuruus oli seuraava: pohjaleveys 0.8 m ja syvyys 1.5 m. Viemärin putous on sama kuin tapauksessa 12, joten vedennopeus on 0.88 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 1.1 m vahvalti verraten lahonnutta (8) sara(niittyvilla-)turvetta ja sen alla hyvin lahonnutta (10) saraturvetta.



Kuva 33.
Viivotus osottaa turpeen alkujaan vaakasuoria kerroksia.

Syöpyminen on ollut viemärin pohjaosassa verraten voimakas (kuva 33 n:o 14). Vedellä on ollut jonkinlainen repivä vaikutus. Se on uurtanut syviä koloja vähän lahonneen pintakerroksen alle, kuten poikkileikkaus osottaa. Oikealla puolella oli uurtamisen vaikutuksesta tapahtunut repeäminen, jossa repeytymispinta on merkillisen kalteva. Mistä tämä johtuu, on verraten vaikea päättää. Luultavaa on, että routa oli laajetessaan aiheuttanut turpeen irtautumisen alustastaan mainittua pintaa myöten. Kuten poikkileikkauksesta nähdään, ovat turvekerrokset lohenneessa

kappaleessa olleet aivan kallellaan viemäriin päin. Lohenneesta osasta soluivat vähitellen päällimäiset kerrokset veteen, jossa ne hajaantuivat aivan massamaiseksi ja kulkeutuivat veden mukana alaspäin.

Vahinko on tässä tapauksessa samanlainen kuin edellisessäkin.

15. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli sama kuin tapauksessa 12. Tutkimuksen aikainen suuruus oli: pohjaleveys 0.5 m ja syvyys 1.5 m. Viemärin putous on sama kuin tapauksessa 12, joten vedennopeus on 0.88 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 0.8 m vahvalti verraten lahonnutta (8) sara-*(Sphagnum-)*turvetta ja sen alla hyvin lahonnutta (10) saraturvetta.

Viemärin syövytys oli jatkunut verraten pitkälle, kuten kuva 33 n:o 15 osottaa. Suuria murtumisia oli tapahtunut useita. Aivan äskettäin oli molemmilta puolilta irtaantunut suuria turvekappaleita. Viemärin oikealla puolella nähtiin, miten turpeen soluminen tapahtui ison kappaleen lohkeamisen perästä. Kappaleen pinnasta oli irtaantunut verraten vahva (0.4 à 0.6 m) turvekerros, joka vähitellen oli kääntynyt viemäriin päin, ollen juuri putoamassa viemäriin (kuva 33 n:o 15). Ennenkuin tämä kerros oli ehtinyt pudota, oli toinen kerros alkanut kallistua samalla tavalla. Kallistumisen jatkuessa putosi ensin mainittu kerros alas ja sijaan kallistui uusi kerros irtaantuneesta suuresta lohkareesta. Viemärin vasemmalla puolella oli lohkeaminen toisenlainen. Täällä nimittäin oli turve lohkeillut verraten pieninä osasina, siten että paksumpi tai ohuempi turvekerros kokonaisuudessaan irtaantui kallistuneesta suuresta lohkareesta ja solui veteen. Molemmissa lohkeamistapauksissa veden vaikutus lohenneeseen turpeeseen oli sama. Poikkileikkauksessa huomataan vielä keskellä korkeampi kohoke; se oli aikaisemmin kallistunutta turvekerrosta, jota vesi ei ollut vielä ehtinyt täydellisesti viemäristä poistaa, koska se oli verraten lahoamatonta.

Vahinko on tässä tapauksessa samanlainen kuin tapauksessa 13.

16. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 1.7 m ja luiskakaltevuus 1 : 1; tutkimuksen aikainen suuruus: pohjaleveys 1.0 m ja syvyys 1.25 m. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle. Viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan laskettu vedennopeus, veden syvyyden ollessa 0.7 m, on 0.88 m/sek:ssa. Turvekerrokset ovat maanpinnasta lukien seuraavat: verraten lahonnutta (8) sara-*(Sphagnum-)* turvetta 0.9 m vahvalti, jonka alla hyvin lahonnutta (10) saraturvetta.

Syövytys on ehtinyt verraten pitkälle (kuva 33 n:o 16). Viemärin vasemmalla puolella on syövytyksen vaikutuksesta koko luiska sortunut sekä vielä

noin 1.5 m leveälti maata luiskan ulkopuolelta. Viemärin oikealla puolella sen sijaan on vielä jälellä osa luiskaa. Syövytys oli yleensä samanlainen kuin edellisessä tapauksessa. Kuitenkin näyttää lahonneen pohjaturpeen syövytys olleen voimakkaampi kuin mitä se edellisissä esimerkeissä oli. Tähän viittaa, kuten poikkileikkaus osottaa, se, että maan murtuminen syövytyksen vaikutuksesta tapahtui erittäin suurina kappaleina. Sen sijaan kaatuneitten kappaleitten lohkeileminen viemäriin oli pääasiassa samanlainen kuin edellisissä esimerkeissä.

Vahinko on tässä tapauksessa sama kuin tapauksessa 15.

17. Vilppulan hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.30 m, syvyys 1.2 m ja luiskakaltevuus 1: 0.6; tutkimuksen aikainen suuruus: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 1.0 m ja luiskakaltevuus 1 : 1.1. Viemärin putous on 1.5 m 1,000 m:lle. Viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan laskettu vedennopeus on 0.45 m/sek:ssa, kun vesisyvyys on 0.6 m. Turvekerrokset maanpinnasta lukien ovat seuraavat: hyvin lahonnutta (9) korpiturvetta 0.6 m vahvalti, sen alla savihietaa.

Viemärin syövytys oli tapahtunut pohjamaassa, nim. savihiekassa (kuva 33 n:o 17). Kun vedennopeus ei ollut erikoisen suuri ja vesimäärä viemärissä oli hyvin pieni, ei se saanut aikaan hyvinkään suurta syövytystä. Syöpyminen on myös ollut enemmän kuluttava kuin repivä. Ainoastaan syöpymisestä johtuneen kaukalon muotoisen pohjan yläpuolella olevasta turpeesta on turpeen oman painon johdosta pudonnut lohkareita veteen. Syöpymisen johdosta ei ylemmässä turvekerroksessa ole tapahtunut minkäänlaista lohkeamista eikä siinä ole huomattavissa sanottavaa taipumistakaan.

26. Vilppulan hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.30 m, syvyys 1.20 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.6; tutkimuksen aikainen suuruus: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 0.90 m ja luiskakaltevuus 1 : 1.5 m. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle. Vedennopeus laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, vesisyvyyden ollessa 0.6 m, on 0.58 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla hyvin lahonnutta (10) korpiturvetta 0.6 m vahvalti, sitä seurasi hieta (juoksusavi). Turpeessa on jonkin verran hakoja.

Syövytys on kohdistunut etupäässä pohjamaahan, jona oli hieta (melkein juoksusavi) (kuva 33 n:o 26). Kuten murtumisista huomattiin, asettuvat hienot maalajit verraten kaltevaan asentoon vedessä. Tästä johtuikin, että syövytyksen vaikutus tässä tapauksessa, vaikka se ei ollut viemäriä sanottavasti syventänyt, kuitenkin ulottui jotenkin kauaksi viemärin

luiskilla. Turve oli nimittäin hiedan solumisen johdosta sen alta kallistunut viemäriin päin ja osittain viemärin luona lohkeillut, osittain taas verraten hyvin kestänyt alenemisesta johtuvan taipumisen. Turpeen kestävyys johtui etupäässä luiskilla olevasta runsaasta heinäkasvillisuudesta. Heinä oli nim. muodostanut lujajuurisen nurmen, joka ei turpeen painumisesta halkeillut, vaan muodosti yhtenäisen »maton» kallistuneelle osalle.

Vahinko on aivan mitätön.

28. Nerkoon hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.3 m, syvyys 1.2 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.6; tutkimuksen aikainen suuruus oli vaikea määrätä, sillä syövytys oli muuttanut viemärin muodottomaksi; syvyys oli 1.65 m. Viemärin putous on 3.5 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, olettamalla vesisyvyydeksi 0.6 m, on 0.69 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 0.4 m vahvalti *Sphagnum*-niittyvillaturvetta (lahoamisaste 6), sen alla verraten lahonnutta (8) saraturvetta 0.7 m vahvalti ja sitä seurasi kivinen hiekka.

Viemärin pohja ulottui alla olevaan kiviseen hiekkamaahan (kuva 33 n:o 28). Syövytys oli kohdistunut ainoastaan hiekkaan. Turveosa, jota syövytys oli kohdannut, oli erittäin lahonnut. Mutta syövytyksen jatkuessa aleni vedenpinta niin, ettei varsinainen syövytys enää tapahtunut turpeessa, vaan siinä tapahtui lohkeilemista, mikä ei kuitenkaan ulottunut lahoamattomaan niittyvillasaraturpeeseen. Syöpyneessä hiekassa muodostivat pohjan kivet, jotka hiekan poistumisen johdosta olivat paljastuneet.

Vahinko on aivan mitätön.

30. Vilppulan hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.30 m, syvyys 1.30 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.6; tutkimuksen aikainen viemärin syvyys oli 0.85 m, leveys syöpymisen johdosta hyvin epämääräinen. Viemärin putous on 3.0 m 1,000 m:lle. Vedennopeus viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan laskettuna, olettamalla vesisyvyydeksi 0.6 m, oli 0.64 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 0.65 m vahvalti hyvin lahonnutta korpiturvetta (10) ja sen alla savihietaa.

Syöpyminen oli kohdistunut etupäässä pohjamaana olevaan savihietaan. Sen sijaan turveosassa oli tapahtunut lohkeilemista ja murtumista (kuva 33 n:o 30). Poikkileikkaus, joka esittää mainittua tapausta, osottaa, että turpeessa oli enimmäkseen murtuminen ollut vallalla, sillä turpeessa luiskat olivat loivat, jota vastoin lohkeilevassa turpeessa rintuus oli aina jotenkin jyrkkä, kuten tapauksessa 16. Vielä huomattiin, että syövytys oli ollut

verraten voimakas sivullepäin, aiheuttaen kantojen paljastumisen, jotka kaivun aikaan jäivät kokonaan luiskan sisään (kuva 33 n:o 30). Syövytyksestä johtuva viemärin syvennys oli hyvin vähäinen.

Vahinko on aivan mitätön.

38. Korkeakosken hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.30 m, syvyys 1.1 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.6; tutkimuksen aikainen suuruus: syvyys 1.40 m, pohjaleveys keskimäärin 1.0 m sekä laitojen kaltevuus syövytyksen johdosta epämääräinen. Viemärin putous on 3.0 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna alkuperäisen viemärin suuruuden mukaan, vesisyvyyden ollessa 0.6 m on 0.64 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 0.5 m saraniittyvillaturvetta (6), sen alla 0.3 m korpiturvetta (10) ja sitten hiekkaa.

Syövytys oli kohdistunut etupäässä pohjamaahan, hiekkaan (kuva 33 n:o 38). Syövytyksen johdosta oli hiekan päällä oleva laho turve verraten syvältä lohkeillut viemäriin, josta vesi oli sen kulettanut pois. Sitäpaitsi oli hiekka syövytyksen johdosta valunut laajalti turvekerroksen alta, josta syystä turvekerros oli painunut viettäväksi viemäriin päin. Pinnalla oleva saraniittyvillaturve, joka oli verraten lahoamaton, oli toistaiseksi kestänyt kallistumisesta aiheutuneen pintajännityksen.

Syövytys ei ole tuottanut sanottavaa vahinkoa. Ainoastaan muutamat viemärin likellä olevat puut ovat kallistuneet viemäriin päin.

40. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.75 m, syvyys 1.60 m ja luiskakaltevuus 1 : 1; tutkimuksen aikainen suuruus: syvyys 1.70 m, pohjaleveys 1.0 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.5. Viemärin putous on 1.8 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna alkuperäisen viemärin suuruuden mukaan ja olettamalla vesisyvyydeksi 0.7 m, on 0.74 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 1.0 m pinnalta lukien oli verraten lahonnutta (7) sara-*Sphagnum*-turvetta, sen alla 0.7 m vahvalti hyvin lahonnutta (9) saraturvetta, jonka alla savihietaa.

Turve oli verraten vähän syöpynyt; jonkun verran oli myös pohjamaa alentunut (kuva 33 n:o 40). Turpeessa oli huomattavissa oikealla luiskalla pitkälle pistävä syvennys.

Syöpymisestä aiheutuva vahinko on tässä tapauksessa pieni.

41. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 1.0 m, syvyys 1.8 m ja luiskakaltevuus 1 : 1; tutkimuksen aikainen suuruus oli: syvyys 1.70 m ja pohjaleveys keskimäärin 2.25 m. Viemärin putous on 3.1 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan ja olettamalla vesisyvyydeksi 0.7 m, on 1.04 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 0.8 m vahvalti verraten

lahonnutta (7) sara(niittyvilla-)*Sphagnum*-turvetta, sen alla 0.7 m vahvalti verraten lahonnutta (8) sara(niittyvilla-)turvetta, tämän alla 0.2 m vahvalti hyvin lahonnutta (9—10) sara(korte-)turvetta sekä viimeksi mainitun alla savihieta.

Syöpyminen oli pääasiallisesti tapahtunut alla olevassa savihiedassa sekä savihiedan päällä olevassa saraturpeessa (kuva 33 n:o 41). Pohjamaan syövytys oli suuri. Ensiksi se oli syventänyt viemäriä, toiseksi sen vaikutus ulottui kauaksi sivuille, mikä johtui siitä, että vesi oli kulettanut savihiedan hiukkasia hyvin helposti. Viimeksi mainitusta syystä oli turpeessa tapahtunut lukuisia murtumisia ja lohkeamisia. Tutkimuksen aikaan oli viemäriin lohkeamassa suuria paloja sen molemmilta puolilta (kuva 33 n:o 41). Viemärin pohja oli samaan aikaan puhdas turpeesta.

Vahinko kohdistuu tässä tapauksessa ainoastaan murtumisesta johtuvaan maan hukkaan.

42. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli jotenkin sama kuin edellisessä tapauksessa. Tutkimuksen aikana on syvyys 1.75 m ja pohjaleveys keskimäärin 1.5 m. Viemärin putous on 3.1 m 1,000 m:lle, joten vedennopeus oli sama kuin edellisessä tapauksessa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 0.8 m vahvalti verraten lahonnutta (7) sara-(niittyvilla-)*Sphagnum*-turvetta, ja sen alla 0.9 m vahvalti hyvin lahonnutta (9—10) sara(niittyvilla-)turvetta.

Syöpyminen oli kohdistunut samoin kuin edellisessäkin tapauksessa pohjamaana olevaan savihietaan (kuva 33 n:o 42). Turpeessa oli savihiedan syöpymisen johdosta tapahtunut murtumisia ja lohkeilemisia. Tutkimuksen aikaan oli murtunut suuria turvekappaleita viemärin oikealla puolella ja vasemmalla puolella niitä oli murtumassa (kuva 33 n:o 42). Turpeen murtuminen oli samanlainen kuin tapauksessa 15.

Vahinko on tässä tapauksessa sama kuin edellisessäkin.

43. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli jotenkin sama kuin tapauksessa 41. Tutkimuksen aikainen syvyys oli 3.05 m, pohjaleveys epämääräinen, vaihdellen 1—2 m ja pintaleveys oli paikoin aina 10 m. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan laskettuna, olettamalla vesisyvyydeksi 0.7 m, on 0.94 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 1.8 m vahvalti puolilahonnutta (6) sara-(*Sphagnum*-niittyvilla-)turvetta, sen alla 0.8 m vahvalti hyvin lahonnutta (9) sara(niittyvilla-)turvetta, jonka alla on hieta.

Syövytys oli kohdistunut yksistään turvekerroksen alla olevaan hietaan, joka sen johdosta oli laskeutunut muodostaen loivareunaisen syvän-

teen (kuva 34 d). Tämän syvänteen pohjaan painui vähitellen turvekerros, jolloin se jonkin ajan kuluttua lohkesi suurina kappaleina. Lohkeamisrako oli n. 3.50 m päässä viemärin keskuksesta. Nämä lohenneet turvekappaleet eivät toistaiseksi olleet millään tavalla särkyneet.

Syövytys on aiheuttanut maan pinnan vähenemisen ja viemärin pienenemisen.

44. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli jotenkin sama kuin tapauksessa 41. Tutkimuksen aikainen suuruus oli: syvyys 2.4 m ja viemärin leveys maanpinnalta 13.7 m sekä pohjaleveys n. 1.0 m. Viemärin putous on 2.5 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, olettamalla vesisyvyydeksi 0.7 m, on 0.94 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 0.6 m jonkin verran lahonnutta sara-*Sphagnum*-niittyvillaturvetta, sen alla 1.6 m vahvalti hyvin lahonnutta (9) sara(niittyvilla-)turvetta, jonka alla on hietaa.

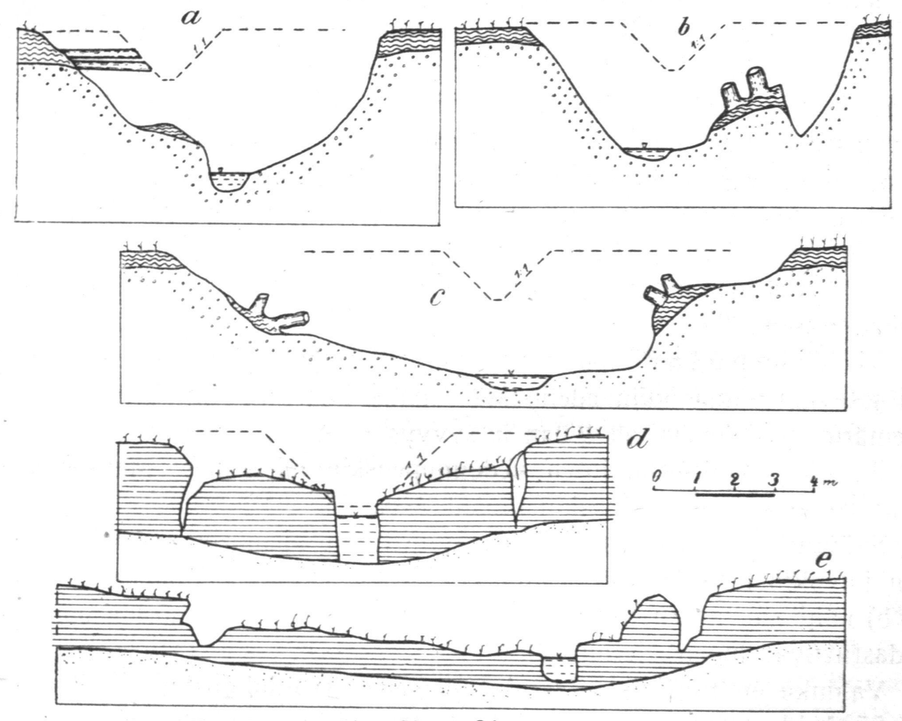
Syövytys oli kohdistunut turvekerroksen alla olevaan savihietaan sekä jossakin määrässä savihiedan päällä olevaan hyvin lahonneeseen turvekerrokseen (kuva 34 e). Pohjamaan syövytys oli ollut tuntuva. Syövytyksen syvyys oli n. 0.75 m ja erittäinkin sivulle oli syövytyksen vaikutus ulottunut hyvin kauas, lohkoen turvetta erittäin suurissa paloissa. Viemärin oikealla puolen oli repeämisrako 2.70 m päässä viemärin reunasta. Tästä lohenneen turvelohkareen osasta viemärin puoleinen laita oli painunut paljon enemmän kuin ulompi laita, jossa sen sijaan näytti edellisen osan painumisen johdosta tapahtuneen kallistumista viemäriin päin, mikä liike oli vielä keskeneräinen. Viemärin vasemmalla puolen oli repeytymisrako 9 m päässä viemäristä. Rako oli pinnalta 1 m levyinen, ulottuen pohjamaahan saakka, vaikka alaosan täyttivät raon laidoista pudonneet turvekappaleet. Tällä puolen oli lohennut turvekappale vajonnut keskimäärin 1.4 m alkuperäisestä asennostaan. Tähän oli vaikuttanut paitsi pohjamaan luisumista myös alla olevan lahonneen turpeen syöpyminen. Syövytyksen vaikutus ulottui tässä tapauksessa vielä kauemmaksi kuin mainitut repeytymisraot.

Vahinko johtuu etupäässä maa-alan menetyksestä ja on se huomattava.

45. Äijänneva. Viemärin alkuperäinen suuruus oli jotenkin sama kuin tapauksessa 41. Tutkimuksen aikainen suuruus oli seuraava: syvyys 1.95 m ja pohjaleveys n. 0.6 m sekä pintaleveys 2.7 m. Viemärin putous on 3.0 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, veden syvyyden ollessa 0.7 m, on 1.03 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: pinnalla 1.25 m

verraten lahonnutta (8) sara-*Sphagnum*-(niittyvilla-)turvetta, sen alla 0.35 m vahva kerros hyvin lahonnutta (9) saraturvetta, jota seuraa savihieta.

Syöpyminen oli kohdistunut etupäässä pohjamaahan, ja turpeessa oli tapahtunut ainoastaan murtumista ja lohkeilemista (kuva 33 n:o 44). Turpeen alimmaisessa kerroksessa, joka oli jotenkin hyvin lahonnutta,



Kuva 34.

tapahtui murtumisen yhteydessä syövytystä, mikä hiekan syövytyksen kanssa aiheutti ylemmän, verraten lahoamattoman turpeen lohkeamisen. Lohkeileminen tässä tapauksessa oli samanlainen kuin tapauksessa 15.

Vahinko on sama kuin tapauksessa 41.

52. Vilppulan hoitoalue (kuva 34 a). Viemärin alkuperäinen suuruus oli: pohjaleveys 0.30 m, syvyys 1.10 m ja luiskakaltevuus 1 : 1. Tutkimuksen aikainen viemärin pohjaleveys oli 1.1 m ja syvyys 3.75 m. Viemärin putous oli 16 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, olettamalla vesisyvyydeksi 0.6 m, on 1.77 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 0.5 m vahvalti hyvin lahonnutta (10) hakoista korpiturvetta, jonka alla on hiekkaa.

Syövytys oli kohdistunut turvekerrosten alla olevaan hiekkaan ja oli se erikoisen voimakas (kuva 34 a). Sen johdosta oli viemärin pohja alentunut yli 2 m; viemäri oli levinnyt enemmän kuin 2.5-kertaiseksi alkuperäisestä. Syövytys, kuten jo mainittiin, kohdistui etupäässä pohjamaahan, nimittäin hiekkaan. Hiekan pois siirtymisestä oli seurauksena pinnalla olevan turpeen vähittäinen lohkeileminen ja vieriminen viemäriin. Veden kostuttamalla osalla tapahtui aina syövytys, ja veden yläpuolella olevassa hiekassa taas tapahtui murtuminen ja myös osittainen vieriminen. Päällä olevassa turpeessa tapahtui alla olevan maan vierimisen johdosta lohkeilemista. Tämä lohkeillut turve, jäädessään syövytyslaaksossa hiekan pinnalle, näyttää usein suojelleen tai oikeammin hidastuttaneen hiekan murtumista ja vierimistä, kuten kuva 34 a osottaa. Syövytyksestä huolimatta turpeessa olevat suuret puut olivat jääneet paikoilleen, pistäen esiin sangen pitkälle laaksoon.

Syövytys on hävittänyt metsämaata, aiheuttaen siten pinta-alan vähennyksen.

54. Vilppulan hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli jotenkin sama kuin edellisessä tapauksessa. Tutkimuksen aikainen viemärin pohjaleveys oli 2.2 m ja syvyys 3.3 m. Putous on sama kuin edellisessä tapauksessa, joten vedennopeuskin oli sama. Maakerrokset ovat samat kuin edellisessäkin tapauksessa.

Syövytys oli tässä tapauksessa muuttanut viemärin poikkileikkauksen jotenkin samalla tavalla kuin edellisessä. Poikkileikkauksesta (kuva 34 b) nähdään, miten turve ja puunkannot, jäädessään laakson pohjaan, hidastuttivat maan vierimistä.

Vahinko on tuntuva metsäalan pienenemisen johdosta.

55. Vilppulan hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli sama kuin tapauksessa 52. Tutkimuksen aikainen viemärin pohjaleveys on n. 4.0 m ja syvyys 3.4 m (kuva 34 c). Viemärin putoussuhteet ovat samat kuin tapauksessa 52, joten vedennopeuskin on sama. Maakerrokset ovat seuraavat: 0.9 m vahvalti hyvin lahonnutta (10) ja hakoista korpiturvetta, jonka alla on hiekka.

Syövytys oli tässä samoin kuin edellisissäkin tapauksissa kohdistunut alla olevaan hiekkamaahan ja on se pääasiallisesti ollut samanlainen kuin edellisissä. Syövytyksen tulos oli paljon suurempi kuin edellisissä. Tämä johtui paikan korkeammasta asemasta ja siitä, että hiekka oli huomattavasti hienompaa kuin kahdessa edellisessä tapauksessa, josta syystä vesi sitä paljon helpommin kuletti, ja josta syystä vieriminen tapahtui loivempia pintoja myöten. Sitäpaitsi oli

etenkin vasemmalla luiskalla tavattavissa huomattavaa pohjaveden liikettä, joka edisti hiekan murtumista ja vierimistä viemäriin. Samanlaista turpeen suojelevaa vaikutusta syövytystä vastaan oli tässä tapauksessa huomattavissa kuten edellisessäkin, vaikka se vasemmalla puolen ei ollut niin huomattava kuin oikealla.

Metsämaan laajan sortumisen vuoksi viemäriin on syöpymisestä aiheutunut tuntuva vahinko.

57. Saarni- ja Sarvineva Jurvan pitäjässä. Viemärin alkuperäinen suuruus oli seuraava: syvyys 1.0 m ja pohjaleveys 1.0 m sekä luiskakaltevuus 1 : 1. Tutkimuksen aikainen suuruus oli: syvyys 1.0 m, pohjaleveys 3.0 m ja luiskakaltevuus 1 : 0. Viemärin putous oli 15.0 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan ja olettamalla vesisyvyydeksi 1.0 m, on 2.06 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 0.8 m vahvalti verraten lahonnutta (7) *Sphagnum*-sekaista korpiturvetta, jonka alla on kivikkoa.

Syövytys ei, huolimatta erityisen suuresta vedennopeudesta, ollut saanut aikaan mitään sanottavaa syvennystä viemärissä. Ainoastaan hiekka ja jossakin määrin sora oli kivien välillä siirtynyt veden mukana alas, jonka vuoksi viemärin pohja oli ikäänkuin pyöreillä, 10 à 25 cm läpimittaisilla kivillä verhottu.

58. Korkeakosken hoitoalue. Viemärin alkuperäinen suuruus oli seuraava: pohjaleveys 0.3 m, syvyys 1.3 m ja luiskakaltevuus 1 : 0.6. Tutkimuksen aikainen suuruus oli seuraava: syvyys 1.3 m ja pohjaleveys vaihteleva, n. 1.0 m. Viemärin putous on 15.0 m 1,000 m:lle. Vedennopeus, laskettuna viemärin alkuperäisen suuruuden mukaan, olettamalla vesisyvyydeksi 0.6 m, on 1.32 m/sek:ssa. Maakerrokset ovat seuraavat: 0.8 m vahvalti hyvin lahonnutta (10) korpiturvetta, jonka alla hietaa.

Syövytys oli tässä tapauksessa kohdistunut etupäässä pohjamaahan, josta syystä sitä oli juossut pois ja viemäri syventynyt n. 0.50 m, paikoin yli 1 m:kin. Kuitenkaan ei tämä syöpyminen itse asiassa olisi ollut niin vahingollinen, ellei pohjamaan pinnan kaltevuus olisi tullut loivaksi, jonka tähden syövytyksen vaikutus ulottui keskimäärin 20 m viemärin molemmille puolille. Likellä viemäriä oleva turvekerros oli syövytyksen johdosta, koska turve oli hyvin lahonnutta, aivan kokonaan murtunut rakoihin ja reikiin. Turvetta pitivät koossa etupäässä siinä olevat lukuisat lieot ja kasvien juuret. Puut sanotulla alueella, jolle syövytyksen vaikutus ulottui, olivat maanpinnan kallistumisen vuoksi myös kallistuneet ja osittain kaatuneet viemärin yli.

Vahinko on erityisen tuntuva metsän tuhoutumisen vuoksi (kuvat 112 ja 113).

59. Numlahden erosiolaakso Nurmijärven pitäjässä. Selitetty repeytymien yhteydessä sivulla 41.

60 ja 61. Nurmijoki Nurmijärven pitäjässä. Viemärin alkuperäinen suuruus oli (v. 1922): pohjaleveys 4.0 m, syvyys 1.7 m ja luiskakaltevuus 1 : 1.5. Putous 1,000 m:lle on 0.4 m. Vedennopeus, laskettuna mainitun viemärin suuruuden mukaan, vesisyvyyden ollessa 1.2 m, on 0.49 m/sek:ssa ja vesisyvyyden ollessa 0.4 m, 0.29 m/sek:ssa. Maa on tässä tapauksessa liejua.

Syövytys näissä tapauksissa ei ollut erityisen voimakas, mutta kuitenkin huomattava. Kulkiessaan on vesi liettänyt liejua mukaansa. Ei edes luiskien kuivuminen ole estänyt veden syövyttävää, liettävää vaikutusta, vaan melkeinpä päinvastoin. Kuivumisessa on lieju yleensä halkeillut pystysuoriin patsaisiin. Syövytyksen vaikutuksesta viemärin puoleisen patsaan alusta pettää, aiheuttaen patsaan kallistumisen ja kaatumisen viemäriin, jossa vesi muutamassa päivässä hävittää koko patsaan, muuttaen sen veteläksi liejumassaksi. Matalankin veden vallitessa, syvyyden ollessa 0.3—0.4 m, kuletti vesi helposti näin irtautunutta liejua. Kuitenkin on liejun syövytys Nurmijoessa erittäin hidasta, joten siitä koituva vahinko on hyvin vähäinen.

Havainnoista huomataan[1], että syöpymisilmiöissä tapahtuu viemärin veden kostuttamassa osassa suoranainen veden liikkeen aiheuttama uoman suureneminen, syveneminen ja leviäminen.

Tämä veden toiminta aiheuttaa ylempänä viemärin luiskilla muita ilmiöita, jotka siirtävät maan veden kostuttamaan osaan, josta vesi syövyttää ja kulettaa kykynsä mukaan maan pois.

Seuraavalla sivulla oleva taulukko osottaa turvemaissa tavattuja vedennopeuksia ja syövytyksen aikaan saamia muutoksia viemärissä sekä sen aiheuttamia vahinkoja. Vahinko on arvioitu seuraavasti: 1) ei mitään vahinkoa, 2) vahinko vähäinen, 3) vahinko tuntuva ja 4) vahinko suuri.

Täydennykseksi edellä oleviin havaintoihin esitetään seuraavassa (s.128) muutamia tapauksia, joissa viemärit ovat pysyneet muuttumattomina,

[1] Koko aineistoa esittävä suuri taulukko on täytynyt jättää pois kalliitten painatuskustannusten vuoksi.

N:o	Syöpynyt turvemaalaji ja sen lahoamisaste (numerolla)		Vedennopeus m/sek:ssa						Syövytyksen suuruus					Vahinko[1]		
			0.40—0.50	0.51—0.60	0.61—0.70	0.71—0.80	0.81—0.90	0.91—	ei ollenkaan	vähän syövytystä luiskilla	vähän syövytystä luiskilla ja pohjassa	syvennys n. 0.3 m; syövytyksen leveys n. 2.5—5 m	syvennys > 0.3 m; syövytyksen leveys 5—7 m	ei mitään	vähäinen	tuntuva
1	Saraturve	7	0.49	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—
2	Sara-*Sphagn.*-turve	7	—	0.52	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—
3	Sara-*Sphagn.*-turve	8	0.49	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
4	Korpiturve	10	—	0.52	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
5	Saraturve	9	0.45	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
6	»	10	0.46	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
7	» -(*Sphagnum*).	9	—	—	0.78	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
8	»	9	—	—	—	—	—	0.96	—	—	1[2]	—	—	—	1	—
9	»	9	—	—	—	—	0.88	—	—	—	—	1	—	—	1	—
10	Sara(korte-)turve..	10	—	—	—	—	0.88	—	—	—	1	—	—	1	—	—
11	Saraturve	10	—	—	—	—	—	0.99	—	—	1	—	—	—	1	—
12	»	10	—	—	—	—	0.88	—	—	—	—	—	1	—	—	1
13	»	10	—	—	—	—	0.88	—	—	—	—	—	1	—	—	1
14	»	10	—	—	—	—	0.88	—	—	—	—	—	1	—	1	—
15	»	10	—	—	—	—	0.88	—	—	—	—	—	1	—	—	1
16	»	10	—	—	—	—	0.88	—	—	—	—	1	—	—	1	1

lukuunottamatta painumisen aikaan saamaa muutosta veden suuresta nopeudesta huolimatta.

Nämä ja aikaisemmin esitetyt havainnot osottavat, että lahonneet sara- ja korpiturpeet ovat alttiita syöpymiselle. Luultavasti lahonnut *Sphagnum*-turve, katsoen sen rakenteeseen, syöpyisi myöskin. Sen sijaan korte- ja niittyvilla- sekä niiden sekaiset turpeet kestävät hyvin suurenkin vedennopeuden.

Turpeen lahoamisaste on syöpymisissä tärkeä tekijä. Kuten havainnoista nähdään, ei saraturve syövy vielä keskilahonneena (6—7);

[1] Turvemailla ei ole syövytyksen aikaan saama vahinko ollut yhdessäkään tapauksessa suuri.

[2] Syövytyksen aikaan saama viemärin syvennys on n. 0.6 m, mutta leveys ei ole muuttunut.

N:o	Paikka	Turvemaalaji ja lahoamisaste	Viemärin pituus m	Viemärin			Veden	
				pohjaleveys m	luiskien kaltevuus m	putous m 1000 m:lle	syvyys m	nopeus m/sek:ssa
							viemärissä	
1	Parkanon valtionpuisto	Saraniittyv.-turve 7	150	0.30	1:0.6	3.50	0.60	0.69
2	—»—	Saraniittyv.-*Sphagnum*-turve 5	250	»	»	3.00	»	0.64
3	Saarni- ja Sarvineva Jurvan pitäjässä	Kortesara-turve 9	180	0.50	1:1	1.80	0.70	0.70
4	Isosuojakso Pöytyän pitäjässä	Saraniittyv.-*Sphagnum*-turve 8	350	»	»	2.33	»	0.79
5	—»—	—»— 7	250	»	»	3.25	»	0.93
6	—»—	Niittyv.-(sara-)*Sphagnum*-turve 8	300	»	»	7.44	»	1.41
7	—»—	*Sphagnum*-niittyv.-(sara-) turve 9	250	»	»	4.50	»	1.10

samoin on korpiturpeenkin laita. Vaikka edellä oleva havaintoaineisto ei olekaan laaja, voitanee sen perusteella kuitenkin määritellä maksiminopeudet kullekin turvelajille, kun erotetaan vain kaksi eri ryhmää lahoamisasteen mukaan: 1) lahot turpeet, joissa lahoamisaste on yleensä korkea (8—10) ja 2) osittain lahonneet turpeet, joissa lahoaminen on ollut keskinkertainen tai alle sen (alle 7). Täten saadaan tulokseksi:

Turvelaji	Vedennopeus m/sek:ssa lahonneessa	osittain lahonneessa
Korpiturve	0.40	0.60
Saraturve	0.40	0.60
Sphagnum-turve	0.40	0.65
Korteturve	0.70	0.90
Niittyvillaturve	0.90	1.10

Vielä on huomautettava, että turpeen lahoamisaste ei ole pysyvä, vaan suurenee aina kuivatuksen johdosta vuosi vuodelta, joten vuoden kuluttua kuivatuksesta alkaa ilmetä syöpymistä viemäreissä, joissa on tullut vedelle alhaisen lahoamisasteen mukainen nopeus. Tämän huomasi paikoin Isosuojaksolla Pöytyän pitäjässä.

Vahinko, minkä syöpymät turvemailla tekevät, on yleensä vähäinen. Neljässä tapauksessa on merkitty vahinko tuntuvaksi tai sitä suuremmaksi.

Seuraavalla sivulla oleva taulukko osottaa vedennopeuksien vaihteluja eri tapauksissa ja eri maalajeissa, kun maanpinnalla on turvekerros. Sen lisäksi se valaisee syövytyksen ja vahingon suuruutta.

Edellisten numeroiden lisäksi esitetään murtumishavainnoista ne tapaukset, joissa huomattiin aivan vähäistä syöpymistä, mikä on tapahtunut vain suurimman tulvan aikana, jolloin vedennopeus on mahdollisimman suuri:

Tapaus	Maalaji	Vedennopeus m/sek:ssa
32	savihieta (moreeni)	0.45
33	» »	0.52
31	hieta	0.40
35	»	0.45
29	hiekka	0.52
30	»	0.52
34	»	0.58
27	» (karkea)	0.58

Kuten nähdään, on vedennopeus vaihdellut 0.45—2.06 m/sek:ssa; runsaimmin on tapauksia nopeusluokissa 0.61—0.70, 0.51—0.60 ja yli 1.01, muissa verraten vähän.

Vedennopeuden vaikutus on ollut erilainen eri maalajeissa.

Kivinen hiekka on kestänyt hyvin, vaikka vedennopeus on noussut 1.16 m/sek:ssa. Kivikossa, vaikka vedennopeus onkin ollut yli 2 m/sek:ssa, ei se ole saanut aikaan suurtakaan syöpymistä eikä mitään vahinkoa.

Havainnon n:o	Syöpynyt maalaji	Vedennopeus m/sek:ssa: 0.29–0.50	0.51–0.60	0.61–0.70	0.71–0.80	0.81–0.90	0.91–1.00	1.01–	Syövytyksen suuruus: syvennys n. 0.30 m ja leveys 2.5–7 m	syvennys > 0.30 m; leveys 7–9 m	syvennys > 1.0 m; leveys yli 9 m	Vähinko: ei ollenkaan	vähäinen	tuntuva	suuri
17	Savihieta	0.45	—	—	—	—	—	—	1			1			
18	Korpit.- ja savihieta	—	0.52	—	—	—	—	—					1		
29	Savihieta	—	—	0.69	—	—	—	—					1		
30	»	—	—	0.64	—	—	—	—					1		
31	»	—	—	0.70	—	—	—	—					1		
40	»	—	—	—	0.74	—	—	—					1		
41	»	—	—	—	—	—	—	—					1		
42	»	—	—	—	—	—	—	—					1		
45	»	—	—	—	—	—	—	—					1		
47	»	—	—	—	—	—	—	—					1		
22	Hieta	—	0.58	0.64	—	—	—	—						1	
26	»	—	0.58	—	—	—	—	—						1	
27	»	—	—	—	0.73	—	—	—						1	
32	(Savi-)hieta	—	0.58	—	—	—	—	—						1	
33	Hieta	—	—	0.64	—	—	—	—						1	
34	»	—	0.58	—	—	—	—	—						1	
35	»	—	0.58	—	—	—	—	—						1	
43	»	—	—	—	—	—	—	—						1	
44	(Savi-)hieta	—	—	—	—	—	—	—							1
49	Hieta	—	—	—	—	—	—	—							1
59	»	—	—	—	—	—	—	—							1
19	Hiekka	—	0.58	—	—	—	—	—							1
20	»	—	—	0.64	—	—	—	—							1
21	»	—	—	0.64	—	—	—	—							1
23	»	—	—	0.64	—	—	—	—							1
24	»	—	—	0.66	—	—	—	—							1
25	»	—	—	—	0.73	—	—	—							1
36	»	—	0.58	—	—	—	—	—							1
37	»	—	—	0.64	—	—	—	—							1
38	»	—	—	0.64	—	—	—	—							1
39	»	—	—	—	0.78	—	—	—							1
48	»	—	—	0.64	—	—	—	—							1
51	»	—	—	0.69	—	—	—	—							1
52	»	—	—	—	—	—	—	—							1
53	»	—	—	0.69	—	—	—	—							1
54	»	—	—	—	—	—	—	—							1
55	»	—	—	—	—	—	—	—							1
56	» runs. kiviä ...	—	—	0.64	—	—	—	—							1
28	Hiekka kiv.	—	—	0.69	—	—	—	—							1
46	Kivinen hiekka ...	—	—	—	—	—	—	—							1
50	Hiekka (kiviä)	—	—	0.69	—	—	—	—							1
57	Kivikkoa	—	—	—	—	—	—	—							1
62	Savi	—	—	0.60	—	—	—	—							1
63	»	—	—	—	—	—	—	—							1
64	»	—	—	—	—	—	—	—							1
60	Lieju	0.49	—	—	—	—	—	—							1
61	Lieju	0.29	—	—	—	—	—	—							1

Hiekassa ilmenee suurta vaihtelevaisuutta. Havainnot viittaavat siihen, että hiekka syöpyy vielä vedennopeuden ollessa 0.58 m/sek:ssa, jolloin syöpyminen kuitenkin on heikkoa, aiheuttamatta sanottavaa vahinkoa.

Hieta ei ole niin herkkää syöpymiselle kuin savihieta. Vedennopeuden ollessa 0.58 m/sek:ssa, voi hiedassa aiheutua verraten tuntuvaa syöpymistä. Tällöin ei kuitenkaan usein, kun syöpymiselle alttiit matkat eivät ole pitkiä, seuraa sanottavaa vahinkoa.

Savihieta on herkkää syöpymiselle. On merkitty tapaus, jolloin vedennopeus oli 0.40 m/sek:ssa, kun jo syöpymistä havaittiin, vaikkakaan vahinkoa ei erityisesti voitu vielä todeta.

Savimailla on tavattu syöpymisiä verraten vähän. Kahdessa tapauksessa oli huomattavissa syöpymistä. Näistäkin toisessa huomattavan vähän. Toisessa (tapaus 64) sen sijaan verraten tuntuvasti. Savi oli liejunsekaista ja erittäin pehmeää, joten se oli varsin otollinen syövytykselle. Kolmas havainto osottaa, miten suuria nopeuksia savi voi eräissä olosuhteissa kestää syöpymättä. Tässä tapauksessa oli vedennopeus 1.10 m/sek:ssa ja kuitenkaan ei syövytystä tapahtunut. Savi olikin erityisen jäykkää. Sen kutistuvaisuus oli hyvin pieni (viivakutistuvaisuus n. 5 %).

Lieju on hyvin herkkää syövytykselle. Tapauksessa 60 on merkitty vedennopeudeksi 0.49 m/sek:ssa, joka on aiheuttanut syöpymistä. Tämä luku vastaa tulvan aikaista vedennopeutta. Kesällä (v. 1922), jolloin havaintoja Nurmijoella tehtiin, oli veden syvyys 0.4 m, jota vastaa vedennopeus 0.29 m/sek:ssa. Tämäkin nopeus aiheutti vastakaivetun viemärin seinämissä syövytystä. Vedennopeuden kohotessa 0.70 m/sek:ssa, esiintyi se valtavana, hävittäen, paitsi viemärin kokonaan, vielä alueita molemmilla puolin sitä.

Saadut tulokset hiekassa, hiedassa ja kivikossa ovat jotakuinkin yhtäpitävät aikaisemmin mainittujen UMPFENBACHin lukujen kanssa.

Vaikkapa aineisto ei olekaan erityisen runsas, voitanee sen perusteella kuitenkin esittää veden maksiminopeudet eri maalajeille, jolloin ei syövytystä tapahdu. Täten saataisiin:

hiekassa	0.55 m/sek:ssa
hiedassa	0.45 »
savihiedassa	0.40 »
savessa, riippuen jäykkyydestä	0.30—0.70 »
liejussa	0.25 »

Aikaisemmin jo mainittiin, että varsinainen veden syövyttävä vaikutus tapahtuu veden kostuttamassa osassa. Veden liikevoima kulettaa maahiukkasia mukanaan tai vierittää niitä pitkin viemärin pohjaa. Vedessä tapahtuu siis maan siirtyminen viemäriä pitkin.

Vedenpinnan yläpuolella on maan liike aivan toisenlainen. Tällä osalla tapahtuu maan liike ainoastaan viemäriin päin, vaan ei viemärin laskun suuntaan. Kuten havainnoista nähdään, on tämä liike erilainen eri maalajeissa.

Turvemaassa tavataan vain lohkeilemista ja jossakin määrässä vierimistä ja murtumista.

Lohkeileminen suurina kappaleina on yleistä lahoamattomassa turpeessa, mikä luonnollisesti johtuu lahoamattoman turpeen suuresta koossapysymisestä. Lohkeaminen tapahtuu siten, että turvekerroksen alta soluu pois sitä kannattava maa ja turve painuu. Turve kestää jonkun verran painumista, mutta kun se sivuuttaa määrätyn rajan, tapahtuu lohkeaminen. Kuten havainnot osottavat, ovat lohkeilleet kappaleet suurimmat lahoamattomissa niittyvillansekaisissa turpeissa.

Lahoissa turpeissa tapahtuu enemmän tai vähemmän säännöllinen murtuminen ja vieriminen. Turvekappaleet murtuvat epäsäännöllisesti ja kulkevat veden mukana.

Mineraalimaissa tapahtuu veden yläpuolella murtumista, vierimistä ja vierimisluisumista. Kaksi ensin mainittua esiintyvät etupäässä hiekka- ja hietamaissa. Savimailla tavataan pääasiassa vierimisiä ja vierimisluisumia. Kun viemärissä, jossa on runsas syöpyminen käynnissä, tapahtuu vieriminen tai muu tukkeutumisilmiö, patoaa se viemäriin usein suuria lammikoita, jotka kyllä häviävät sitä mukaa kuin viemäri syövytyksen vaikutuksesta syvenee.

Syöpymisilmiöissä tavataan siis kahdenlaista

maan liikettä: Vedessä veden liikkeen vaikuttamaa maa-aineksen kulettamista ja veden yläpuolella taas vierimistä, murtumista ja vierimisluisumista mineraalimaissa sekä lohkeilemista ja osittain vierimistä ja murtumistakin turvemaissa. Veden yläpuolella tapahtuva maan liike suuntautuu viemäriä kohti ja vedessä tapahtuva liike pitkin viemäriä.

Syöpymisilmiön aikaan saamat vahingot saattavat eräissä tapauksissa olla verraten tuntuvat.

Seuraavaan taulukkoon on otettu vahingoista vain kaksi viimeistä ryhmää, nim. tuntuvat ja suuret.

Tapaus	Vahingoittuneen viemärin pituus m	maan leveys m	Vahingoittunut ala m²
12	60	12	720
13	30	12	360
15	20	12	240
16	15	12	180
25	225	12	2,750
27	250	10	2,500
35	15	6	90
38	27	10	270
39	28	7	216
41	16	10	160
42	11	10	110
43	40	12	480
44	20	20	400
49	70	40	2,800
51	276	11	3,036
52	140	5	700
54	150	12	1,800
55	165	18	2,970
59	400	30	12,000
	Yht. 1,958		31,782

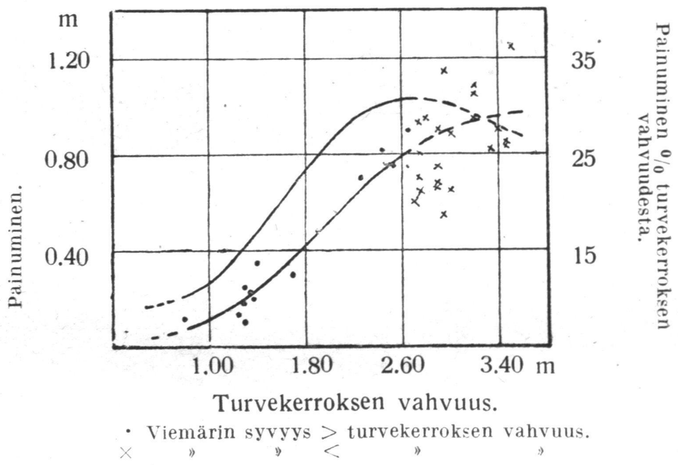
Syöpymisiä, jotka ovat aiheuttaneet vahinkoa, on n. 1.5 % tutkittujen viemärien pituudesta ja ala on 3.18 ha. Nämä luvut eivät ole suuria. Mutta huomattava on, että viemärit, joissa syöpyminen oli erittäin runsas, olivat verraten nuoria, 8 à 10 vuotta vanhoja.

Viemäreissä esiintyvät syöpymisilmiöt ovat monessa tapauksessa saaneet aikaan tuntuvaa vahinkoa.

Muita viemärien kuntoon vaikuttavia tekijöitä.

1. Painuminen ojitetuilla soilla.

Kuten tunnettua, painuu kaikkien organogenisten maiden, erittäinkin suon pinta alemmaksi, kun maa kuivatetaan. Painuminen johtuu



Kuva 35.

ensi kädessä pohjaveden alentamisesta, jos kohta useita muitakin tärkeitä seikkoja on siihen vaikuttamassa, kuten turvelaji, sen kosteus ja turvekerroksen vahvuus.

Taulukossa I (sivuilla 26—33) olevista havainnoista (n:t 1—15) nähdään, miten viemärin luiskat ovat loiventuneet. Tämä johtuu turpeen painumisesta. Luiskien kaltevuuden pieneneminen on p a i n u m i s e n v a r s i n a i n e n v a i k u t u s v i e m ä r i i n.

Kuten jo mainittiin, vaikuttaa painumisen suuruuteen useita tekijöitä. Graafinen piirros (kuva 35) valaisee turvekerroksen vahvuuden ja

kuivatussyvyyden vaikutusta painumiseen Pulkkilan pitäjässä olevalla Savonnevalla [1]. Alempi käyrä osottaa absoluuttista painumista ja ylempi painumisprosentteja. Painumisen suuruus lisääntyy turvekerroksen vahvuuden kasvaessa, ollen mataloissa turvekerroksissa pienempi kuin vahvemmissa. 1.50 m vahvuisesta turvekerroksesta 2.60 m:iin asti on painumisen lisäys jotenkin yhtäsuuri. Vahvemmissa kerroksissa, joita ei viemäri leikkaa pohjaa myöten, ei painumisen lisäys ole niin suuri. Painumisprosentit osottavat nousemista siihen asti, kunnes turvekerros tulee vahvemmaksi kuin viemärin syvyys, jonka jälkeen painumisprosentti alkaa laskea.

Turvekerrosten vetisyyden vaikutusta painumiseen viemärin reunalla osottavat m. m. seuraavat luvut, jotka on saatu erilaisilta soilta suon alkuperäisen syvyyden ollessa 2.5—3.45 m.

Suon laatu	Kosteusaste	Turvekerroksen vahvuus m	Painuminen %:ssa turvekerroksen vahvuudesta	Havaintojen luku
Neva (Pelso)	9	2.5 —3.50	41.6	5
» (Kaustinen)	9	2.5 —3.50	42.0	4
» (Pulkkila)	9	2.5 —3.45	32.9	13
(Neva)räme (»)	7	2.70—2.95	23.6	5
Rahkaräme (»)	5	1.30—2.95	16.2	6
Räme (Vilppula)	6	1.10—1.50	25.0	4
Korpi (Korkeakoski)....	5	1.00—1.50	17.0	3

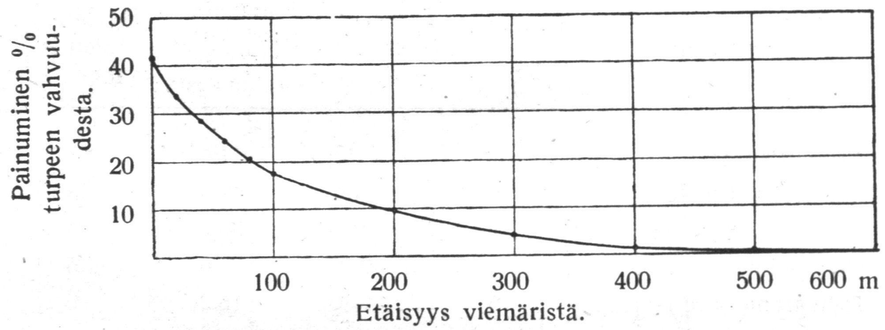
Turvekerrosten vahvuuden ja kosteuden vaikutusta painumiseen on myös m. m. GERHARDT tutkinut etupäässä Luoteis-Saksan »mutasoilla» (Niederungsmoore), joita oli viljelty RIMPAUN metodin mukaan. Tutkimuksensa tuloksena on hän julaissut taulukon, joka edellyttää yhden metrin kuivatussyvyyden, painumisen määräämiseksi [2]:

[1] Viemäri punnittu elok. 30 p. v. 1896, siis n. 3 vuotta työn suorittamisen jälkeen (Maataloushallituksessa olevan profiilin mukaan, arkisto n:o 6). Tähän esitykseen on otettu mukaan kaikki havainnot nevalta, nevamaisilta rämeiltä ja korvilta ja osittain vetelältä rämeeltä

[2] Vert. ADOLF FRIEDRICH, Kulturtechnischer Wasserbau j. n. e. Siv. 405.

Turvekerroksen laatu	Painuminen m kun alkuperäinen korkeus oli							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	m							
Tiivis	0.15	0.24	—	—	—	—	—	—
Joltisenkin tiivis	0.20	0.32	0.42	0.51	—	—	—	—
» löyhä	0.26	0.42	0.56	0.68	0.78	0.87	—	—
Löyhä	0.35	0.59	0.75	0.92	1.07	1.20	1.30	—
Melkein uiskenteleva	—	0.80	1.04	1.26	1.46	1.65	1.83	2.00
Uiskenteleva	—	—	1.65	2.10	2.50	2.85	3.15	3.40

Kuten edellä olevasta taulukosta nähdään, on painuminen vetisillä soilla paljon suurempi kuin kuivemmilla.

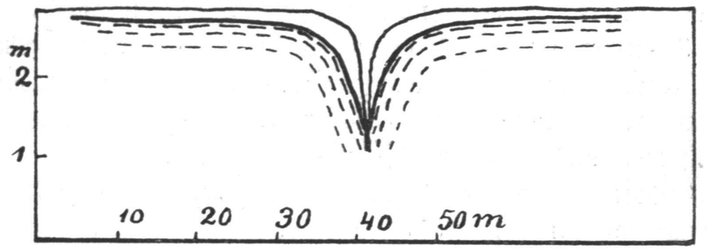


Kuva 36.

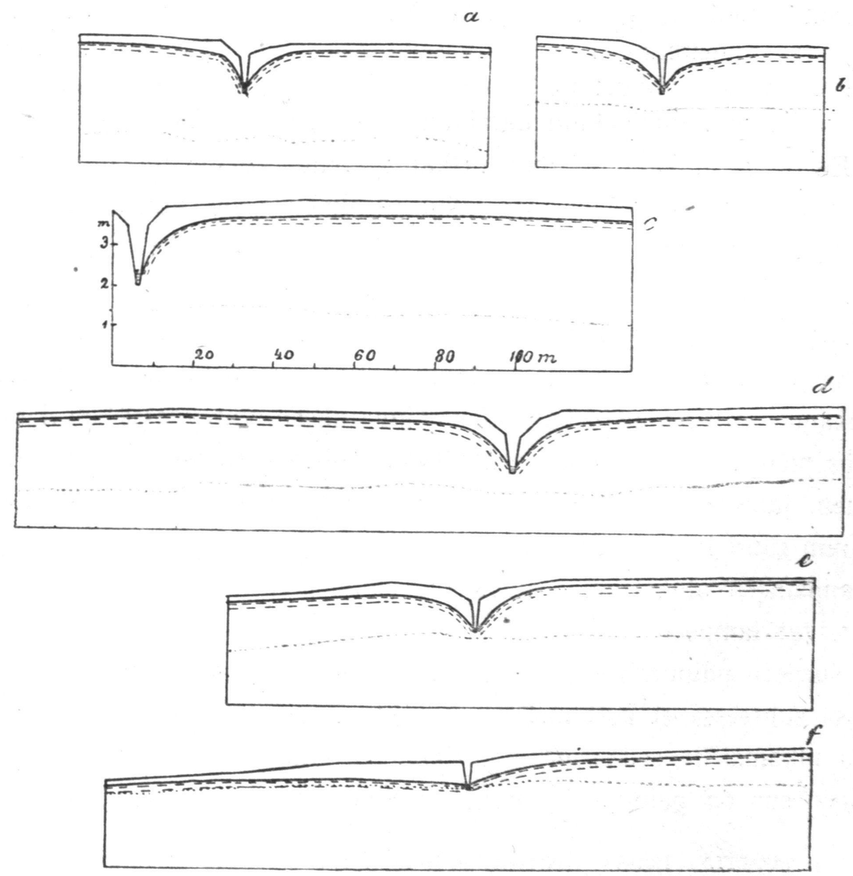
Painuminen ei ole joka paikassa ojitetullakaan suolla yhtä suuri. Tämän seikan valaisemiseksi esitetään seuraavassa muutamia lukuja painumisesta Pelson suolta, jotka on saatu Asutushallituksessa olevien, erään Pelson osan punnituskarttojen perusteella:

Etäisyys kuivatus-kanavasta m	Painuminen % turpeen vahvuudesta
0	41.6 %
20	33.9 »
40	28.5 »
60	24.3 »
80	20.5 »
100	17.5 »
200	9.9 »

Etäisyys kuivatus-kanavasta m	Painuminen % turpeen vahvuudesta
300	4.2 »
400	1.2 »
500	0.7 »
600	1.0 »



Kuva 37.



Kuva 38.

Kuten luvuista ja graafillisesta (kuva 36) piirroksesta nähdään, on painuminen viemärin luona ja ensimäisellä sadalla metrillä siitä tuntuvasti suurempi kuin ulompana. Tähän samaan tulokseen viittaavat myös muut lukuisat profiilit eri soilta. Jos tarkastetaan näitä profiileja lähemmin, huomataan eroa painumisessa eri oloissa. Kuvassa 37 nähdään profiili rahkasammalsuolta. Maan painuminen ei tässä tapauksessa ulotu hyvinkään laajalle, vaan ainoastaan muutamia metrejä viemäristä. Kuvassa 38 nähdään useilta eri soilta profiileja. Mainitussa kuvassa profiili c esittää poikkileikkausta Äijännevalta. Kuva osottaa, että painuminen tässä tapauksessa ulottui tuntuvasti kauemmaksi kuin edellisessä, aina kuudenkymmenen metrin etäisyyteen. Profiilin oikeanpuolisessa päässä, johon oli aivan äskettäin kaivettu oja, huomasi ojan aiheuttaman painumisen. Saman kuvan kolme alimmaista profiilia valaisevat painumista Jaakkoinsuolla. Kuivatusviemärit ovat tässä enemmän poikittaisia kuin pitkittäisiä, josta syystä profiilit ovat enemmän tai vähemmän kaltevia vasemmalle päin. Kuvista huomataan samalla, miten vahvemmat turvekerrokset painuvat tuntuvasti enemmän viemärin reunalla kuin matalammat turvekerrokset (kuvassa profiili f).

Edellisen mukaan painuu luiskan yläreuna enemmän kuin alareuna, joten painuminen viemärin seinämissä ilmenee siis ainoastaan luiskan loivenemisessa, mikä taas puolestaan vaikuttaa lujittavasti viemärin seinämiin.

Kuitenkin löytyy tapauksia, joissa painuminen on aiheuttanut vaurioita viemärin seinämissä[1]. Esimerkkinä mainittakoon eräs tapaus Parkanon valtionpuistosta. Suon kuivatuksen yhteydessä oli laskettu myös pieni suolampi, jonka ympärykset olivat erittäin vetelät. Painuminen, jota luonnollisesti oli auttanut pohjaveden lisäämä maanpaino, oli niin suuri lammin rannalla, etteivät turvekerrosten yläosat kestäneet maanpaineen aiheuttamaa kovaa pintajännitystä, vaan repeytyivät ja vajosivat lampeen.

Turpeen painuminen ei tapahdu äkillisesti, vaan kestää vuosikausia. Tässä suhteessa ei kuitenkaan ole tehty havaintoja, vaan voidaan viitata ulkomaisiin sellaisiin. KRÜGERin tutkimusten mukaan 10 m vahvuinen suo on painunut kahtena ensimäisenä vuonna kuivatuksen jälkeen 0.80 m, seuraavina kahtena vuonna 0.80 m, sitä seuraavina 0.50 m, sitä seuraavina 0.50 m ja kuutena seuraavana vuonna 0.30 m eli yhteensä 14 vuonna n. 3 m[1].

[1] J. SPÖTTLE, Landwirtschaftliche Bodenverbesserungen. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Der Wasserbau j.n.e. Siv. 394.

[1] E. KRÜGER, Bauten im Moor in Entwicklung der Moorkultur in den letzten 25 Jahren. Berlin 1908. Siv. 179. (Ei nähty; vert. C. von SEELHORST, Handbuch der Moorkultur. Zweite Aufl. Berlin 1914. Siv. 37.) — Vert. myös Saman, Kulturtechnischer Wasserbau. Handbibliothek für Bauingenieure, III. Teil. Wasserbau. 7. Band. Berlin 1921. Siv. 252 ja 253.

II. Routimisilmiöt.

1. Roudan esiintyminen viemärien luiskilla.

Vaihinjoki Vihdin pitäjässä. Routimisilmiön tutkimiseksi valittiin kaksi poikkileikkausta, joissa tehtiin noin joka 6:s päivä mittaukset roudan esiintymisestä ja samalla punnittiin viemärin poikkileikkaus. Lisäksi tehtiin lukuisia muita tutkimuksia erittäinkin turvemailla. — Havainnoita tehtiin 20/IV, 27/IV, 5/V, 11/V, 16/V ja 22/V v. 1922.

1. Poikkileikkaus paalulla 7 + 60.

Viemärin molemmilla puolilla olivat maakerrokset seuraavat:

Vasemmalla rannalla		Oikealla rannalla	
maalaji	vahvuus m	maalaji	vahvuus m
hiekka	0.80	hiekka	0.85
lieteturve	0.30	korpiturve [1]	0.50
korpiturve [1]	0.55	savi	—
savi	—		

Viemäri suuntautuu idästä länteen.

20/IV. Lumi oli jo jonkin verran sulanut. Maa oli kuitenkin yleensä lumen peitossa. Joki oli alkanut tulvia, vaikka olikin jään peittämä (kuva 39 a), joka oli halennut keskeltä ja kohonnut. Vettä oli jään päällä kummankin luiskan luona (kuva 130).

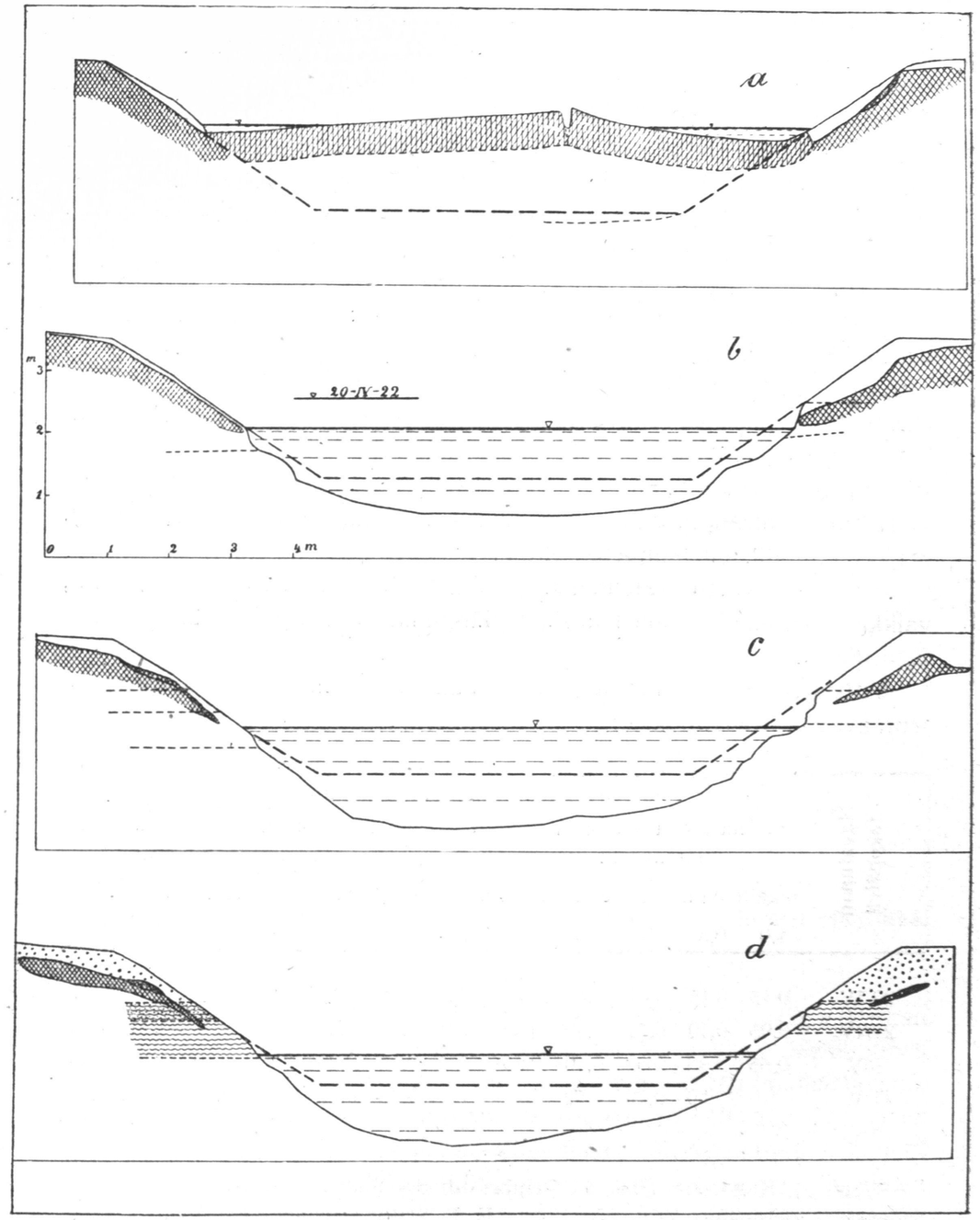
Ainoastaan luiskalta, joka kallistui etelään päin, oli lumi poissa ja maaroutakin jonkin verran sulanut (vert. kuva 39 a).

27/IV oli lumi melkein kokonaan sulanut pelloilta; vain aitojen vierillä ja varjopaikoissa oli sitä vähän. Jäät olivat Vaihinjoesta lähteneet 2 päivää aikaisemmin.

Roudan sulaminen oli edistynyt huomattavasti, etenkin oikealla luiskalla (39 b). Veden syövytyksen vaikutuksesta oli vedenpinta laskenut 0.45 m, osittain siihen oli vaikuttanut jäiden lähtö.

5/V. Lumi oli hävinnyt kokonaan maalta ja useista paikoin routakin.

[1] Sisältää paljaalla silmälläkin katsoen erittäin runsaasti hietaa, jonka vuoksi senkin olisi voinut lukea lieteturpeeksi.



Kuva 39.

Luiskilla oli roudan sulaminen jatkunut. Viemärin oikealla puolella noin 1.25 m luiskan yläreunasta ulompana ei löytynyt routaa. Lähinnä maanpintaa oli routa 0.45 m luiskan yläreunasta maalle päin (kuva 39 c). Roudan pinta oli hiukan loivempi kuin luiskan pinta. Kairalla puhkaistiin routa luiskan yläreunan kohdalla ja merkittiin alaosan korkeus 0.90 m alemmaksi 20/V punnittua luiskan yläreunaa. Vasemman puoleisella luiskalla oli sulaminen vielä hyvin vähäistä ja maarouta ulottui 4 à 5 m luiskan yläreunasta.

11/V. Muualla ei enää tavannut routaa kuin viemärin luiskilla. Oikealla luiskalla ei ollut muuta kuin 10 cm vahvalti neulasissa olevaa, haurasta maaroutaa, jonka helposti rautakairalla voi puhkaista. Roudan alareuna vastasi nyt 0.92 m alkuperäisen roudan vahvuutta, siis 2 cm enemmän kuin edellisellä kerralla merkitty roudan vahvuus. Routa näytti painuneen alaspäin, siis sama ilmiö, jonka KERÄNEN ja AUER sekä SIMOLA ovat tavanneet [1]. Vasemmalla puolella oli routa vielä laaja verrattuna oikeanpuoleisella luiskalla tavattuun routaan (kuva 39 d). Senkin pinnalla oli haurasta routaa.

16/V ei tavattu varsinaista routaa enää kummaltakaan puolelta, vaikka vasemmalla puolen luiskan yläreunan kohdalla oli jonkin verran jääneulasia.

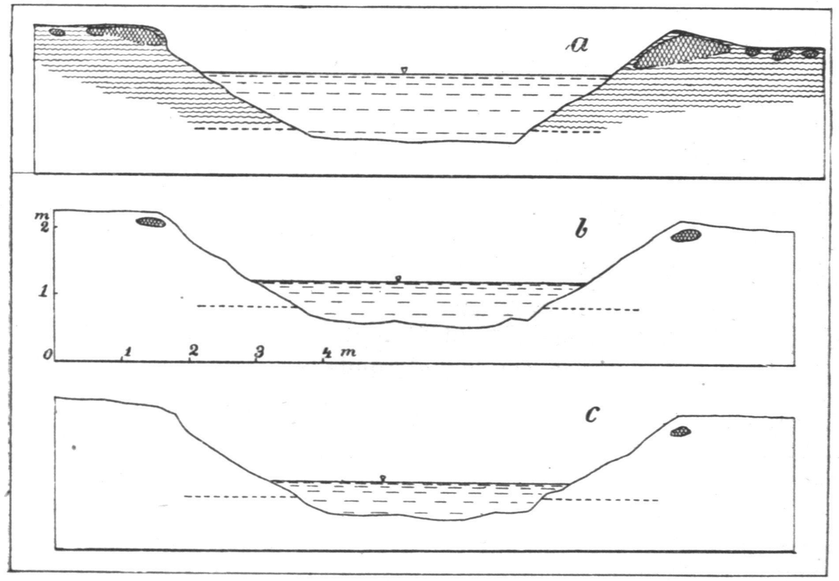
Yhteenvetona edellä olevista roudan sulamishavainnoista esitetään seuraavat mittaustulokset:

Havainnon-tekopäivä	Sulaneen maan vahvuus maanpinnasta lukien											
	Oikealla luiskalla m luiskan yläreunasta lukien						Vasemmalla luiskalla m luiskan yläreunasta lukien					
	maalle päin		viemäriin päin				maalle päin		viemäriin päin			
	1.0	0.5	0	0.6	1.0	1.5	1.0	0.5	0	0.5	1,0	1,5
20/IV	0.15	0.15	0.01	0.17	0.25	0.22	0.25	0.20	0.02	0.05	0.10	0.17
27/IV	0.05	0.10	0.32	0.46	0.36	0.20	0.05	0.05	0.10	0.07	0.06	0.05
5/V	0.55	0.35	0.52	0.50	0.35	—	0.12	0.20	0.27	0.20	0.10	0.15
11/V	—	0.60	0.70	0.62	—	—	0.25	0.32	0.42	0.25	0.20	0.26
16/V	—	—	—	—	—	—	—	—	0.45	—	—	—

[1] Vert. J. KERÄNEN, Über die Temperatur des Bodens und der Schneedecke in Sodankylä. Helsingfors 1920. Siv. 129. — E. F. SIMOLA: Huomioita viljellyn hieta-, savi- ja mutamaan kirren sulamisesta maanviljelystaloudellisella koelaitoksella vuosina 1922 ja 1923. Suomen Maanviljelystaloudellinen Koelaitos. Tieteell. Julkaisuja N:o 21 (1923). Siv. 8—9.

Taulukosta nähdään, miten routa on sulanut nopeimmin luiskan yläreunan kohdalla ja hitaimmin sen viemärin ja maan puolella. Tarkastamalla kummallakin luiskalla esiintynyttä sulamisnopeutta, huomataan, että oikealla eli etelään päin kallistuvalla luiskalla sulamisnopeus on ollut paljon suurempi kuin vasemmalla eli pohjoiseen päin kallistuvalla luiskalla.

2. Poikkileikkaus paalulla 19 + 60. Maan pinnan muodostaa tässä 1.5 m vahva korpiturvekerros. Turve on hyvin lahonnutta (10), sen alla on savi. Viemärin suunta on jotenkin pohjoisesta etelään.



Kuva 40.

20/IV oli viemäri samoin kuin maanpintakin lumen peitossa, joka kyllä oli jo paljon sulanut.

27/IV oli maanpinta lumesta vapaa.

Routaa oli viemärin molemmilla puolilla, n. metrin päässä luiskan yläreunasta oli sitä ainoastaan paikottain (vert. kuva 40 a). Siellä, missä nurmi ei peittänyt maanpintaa, olivat routapaikat selvästi huomattavissa. Ne nim. kohosivat muusta maanpinnasta ylöspäin 10—15 cm, muodostaen pyöreän kohokkeen. Nurmen kohdalla oli maanpinta tasaisempi, sillä mainittujen kohokkeiden välillä oli maanpinta noussut nurmen lujuuden tähden.

5/V tavattiin ainoastaan luiskien yläreunan kohdalla routaa (vert. kuva 40 b).

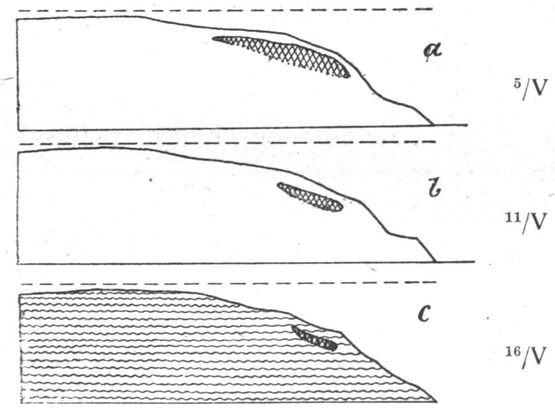
11/V tavattiin myös vain luiskien yläreunan kohdalla routaa, vaikkakin sitä oikealla puolella oli vain nimeksi (vert. kuva 40 c).

16/V ei tavattu enää routaa.

Yhteenvetona edellä olevista havainnoista esitetään seuraava taulukko valaisemaan roudan sulamisnopeutta turvemaalla:

Havainnon-tekopäivä	Sulaminen maanpinnasta lukien											
	Oikealla luiskalla m luiskan yläreunasta lukien						Vasemmalla luiskalla m luiskan yläreunasta lukien					
	maalle päin			viemäriin päin			maalle päin			viemäriin päin		
	1.4	1.0	0.5	0	0.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0	0.5	1.0
20/IV	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—	—	—
27/IV	0.04	—	0.04	0.04	—	—	0.03	—	0.04	0.05	0.05	—
5/V	—	—	—	0.10	—	—	(0.04)	—	—	0.16	—	—
11/V	—	—	—	0.10	—	—	—	—	—	0.16	—	—
16/V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Edellisistä luvuista nähdään, että sulaminen on ollut erittäin hidasta pinnalta käsin. Sen sijaan roudan alapuolella on varsinainen sulaminen tapahtunut, kuten kuva 40 osottaa. Viemärin seinämistä valui paljon vettä, mikä osotti, että veden liike maassa oli verraten runsas. Tämä selittää edellä olevan pohjamyötäisen sulamisen.



Kuva 41.
Paalulla 9.
Mittakaava 1: 83.

Poikkileikkaukset paaluilla 9 ja 10. Maa on kokonaan hyvin lahonnutta korpiturvetta (kuvat 41 ja 42).

27/IV oli yhtämittaista routaa luiskan yläreunasta 5 m edellisessä poikkileikkauksessa ja 4.5 m jälkimäisessä, jonka jälkeen oli pieni aukko. Aukon toisella puolen oli taas routaa. Sulaneen kerroksen vahvuus oli keskimäärin 0.05 m.

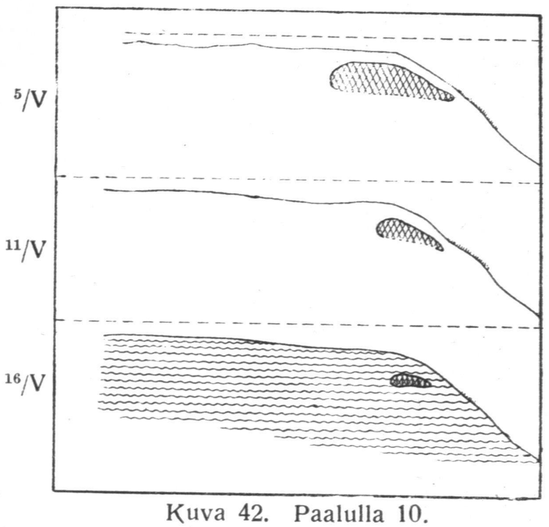
5/V oli routaa n. 1.50 m:n levyisenä kaistaleena luiskan yläreunan kohdalla.

5/V—11/V välisenä aikana oli routa sulanut molemmissa tapauksissa maanpuolelta tuntuvasti, sen sijaan hyvin vähän viemärin puolelta.

11/V—16/V välisenä aikana oli sulaminen tapahtunut samaan suuntaan, jonka vuoksi routaa esiintyi vain luiskalla sen yläreunassa viemäriin päin pienellä matkalla.

Alempana oleva taulukko osottaa roudan sulamista mainituissa tapauksissa.

Roudan sulaminen on tapahtunut, kuten piirrokset



Kuva 42. Paalulla 10.
Mittakaava 1 : 83.

Havainnon-tekopäivä	Sulaminen maanpinnasta lukien											
	Paalulla 9 luiskan yläreunasta lukien m						Paalulla 10 luiskan yläreunasta lukien m					
	maalle päin			viemäriin päin			maalle päin			viemäriin päin		
	2.0	1.0	0.5	0	0.5	1.0	2.0	1.0	0.5	0	0.5	1.0
27/IV	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
5/V	—	(0.05)	0.07	0.10	0.07	—	—	(0.12)	0.12	0.14	0.10	—
11/V	—	—	—	0.12	0.07	—	—	—	—	0.15	0.10	—
16/V	—	—	—	0.15	0.12	—	—	—	—	0.23	(0.10)	—
22/V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

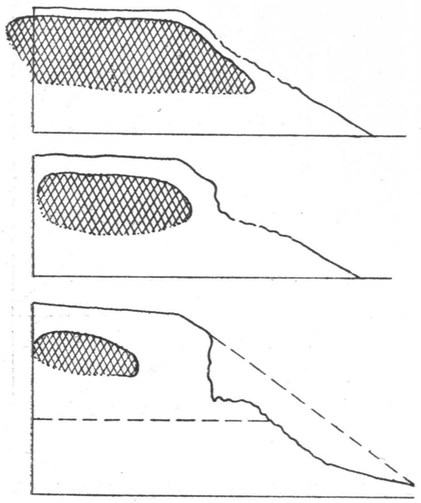
41 ja 42 sekä edellä olevat luvut osottavat, melkein yksinomaan maanpuolelta ja alapuolelta. Tämän on ilmeisesti vaikuttanut runsas pohjaveden virtailu maassa, mikä oli huomattavissa.

Poikkileikkaus paalulla 25. Maa on pinnasta lähtien savea. Nurmi on erittäin tiivis. Päivänpuoleinen luiska (kuva 43).

27/IV oli sulaa aivan vähän. Sulanut maa oli hyvin pehmeää.

27/IV—5/V päivien välisenä aikana oli sulaminen jatkunut pinnalla etenkin luiskalla, johon pehmeän maan valumisen johdosta oli syntynyt rappu.

5/V—11/V välisenä aikana oli sulaminen jatkunut päältä päin ja viemärin puolelta. Samalla oli luiskassa oleva rappu suurentunut tuntuvasti (kuva 131).



Kuva 43.
Mittakaava 1 : 83.

11/V—16/V välisellä ajalla oli routa hävinnyt kokonaan, samalla oli luiskalla oleva rappu suurentunut (vert. kuva 125).

Savimaassa tapahtuneesta sulamisesta voidaan siis sanoa, että sulaminen tapahtuu pinnalta käsin, ja viemärinpuoleinen roudan pää sulaa verraten nopeasti.

27/IV ja 5/V tehtiin havaintoja yökylmän aiheuttamasta roudasta maan pintakerroksissa. Sanottujen päivien vastaiset yöt olivat erittäin kylmät (lämpömittari osotti klo $^1/_2$6 edellisenä aamuna —6° C ja jälkimäisenä —4° C).

Luiskan pinnassa oli molempina aamuina osittain routaa, joka oli keskimäärin 5—7 cm vahva. Oli kuitenkin huomattava ero eri kohtien välillä. Hiekkamaassa oli 27/IV 3—7 cm vahva pintarouta. Siinä huomasi verraten selvät pystysuorat jääpuikot, joiden pituus oli 2—6 cm ja vahvuus 0.5—2 cm. Puikkojen päihin tarttunut maakerros oli 0.5—1.5 cm paksu. Rouste, joksi kansa kutsuu tällaista pintaroutaa, oli turveluiskilla muuten samanlainen, paitsi että jääpuikot olivat 5—8 cm korkeita. Niillä osilla luiskaa, joilla vettä valui viemäriin, ei ollut roustetta, vaan vesi oli paikoin jäätynyt, jos veden tulo oli ollut heikkoa, mutta jos veden valuminen oli voimakasta, ei minkäänlaista jäätä syntynyt.

Klo 10—11 välillä ap. suli rouste. Kun tarkastettiin erinäisiä paikkoja, joissa maanpinnan korkeus oli edellisenä iltana merkitty, huomattiin maan kohonneen hiekkaisella osalla n. 1 cm ja korpiturpeessa n. 1.5 cm.

Hiekkaluiskalla tavattiin 27/IV jotenkin yleisesti roustetta. 5/V oli sitä aivan vähän, mikä johtui maan kuivumisesta.

Turvemailla ei yleensä veden suuren valumisen vuoksi luiskia pitkin tavattu roustetta muuta kuin vähässä määrässä.

Rouste eli pintarouta on siis otettava huomioon vain maan ylimmän kerroksen kuohkeuttajana.

Nurmettuneilla paikoilla (tasaisella maalla ja toisen luonnonpuron seinämissä) ei tavattu roustetta.

Edellisten lisäksi tehtiin joitakin havaintoja roudan sulamisesta nurmipeitteisellä maalla puhdistamattoman joen rannalla, joka laskee Vaihinjokeen vähän ylempänä poikkileikkausta 7 + 60 (paalulla 8 + 70). Nurmen vahvuus oli 0.20 m, alla hietamulta. Roudan vahvuudeksi merkittiin 27/IV 0.25 m paikalla, joka vastasi luiskan yläreunaa; alempana oli routa ohuempaa; 5/V ei sitä enää tavattu.

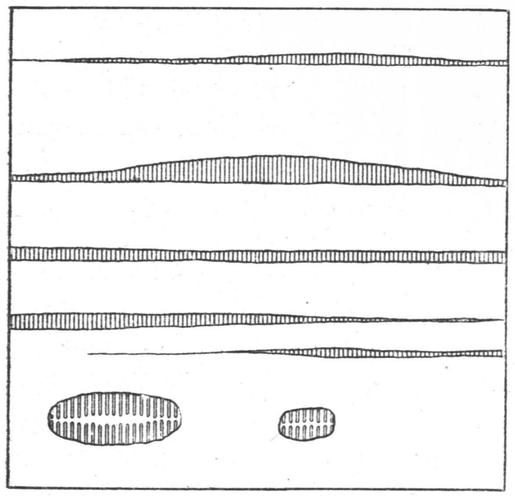
Nurmen vaikutusta roudan vahvuuteen tarkastettiin myös suolla. Paikka oli tasainen. Oli pieni ala paljasta turvemaata ja sen vierellä nurmellista. Nurmikohdalla suli routa keskimäärin puolitoista viikkoa aikaisemmin kuin paljaalla kohdalla, jolla se suli laidoilla ensin ja keskustassa viimeksi. Nurmikolla ei täälläkään tavattu pintaroutaa. Tämä nurmikon suojeleva vaikutus on yhtäpitävä m.m. BECQUERELin tutkimusten kanssa, joiden mukaan Pariisissa oli nurmikolla lähes 0.5 m vähemmän routaa kuin paljaalla maalla [1].

Vaihinjoella ei tavattu tavallisen roudan alapuolella olevia eri routakerroksia, joista KERÄNEN mielenkiintoisissa routatutkimuksissaan mainitsee [2].

Havainto routineen maan rakenteesta Mustialan pellolla 6/IV 23. Savimultaa, alla jäykkä savi. Erään lantakasan alla oli 0.50 m vahva routinut maakerros, jonka läpi täytyi kaivaa salaoja. Routineessa maassa huomasi kaksi osaa; nimittäin ylemmän, viiruisen ja alemman, jossa oli epäsäännöllisiä tummia kohtia. Lähempi tutkimus osotti, että ylemmässä osassa olevat, vaakasuorat viirut olivat hyvin löyhää jäätä. Vesi oli nim. jäätynyt pystysuoriin patsaihin tai neulasiin, jotka olivat aivan yhtä vahvoja ja yhtä tiheässä, yleensä alle 1 mm läpimittaisia ja pystysuorassa asennossa. Niiden korkeus vaihteli hyvin paljon. Saattoi tavata (kuva 44) viiruja, jotka olivat 5 à 8 mm korkeita, jopa alle 0.5 mm:kin. Viirujen etäisyys toisistaan vaihteli tuntuvasti. Oli paikkoja, joissa etäisyys oli 2 à 3 mm kohoten taas toisaalla 2 à 5 cm. Alemmassa roudan osassa tapasi pienempiä ja suurempia koloja, jotka olivat jääpuikkoja l. -sauvoja täynnä. Näiden sauvain asento oli kuten viirupatsaidenkin pystysuora (kuva 44). Alimmassa osassa routaa tapasi hyvin vähän koloja.

On luonnollista, että maassa, joka vielä edellisenä syksynä oli jää-

[1] J. HANN, Lehrbuch der Meteorologie. 3 Auflage. Leipzig 1915. Siv. 54.
[2] J. KERÄNEN, Über den Bodenfrost in Finnland. Suomen Valtion Meteorologisen Keskuslaitoksen toimituksia n:o 12 (1923). Siv. 29 ja 40—57.

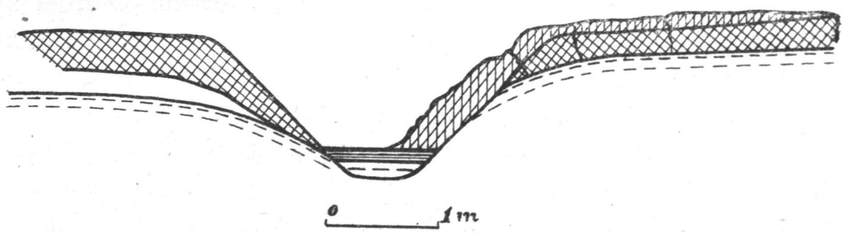


Kuva 44.

nyt kyntämättä, ei alkujaan ollut mitään viirullisuutta, vaan viirut syntyivät maan routiessa, jolloin vesi jäätyi puhtaana muodostaen jääkerroksia, jotka näyttivät tummilta viiruilta tai puristui koloihin, muodostaen niiden seinämiin vertikaalisia sauvoja. Kun jääkerrokset ja jääsauvat sulivat, valui vesi pois, joten maa tuli kuivemmaksi. Maahiukkasten ympäriltä poistuu siis maan routiessa vettä erityisiin kerroksiin[1], joista se useimmissa tapauksissa ei sulamisen perästä enää palaa maahiukkasten väliin.

Havainto jään synnystä viemärin luiskalle ja maanpinnalle. Porosuo Iisalmen pitäjässä (v. 1914). Maa on lahonnutta korpiturvetta n. 1.30 m vahvalti, alla savea. Viemäri on n. 1.50 m syvä. Läntisellä puolen laajat ojittamattomat suot.

Läntiselle luiskalle oli kasvanut n. 30 cm vahva jäätikkö. Luiskan ulkopuolelle ulottui se n. 3 m etäisyyteen. Tässä osassa oli jään vahvuus



Kuva 45.

[1] Vert. E. WOLLNY, Untersuchungen über den Einfluss des Frostes auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Forsch. a. d. Geb. der Agrikulturphysik. Bd. XX. Siv. 453. — A. MITSCHERLICH, Ein Beitrag zur Erforschung der Einwirkung des Frostes auf die physikalischen Bodeneigenschaften. Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung. 1902. Siv. 589. — HENRIK HESSELMANN, Studier öfver skogsväxt å mossar. Skogsföreningens Tidskrift 1907. Siv. 33.

n. 10 cm. Jäätikön alla oleva maa oli osittain roudassa (n. 20 cm), osittain sula (kuva 45).

Jäätikön pinta oli erittäin epätasainen. Siinä oli harjuja ja kumpuja, joissa oli eri-ikäistä ja eriväristäkin jäätä. Ylinnä oli paikoin vettä, jossa oli jäähilsettä. Tämän veden on täytynyt tunkeutua jään läpi. Jää siis kasvoi yläpinnaltaan, jonka vuoksi sitä voidaan nimittää ylänteeksi l. ylännejäätiköksi.

Syynä jäätikön syntyyn oli suurilta soilta valuva vesi.

Mitä jäätikkö luiskissa sai aikaan, sitä ei oltu tilaisuudessa tutkimaan. Niityille muodostuneet ylännejäätiköt tavallisesti »polttavat» nurmen kokonaan ja tiivistävät maan. Luultavasti tällainen vaikutus on myös ylännejäätiköllä viemärin seinämissäkin.

Edellä olevien havaintojen mukaan voi routa ilmetä viemärien luiskilla kolmessa muodossa: pintaroutana, maaroutana ja ylännejäätikkönä.

Pintarouta eli rouste esiintyy paljaalla maanpinnalla keväisin ja syksyisin yökylmien vaikutuksesta. Kasvipeitteisillä mailla se ei esiinny. Sen suurin havaittu vahvuus oli 8 cm.

Pintaroutaa tavataan vastakaivettujen viemärien luiskilla, mutta ei sanottavasti vanhempien.

Maarouta ilmenee vähitellen, kun lämpötila laskee alle ±0° C. Sen vahvuus vaihtelee suuresti. Luiskan yläreunan kohdalla on se vahvin ja vettä peittävän jään kohdalla ohuin. Pohjaveden liike viemäriin saattaa maaroutaa ohentaa tai kokonaan estää sen syntymisen, jolloin sijalle tulee ylännejäätikkö.

Maarouta sulaa yleensä maanpinnalta käsin. Roudan alapuolella ei normaalisissa oloissa tapahdu juuri yhtään sulamista. Viimeksi on jäätä luiskan yläreunan kohdalla. Pohjaveden virtaukset sulattavat jäätä alapuolelta ja maanpuolelta, jossa tapauksessa routaa on viimeiseksi luiskan yläreunan kohdalta lähtien viemärin puolella.

Eri maalajeissa on sekä roudan vahvuus että sulaminen erilainen. Hiekassa on vahvempi routa kuin muta- ja savimailla, mutta se sulaa myös nopeammin. Tämä johtuu muta- ja savimaan suuresta vesipitoisuu-

desta, josta syystä näissä maissa jäätyessä vapautuu ja sulaessa sitoutuu paljon enemmän lämpöä kuin vähävetisessä hiekassa [1].

Maaroutaa tavataan sekä uusien että vanhojen viemärien luiskissa, joskin se edellisissä on vahvempi kuin jälkimäisissä.

Ylännejäätiköt esiintyvät huonosti kuivatetuilla ja lähteisillä soilla, joissa veden tulo viemäriin on erikoisen runsas. Ylännejäätikkö muodostuu maanpinnalle.

Ylännejäätikköjä, jotka yleensä ovat harvinaisia, tavataan kaikenikäisissä viemäreissä.

2. Roudan sulamisesta johtuvat muutokset viemärin luiskilla.

Maan syksyllä routiessa on sen vesipitoisuus tavallisesti suuri ja lisäksi lumesta sulanut vesi tunkeutuu maahan, joten sulamisen tapahduttua maa on melkein kyllästetty vedellä.

Seuraavat havainnot vesipitoisuudesta ovat tehdyt Vaihinjoella v. 1922:

Paalu	Maalaji	Vesipitoisuus maanpinnalla paino % 10 cm vahvuisessa kerroksessa: heti roudan sulamisen jälkeen	10 cm vahvuisessa kerroksessa: 10 pv. roudan sulamisen jälkeen	5 cm vahvuisessa kerroksessa 10 päivää roudan sulamisen jälkeen
6 + 60	Hiekka	46.0	27.0	17.0
34 + 10	Savimulta ..	61.0	38.0	15.0
8 + 40	Turve	89.5	76.0	61.0

Kuten nähdään, on vesipitoisuus suurin juuri sulamisen jälkeen. Sen sijaan jo 10 päivää myöhemmin vesipitoisuus on pinnalla (5 cm kerros) paljon pienempi kuin alempana; jonkin verran alempana roudan pinnalla on kosteus jotenkin yhtäsuuri kuin maanpinnalla roudan sulamishetkellä. Yökylmien vaikutus viemärin luiskiin on siis roudan sulamisen alkuaikoina tuntuvampi kuin myöhemmin, jolloin maa on kuivempi (vert. kuv. 127—129).

[1] Vert. THEODOR HOMÉN, Om nattfroster. Helsingfors 1893. Siv. 63. — J. KERÄNEN, Über den Bodenfrost in Finnland j. n. e. Siv. 8.

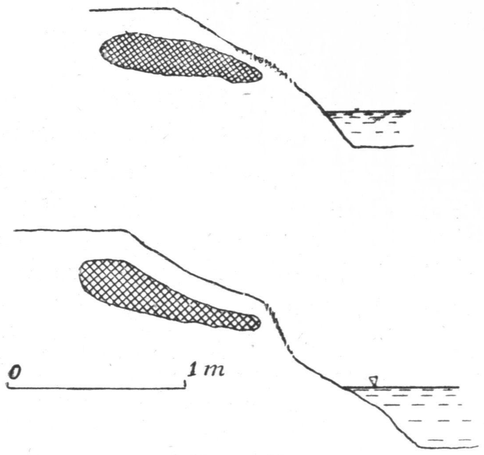
Jo maaroudan esiintymisestä puhuttaessa mainittiin roudan aiheuttamasta maan tilavuuden laajenemisesta. Tämä laajenemismahdollisuus on huomattava. Kohtisuoraan suuntaan tapahtuvaa laajenemista ei estä muu kuin painovoima ja sen suuruus on helposti todettavissa punnituksen avulla; sen huomaa myös tarkastamalla roudan viirullisuutta (siv. 149). Sen sijaan vaakasuoraan suuntaan tapahtuva laajeneminen on verraten vaikeasti määrättävissä, koska koko maanpinta liikkuu. Roudan vertikaalisuuntaisesta laajenemisesta luiskan yläreunan kohdalla poikkileikkauksissa 1 ja 2 antaa seuraava taulukko valaistusta [1].

Maalaji	Roudan vahvuus m	Maanpinnan korkeus luiskan yläreunan kohdalla m: roudassa	Maanpinnan korkeus luiskan yläreunan kohdalla m: sulamisen perästä	Maan laajeneminen routiessa: m	Maan laajeneminen routiessa: % roudan vahvuudesta
Hiekka ..	0.92	13.56	13.28	0.28	30.4
»	0.60	13.55	13.35	0.20	33.3
Turve ..	0.55	10.32	10.08	0.24	43.7
»	0.40	10.32	10.17	0.15	37.6

Todettu jotenkin suuri laajeneminen, lisättynä vielä luiskilla horisontaalisuuntaan tapahtuvalla laajenemisella, pienentää suuresti maan koossapysyväisyyttä. Luiskilla oleva ylimäinen, n. 10—30 cm vahva maakerros oli aivan löyhää ja pienenkin, syrjästä tulevan voiman vaikutuksesta siirtyvää. Tämä pehmentävä vaikutus oli kuitenkin korteturpeessa verraten pieni. Samoin ei esim. Silonevalla Parkanossa niittyvillasaraturpeessa ollut roudan pehmittämää irrallista kerrosta.

Eräällä kohdalla viemäriä luiskan keskiosassa oli omituinen kynnys, joka oli erittäin tuore. Siinä oli noin 10 cm syvällä maanpinnasta routa, joka sulaessaan piti luiskanpuoleisen turpeen aivan märkänä, koska

[1] Vaihinjoella keväällä 1922 tehtyjen punnituksien mukaan, joista ovat kuvat 39 ja 40. Roudan vahvuudeksi merkittiin se syvyys, missä routaa viimeiseksi tavattiin.



Kuva 46.
Kaksi routapaisuman leikkausta.

vesi valui siihen suuntaan. Kun turve oli roudan vaikutuksesta vielä tullut tavattoman löyhäksi, oli sen pinta suuren vesimäärän vaikutuksesta tullut rosoiseksi ja paisunut (kuva 46). Tällaista ilmiötä voitaisiin kutsua routapaisumaksi. Routapaisumia tavattiin hyvin lahonneissa turpeissa ja multamailla.

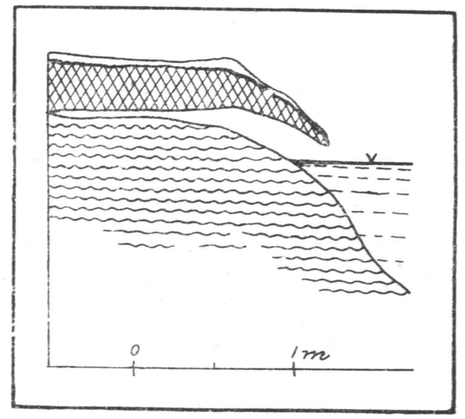
Luiskille roudan vaikutuksesta syntyneen irtonaisen maa-aineksen oli tulvavesi kuluttanut pois ja kulettanut mukanaan. Tulvaveden laskeuduttua oli luiskilla huomattavissa heti nurmenkengän alapuolelle syntynyt syvennys, joka osotti, kuinka paksulti tulva oli vienyt pehmeää maata luiskalta (kuvat 133 ja 136). — Paitsi routapaisumia tavattiin Nurmijoella pohjaveden aiheuttamia paisumia, joissa roudan irrottama maa siirtyi vähitellen viemäriin (kuva 145).

Savimaissa vastaavanlaisessa ilmiössä ei ole tarvittu edes tulvaa, vaan näyttää pohjavedenpaine riittäneen työntämään roudan irrottaman maa-aineksen viemäriin ja siten synnyttämään sanotunlaisen syvennyksen luiskalle. Etenkin savikkoisilla mailla huomataan tällaisia maansiirtymisilmiöitä. Sulamisaikana on luiska aivan löyhä ja niin veden täyttämä, että maa esiintyy enemmän nestemäisenä kuin kiinteänä aineena eikä pysy enää luiskan kaltevuudessa tasapainossa, vaan alkaa vajota alaspäin, synnyttäen syvennyksen. Jos veden tulo, olkoonpa se maan sisäistä tai pinnallista, on runsas, saattaa muodostua aina 0.50—0.70 m korkeita rintuuksia nurmenkengän alapuolelle (vert. esim. kuva 125).

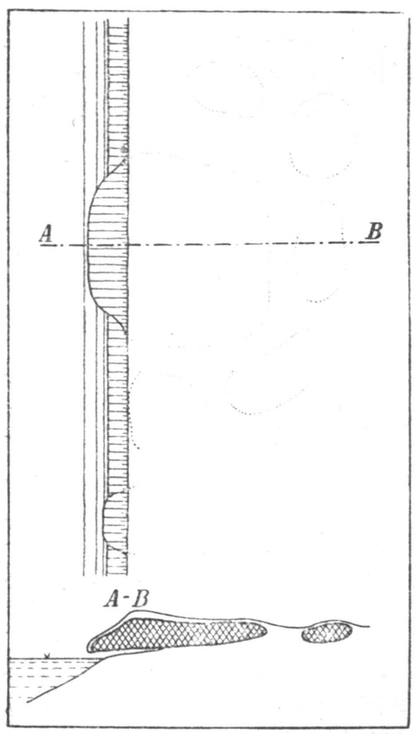
Tällaiset vaikutukset roudan pehmittämään luiskaan näyttävät olevan valtavat etenkin ensimäisenä keväänä kaivun jälkeen; vuotta myöhemmin eivät ilmiöt yleensä näytä muuttaneen luiskaa ollenkaan.

Eräillä luiskan osilla oli jo mainittu löyhä kerros kokonaan luisunut alaspäin. Silloin oli luisumispinta tavallisesti roudan alapinta, joka täydellisesti irtautui muusta maasta roudan horisonttaalisen laajenemisen vuoksi.

Maaroudan laajeneminen, varsinkin horisonttaalinen, aiheuttaa routaisen maan irtautumisen alla olevasta maasta ja työntää sen pitkälle viemäriin. Kuva 47 esittää yhden tällaisen n. s. räystäsmuodostuman. Routinut maa oli työntynyt viemäriin päin n. 0.20 m muodostaen 1.00 m pitkän räystään. Routa ei enää ollut maassa yhtenäisenä, vaan erillisinä möhkäleinä (saarina), kuten kartta osottaa. Maarouta oli räystään yläpuolelta sulanut keskimäärin 6 cm, mutta alapuolelta ei ollenkaan. Sulanut kerros kiersi räystään kärjen ympäri ja loppui siihen (kuva 47). Myöhemmin räystään sulaessa lohkeili sen kärki vähitellen veteen melkein aina luiskan yläreunaa myöten, jossa nurmi esti lohkeilemisen. Kun räystäs oli sulanut, oli nurmen alle muodostunut jyrkkä rappu. — Samanlaisen räystään mutta pitemmän (1.75 m) esittää vielä kuva 48. Maan sulamissuhteet räystään ala- ja yläpuolella ovat tässä tapauksessa jotenkin samat kuin edellisessäkin. — Toisinaan huomasi maanpinnalla n. 1.00 m etäisyydessä luiskan yläreunasta roudan halenneen viemärin suuntaan. Lähempi tarkastelu osotti, että halkeamisen oli aiheuttanut pitkä räystäsmuodostuma, jonka painon aiheuttamaa vääntöä ei maarouta kestänyt, vaan halkesi. Havainnot räystäsmuodostumista tehtiin 5/V 22. Seuraavalla kerralla (11/V 22) olivat ne kaikki sulaneet. Edellisellä kerralla havaituista 8 todellisesta räystäästä oli vain yksi huomattavissa luiskalla viimeksi mainittuna päivänä. Muut olivat hajonneet. Lohenneet räystäät (9 kpl.)



Kuva 48.



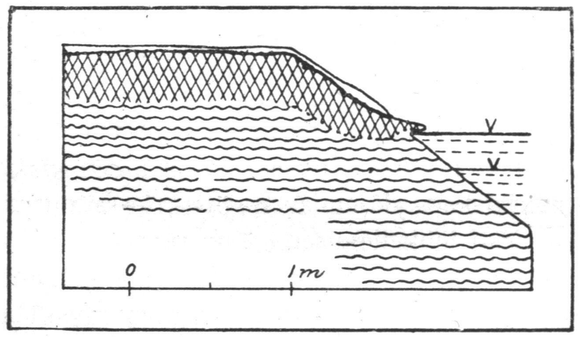
Kuva 47.
Mittakaava 1 : 100.

olivat kaikki jälellä luiskalla, vaikkakin aivan räystään kärki oli hajonnut.

Todelliset räystäsmuodostumat ovat siis vahingollisempia kuin lohenneet. Luultavaa on, että osa lohenneista räystäistä on ollut alkuaan todellisia, jotka ovat lohenneet ennenkuin sulaminen ehti murentaa ne jokeen.

Tässä esitettyjä räystäsmuodostumia tavattiin etupäässä päivänpuoleisella luiskalla, harvoin varjonpuoleisilla.

Varjonpuoleisella luiskalla tavattiin jonkinlaiset jääräystäät, jotka olivat roudan jatkona vähän vedenpinnan yläpuolella ja jotka olivat yökylmien aikana jäätyneet. Kuvasta 49 nähdään tällaisen jääräystään poikkileikkaus. Ylempänä luiskalla oli ohut sulanut maakerros, josta vesi valui roudan yläpintaa pitkin ja jäähtyi samalla. Kun sitten yöllä lämmön poissäteilyn kautta lämpötila laski jäätymispisteen alapuolelle, tapahtui jäätyminen ja muodostui jääräystäs, joka oli tavallisesti noin 5 cm ylempänä korkeinta tulvaveden pintaa. Veden laskeuduttua pysyi räystäs vielä jonkin aikaa (n. 3—7 päivää), ennenkuin se suli (vert. kuv. 49 ja 121).



Kuva 49.

Räystäsmuodostumia tavattiin vain turvemaalla.

Kuvat 138—143 esittävät uuden ilmiön, joka on luettava roudan vaikutukseksi. Kuten kuvista nähdään, on osa viemärin luiskaa työntynyt viemäriin. Tällaisia työntymiä tavattiin m. m. Vaihinjoella keväällä v. 1922 2 km matkalla 4 suurempaa ja 11 pienempää. Syynä on pidettävä maaroudan laajenemista. Kolmessa tapauksessa todettiin turpeen sisällä selvä kolo. Kolossa oleva jää kasvoi yläpuolelta tulleesta vedestä ja laajeni pakottaen viemärin seinämän työntymään viemäriin.

Vaihinjoella ja etenkin Numlahden erosiolaaksossa tehtyjen havaintojen mukaan vaikuttaa routiminen edistävästi murtumisien, vieremien ja murtumisluisumien esiintymiseen. Viimeksi mainitussa laaksossa keväällä v. 1923 heti roudan sulamisen jälkeen luisui tai vieri laakson yläosassa keskimäärin 2.0 m leveälti pinnalta maata laaksoon, samalla kuin luiska peittyi roudan murentamalla savimullalla. Tämän melkein kuutiomaisista rakeista muodostuneen mullan vahvuus vaihteli suuresti. Paikoin sitä oli 1.2 m, paikoin 0.2 à 0.3 m vahvalti. Tähän multaan oli ylhäältä maanpinnalta tuleva vesi piirrellyt kiemurtelevia vakoja (kuva 118). Murtumisluisumissa Numlahden laaksossa suurissa lohkareissa vierinyt maa näytti vähitellen roudan vaikutuksesta murenevan. Keväällä vv. 1922 ja 1923 ei tavattu laakson pohjapuolella aikaisempina vuosina vierineitä maakappaleita, vaan ainoastaan samana keväänä murtuneita möhkäleitä ja erittäin runsaasti rakeista (ryynistä) savea. Kesällä molempina vuosina paljastui erosion vaikutuksesta laakson pohjalle aikaisempina vuosina vierineitä suuriakin maamöhkäleitä, joihin ei pakkanen ollut vaikuttanut. Näin siis routa välillisesti auttaa erosion toimintaa.

Turvemailla huomattava viemärin pintaleveyden kapeneminen johtuu roudan horisonttaalisesta laajenemisesta. Iisalmella Porosuolla olivat ojat, jotka johtivat suureen viemäriin ja joiden ikä oli n. 10 vuotta, supistuneet pinnaltaan erittäin tuntuvasti, jota vastoin pohja oli jotenkin yhtä leveä kuin alkuaan (0.25 m). Isoissa viemäreissä on huomattavissa sama ilmiö, joka esiintyy muodostamalla räystäitä ja valeräystäitä.

Roudan murentavasta vaikutuksesta antaa lisäksi kuva 144 hyvän käsityksen. Siitä nähdään, miten repeytymisriutuus, joka edellisenä syksynä oli 1.6 m korkea ja aivan pystysuora (kuva 84), oli roudan sulamisen jälkeen osittain hävinnyt. Pystysuora seinämä oli pieninä murusina vierinyt alas ja muodosti keväällä luiskan, jonka kaltevuus oli jotenkin tarkalleen 1 : 1. Koko 1.6 m syvä rako oli madaltunut alle 0.8 m syvyiseksi loivareunaiseksi syvänteeksi.

Yhteenvetona routimisen vaikutuksesta viemärin seinämiin voidaan mainita:

Roudan aiheuttamat vaikutukset viemärin luiskiin ovat monenlaiset, riippuen niistä lukuisista tekijöistä, jotka esiintyvät roudan syntymisessä ja sulamisessa. Voidaan kumminkin erottaa seuraavat tärkeimmät eri vaikutusmuodot:

1. Luiskain pehmeneminen ja mureneminen
2. Räystäsmuodostumat
3. Työntymät
4. Roudan vaikutus tukkeutumis- ja syöpymisilmiöihin

Pinta- ja maarouta pehmittävät viemärien luiskia tuntuvasti heti kaivun jälkeisinä vuosina. Vaikutus on suurempi hyvin lahonneissa turvemaissa ja mineraalimaissa, mutta verraten heikko kuituisessa turvemaassa (korte- ja niittyvillaturpeissa).

Roudan aiheuttama maan laajeneminen ylös- ja sivuillepäin saattaa mahdolliseksi luiskia särkevät ilmiöt, kuten räystäsmuodostumat.

Jään kasvaminen turvekerroksen sisällä aiheuttaa työntymisilmiön.

Roudan vaikutus murtumiin, vieremiin ja murtumisluisumiin on tuntuva. Routa lisää syövytysilmiöiden vaikutusta viemäriin, paitsi edellä mainittujen murtumis- ja repeytymisilmiöitten kautta, synnyttämällä irrallisen, erittäin löyhän maakerroksen, joka voi jo pienenkin vesivirran vaikutuksesta vieriä viemäriin.

III. Karjan vaikutus.

Kulkiessaan viemärien ja ojien reunoilla muodostaa karja polkuja, jotka erilaisissa olosuhteissa lisäävät tai oikeammin jouduttavat viemärien ja ojien tukkeutumista ja edistävät syövytysilmiöitä.

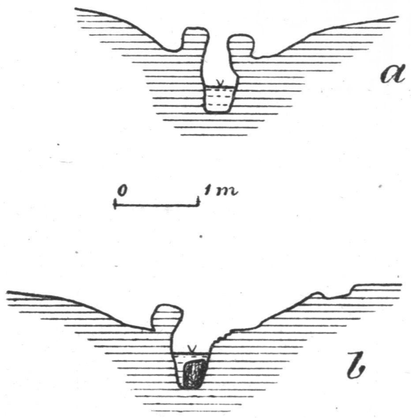
Karjan laidunmailla on ristiin rastiin polkuja, toiset ovat suurempia, siis runsasliikkeisimpiä, toiset aivan vähäisiä, siis tilapäisiä. Jos laidun käsittää suuren alan, jossa etenkin kosteussuhteet vaihtelevat, huomataan helposti, ettei kosteimmilla mailla ole niin runsaasti polkuja kuin kuivilla. Etenkin paikoissa, missä kangastaival yhdistää toisiinsa laajat soiden erottamat kankaat, on runsaasti ja vahvoja polkuja.

Ojituksen kautta tulevat useimmissa tapauksissa viemärien reunat kuiviksi. Ainoastaan siellä, missä pohjaveden tulo on runsas, on maaperä viemärin reunalla kostea pohjaveden korkeuden tähden. Nämä paikat ovat kuitenkin harvalukuisia. Viemärien reunat tarjoavat eläimille sangen sopivan kulkupaikan. Ja poikkeuksetta ovatkin ojitetuilla soilla kaikki polut viemärien ja muitten ojien reunamilla, joista ne sitten haarautuvat syrjäpaikoille, missä heinää on enemmän.

Seuraavassa esitetään muutamia havaintoja karjapolkujen viemäreille aiheuttamista vahingoista:

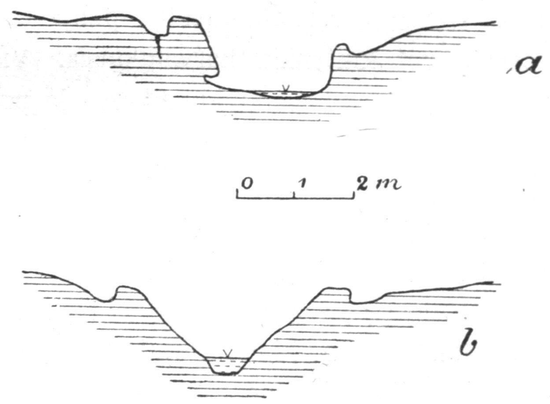
1. Mustalamminneva Nerkoon hoitoalueella. Pinta-alaltaan se on 40 ha. Siinä on viemärejä n. 3 km ja niskaojia n. 0.8 km. Neva käsittää etupäässä korpia ja rämeitä, joilla paikoin on tiheä mäntymetsä. Turve on enimmäkseen saraa. Etenkin eteläisessä osassa, jossa karjan polut erityisesti viemärin kunnossapysymiseen nähden kiinnittävät huomiota, oli turpeen lahoamisaste korkea (8—9); pohjois-osassa se oli alhainen (4). Kosteus oli yleensä koko alueella verraten korkea. Nevalla oli 280 m pituudelta viemäriä, joiden varsilla karjapolut olivat erittäin tuntuvasti viemärien kuntoon vaikuttaneet. Tällä

matkalla oli yleensä yksi polku kummallakin puolella viemäriä. Polun ja viemärin välillä oli n. 0.25 m leveä ja samoin n. 0.25 m korkea maaharja, joka yleensä oli taipunut viemäriin päin. Tämä taipuminen johtui polun hiljalleen siirtymisestä samaan suuntaan. Polun siirtymisen näytti aiheuttaneen se, että viemärin puolella ei ollut niin suurta vastusta kuin maan puolella karjan kulun aikaan saamaa painoa vastaan. Vastuksen pienuuden osottivat myös polun pinnan viemäriin suuntautuva kaltevuus sekä polulla olevan irrallisen, melkein vellimäisen maan vahvuusvaihtelut. Polun reunojen kaltevuusero oli keskimäärin 6 cm. Löyhän maakerroksen vahvuus oli viemärin puolella keskimäärin 15 cm ja toisella puolen 10 cm. Lisäksi oli polun ja viemärin välisen harjan muodostama kulma paljon terävämpi kuin polun vastakkaisella puolella oleva maanpinnan kulma, mikä myös osotti polun liikettä viemäriin päin (kuva 50 a). Lopuksi kun polku vuosien kuluessa oli täten siirtynyt viemäriin päin, lohkesi sen ja viemärin välinen turveharja ja putosi viemäriin aiheuttaen viemärissä tukkeutumisen, sillä vedennopeus puheenaolevalla kohdalla oli hyvin pieni (kuva 50 b). Tässä tapauksessa oli turpeen kuluminen polun pinnalla ollut verraten nopea, viemäri nim. oli vain 8 vuotta vanha.



Kuva 50.

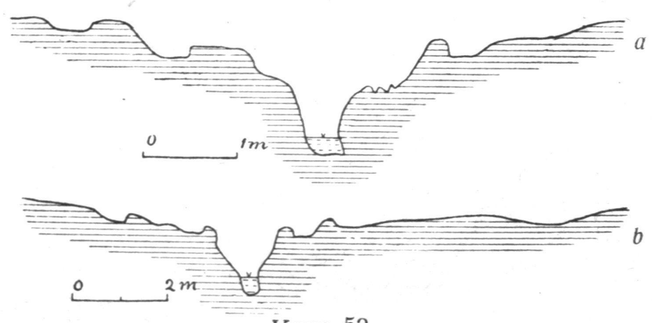
2. Äijänneva Virtain pitäjässä. Karjapolkuja tavataan kaikkialla viemärin varsilla tällä n. 900 ha laajalla suolla. Sillä alueella, missä polkujen aiheuttamat vahingot esiintyvät viemärien seinämissä, on turpeen laatu yleensä saraa. Ainoastaan pääkanavan pohjoisosassa, jossa polkujen aiheuttama vahinko on tuntuva,



Kuva 51.

on saraturpeen seassa hiukan *Sphagnum*-turvetta. Lahoamisaste vaihtelee 6—8. Seuraavassa esitetään muutamia tyypillisimpiä tapauksia Äijännevan kanavien varsilta.

Kuva 51 a esittää yleistä poikkileikkausmuotoa pääkanavan keskiosasta. Turve on saraa, jonkin verran *Sphagnum*ia, lahoamisasteeltaan 7. Polut ovat kummallakin puolen viemäriä syvät ja etenkin vasemmalla puolen hyvin syvät. Polut ovat, kuten poikkileikkaus osottaa, kaltevat viemäriin päin. Polun kulumista ja siirtymistä viemäriin päin edisti turpeen verraten suuri kosteus, jonka tähden turve ei kannattanut eläinten painoa, vaan upotti. Pakkasella näyttää myös olevan vaikuttava tekijä polkujen kehityksessä. Routiessa maa laajenee sekä ylös- että sivulle viemäriin päin, josta syystä maan koossapysyminen pienenee, helpottaen polun kulumista ja harjan korkenemista. Pakkasen ja vuosien syyksi onkin pantava polun keskellä tavattu halkeama (kuva 51 a).



Kuva 52.

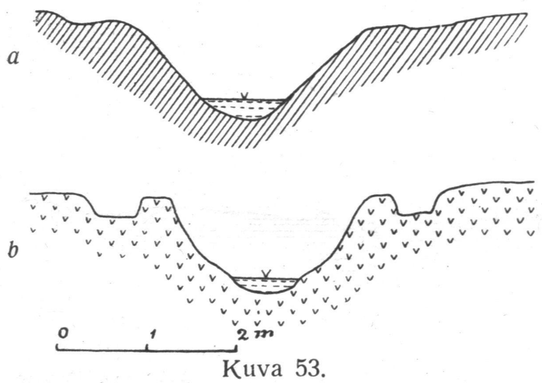
Pullistumishavaintojen yhteydessä tavattiin kaksi tapausta, havainnot 17 ja 25, joissa polut olivat aiheuttaneet viemärin luiskalle omituisen työntymän, joka osittain oli jo lohennut viemäriin (kuvat 31 n:o 17 ja n:o 25).

Kuva 51 b esittää yleisen tapauksen erään sivuviemärin varrelta, jossa turve ei ollut erityisen kosteaa. Kuitenkin on tässäkin havaittavissa polun kuluminen ja siirtyminen viemäriin päin, mikä liike ei näytä olevan niin nopea kuin edellisessä tapauksessa.

Kuvat 52 a ja b esittävät Äijännevan pääkanavan pohjoisosasta yleisiä poikkileikkausmuotoja. Niistä havaitaan, että täällä on ainakin kaksi, joskus kolmekin polkua kummallakin puolen kanavaa. Paikoin on laitimainen polku aiheuttanut polun ja viemärin välisen osan lohkeamisen. Yleensä polut olivat kuten aikaisemmissa tapauksissa kuluneet enemmän viemärin puolelta kuin maan puolelta, ja siirtyminen viemäriin on ollut erittäin huomattava.

Kuva 53 a esittää Äijännevalta yleistä tapausta, jossa nähdään, miten polut ovat hyvin matalat. Tässä tapauksessa on turve jotenkin kuivaa, joten sen kantokyky on suuri ja siksi myös polun kulumiren vähäinen.

3. Isosuojakso Pöytyän pitäjässä. Turve tarkastetulla (kuva 53 b) alueella on *Sphagnum*ia, lahoamisasteeltaan 2. Suo on runsaasti kanervaa kasvavaa rahkarämettä. Viemärin syvyys on: 1.10 m ja leveys 2.20 m. Sen luiskat ovat aivan paljaat. Viemärin ikä 7 vuotta. Polut viemärin kahden puolen ovat erikoisen syvät (0.20—0.35 m). *Sphagnum*-turve on puheenaolevassa tapauksessa verraten löyhää, ja astunnan aiheuttamasta liikkeestä irtautui sammal polulla kokonaan alustasta, jonka jälkeen tuulikin voi sen kulettaa pois. Luultavasti polkujen syvenemisessä tässä tapauksessa olikin tuulella suuri ansio. Turpeen lahoamisaste polun kosketamassa osassa ei ollut muuttunut. Viemärin pituus, jossa polut olivat syvät *Sphagnum*-turpeessa, oli Isosuojaksolla 350 m (kuvat 53 b ja 106).



Kuva 53.

Paitsi polkuja on karja viemärien yli kulkiessaan aiheuttanut viemärin mataloitumista, josta on ollut seurauksena veden patoutuminen. Tällaisia ylikulkupaikkoja on Isosuojaksolla erittäin lukuisasti (merkittiin muistiin 11 tapausta).

4. Koiraneva Oulaisten pitäjässä. Tutkitulla alueella muodostaa maaperän saraturve, jonka lahoamisaste vaihtelee 6—10 ollen alempana lahonneempaa kuin pinnalla.

Viemäri, jonka varrella erittäin runsaasti on polkuja, on 650 m pitkä. Polut ovat 0.4—0.5 m syviä. Niitä saattaa olla 4 à 5 rinnakkain viemärin molemmilla puolin. Paikoin ovat ne, kuten edellisissäkin tapauksissa, aiheuttaneet viemäriin päin siirtyessään turpeen murtumisen polun ja viemärin välillä, jolloin viemäri on tukkeutunut melkein kokonaan. Sen lisäksi on karja kulkiessaan viemärin yli useissa paikoissa sorruttanut maata viemäriin ja siten mataloittanut sitä (vert. kuva 152).

Seuraavassa esitetään muutamia profiileja turpeen lahoamisasteesta polulla ja sen vieressä olevassa harjassa sekä 5 m etäisyydessä viemäristä:

Paikka	Syvyys maanpinnasta	Lahoamisaste	Turve
polku	m		
	0	10	ei voitu määrätä
	0.10	10	»
	0.20	9	saraa (epävarmaa)
	0.30	9	»
	0.40	8	»
	0.60	5	»
	0.90	5	»
polun ja ojan välinen pintamätäs, jonka korkeus polun pinnasta 0.25 cm	0	6	»
	0.10	8	»
	0.20	9	» (epävarmaa)
	0.30	10	ei voitu määrätä
	0.40	10	»
	0.50	8	saraa
	0.70	7	»
	1.00	5	»
5 m viemäristä (65 cm polun pintaa ylempänä)	0	9	ei voitu määrätä
	0.10	9	»
	0.20	8	saraa
	0.30	8	»
	0.40	7	»
	0.50	5	»

Yhteenvetona edellä olevista havainnoista voidaan esittää:

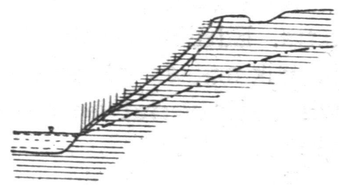
Kulkiessaan ojitetuilla soilla synnyttää karja runsaasti polkuja viemärien ja muiden ojien varsille. Jos turve on kosteata, voivat polut, etenkin saraturpeessa, kehittyä hyvin syviksi ja polun ja viemärin välinen harja vierii lopuksi

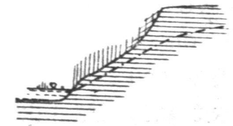
viemäriin ja tukkii sen. Kuivilla soilla ei karjapoluista aiheudu mitään vaurioita viemäreille. Polut jouduttavat turpeen lahoamista.

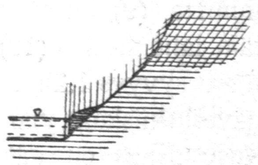
Karjan juotto- ja ylikulkupaikoissa aiheutuu tuntuvaa tukkeutumista viemäreissä.

IV. Kasvillisuuden vaikutus.

Viemärin luiskalla — vesirajan yläpuolella — luulisi kasvien yleensä voivan kehittyä vallan vapaasti. Mutta niin ei asianlaita kuitenkaan ole. Monet seikat ovat siinäkin rajottamassa kasvien elämän mahdollisuuksia. Pääetuna on se, että viemärin luiskien kasvillisuuden kehitystä ei ihminen sanottavasti häiritse; ainoastaan puiden ja pensaiden ei yleensä sallita viemärin seinämillä kasvaa.







Kuvat 54, 55 ja 56.

Kun tarkastaa viemärin seinämien kasvillisuutta, näyttää se aluksi sangen hajanaiselta. Mutta jo vähän ajan perästä alkaa erottaa eri kasviryhmiä ja -yhdyskuntia, jotka eri viemäreissä ovat melkein samanlaiset, samalla paikalla, samanlaisessa turpeessa j. n. e.

Seuraavassa esitetään muutamia havaintoja kasvien ryhmittymisestä viemärien seinämissä:

1. Äijänneva Virtain pitäjässä (kuva 54). Turpeen laatu luiskalla maanpinnasta lukien on seuraava: 1.1 m vahvalti verraten lahonnutta (8) sara-(*Sphagnum*-)turvetta. Tätä seuraa hyvin lahonnut (9) sara-(*Sphagnum*-)turve. Viemärin suuruus tällä kohdalla on seuraava: syvyys 1.5 m, pohjaleveys 0.5 m ja luiskien kaltevuus 1 : 1. Vettä viemärissä on n. 0.25 m vahvalti. Veden rajasta luiskan yläreunaan asti ulottuu erittäin kuiva ja halkeillut turvekerros, joka veden rajan luona on verraten ohut. Pohjavesi luiskan yläreunan kohdalla on 0.65 m syvällä.

Kasvillisuus luiskalla on seuraava: aivan ylhäällä kasvaa runsaasti jäkälää, joka vähitellen vähenee alaspäin ja loppuu noin 0.3 m yläpuolella vedenpinnan. Jäkälän seassa siellä täällä kasvaa joku heinäkasvi (*Aira* y. m.). Alempana lisääntyy heinäkasvillisuuden runsaus, ja aivan veden rajassa vaihtuu se verraten rehevään sarakasvillisuuteen. Vedessä kasvaa harvanpuoleisesti saraa. Luiskilla kasvaa lisäksi koivua, vaivaiskoivua ja mäntyä (kuva 146).

2. Äijänneva Virtain pitäjässä (kuva 55). Turve on kauttaaltaan hyvin lahonnutta (9) saraa, seassa jonkin verran puun jätteitä. Luiskan yläosa, noin 0.4 m syvyydeltä, on kuivunut, kuten edellisessäkin tapauksessa. Viemärin syvyys on 1.2 m ja pohjaleveys 0.4 m sekä luiskan kaltevuus 1 : 0.8. Pohjavesi on tässä tapauksessa luiskan yläreunan kohdalla 0.4 m syvässä ja lähenee luiskaa sen keskiosassa ollen siitä vain 0.1 m etäisyydellä.

Kasvillisuus, mikä peittää luiskan, on pääasiallisesti saraa ja kortetta. Edellinen esiintyy myös vedessä, mutta etenkin alaosassa luiskaa, ja jälkimäinen pääasiallisesti vedessä. Luiskan yläosassa on heinäkasvillisuutta verraten runsaasti, joskin aivan yläosassa on jäkälää jotenkin yhtä paljon.

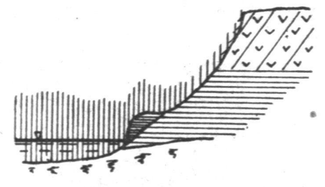
Paikoin on puukasvillisuus runsas. Etenkin kankaitten vierillä kulkevien viemärien luiskilla on rehevä 14—16-vuotinen männikkö, joka paikoin on melkein mahdoton läpikulkea.

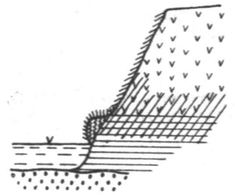
3. Savonneva Pulkkilan pitäjässä (kuva 56). Turvekerrokset ylhäältä lukien ovat seuraavat: 0.6 m vahvalti niittyvilla- ja saraturvetta, joka on jonkin verran lahonnutta (4); tämän alla on hyvin lahonnutta (9) saraturvetta, joka vedenpinnan korkeudella muuttuu erittäin lahonneeksi (10) korpiturpeeksi. Viemärin suuruus tässä tapauksessa on: syvyys 1.2 m, pohjaleveys on 0.7 m ja luiskan kaltevuus 1 : 1.2. Pohjavesi luiskan yläreunan kohdalla on 0.6 m syvällä.

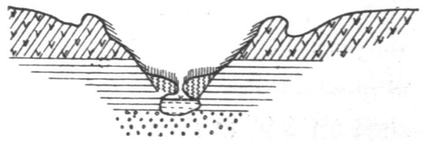
Kasvillisuus on päällimäisen turvekerroksen kohdalla pääasiallisesti jäkälää, seassa joku kuivuutta rakastava heinälaji (*Aira*, *Agrostis* y. m.), lahonneen saraturpeen kohdalla on rehevää heinää ja saraa. Veden rajaan on osittain runsaan kasvillisuuden, osittain veden tuoman lietteen vaikutuksesta kasvanut palte, jonkinlainen pullistuma, joka on hyvin lahonnutta lieteturvetta. Vedessä on verraten runsaasti saraa ja ruohokasvillisuutta. — Puukasvillisuutena on pääasiallisesti paju, muodostaen täydellisiä »metsiköitä», jotka estävät kokonaan kulun viemärin partaalla. Suon keskiosassa on viemärin luiskilla ja äyräillä erittäin rehevä koivuvesakko.

4. Niepsaaren puro Sippolan pitäjässä (kuva 57). Päällimäinen 0.6 m vahva turvekerros on verraten lahonnutta (8) *Sphagnum*ia, jossa tavataan jonkin verran niittyvillaa. Tämän kerroksen alla on 0.6 m vahvalti sara- ja korteturvetta, jotka ovat hyvin lahonneita. Tämän alla on savi. Viemäri, joka on luonnonpuro, on pinnalta n. 2 à 5 m leveä ja n. 1.2 m syvä.

Kasvillisuus on päällimäisen turvekerroksen kohdalla verraten köyhää, käsittäen pääasiassa saraa ja jäkälää. Alempana, jossa turve muuttuu paremmaksi, on sara- ja heinäkasvillisuus rehevää. Aivan veden rajassa on kasvillisuus, joka käsittää saraa ja heinää, hyvin rehevä. Vedessä kasvaa erittäin runsaasti kortetta. Tämän lisäksi tavataan paikoin sarpiota (*Alisma*), palpakkoa (*Sparganium*) ja vitaa (*Potamogeton*). Samoinkuin edellisessä tapauksessa on viemärin luiskille vedenpinnan korkeudelle kasvanut pullistuma, joka on lieteturvetta. Pullistumalla kasvaa runsas sarakasvillisuus. — Pajukkoa kasvaa paikoin runsaasti.







Kuvat 57, 58 ja 59.

Kasvillisuus on tukkinut viemärin, niin että vesi ei näyttänyt virtaavan ollenkaan.

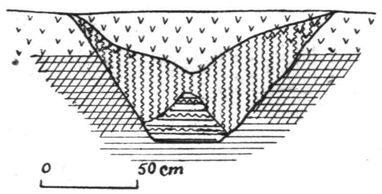
5. Korteneva Kaustisen pitäjässä (kuva 58). Turvekerros pinnalla on ruskean harmaata, jotenkin lahoamatonta (2) *Sphagnum*ia (0.7 m), sen alla yhtä lahoa niittyvillaturvetta (0.2 m). Tämän kerroksen alla on 0.3 m vahvuinen kerros verraten lahonnutta (7) saraniittyvillaturvetta. Alimaisena on hyvin lahonnutta (9) saraturvetta, vahvuudeltaan 0.3 m. Pohjamaana on hiekka. Viemäriojan syvyys on 1.5 m, pohjaleveys 1 m ja luiskan kaltevuus 1 : 0.9.

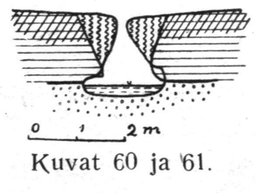
Kasvillisuus viemärin seinämillä on erittäin köyhää. Kahden ylimmän turvekerroksen kohdalla kasvaa vain jäkälää. Saraniittyvillaturpeen kohdalla kasvaa sen sijaan karhunsammalta, joka samalla kohdalla seinää on kasvattanut lietteen avustamana pullistuman. Vedessä ei ole kasvillisuutta ollenkaan.

6. Parkanon metsäojitukset (kuva 59). Maanlaatu on

seuraava: 0.4 m vahvuinen kerros pinnalla on niittyvilla-*Sphagnum*-sekaista turvetta, jonka lahoamisaste on alhainen (4). Tämän kerroksen alla on 0.5 m vahvuinen saraturvekerros, jonka lahoamisaste on keskinkertainen (6). Saraturpeen alla on pohjamaana hiekka. Viemäri ulottuu hiekkaan asti, mutta sen kaltevuussuhteet ovat sellaiset, ettei vesi syövytä hiekkaa ollenkaan.

Ylimmän kerroksen kohdalla kasvaa etupäässä jäkälää. Saraturpeen kohdalla alkaa karhunsammal kasvaa, ja muodostaa se erittäin rehevän reunustan kahden puolen vesiväylää. Tämä reunusta ulottuu viemäriin niin pitkälle, että reunustain väliin jää ainoastaan 5 cm ja toisin paikoin vieläkin kapeampi aukko. Karhunsammal on nimittäin, kuten kuva 59 osottaa, vähitellen kasvattanut turvetta luiskalle. Näiden reunustain alle on jäänyt veden kulkua varten n. 0.4 m leveä ja 0.2 m syvä vesiuoma.





Kuvat 60 ja 61.

7. Parkanon metsäojitukset. Maakerrokset maanpinnalta lukien ovat seuraavat: Verraten lahonnutta (7) karhunsammalta 0.2 m, jotenkin hyvin lahonnutta (8) korpiturvetta 0.6 m ja hiekkaa. Viimeksi mainittua on vesi jossakin määrässä syövyttänyt. Korpiturpeen ylimmässä osassa havaitaan hiukan niittyvillaa. Vedennopeus viemärissä on 0.95 m/sek:ssa.

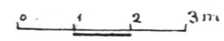
Karhunsammaleen kasvu on muuttanut viemärin poikkileikkauksen, kuten kuva 61 osottaa, aivan kokonaan. Karhunsammal, muodostaen turvetta molemmille luiskille, on kasvanut aivan maanpinnan tasalle asti. Paikoin ulottuvat luiskille kasvaneet karhunsammalpalteet maanpinnan tasalla aivan kiinni toisiinsa, joten viemäri on kokonaan ummessa. Toisin paikoin taas on karhunsammalreunustain välillä 0.10—0.15 m suuruinen aukko. Nämä reunustat ovat, kuten piirros osottaa, kolmiomaisia. Vesiväylä näiden reunustain alla on myös kolmiomainen, niin että vesiväylän leveys on 1.60 m, joka sitten kapenee ylöspäin tullessa. Tulvan aikaan ei vesi näytä läheskään mahtuneen kulkemaan puheenaolevasta viemäristä, koska viemärin toisella puolen olevalla suoviljelyksellä näkyi tulvaveden tuomaa hietaa ja lietettä erittäin runsaasti.

8. Piipsanneva Haapaveden pitäjässä (kuva 60).

Ojan vieressä olevan turpeen laatu on maanpinnalta lukien seuraava: pinnalla 0.2 m vahvalti jotenkin lahoamatonta (1) vetistä valkosammalta. Tämän alla on 0.4 m vahvuinen saraniittyvillaturvekerros, jonka lahoamisaste on 7. Sitä seuraa saraturve, jonka lahoamisaste on 8.

Viemäri on kokonaan tukkeutunut. Ainoastaan vetisempi ja vihreämpi *Sphagnum*-sammal osottaa viemärin entisen paikan. Piirros 60 osottaa lähemmin eri turvekerrokset viemärissä. Alhaalla on sarakarhunsammalturvetta jonkin verran. Sen peittää karhunsammalturve, joka ulottuu maanpintaan asti molemmilla luiskilla, vaikkakin maanpinnan läheiset osat ovat runsaasti *Sphagnum*-sekaisia. Tämän kerroksen päällä on *Sphagnum*-turvetta, joka on verraten lahoamatonta ja erityisen löyhää.







Kuvat 62 ja 63.

9. Lauhasuo Huittisten pitäjässä. Turve kauttaaltaan *Sphagnum*-(niittyvilla-)turvetta, lahoamisaste alhainen (4). Viemäri on vettä melkein täynnä, jonka vuoksi suon kosteusaste on verraten korkea.

Kasvillisuutena vedenpinnan ylä-
puolella on joku sara siellä täällä ja
niittyvilla, joka muodostaa mättäitä; etenkin viimeksi mainittua on verraten runsaasti sekä luonnollisesti valkosammalta. Vedessä kasvaa pintamyötäisesti valkosammalta, joka alaosasta putoilee viemärin pohjaan muodostaen sinne löyhää, ruskeanharmaata mutaa. Viemäri on aivan tukossa (kuvat 62 ja 63). — Viemärit ovat tukkeutuneet jotenkin samalla tavalla n. 1,000 ha alalla.

10. Vasikkahaan kuivatusalue Ruotsinpyhtään pitäjässä. Maa on moreenihiekkaa, jossa on joitakin harvoja kiviä siellä täällä. Viemäri oli tällä kohdalla 2.5 m syvä, pohjaleveys 0.5 m ja luiskien kaltevuus 1 : 1.5. Vieressä olevalta kankaalta valui vettä viemäriin, jonka vuoksi luiskat olivat hyvin tuoreet. Pituus 230 m.

Kasvillisuutena on alemmalla osalla leppää ja ylemmällä osalla kuusta. Leppävesakko oli n. 1.5—2 m korkeaa ja niin tiheää, ettei siitä tahtonut mitenkään päästä läpi. Näreikkö oli myös yhtä tiheää ja n. 1.5 m pitkää. Puukasvillisuus peitti koko luiskan aivan matalan veden rajaan. Puiden alla oli hyvin vähän sammalta.

Tulvan aikaan on alimmaisiin puihin tarttunut veden tuomaa ryvettä,

kuten puunkappaleita, heinän, saran ja kortteen korsia y. m., mikä on tuntuvasti tukennut viemäriä.

Toisilla osilla samaa viemäriä, missä viemäri leikkasi turvetta, oli vallitsevana melkein läpipääsemätön koivuvesakko, »vitasmetsä». Laitumen kohdalta oli karja syönyt vesoja, josta syystä ei haan kohdalla tavannut erikoisen tiheitä vesakoita.

Näissä molemmissa tapauksissa on kasvillisuus lujittanut luiskan ylempää osaa, mutta aiheuttanut alempana tukkeutumista, paikoin suuressa määrässä.

11. Vilppulan hoitoalue (sama kuin syövytysilmiöissä 26 siv. 118). Maanlaatu on pinnalta lahonnutta korpiturvetta ja alla hietasavi. Erityisesti tässä tapauksessa pantiin merkille nurmen lujuus, joka esti turpeen lohkeilemasta.

Tässä huomautettakoon, että on kauan tunnettu tämä nurmen ominaisuus ja tästä syystä sitä käytetty korkeitten luiskien verhoamiseen.

Sivuilla 172 ja 173 esitetään taulukon muodossa edellisten lisäksi lukuisa joukko havaintoja, joissa esiintyvä kasvillisuus ja sen aikaan saama muutos viemäriin selostetaan lyhyesti.

Esitetyistä havainnoista nähdään, että sarat ja heinäkasvit vaativat kasvaakseen tuoreen, lahonneen sara-, korpi- tai korteturpeen. Tosin ne muunkinlaisilla turpeilla jonkin verran kasvavat, mutta menestyvät verraten huonosti, jääden lyhyiksi ja muuten kituviksi. Sen sijaan karhunsammal kasvaa hyvin jotenkin lahonneella saransekaisella niittyvillaturpeella ja puhtaalla niittyvillaturpeella, mutta valkosammalturpeella jo hyvin huonosti. Jäkälät sitävastoin kasvavat kaikkialla lahoamattomilla turpeilla, mutta parhaiten paremmilla. Aivan puhtaalla valkosammalturpeella ei tahdo mikään kasvi menestyä, nähtävästi syystä, että turve on hyvin kevyttä ja altista pakkasen vaikutukselle. Savimailla tavattavissa viemäreissä on yleensä hyvin rehvä ja lajirikas kasvillisuus.

Edellä esitettyjen seikkojen lisäksi vaikuttavat kasvien esiintymiseen vielä useat muut ulkonaiset tekijät. Eräs sellainen on viemärien asento ilmansuuntiin nähden. Jos viemärin luiska sattuu etelään päin, niin auringon lämpö on tällä luiskalla niin suuri, että sillä menestyvät vain muutamat harvat kuivuutta sietävät lajit. Vastakkaisella luiskalla

samassa ojassa sen sijaan saattaa olla mitä rehevin kasvillisuus. Toinen vaikuttava seikka on tulvat. Varsinkin jos ylempänä on seutuja, joista vesi ottaa mukaansa hienoa hiekkaa (etenkin kvartsia), ei kasvillisuus varsinkaan lahoamattomassa turpeessa tahdo menestyä (kuva 105). Hieno hiekkakerros peittää viemärin seinämän tulvaveden laskettua. Kun se kuivuu, muodostuu siitä ojan seinämille aivan kuin rappaus, joka estää kasvien kehityksen. Jotkut sammal- ja jäkälälajit siihen voivat sijottua, mutta seuraavana kesänä peittää taas hiekka ne. Jos taas turve on lahonnutta ja hyvänlaatuista, vaikuttaa tulvan tuoma mineraalimaa, mikäli se on ravintorikasta, lannottavasti viemärin seinämän kasvillisuuteen, ja etenkin aivan kesäveden rajakohdat ovat reheväkasvuisia. Näihin kohtiin syntyy omituinen reunusta, palte, joka suurenee ylöspäin ja viemärin keskustaan. Tämän aiheuttavat veden tuoma liete ja kasvien jätteet, korret, juuret y. m. Laadultaan nämä reunustat ovat turpeen ja mineraalimaan sekotusta, väriltään mustaa tai mustanharmaata, ja syntyy niitä melkein joka viemärissä. Turpeen laadusta riippuu, mikä kasvi niissä on vallitsevana: hyvissä sara- ja korteturpeissa ovat heinä- ja sarakasvit sekä osittain jotkut ruohot pääaineksina. Huonommilla turpeilla (saransekainen niittyvilla-, niittyvilla-) muodostaa karhunsammal paltteen, jolloin se antaa viemärille erikoisen näön, koska ylempänä viemärin luiskilla tuskin on mitään kasveja, mutta vesirajassa vihreä palte (kuva 59).

Ruoho-, heinä- ja sarakasveilla on viemäreissä kahdenlainen vaikutus: 1) seinämiä lujittava ja 2) viemäriä tukkiva vaikutus.

Multa-, hiekka- ja savimailla kasvillisuus suuresti lujittaa viemärien löyhiä seinämiä. Näillä mailla joskus turvehditaan ojan seinämät kaivun jälkeen syöpymisen ja lohkeilemisen estämiseksi.

Seuraava taulukko (sivulla 174) valaisee kasvillisuuden vaikutusta viemäriin eri tapauksissa.

Taulukko V, osottava kasvillisuuden vaikutusta koskevat havainnot.

N:o	Paikka	Viemärin suuruus: alkuperäinen pohjaleveys m	alkuperäinen syvyys m	alkuperäinen luiskakaltevuus	tutkimuksen aikainen pohjaleveys m	tutkimuksen aikainen syvyys m	tutkimuksen aikainen luiskakaltevuus	Maakerrosten laatu	Turp. laboam. aste	Kasvillisuuden laatu ja vaikutus viemäriin	Pituus, jolla kasvillisuus on sama	Muistutuksia
12	Parkanon valtion-puisto	0.3	(1.10)	1 : 0.6	(0.4)	0.60	1 : 0.4	*Sphagnum*-(saraniittyv.-)t. 0.4 m sara-(*Sphagnum*-)turve	2 7	Luiskain yläosassa joku *Drosera*-laji ja niittyvillamätäs, alempana runsaasti heinää, saraa ja jonkin verran karhunsammalta, aivan alhaalla valkosammalta. Kasvillisuus tukkinut viemärin.	100	Luiskien kallistumisen aiheuttanut runsas karjan kulku viemärin reunaa pitkin, johon ovat muodostuneet syvät polut.
13	»	0.3	—	»	(0.4)	1.00	1 : 0.5	*Sphagnum*-(saraniittyv.-)t. 0.4 m sara-(*Sphagnum*-)turve	2 7	— » —	220	— » —
14	»	0.3	—	»	(0.4)	0.80	(1 : 0.7)	Korpiturve ..... 0.8 m hieta	9	Luiskan ylä- ja keskiosassa heinää, alaosassa saraa, samoin kuin viemärin pohjassakin. Kasvillisuuden tukkiva vaikutus tuntuva.	460	Ylhäältä tuleva liete on laskeutunut myös pohjaan, mikä osaltaan on jouduttanut mataloitumista.
15	»	0.3	—	»	0.25	0.80	(1 : 0.7)	Sara (niittyv.-*Sphagn.*-)turve. 0.4 m sara-*Sphagn.*-niittyv.-t. 1.0 m kantokerros ..... 1.0 m sara-*Sphagnum*-turve .	5 6 — 8	Luiskan alaosassa saraa ja runsaasti sammalta. Kasvillisuus on muodostanut pohjaan vesiväylää reunustavat vihreät »paltteet».	110	Viemäri 3 vuoden vanha; kasvillisuutta sen vuoksi ei ylempänä vielä ole.
16	»	0.3	—	»	0.40	1.10	(1 : 0.7)	*Sphagnum*-turve ..... 0.3 m sara-*Sphagnum*-turve..	3 3	Luiskalla veden rajassa kasvaa tiheää saraa ja karhunsammalta sekä jonkin verran niittyvillaa, ylempänä ei ole sanottavaa kasvillisuutta.	60	Viemäri 6 vuotta vanha.
17	»	0.3	1.20	»	0.20	0.90	1 : 0.8	*Sphagnum*-niittyv.-turve .... 0.5 m sara-*Sphagnum*-turve..	2 6	Erittäin tasaiset, etupäässä karhunsammalta käsittävät reunustat (paltteet) kummallakin puolella vesiväylää; jokunen sara myös ylempänä luiskalla tavataan.	140	— » —
18	Parkanon valtion-puisto	—	—	—	—	—	—	Sara-*Sphagnum*-turve ..... 0.4 m saraturve ..... 0.7 m hieta	7 9 —	Samanlaiset reunustat kuin edellisessä esimerkissä, vaikkakaan eivät niin laajat.	73	Syövytyksen vaikutuksesta reunustan alapuolella muodostunut laaja, kolmiota muistuttava vesiväylä.
19	»	—	—	—	(0.50)	1.10	1 : 0.9	*Sphagnum*-saraturve	6	Korkeat karhunsammalpaltteet vesirajassa. Muuta kasvillisuutta ei ole.	80	Sammalreunustain alla on 0.5 m leveä vesiuoma. Vedennopeus 0.95 m/sek:ssa.
20	»	0.3	—	1 : 0.6	0.60	0.70	1 : 1	Korpiturve ..... 0.4 m korpiturve	7 9	Viemärissä kasvaa runsaasti heinää ja saraa, jotka hidastuttavat veden liikettä ja pysähdyttävät runsaasti liejua, jonka vahvuus on 0.30—0.50 m.	700	
21	»	0.3	—	1 : 0.6	0.10	0.80	1 : 1	*Sphagn.*-(saraniittyv.-)turve 0.4 m »	6 8	Samoin kuin n:o 18.	210	Syvät karjanpolut molemmilla puolin viemäriä.
22	Äijänneva	0.5	(1.80)	1 : 1	0.50	1.50	1 : 1	Sara-*Sphagnum*-turve ..... 1.1 m sara-*Sphagnum*-turve .	6 9	Yläosassa etupäässä jäkälää, vähän vaivaiskoivua, mäntyä, koivua; alempana saraa, veden rajassa ja vedessä vähänpuoleisesti sarakasvillisuutta.	400	Luiskan yläosa hyvin kuiva, halkeillut.
23	Kurjenneva	0.5	—	1 : 1	0.50	1.10	1 : 1.2	Korpi(niittyv.-)turve ..... 0.6 m korpiturve	7 10	Ylempi osa pohjoisen puolisesta luiskasta on kasveista jotenkin paljas, käsittäen vain kuivan maan heinälajeja, kuten *Aira*- ja *Agrostis*-lajeja. Sen sijaan eteläpuolinen luiska on yleensä tiheän heinä- ja sarakasvillisuuden peitossa.	100	Viemärin suunta on lännestä itään. Vasten aurinkoa oleva pohjoinen luiska hyvin kuiva.
24	Kotisuo	0.5	—	—	0.50	1.10	1 : 1.2	*Sphagnum*-niittyv.-turve	4	Viemärin luiskilla on vain joitakin sammal- ja jäkälälajeja, mutta pohjassa ei mitään.	1100	Pohjan peittää jotenkin puhdas kvartsihiekka.
25	Mäyrä- ja Isosuo	0.5	—	1 : 1	0.50	1.10	1 : 1.2	Sara(korte-)turve ..... 1.10 m sarakorteturve	8 10	Luiskat täydellisesti nurmen peitossa. Luiskan yläosassa heinälajeja ja alaosassa saraa ja kortetta.	800	Viemärin asento ilmansuuntiin nähden ei näyttänyt vaikuttavan.

N:o	Maaperä	Viemärin pituus m	Lujittava vaikutus	Tukkeava vaikutus: Vähäinen	Tukkeava vaikutus: Viemäri pienentynyt keskim. 1/3	Tukkeava vaikutus: Viemäri tukkeutunut melkein kokonaan	Kuivatusalue suuressa määrässä vettynyt	Kuivatuksen ikä	Muistutuksia
1	Turve	300	—	1	—	—	—	16	Putous hyvin pieni
2	»	850	—	1	—	—	—	16	»
3	»	700	—	1	1[1]	—	—	27	»
4	» ja savi ..	1800	—	1	1	—	—	(?)	Putous tyydyttävä
5	»	400	—	1	—	—	—	10	» pieni
6	»	140	—	1	1	—	—	8	» keskim. 1 : 1000
7	» ja hiekka .	240	—	—	1	—	—	8	» n. 8 : 1000
8	»	260	—	—	—	1	1	70 ?	» pieni
9	»	n. 20000	—	—	—	1	1	33	» »
10	Moreenihiekka	230	1	1[2]	—	—	—	17	» tyydytt. 0.5 : 1000
11	Turve ja hietasavi	680	1	—	—	—	—	8	» 1.0 : 1000
12	Turve	100	—	—	1	—	—	»	» keskim. 1.2 : 1000
13	»	220	—	—	1	—	—	»	» »
14	»	460	—	1	—	—	—	»	» »
15	»	110	—	1	1	—	—	3	» »
16	»	60	—	1	—	—	—	6	» »
17	»	140	—	1	—	—	—	»	» »
18	»	73	—	1	—	—	—	»	» »
19	»	60	—	—	1	—	—	»	» n. 8 : 1000
20	»	700	—	—	—	1	—	20	» keskim. 2 : 1000
21	»	210	—	—	—	1	—	»	» »
22	»	400	—	1	—	—	—	16	» n. 0.8 : 1000
23	»	100	—	1	—	—	—	4	» n. 1 : 1000
24	»	1100	—	—	—	—	—	4	» » »
25	»	800	1	1	—	—	—	5	» » »

[1] Muutamissa on tukkeutuminen toisin paikoin suurempi kuin toisin, jonka vuoksi sama havainto on täytynyt jakaa kahteen ryhmään. Kuitenkaan ei voitu ilmottaa erikseen kummankin pituutta, kun ei havaintotilaisuudessa ole tehty tässä suhteessa merkintää.

[2] Samalla kertaa on huomattavissa nurmen lujittava vaikutus tukkivan kanssa. Tässä ei ole otettu huomioon nurmen suojelusta routimista vastaan.

Tukkiva vaikutus esiintyy enimmäkseen vähäputouksisissa viemäreissä ja puroissa, siis tasaisilla mailla, kuten nevoilla ja Etelä-Suomen savikkoseuduissa. Kaikkialla, missä viemärin pohjalla on hyvälaatuinen maa, on vesikasvillisuus runsas. Sen muodostavat, kuten jo on mainittu, kortteet, sarat, heinät, sarpiot, lumpeet, vidat, palpakot y. m. Kun nämä kasvit saavat vapaasti kasvaa viemärissä, tukkivat ne sen vähitellen täydellisesti ja alkavat synnyttää vesiperäisiä maita tällaisten viemärien ympärille. Veden ei huomaa ollenkaan virtaavan ja tottumaton voi helposti päättää, ettei viemärissä ole yhtään tai ei ainakaan paljon putousta. Mutta kun viemäri punnitaan, huomataan, että putous on aivan riittävän suuri. Esimerkiksi mainittakoon Niepsaaren puro (Sippolassa). Siinä ei näyttänyt vesi ollenkaan virtaavan runsaan kortteiston tähden, kuitenkin putous oli hyvä (1.2—1.8 m 1000 m:lle).

Puukasveista on pajulla sara- ja heinäkasvien apuna tukkeutumisessa suuri syy. Paju ilmestyy viemäreihin sangen pian kaivun jälkeen ja kasvaa nopeasti, etenkin viemäriin päin, täyttäen sen. Paju muodostaa viemäriin jonkinlaisen harvan siivilän, johon kaikki heinä-, sara- y. m. jätteet kokoontuvat, muodostaen patoja. Usein saattaa tällainen pato olla 10—30 cm korkea.

Muista puulajeista esiintyy runsaimmin koivu, mutta se tavataan vain harvoin niin alhaalla viemärin luiskalla kuin paju, joten sen aiheuttama tukkeutumisvaara ei ole erikoisen suuri. Samoin mäntykään ei asetu hyvin alas viemärin luiskalle. Sen sijaan nämä molemmat hyvin usein ilmestyvät luiskan yläosaan, jossa ne kasvavat sangen nopeasti. Tällöin ne suojelevat viemäriä sammaloitumasta ja heinittymästä, mutta varistavat samalla omia karikkeitaan, lehtiä, neulasia ja oksia viemäriin, ja lopputuloksena on sen tukkeutuminen. Kasvaessaan tiheässä viemärin reunalla koivut ja männyt saattavat estää aivan tyyten muun kasvillisuuden esiintymisen ojassa, joten oja on aivan paljas, ja vain sen pohjalla on vahvasti karikkeitä, jollei siinä ole kylliksi suurta veden liikettä. Leppä esiintyy usein suoviemäreillä, mutta yleisempi se on kosteilla mineraalimailla. Kuusi ilmestyy ojan seinämille etupäässä kosteilla hiekkamailla, muodostaen lepän ja koivun kanssa välistä läpipääsemättömiä tiheikköjä.

Kirsi osaltaan vaikuttaa ehkäisevästi kasvien kehitykseen[1]. Se kohottaa m. m. kasvien juuret maasta aiheuttaen siten niille useimmassa tapauksessa kuoleman. Varsinaisia havaintoja ei tässä suhteessa ole tehty.

Kasvillisuuden vaikutuksesta routaan on aikaisemmin puhuttu.

Kasvillisuuden rehevyys riippuu siis viemärin luiskien maaperän laadusta ja kosteudesta, ollen sitä niukempi, kuta laihempi ja kuivempi maa on, ja sitä runsaampi, kuta lihavampi ja tuoreempi maa on.

Kasvillisuus on tasaisilla mailla ja etenkin turvemailla valtava viemärien tukkija.

Kasvillisuus lujittaa helposti viereviä viemärin luiskia saviliete-, hieta- ja hiekkamailla sekä korpimailla ja vastustaa yleensä kaikkia maan siirtymisliikkeitä.

[1] Vert. HENRIK HESSELMANN, Studier öfver skogsväxt å mossar. Skogsvårdsföreningens Tidskrift 1907. Siv. 35—37.

Viemärien kuntoon vaikuttavat tekijät ja viemärien ikä.

Aikaisemmin on eri ilmiöitä selitettäessä osittain mainittu, mihin aikaan ne tavallisimmin esiintyvät. Jotta voitaisiin eri ilmiöitten aikaa verrata toisiinsa, on parasta tarkastella eri-ikäisissä viemäreissä esiintyviä ilmiöitä. Tällöin on tarkoin otettava huomioon eri ilmiöitten syntymismahdollisuudet. Esimerkiksi luisuma ei voi koskaan esiintyä viemärissä, joka leikkaa kauttaaltaan turvekerroksia, kuten on huomattu. Seuraavalla sivulla oleva taulukko esittää tärkeimmät tutkimuksen aikaiset eri-ikäiset kuivatusalueet ja niissä tavatut ilmiöt. Ilmiöiden esiintymisasteikko on seuraava:

● = hyvin voimakas
◎ = voimakas
○ = jotenkin voimakas
• = heikko
· = aivan heikko.

Kuten taulukosta nähdään, esiintyvät luisumat vain ensimäisenä vuonna. Ensimäisenä vuonna ja jonkin verran toisena tapahtuu murtumisia ja vieremiä. Täytesiirtymät, pullistumat ja kohoutumat esiintyvät samoin voimakkaimpina heti kaivun jälkeen, saattaen tosin toisinaan jossakin määrin esiintyä muutaman vuoden kaivun jälkeen. Vieläpä on havaittu pullistuman ja kohoutuman esiintyvän 17 vuoden kuluttua kaivusta. Mutta tämän selittää se, ettei paikka, jossa nämä ilmiöt esiintyivät, ollut riittävän syvälti kuivattu. Mataloitumiset esiintyvät syöpymisen kanssa rinnakkain. Mataloitumiseen kyllä vaikuttavat myös kasvillisuus ja eläimet, mutta taulukossa näiden vaikutus ilmenee niiden omissa sarekkeissa. Syöpyminen jatkuu niin kauan kuin putoussuhteet antavat

Taulukko, osottava viemärien kuntoon vaikuttavien tekijäin ja viemärien ijän välistä suhdetta.

Muistutuksia			Maa ei ollut sopiva murtumiselle eikä se olisi ollut loivien luiskien tähden mahdollinenkaan.	Se osa joesta, joka edellisenä kesänä kaivettiin.	Maa erittäin huonoa, jonka vuoksi viemärissä ei ole saanottavasti kasvillisuutta.	Syövytyksen aiheuttamat repeytymiset y. m. eivät ole erotetut eri ilmiöiksi.	Kuivatus ei ole ollut riittävä nevarimpi-paikoilla.	Mikäli karjalla on ollut mahdollisuus liikkua suolla.	Viemärien ikä vuosia	Tutkimusvuosi	Kuivatusalue
Muita viemärien kuntoon vaikuttavia tekijöitä	Kasvillisuus								0.5	1921	Vaihinjoki
	Eläimet								»	1922	Nurmijärvi
	Routiminen								1	1920	Hetesuo
	Painuminen								1	1922	Vaihinjoki
Syövytys									1	1923	Nurmijärvi
Viemäriä pienentävät ilmiöt	Mataloituminen [1]								1	1916	Korkeakoski
	Kohoutumat								1	1921	Hetesuo
	Pullistumat								2	1922	»
	Repeytymät	Täytesiirtymät							2	1916	Korkeakoski
		Luisumat: Pullistumis-							3	1923	Hetesuo
		Luisumat: Varsinaiset							3	1916	Korkeakoski
		Luisumat: Murtumis-							4	1920	Kurjenneva
		Vieremät							4	»	Kotisuo
	Murtumiset								5	»	Määräoja ja Isoneva.
									6	1916	Korkeakoski
									6—7	1920	Saarni- ja Sarvineva.
									7—8	1919	Parkano, valtionp.
									8—9	1920	Vesiheikinneva
									9—10	1920	Jaakkoinsuo
									13	1921	Suursuo (Hartola)
									17	1920	Isosuojakso
									17	1919	Vasikkahaka
									23	1920	Koiraneva
									27	1920	Savonneva
									33	1923	Lauhasuo (Huittinen)
									52—61	1918	Pelso

[1] Ainoastaan maa-aineesta johtuva mataloituminen.

vedelle suuremman nopeuden kuin maahiukkasten suuruus sallisi. Alussa syövytys on erittäin voimakas, mutta vähitellen se pienenee ja lopuksi lakkaa kokonaan. Savonnevalla ei syövytystä tavattu, ei liioin Lauhasuolla eikä Pelsollakaan, lukuunottamatta erinäisten muiden seikkain aiheuttamaa syövytystä. Esimerkiksi jää voi paljastaa maan kasvillisuudesta, jolloin ilmenee heti jonkin verran syövytystä. Painuminen viemärin reunoilla jatkuu kauan, vaikka se on alussa sangen nopea. Vanhemmissa, 13—17-vuotisissa viemäreissä on myös merkitty painumista. Se on enemmän oletettua kuin todellista. Routiminen on heti kaivun jälkeen voimakkain. Sitten sen vaikutus vuosi vuodelta vähenee etenkin kasvillisuuden tähden tuntuvasti. Milloinkaan se ei häviä. Eläinten vaikutus, jos kuivatusalue käytetään laitumena, suurenee, kuta vanhemmaksi kuivatus tulee. Laiduntamista kuitenkin vaikeuttaa, jos oletetaan, ettei viemäreitä milloinkaan puhdisteta, viemärien tukkeutumisesta johtuva alueen vettyminen, joka voi johtaa uuteen soistumiseen, kuten esim. Lauhasuolla. Kasvillisuuden esiintyminen viemärin luiskilla on aivan päinvastainen kuin edellisten ilmiöiden. Ensimäisinä vuosina kaivun jälkeen ei ole mitään varsinaista kasvillisuutta, lukuunottamatta levä- y. m. alempia kasveja. Vasta myöhemmin, 3—4:nä kesänä, alkaa kasvillisuus asettua viemärin luiskille. Luiskilla olevan maan laadusta riippuu, kuinka nopeasti tämä tapahtuu. Esimerkiksi Kotisuolla pysyvät viemärin seinämät paljaina erittäin kauan, sillä turve on pääasiallisesti *Sphagnum*ia. Tavallisesti kuitenkin 6—7 vuoden perästä kaivusta on kasvillisuus täydellinen. Sen jälkeen on kasvillisuus, jos ei oteta huomioon syövytystä, valtiaana luiskilla; tosin se muuttuu vähitellen sammalrikkaammaksi ja lopulta käsittää pääasiallisesti *Sphagnum*-lajeja.

Edellisen nojalla voidaan sanoa:

Maan liikkeistä johtuvat viemärin kuntoon vaikuttavat ilmiöt esiintyvät yleensä vain kahtena, korkeintaan kolmena ensimäisenä vuonna kaivun jälkeen.

Veden liikkeestä johtuvat ilmiöt ovat pitempiaikaisia ja heti kuivatuksen jälkeen voimakkaita,

mutta heikkenevät vähitellen vuosien kuluessa ja lopuksi paikotellen lakkaavat kokonaan.

Ilmastollisella tekijällä, routimisella, on aina pysyvä vaikutus, joka kyllä ensimäisenä ja jossakin määrässä muutamana seuraavanakin vuonna on erikoisen tuntuva, mutta kasvillisuuden vaikutuksesta myöhemmin pienenee vähäiseksi.

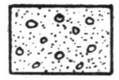
Elollisen luonnon, pääasiallisesti kasvillisuuden, vaikutus kasvaa viemärin iän kanssa. Ensimäisinä kesinä kuivatuksen jälkeen ei elollisella luonnolla ole mitään vaikutusta, mutta vuosien kuluessa se kasvaa ja lopuksi se voi tukkia koko viemärin.

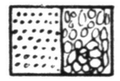
Piirustuksien selityksiä.

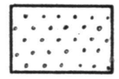
Poikkileikkauksissa ovat maalaji- y. m. merkinnät seuraavat, ellei niitä kuvien yhteydessä tai tekstissä ole muutoin selitetty:

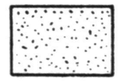

Yleensä maata, nurmea kuvaavat pienet korret

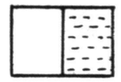

Kallio

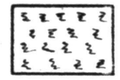

Moreeni

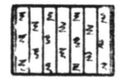

Sora ja kivikko

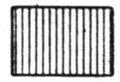

Hiekka

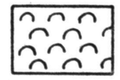

Hieta

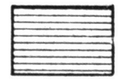

Savi

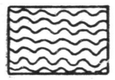

Lieju

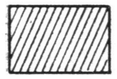

Liejuturve

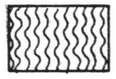

Muta

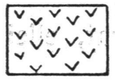

Korteturve

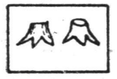

Saraturve

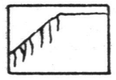

Korpiturve

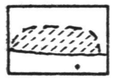

Niittyvillaturve

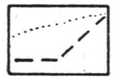

Karhunsammalturve

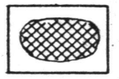

Sphagnum-turve

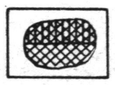

Kantoja

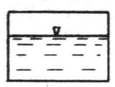

Viemärin luiskalla halkeamia


Viemäristä poistettu maa


Entinen maanpinta ja kaivetun viemärin seinämä


Maarouta

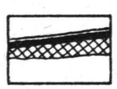

Ylempi osa = maarouta puraissa l. neulasissa

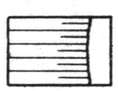

Vedenpinta

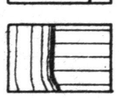

Pohjaveden pinta

Kartoissa ovat merkinnät seuraavat:

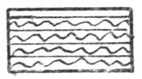

Halkeamia ja rakoja maanpinnassa


Harjamuodostuma halkeaman laidassa

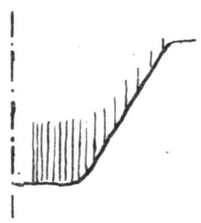

Luiskan yläreuna

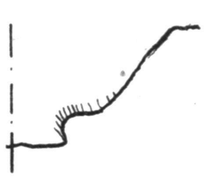

Vesi ja luiskan alareuna

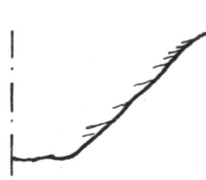
Vielä on huomautettava, että turpeen lahoamisastetta on koetettu valaista eri tiheällä viivotuksella, jolloin harva merkitsee lahoamatonta ja hyvin tiheä lahonnutta turvetta. Kun turve on muodostunut kahdesta kasvista, on turvemerkintäkin samoin yhdistetty kahdesta merkinnästä, esim. sarakorpiturvetta esittää suora- ja aaltoileva vaakasuoraviivotus


j. n. e.

Kasvien esiintymisestä ojan reunoissa kerrottaessa on lisäksi käytetty seuraavia merkintöjä:


Ruoho-, heinä- ja sarakasvillisuutta, jossa pituus ja viivain tiheys esittää kasvillisuuden rehevyyttä ja runsautta.


Karhunsammalta, jossa viivojen tiheys osottaa kasvien runsautta.


Jäkälää, jossa viivojen tiheys osottaa kasvien runsautta.

Oikaisuja.

Siv.	VI	rivi	3	ylhäältä	*on* M. G.;	*lue* G. M.;
»	VI	»	3	»	» I.;	» J.
»	1	»	1	alhaalta	» Siv. 20;	» Siv. 18
»	2	»	5	»	» Torvmarkernas;	» Torfmarkernas
»	2	»	5	»	» av Rajajoki;	» af Rajajoki
»	7	»	10	ylhäältä	» vesipitoisuus;	» vesipitoisuus paino %
»	8	»	7	alhaalta	» banvallar;	» banvallen
»	20	»	9	»	» 2.2;	» 2.5
»	52	»	17	»	» Vasemmalla;	» Oikealla
»	52	»	12	»	» Oikealla	» Vasemmalla
»	56	»	11	»	» Ominaisp.;	» Tilavuuspaino
»	61	»	4	»	» 2.75 m päässä	» 2.75 m päässä luiskan yläreunasta
»	65	»	1	ylhäältä	» savi;	» savi (e)
»	65	»	3	»	» kiinni (e);	» kiinni
»	89	»	6	»	» korkea;	» suuri
»	94	havainto n:o 8 sarekkeessa »sateitten vaikutuksesta» *on* —; *lue* .				
»	94	»	» 11	»	»	» —; » .
»	95	rivi	1	ylhäältä	*on* vieremien; *lue* v i e r e m i e n	
»	115	»	5	»	» syvyys 0.7;	*lue* syvyys 1.7
»	120	»	2	alhaalta	» vesisyvyys 0.7;	» vesisyvyys 0.8
»	121	»	6	»	» » 0.7;	» » 0.8
»	122	»	11	ylhäältä	» » 0.7;	» » 0.8
»	122	»	13	»	» sara-*Sphagnum*-niittyvillaturvetta;	*lue* sara(-*Sphagnum*-niittyvilla-)turvetta
»	122	»	2	alhaalta	*on* vesisyvyys 0.7;	*lue* vesisyvyys 0.8
»	122	»	1	»	» 1.03;	» 1.02
»	123	»	2	»	» 1.77;	» 1.69
»	125	»	13	ylhäältä	» 1.0;	» 0.8
»	125	»	14	alhaalta	» 1.32;	» 1.42
»	126	»	9	ylhäältä	» 1.20;	» 0.9
»	130	Havainto n:o 45			» 1.03;	» 1.02
»	131	rivi	3	ylhäältä	» 59;	» 58
»	131	»	3	»	» 1.36;	» 1.42
»	131	»	16	»	» 1.77;	» 1.69
»	131	»	18	»	» 1.77;	» 1.69
»	131	»	19	»	» 1.77;	» 1.69
»	144	»	10	alhaalta	» 0.22;	» 0.12
»	178	»	4	ylhäältä	ei sarekkeessa Routiminen ole merkkiä;	*lue* ●

Kuvissa 8, 9, 11, 12, 14, 15 ja 18 on pohjoissuunta oikealta vasemmalle sekä kuvassa 13 se on päinvastoin.

Sivun 65 alaosassa olisi pitänyt johdonmukaisuuden vuoksi olla sanan murtumisrako sijasta repeytymisrako ja taulukossa II samasta syystä sarekkeessa »repeytymislaji» sanan vieremisluisuma sijasta murtumisluisuma.

Kuvan 69 alla *on* v. 1921; *lue* v. 1922.

Kuvan 112 alla *on* hiekan; *lue* hiedan

Summary.

Finland is, as is well known, one of the countries most abounding in swamps in the world. Her fens and swamps cover an area of 102,228 square kilometres, or 30.8 per cent of her firm land, and 27.5 per cent. of her total area. Apart from wet tilled grounds, for which no figures are available, the total figures for the wet land are:

Swamps:	10,222,800	ha,	or	30.8	per	cent.	of	the	firm	land	
Meads	580,104	»	»	1.7	»	»	»	»	»	»	
In all:	10,802,904	»	»	32.5	»	»	»	»	»	»	

Consequently it goes without saying that the drainage of wet grounds is of big economic concern to Finland. Nevertheless, thus far, according to information at hand, only a small fraction of these grounds has been drained, approximately 320,000 ha, i.e. 2.26 per cent. of all wet grounds. The total length of the drainage canals may be estimated at 10,000 to 15,000 km.

Of equal importance as the continuation of drainage work, and that on a larger scale than hitherto, is also the development of drainage engineering—a matter which has not yet been accorded due attention in Finland.

The reason why drainage engineering in Finland has been so imperfect has apparently in most cases been an insufficient insight of the factors which may affect drainage by means of canals, *viz.* the drainage efficiency of channels under different circumstances, their preservation from decay, etc. For the development of drainage engineering, therefore, scientific investigations with the view of elucidating these circumstances are important, nay, necessary.

This study is mainly concerned with the condition of drainage canals, and the most important natural processes affecting it. In open drainage, by means of which most cultivated land and all wet grounds are drained in Finland, the main canal, an auxiliary canal, discharge conduits, receiving trenches and parallel ditches form a net-work of channels. The parallel ditches, however, are as a rule of small size, at any rate by far smaller than the canals. Therefore, the action of forces affecting their walls is insignificant when compared with those affecting canals. — We class with drainage canals also the rivers which have been cleared for drainage purposes.

In the present treatise of the factors affecting the condition of drainage canals the leading point of view is that of drainage engineering. A review of the literature bearing upon the subject is given, and then the principal places of observation have been briefly described. The factors affecting the condition of drainage canals have been divided into two main groups: 1) those contracting, and 2) those enlarging, the

channels. As a third group we have considered some particular factors affecting the preservation of channels, and at last, the relation of these different factors to the age of the canals has been examined.

Although, as is well known, drainage was resorted to as early as the ancient times, no older investigations on this theme seem to exist. In stead we have records of investigations which have been called forth by quite different occasions, but in which, however, the same phenomena occur that we meet with in connection with the processes affecting the condition of drainage canals. Of these investigations, those of displacement of earth may be mentioned above all others.

One of the earliest of them is an investigation by REUSCH of the great displacement of earth in the valley of Vaerdaal, Norway, on the night from 18 to 19 of May 1893, and which brought death to 111 persons and displaced about 55 millions cubic metres of earth, covering an area of 8.5 square kilometres (Cf. HANS REUSCH, p. 6). REUSCH sees the cause of this disastrous displacement of earth in the presence of particularly soft clay, and in the erosive action of a small brook. In the same issue, REUSCH relates many more cases of displacement of earth in Norway.

In Sweden, many cases of breach of earth have occurred, and several of then have been investigated. VESTERGÅRD has examined a case of breach of earth in the vicinity of Saltkälla in Bohuslän, in 1905 (Cf. A. H. VESTERGÅRD p. 6). An other case of displacement of earth which took place in the same province, in the vicinity of Smedberg, on 23 d of Aug 1902, has been investigated by VON POST (Cf. LENNART VON POST, p. 7). VON POST attributes the last-mentioned case to the great contractibility of the soil, which had called forth cracks in the uppermost layer of clay, and to the seemingly harmless slope of the ground.

Breaches of earth as geomorphological phenomena have been examined by FRÖDIN in the valley of the River Göta (Cf. GUSTAV FRÖDIN, p. 8).

An especially valuable investigation on displacement of earth has been published by the Geotechnical Commission of the State Railways of Sweden. This investigation, entitled »slutbetänkandet» (Final report), which is the fruit of 8 years' work, presents an illustrative exposition of the displacements of earth which have occurred along railway lines in Sweden. The statico-dynamical factors, active in displacement of earth, are explained, and the report closes with a classification of their causes (Cf. Slutbetänkandet, p. 8).

In Finland, many cases of displacement of earth have taken place, and some of considerable dimensions. A. HELLAAKOSKI (Cf. A. HELLAAKOSKI, p. 11) has published a short paper on a displacement of earth which took place in the Village of Vessilä, parish Halikko, in May 1919, affecting an area of 7 hectares.

Factors contracting the channel of canals.

The processes that cause a reduction of the size of a channel may be classed in two groups according to the source of the obstructing material. The first group comprises the cases in which the obstructing material is derived from the spot affected, the second comprising those in which the obstructing material has been derived from elsewhere, has accordingly been carried by water. In the first group, the following subclasses may be separated according to the mode of obstruction: 1) Obstruction or

contraction of the channel caused by small particles of earth crumbling off the sides of the channel; 2) by breaches in the sides of the channel; 3) by an upheaval of the earth; 4) by the protrusion of one or both of the sides of the channel.

I. Obstructing material derived from the same spot.

1. Crumbling.

Crumbling may be defined as comprising all those phenomena of obstruction in which the earth material little by little breaks off the sides and glides down into the channel, and not being carried away by the water renders the channel shallow.

The observations on crumbling have been divided into three groups according to the different kinds of soil cut by the canals. We have: 1) Peaty soils, 2) mineral soils and 3) soils in which the mineral soil is overlaid with a peat layer.

Investigation has proved that the occurrence of crumbling in peat soils is very limited, and may be met with only in soils of *Carex* peat and forest peat at an advanced degree of decomposition. The mode of crumbling is on the whole very irregular; yet as a rule a higher or lower, steep or nearly perpendicular crumbling surface is noticeable.

In mineral soils crumbling is of comparatively common occurrence, although only in soils consisting of sand, silt, or silty clay. (Cf. Fig. 1 and 68 [1]). Here the mode of crumbling is generally very regular. The resulting profile of the channel is invariably that of a trough.

In soils in which the channel cuts into a mineral subsoil underlying a peat layer, crumbling occurs wherever the channel cuts into such mineral soil as is liable to crumbling, as sand, silt or silty clay.

In these cases the mode of crumbling is similar to that in mineral soils under the corresponding circumstances, with the only difference that the upper part of the crumbling surface will, on account of the weight of the overlying peat layer, remain less inclined than in mineral soil not overlaid with peat. The crumbling of the overlying peat depends upon its characters. Figg. 3 and 4 represent the crumbling in common, tenacious, undecayed peat. Under these circumstances peat does not crumble at all, it only bends. In the long run the bent portion is likely to crumble or rather to break off, as is indicated by numerous fissures in the bent portion. Judging by the observations, decayed *Sphagnum* and forest peat crumble very easily.

The range of crumbling varies greatly with the different kinds of soil. In peat soils crumbling does not surpass the upper edge of the side; in mineral soils, especially in silt and silty clay it may reach the edge of the side; in laminated soils the action of crumbling may surpass the upper edge by several metres.

The chief damage caused by crumbling consists in the diminution in drainage. The figures given on page 37 set forth the diminution in drainage in a number of cases (The figures of the last column indicate the reduction in the area of drainage).

Considering the slope of the sides of channels affected by crumbling, it may be noticed that in peat soils crumbling has been observed when the slope had been 1 : 0.6, whereas no crumbling has occurred when it was 1 : 1. In sandy, silty and silt clay

[1] Figg. 68—153 are to be found on the plates.

soils crumbling has been met with when the slope was 1 : 1, or greater, but in sides at the slope 1 : 1.5 no crumbling has come under notice.

The above discussion of crumbling may be summarized as follows:

On the whole, crumbling occurs in soils of nearly or perfectly loose consistency, as in soils composed of decayed forest, or Carex peat, and further in sandy, silty, and silt clay soils.

The range of crumbling is greater in soils in which the channel cuts through overlying peat layers into the underlying mineral soil, than in peaty and mineral soils alone, and it is greatest in those of the first- named soils in which the subsoil is fine-grained, as silt and silty clay.

The damage caused by crumbling, viz. the reduction in drainage, due to the reduction of the depth of the channel, may often be considerable.

Crumbling is brought about by too steep a slope of the sides of the channel.

2. Breaches.

Breaches are cases of obstruction in which the earth rolls or slips in greater or smaller pieces and in a more or less curvilinear motion, down to the channel, fissures arising at the same time in the surface of the earth.

The breaches may be classified in many different ways. It is most practical to take the motion of pieces or particles of earth as the basis of classification. In the observations related, three varieties of breaches may thus be separated:

1) *Rolling*, in which the earth breaks off and rolls in greater or smaller particles along the surface of breach down to the channel (Cf. Fig. 5).

2) *Slips*, in which the earth breaks off and slides in large blocks along a more or less distinct slip surface which forms the extension of the breach fissure.

3) *Filling breaches*, in which the earth breaks off cleaving fissures in the earth surface and moves like a liquid towards the channel filling it up partly or entirely.

On a closer inspection of the observations, different features in the mode of movement stand out, especially in slips. In the detailed descriptions, therefore, the classification of slips has been carried further and applied in the explanation of the bulk of observations. By combining these designations systematically, and taking into account the natural relations between the groups we attain to the following classification of breaches:

1) Rollings

2) Slips
   - A. Fracture slips
   - B. Slips proper
     - a. Simple slips
     - b. Double or multiple slips
   - C. Protrusive slips.

3) Filling breaches.

It may not be superfluos to give, on the basis of the observations, a more detailed account of the characters of the different groups of breaches and of the motion of earth in them.

In rollings the earth material moves in separate grains, without forming large blocks. In the cases of rollings investigated, the direction of the spread of rolling has always been opposite to the direction of the motion of earth. The rolling has started in the lower part of the side and has proceeded up the side. In spite of this, the time required may be short, so that rolling may appear to be quite sudden. Only in the upper part of the side there occur, after the primary rolling, secondary ones, which generally are comparatively insignificant.

The motion of earth proceeds along a curved surface, and the earthy material rolls in a direction which may be the same as, or opposite to, the direction of the motion. The former case occurs chiefly in sand and gravel, the latter in moraine grounds, and also to some extent in clay soils (Cf. Fig. 69, 70 and 71).

In fracture slips the earth breaks up into greater or smaller blocks which slip separately, generally at the outer part of the breach, whereas near the channel a distinct simple slip is visible (Cf. Fig. 25 a and 80).

In slips proper the earth always moves along the slip surface in large blocks. The motion of earth, as can be seen from the cases described, consists on that side where the breach fissure reaches the earth surface, in sinking downwards and slipping towards the channel, and near the channel, in rising upwards and protruding into the channel. The movement is greatest near the slip surface, because there, presuming that the slip surface is cylindrical, the radius of the path of the motion is longest (Cf. Fig. 24a). Some cases have been noted in which the upper edge of the side has scarcely moved at all.

In simple slips the earth moves in a single large block along a distinct slip surface (Cf. Fig. 24 a). Here, too, the earth may, chiefly on account of friction, sometimes break up and fall into pieces which slide down separately along the same surface (Cf. Fig. 8, 9, 10 B, 15 A and B, 75—79, 81, and 82).

In double and multiple slips the slip of earth is completed at two or more bouts, although these may take place almost at the same time (Cf. Fig. 24 b). At each bout the earth moves along a different surface. At the first bout there is only one surface of slip as in a simple slip. At the second as well as at every successive bout there are two surfaces of slip on both sides of the slipping earth block, one *reverse*, the other *concurrent*. Between the moving blocks there is formed a ridge, limited by the two surfaces of slip. Fig. 24 b is a schematic representation of a double slip and of the formation of its ridge. (Cf. also Fig. 18 C—D.) At the second (as well as at the third, fourth etc.) bout the movement is not always of the same dimensions along the two slip surfaces. There are many cases in which no motion along the reverse slip surface is visible, and the ridge has been called forth by the inclination of earth and by the fissure brought about by the latter. On the whole, the motion along this reverse slip surface seems to be smaller than that along the primary surface of slipping. The movements along the reverse and the concurrent slip surfaces which form against each other a rather considerable angle bring it about that the soft earth which remains between the first slip surface and the reverse slip surface of the second bout, begins to rise, thus producing the ridge described above between the pieces of earth which have moved at different bouts (Cf. Fig. 89—93). The height and the dimensions of the ridge depend upon the height and the width of the slips. In small slips, like those on the Nurmijoki river, the ridges rise but a little above the earth surface (the highest one was 1.1 metre). But at great breaches of earth, as at that at Halikko in 1919) these ridges reach a height of 4 to 5 metres [1].

[1] *Aaro Hellaakoski:* Erdschlipfe in Südwest-Finland. Fennia 41 (1920) p. 13.

The slip surface has in all cases observed been cylindrical, and never a plane. As a rule, the upper part is more curved than the lower one. As observations show, the reverse slip surface may curve in two direction: at the upper part of the surface of sliding the curvature is opposite to and at the lower part of it conformable with, that of the primary surface of sliding.

Slips with protrusion are intermediate between slips and protrusions (Cf. Fig. 25 b, 10 A, 11—14, 74 and 98). In these slips the earth rarely sinks near the fissure of breach along the slip surface, but inclines in consequence of the escape of the underlying soft soil, and this brings about the fissure of breach, whereas in the channel an upheaval or protrusion of the bottom is brought about by soft soil pressing into it. Slipping of earth material occurs at the boundary between the part sunk and the part risen up.

In filling breaches the earth material moves more like a liquid than like solid matter, and the position of earth particles to each other is at the same time changed. (Cf. Fig. 23). In the earth surface, which is often covered with a tough grass layer, fissures of breach occur running nearly parallel with the channel, and are consequently effects of a movement of earth towards the channel. Apart from these, fissures of breach, perpendicular to the channel, are sometimes noticed. These fissures also are caused by the motion of the earth towards the channel (Cf. the map, Fig. 21, 99 and 100).

If the observed cases of breach be classified according to the Districts of Drainage, we attain to the following table:

District of Drainage	Rollings	Slips				Filling breaches	Total
		Fracture slips	Slips proper: Simple slips	Slips proper: Double or multiple	Slips with protrusion		
	Number of cases						
Eurajoki	1	7	6	—	—	—	14
Vaihinjoki	1	—	—	—	2	—	3
Kalliopuro	2	—	—	—	—	—	2
Nurmijoki [1]	—	2	38	4	13	—	57
Jyrkänpuro	—	—	—	—	—	1	1
Vasikkahaanpuro	—	—	—	—	—	(4)	(4)
Leväjoki	—	—	—	1	—	—	1
Tiiläänjoki [2]	—	1	2	—	—	—	3
Ilvesjoki	—	—	—	—	—	1	1
Loviisanjoki [3]	—	—	1	—	—	—	1
	4	10	47	5	15	6	87

[1] Breaches that have occurred before 20th Aug. 1923, because the work is not yet completed.

[3] Breaches before 11th Sept. 1923.

[3] Numerous breaches have occurred on the river Loviisanjoki, but the largest one has been investigated.

This table of observations shows that the distribution of breaches that have occurred in those ten different Districts of Drainage is very irregular. They have been most numerous in the District of Drainage of Nurmijoki (the number of cases being 57, or 66 per cent. of all the cases observed). Next follows the District of Drainage of Eurajoki (14 cases, or 16 per cent. of the total number). In the eight other Districts only a few cases of breach have occurred.

The bulk of observations shows great irregularities also when distributed according to the different types of breach; most numerous are the simple slips (47 cases, or 54 per cent.), then follow the slips with protrusion (15 cases, or 17.5 per cent.) and last rolling slips (10 cases, or 11.5 per cent.).

The distribution of the different breaches according to the soil in which they have occurred, is illustrated by the following table:

Soil	Rolling	Slips				Filling breaches	Total number of breaches
		Fracture slips	Slips proper: Simple slips	Slips proper: Double or multiple	Slips with protrusion		
	Number of cases						
Sand	1	—	—	—	—	—	1
Silt	2	—	—	—	—	—	2
Silty clay	1	4	—	—	—	—	5
Clay	—	5	9	1	—	5	20
Mud	—	—	10	—	11	—	21
Mud and clay (stratified soils) [1]	—	1	28	4	4	1	38
	4	10	47	5	15	6	87

As is seen from the above table, rolling breaches occur in soils which contain coarse soils, as sand and silt. One case has been recorded to have occurred in silt clay. Fracture slips are met with in soils of silty clay, and clay. All the following slips and filling breaches are fairly evenly distributed between clayey and muddy soils, which are of exceedingly fine grain and firm consistency. Even the slips and filling breaches encountered in laminated soils must be referred to the two last-mentioned groups, *viz.* to those occurring in clayey and muddy soils, because in those cases slipping always takes place in the layers having the finest grain.

In order to examine the area affected by breaches and the length of the portions of canals damaged by them, the observations, although they are numerous enough only with reference to simple slips, have been divided into groups according to the area and the length of the breaches, which yields the following table [2]:

[1] In these cases the upper part of the slip surface was in mud; in a couple of cases the uppermost part was in peat, the lower part in clay.

[2] In this table 17 observations have been omitted, because no information about the area and length was available.

Variety of breach	Length of breach in metres: Number of cases: 0-5	6-10	11-15	16-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-	Total number
Rollings	1	1	—	—	2	—	—	—	—	4
Fracture slips .	1	1	1	—	—	—	—	—	—	3
Simple slips ..	—	3	7	6	12	6	6	—	1	41
Double or multiple slips ..	—	—	—	1	2	1	—	1	—	5
Slips with protrusion	—	—	—	2	4	3	3	1	2	15
Filling breaches	—	—	1	—	—	—	—	—	1	2
	2	5	9	9	20	10	9	2	4	70

Variety of breach	Area of breach in square metres: Number of cases: 0-50	51-100	101-200	201-300	301-500	501-1000	1001-	Total number
Rollings	2	1	—	1	—	—	—	4
Fracture slips .	1	1	1	—	—	—	—	3
Simple slips ..	—	7	18	6	8	1	1	41
Double or multiple slips ..	—	—	2	1	2	—	—	5
Slips with protrusion	—	—	4	3	6	1	—	15
Filling breaches	—	—	—	1	—	—	1	2
	3	9	25	12	16	2	3	70

As the figures in both tables show, rolling breaches and fracture slips alone belong to the order of least magnitude; the next order (area 51—100 m², length 6—10 m) is represented by rolling and fracture slips, and also by simple slips; in the other orders, slips proper are in majority.

It can be offered as a generalising statement that in rollings and fracture slips, i.e. in cases in which the moving earth portions are comparatively small and the motion

rotatory, the area affected by the breach is comparatively small; whereas in slips proper and slips with protrusion as well as in filling breaches, in all of which the earth moves in large portions, the area affected by breach, and the length of breach, are great.

The range of the breaches may be seen from the following figures:

Canal	Length of canal in metres	Area of breach in square metres	Length of breach in metres	Length of breach in per cents of length of canal
Vaihinjoki	8,000	970	178	2.2
Kalliopuro	2,000	45	15	0.7
Eurajoki	4,500	—	350 [1]	7.8
Nurmijoki	9,200	14,934	1,615 [2]	17.6
Leväjoki	1,500	480	60	4.0
Jyrkänpuro	4,500	1,950	80	1.8

Investigation of the dependance of the motion of earth in breaches upon the depth of canals has been feasible within comparatively restricted limits. About simple slips alone observations in which also the motions of earth have been recorded are available in sufficient number. The diagrams (Figg. 26 and 27, p. 86) illustrate the relation between the depth of canals and the range of the earth displacement. Diagr. 26 shows that the sinking of the surface of earth at the fissure of breach and the motion towards the channel increase with the increase of the depth of cannals. The influence of the depth of the channel is apparantly greater upon the former than upon the latter. The variations in the displacement of the upper edge of the sides are represented by Diagr. 27. The figures of measurement are scattered in it rather irregularly. It is, however, noticeable that the motion towards the channel has been greater than the motion downwards, and that an increase in the depth of the channel increases both these motions.

Every breach is conditioned by an inclined, or loaded surface of earth, which calls forth a permanent earth pressure. The earth pressure is counteracted by cohesion and friction between the particles of earth. Consequently, a breach takes place whenever earth pressure prevails over the forces counteracting it. This, in its turn, may ensue from the increase in earth pressure, or from the decrease in consistence of earth, or from both.

In drainage canals, an increase in earth pressure may ensue from deepening the channel, from the earth removed during excavation left too near the edge of the sides, and from a sudden lowering of the water level in the canal. Moreover, earth

[1] Uncertain: the length of the rollings is estimated at 25 metres.

[2] In 1922 here occurred 42 cases of breach the total length of which was 1,244 metres, whereas the length of the canal was about 5 kilometres. Up till the date of 7th Aug. 1923, 15 breaches had occurred within a stretch of 4 kilometres; their length was 371 metres.

pressure is increased by cutting the sides steeper, because it reduces the counterpressure; finally, earth pressure may increase in consequence of an increase in the moisture of earth owing to a prolonged rainfall or to damming up during work.

A decrease in earth resistance, on the other hand, is caused by dredging the channels, *viz.* by the removal of the turf from the sides, and of roots of plants from the bottom; further, by an increase of the moisture of the soil, which is accompanied by a diminution in the cohesive forces in soils and in the friction between earth particles of grains. Also the water dammed up during work occasions a diminution in earth friction. Moreover, the decrease in the resistence of earth is aggravated by cracks in the earth surface caused by its drying up (Cf. Fig. 64—66, 72 and 73).

On the basis of these considerations the causes of breaches have been classified as follows:

I. Those arising from an increase in earth pressure, which increase is brought about by:
   a. deepening the channel and cutting the sides steeper, or by
   b. placing the earth excavated too near the sides, or by
   c. a sudden lowering of the water level.

II. Those called forth by a diminution in earth resistance, which is brought about by
   a. the removal of turf from the sides, and removal of plant roots from the bottom, or by
   c. damming up during work, or on account of
   d. ground water, or of
   e. water from the snow or frost in the ground, when melted, or of
   f. cracks ensuing from exsiccation of the earth.

III. Those caused by natural moisture.

The exact determination of the different causes is very difficult, especially for the reason that there are in every canal various factors in action at the same time, the operation of which sometimes may be comparatively easy to determine, but somesimes extremely difficult.

It may not, however, be quite futile to dwell upon the determination of the different factors.

The deepening of a canal always augments the earth pressure by lowering the water level. In that portion of the canal which is not deepened, where accordingly only the water level sinks, the increase of earth pressure is not as great as in other portions, because water is lighter than earth. Also cutting the sides steeper augments earth pressure. In most cross-sections of the cases of observations 5—15 the sides have been rendered by dredging steeper than what they were originally, from which circumstance an increase in earth pressure has arisen, because a considerable counterpressure was removed. The increase in earth pressure caused by placing the earth excavated too near the sides is difficult to assess, but certainly it is not negligible.

For the determination of both those causes (a and b) the time when a breach takes place is important. If it has occurred immediately after the excavation, it is to be regarded as a consequence of the deepening of the channel, or of the excavated earth laid too near the edge, or of both causes. In order to assess the share of the last-mentioned factor, the earth excavated, its quantity, must be compared with the increase of earth pressure called forth by the deepening of the channel.

The increase in earth pressure brought about by erosion is easy to perceive, for breaches in erosion valleys take place, as a rule, during seasons of flood or after them.

The appreciation of the increase in earth pressure ensuing from an increase in earth moisture is very difficult. In such cases alone, in which the increase in earth moisture is brought about by the melting of the snow and the frost in the ground, this increase in earth is ascertainable. The increase in moisture in consequence of damming up during work is comparatively easy to account for, as has been mentioned above.

The effect of the increase in earth pressure due to a sudden fall of the water level appears from the time when a breach takes place: earth pressure acts with full force immediately after the fall of the water. If a breach occurs at that time, it is to be attributed in the first place to this factor. In breaches of later date earth pressure, to be sure, is diminished on account of the evaporation of water, but the forces exerting resistance are apparently diminished at a greater rate.

The diminution in earth resistance is, on the whole, more difficult to establish than the above factor. No general rules can be advanced for it. The influence of the removal of turf and the hard earth surface in connection with dredging, however, may be seen by the fact that after dredging the side does not remain as steep as it was before, even in the case that no deepening of the channel has taken place in connection with the dredging. (Note in diagrams illustrating breaches the surface lines of earth before and after the excavation!)

It has been pointed out above, how the date of breach throws light especially upon the share of earth pressure. For this reason some figures, derived from the observed cases at hand, about the dates of breaches may be tabulated:

Class of breach	Date of breach					Total number of observations
	Within 24—48 hours after excavation	Within 3—10 days after excavation	Later on, soon after torrentialrain	After the melting of snow and frost in ground	At other dates	
Rollings	2	—	—	(∞)[2]	2	4
Fracture slips	3	—	—	(∞)[2]	7	10
Simple slips	22	8	9	—	8	47
Double and multiple slips	—	2	3	—	—	5
Slips with protrusion ..	4	4	2	—	5	15
Filling breaches	2	—	—	—	(4)[3]	6
Total	33	14	14	(∞)	26	87
Percentage	37.9	16.1	16.1	—	29.9	100.0

[1] In the column are recorded all the breaches which, on the Eurajoki river, took place immediately after the damming up had been discontinued.

[2] Record the innumerable cases which have occurred in the erosion valley of Numlahti.

[3] Cases observed in Isosuo, Pöytyä.

As our table shows, nearly 38 per cent. of all breaches took place within 48 hours from the excavation, and 16 per cent. of them within the next 8 days, or 54 per cent. in all. These breaches were no doubt caused directly by earth pressure. To breaches after more than 10 days from the excavation belong such cases as took place immediately after a rainfall (16.1 per cent.), and at other times (29.9 per cent.)

On the basis of above discussions the causes of 87 cases have been classified in the tables on pages 197 and 198. The symbols used in them mean:

● = the principal cause
◎ = a cause of great importance
○ = a comparatively important cause
• = a cause to be taken into account.

As is seen by these tables, the main cause of *rollings* consists in an increase in earth pressure, brought about by an increase in earth moisture. To this is to be added the rise in earth pressure ensuing from deepening the channel. Diminution in earth resistance in rolling is only a minor circumstance, for the consistency of such soils in which rollings occur is loose, although the friction in them is great.

The causes of fracture slips are exceedingly variable. It is, however, noticeable that increase in earth pressure, resulting from various circumstances, is the dominant factor. Only in Obs. 3 (the erosion valley of Numlahti) has the action of the water melted from the snow and the frost in the ground been of decisive influence, especially on the consistency and pressure of the earth. In the same manner, the frost in the ground is destructive to consistency of earth.

In simple slips, as well as in other varieties of slips, increase in earth pressure resulting from deepening of the channel and cutting the sides steeper, is the predominant factor. In many cases, the increase ensuing from excavated earth laid too near the sides is of great consequence, especially for slips occurring in muddy soil (Obs. 12, 13, 15 and 21—25) and in slips with protrusion as well as in filling breaches. A sudden lowering of the water level (in connection with damming up during work) has been assigned as the main cause in cases 66—71. Diminution in earth resistance is generally not the decisive factor in slips, although its decrease resulting from the removal of grass and herbs and of the root net interwoven in the tough surface layer is of considerable influence. The diminution in earth resistance (in friction) through rainfalls is in some cases a very important agency in breaches. In these cases, to be sure, the earth pressure has been increased by the water of rainfalls, but its weight is small in comparison with the total weight of earth, so that its share in the causation of the breach is not material. In cases 66—71 the diminution in consistency and the increase in earth pressure which brought about the breaches, is to be attributed to the water dammed up during work.

In double and multiple slips the main cause consists in the earth pressure brought about by deepening of the channel. As concurrent factors we meet with the earth pressure resulting from the excavated earth laid near the sides, and the decrease in earth resistance caused by rainfalls and the removal of turf.

In slips with protrusion, apart from earth pressure, excavated earth laid too near the sides and the natural moisture of earth have been very influential agents. The removal of turf in connection with dredging has to be assigned as a noticeable factor.

No. of observations	Variety of breach	Increase in earth pressure is caused by: deepening of the channel	earth excav. laid to near the sides	increase in earth moisture	deepening of chamel by erosion	sudden lowering of water level (in connection with damming up)	Diminution in earth resistance is caused by: removal of turf in connection with dredging	rainfalls	damming up during works	action of ground water	water from snow and frost in the ground	cracks ensuing from exsiccation of the earth	Natural moisture of earth
1	Rollings	○	–	●	–	–	–	–	–	○	–	–	–
2a	»	○	–	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2b	»	○	–	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	»	●	–	–	–	○	–	–	○	–	–	–	–
49	Fracture slips	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	–
50	» »	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	–
3	» »	–	–	◎	●	–	–	–	–	–	●	–	–
72	» »	–	–	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
78	» »	–	–	–	–	●	–	–	○	–	–	–	–
79	» »	●	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Simple slips	●	●	–	–	–	◎	–	–	–	–	○	–
6	» »	●	○	–	–	–	○	–	–	–	–	•	–
7b	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
12	» »	●	◎	–	–	–	–	–	–	○	–	○	–
13	» »	●	◎	–	–	○	–	–	○	–	–	○	–
15	» »	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
21	» »	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
22	» »	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
23	» »	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
24	» »	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
25	» »	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
31	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
32	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
33	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
35	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
36	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
37	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
38	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
40	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
41	» »	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
42	» »	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
43	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
44	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
45	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
46	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
47	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
48	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
51	» »	●	◎	–	–	–	○	–	–	–	–	–	–
52	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–

No. of observations	Variety of breach	Increase in earth pressure is caused by: deepening of the channel	earth excav. laid to near the sides	increase in earth moisture	deepening of channel by erosion	sudden lowering of water level (in connection with damming up)	Diminution in earth resistance is caused by: removal of turf in connection with dredging	rainfalls	damming up during works	action of ground water	water from snow and frost in the ground	cracks ensuing from exsiccation of the earth	Natural moisture of earth
53	Simple slips.....	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
54	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
55	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
56	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
57	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
59	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
60	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
61	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
62	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
63	» »	●	○	–	–	–	◎	–	–	–	–	–	–
66–71	» »	–	–	–	–	●	–	–	◎	–	–	–	–
80	» »	●	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
81	» »	●	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Double or multiple												
14	slips	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	»	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	–
17	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	–	–
24	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
39	»	●	○	•	–	–	○	◎	–	–	–	○	–
	Slips with pro-												
7a	trusion	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
8	»	●	◎	–	–	–	○	•	–	•	–	–	○
9	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
10	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•		–	○
11	»	●	◎	–	–	–	○	•	–	•	–	–	○
18a	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
18b	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
26	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
27	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
28	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
29	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
30	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	○
58	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
64	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
65	»	●	◎	–	–	–	○	–	–	•	–	–	◎
19	Filling breaches ..	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	●
20	» » ..	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	●
82	» » ..	●	◎	–	–	–	–	–	–	–	–	–	●

In filling breaches the natural moisture of earth and the earth pressure resulting from deepening the channel are the primary agencies, and accumulation of excavated earth too near the sides is a subsidiary cause.

The above discussion can be summed up:

Breaches occurring along canals can be classified, according to the mode of the motion of earth, in the following way:

1. Rollings

2. Slips

A. Fracture slips

B. Slips proper

a. Simple slips

b. Double and multiple slips

C. Slips with protrusion

3. Filling breaches.

Rollings occur mainly in sandy and silty soils.

The occurrence of slips is this: Crumbling slips occur chiefly in silty clay soils, rarely in silty soils; slips of other description occur only in clayey and muddy soils, further in laminated soils, in which the said kinds of soil form the lower portion.

Filling breaches occur in muddy, silty and peaty soils.

Breaches cause a considerable amount of damage during the execution of dredging works. In some cases the losses caused by them are to be estimated at tens of thousands of Fmk, not to speak of the retardation of the works.

As to the influence of the depth of the channel, the motion of earth is the greater, the deeper the channel is.

The chief cause of breaches is to be sought in the increase in earth pressure which results, in the first place, from deepening the channel and cutting the sides steeper. Further, the earth pressure may be augmented if the earth excavated be laid too near the sides. In some cases the earth pressure is increased by damming up during the works, and by erosion.

A diminution in earth resistance, favourable to rupture, may also be brought about by the removal of the roots of aquatic plants, and of the tough earth layer, by the reduction in friction called forth by rainfalls, by the enhancement of the moisture of earth by damming up, and finally by the contraction of the earth.

A notable agency in breaches also consists in the natural moisture of earth. In all the Districts of Drainage in which breaches have occurred the natural moisture of earth is very great, amounting, in slips, to 60 per cent. of volume, in filling breaches up to 80—90 per cent., even more.

Breaches, as a rule, occur in the course of the same summer as the excavation takes place; only where the cause lies in earth pressure brought about by erosion, they occur as long as the erosion is active.

3. Upheavals.

Upheaval of canals is that mode of their obstruction in which, by the action of certain factors, the channel contracts and appears, as it were, to heave up.

The nature of upheavals occurring in peaty soils will be elucidated by the analysis of a case of upheaval which took place in an *Equisetum* swamp. The length of the

upheaval in the said swamp was about 950 m. The peat along this stretch is of the *Sphagnum* variety, and remaining at a low degree of decomposition. During the drainage works the swamp was very wet. The superintendent informed the writer that in many places it did not support a man. The middle part of the canal was cut in winter time, but after the frost in the ground had melted away the channel had to be cut anew. The original dimensions of the channel were: the depth 2.3 m, the width of the bottom 0.5 m, and the inclination of the sides 1 : 1. The thickness of the peat layer was for the most part of the swamp over 5 m.

In summer 1920, the dimensions of the channel were following: the depth 0.5 m, the width of the bottom 0.2 m, the inclination of the sides 1 : 1. The profile of the channel had taken the form shown by Fig. 28 a (p. 98). The sides had assumed a peculiar curved shape, and, moreover, the edges of the sides had formed a small ridge above the earth surface. Near and beneath the channel, the layers of peat had, as the figure shows, bent upwards. The earth accumulated on the sides during the excavation had completely sunk in the wet peat and was at a level with the neighbouring peat. The actual motion performed by the peat layers has ensued from the peat sinking down. Fig. 28 b delineates schematically the course of the motion caused by this sinking; it shows that in those 14 years that have elapsed since the swamp was drained the peat has, on an average, sunk down by 1.1 m. In addition to this, the peat layers adjacent to the channel have quite appreciably moved towards the channel, and the earth immediately under the bottom of the channel has heaved up a little. — The upheaval must be attributed to the great moisture of the peat, from which followed that the peat had no sustaining and cohesive power: the peat layers sank at the same rate as the water in the channel.

As an illustration of upheavals occurring in clayey soils the phenomena observed in the Drainage District of Vasikkahaka, in Ruotsinpyhtää, may be mentioned. The drainage works in the said district were completed in 1914. The soil consists of clay, the surface of which is dried up, through evaporation of water, to a depth of 0.6—0.8 m. Under this dried up layer the clay is bluish and very wet and slippery. The original dimensions of the channel were: the depth 1.25 m, the width of the bottom 0.50 m, and the inclination of the sides 1 : 1.5.

In 1920, the depth was 0.5 to 0.6 m, whereas the width of the bottom had remained nearly unchanged. The sides had curved upwards, and the channel had assumed the general profile of a trough. As Fig. 29 (p. 101) shows, along with the sides, the hard layer of clay had been bent upwards, whilst the wet, bluish clay had risen higher up thereby rendering the channel shallow. The reason why the soft clayey material had not burst direct through the bottom into the channel may have been, at first, that the clay was tenaceous enough, and later that *Equisetum* vegetation grew in the channel. It is further to be assumed that at the time of excavation there existed in the ground a tough net of plant roots which reached down deeper than the bottom of the channel, and which averted a sudden irruption of the clay, but could not offer any further resistance to the earth pressure. In this case, too, the upheaval must be imputed to the excessive moisture of earth, on account of which the earth could not sustain the increase in earth pressure caused by the deepening of the channel.

The discussion of the upheavals leads to the following statements:

Upheavals occur in very wet swamps and fens, where the peat has no sustaining power, and in clayey soils, if layers of miry clay exist under a stiff layer of earth, to which the channel does not quite reach.

Upheavals contract the channels or efface them altogether. The former takes place in undecayed, homogeneous swamps with some sustaining power, and generally in clayey soils, mainly in those near sea-coasts; the latter occurs in especially wet, boggy swamps, decayed to some extent.

In upheavals — especially in those occurring in undecayed swamps — the channel appears, in relation to the neighbouring ground, to rise up, thus reducing the drainage efficiency of the remaining diminished canal.

4. Protrusions.

We have to do with protrusions whenever the sides protrude into the channel and earth invades it at some part of its cross- section. They differ from the phenomena of obstruction described above in that they are more of a local character, affecting only a part of the cross- section.

On the observations detailed, protrusions can be divided into those in which

1. protrusion affects only one side of the channel, and those in which
2. protrusion affects both sides.

Observation shows that one-sided protrusion occurs in so-called protecting ditches which have been cut to prevent a swamp from encroaching on dry land; further in ditches which have been cut in the outskirts of large boggy fens in order to drain the large swamps and wet forest encircling them. — The form of one-sided protrusions is very regular. The slope of the upper portions of the side is generally unchanged, but deeper downwards the protrusion increases, being greatest near the bottom. The profile of a protruded side is that of a hook. (Cf Fig. 30 a, and 31 N:o 2).

Both-sided protrusions fall into two groups:

1. Protrusion affects almost the whole of the sides (Cf. Fig. 30 b, 30 c, 31 N:o 4—6, 9 and 13);
2. Protrusion affects the lowest part of the sides (Cf. Fig. 31 N:o 17, 18 and 25).

Total both-sided protrusion occurs in canals the sides of which consist of homogeneous, rather undecayed peat. In partial both-sided protrusions the peat in the protruded part is always fairly well decayed, containig mostly sedge *(Carex)*. As to moisture, total both-sided protrusion occurs mostly in swamps softer than those in which partial both-sided protrusion is met with.

One-sided as well as total both-sided protrusions may be ascribed to the earth pressure increased by abundant ground water, which increase is called forth by large wide and undrained fens lying either on one side of the channel, or on both.

Partial both-sided protrusion is conditioned by the wetness of the decayed peat. By reason of this wetness, and under the pressure of the upper layers the decayed peat is pressed out, which gives rise to a protrusion.

In summary:

Protrusions occur in peat soils alone, and only under certain conditions.

One-sided protrusion occurs in protecting ditches cut in the outskirts of large fens, viz. in the side of the channel bordered upon by the fen.

Total both-sided protrusion occurs in canals cut in large fens which are not particularly wet, and which are trenched by relatively few canals or by none.

Partial protrusion may occur in all such fens and swamps as are covered by a layer of nearly undecayed peat, but the deeper layers of which consist of Carex, forest or Sphagnum peat, or of their mixtures, in a fairly decayed form.

In the two first-named varieties of protrusion ground water increases the earth pressure considerably, and at the same time reduces the consistency of the peat.

The principal cause of protrusion is earth pressure.

II. The obstructing material transported from elsewhere.

Hitherto we have been dealing with cases of obstruction in which the obstructing material has been derived from the same part of the channel. Now we have briefly to consider those cases of obstruction in which the obstructing material has been transported by water from other sources. The observations of these cases have been tabulated on pages 110—111. One very characteristic case of accumulation was investigated in Parkano. Upwards of the spot of observation erosion was noted to be active, causing sand, silt and peat being carried downwards. At the spot of accumulation these materials subsided on the bottom of the canal, shallowing it. The sand subsided first, then the silt, and last the peat particles. The degree of the shallowness caused by this accumulation depends upon the intensity of erosion going on upwards of the place, and the fall of the channel downwards of it. The table[1] on page 112 shows the dimensions of 8 cases observed and the degree of obsruction. The figures presented show that this form of obstruction brings about a great reduction in drainage, often staunching it entirely.

Accordingly, we can state that that form of obstruction which we have here called shallowing is one of the worst impeding factors in drainage, and it always presupposes erosion going on upwards of the place affected.

Factors enlarging the channel of canals, or erosive phenomena.

The above discussions have been concerned with phenomena which effect a contraction of the cross-section of a channel. In the sequel we are going to treat of phenomena which more or less enlarge channels.

These phenomena ensue from the power of water to carry along the bottom of channels earth materials either in a dissolved state, or rolling them along, whenever

[1] Head words of the table:

Havainnon n:o	=	No. of Observations
Kuivutusala	=	Area of drainage
Pituus	=	Length of shallowed portion
Alkuperäinen syvyys	=	Original depth of canal
Tutkimuksen aikainen syvyys	=	Depth at time of observation
Mataloituminen	=	Shallowing
% alkuperäisestä etc.	=	Percent. of original depth

the velocity of the water reaches a definite minimum velocity required to move the particles of each kind of earth. On page 113 we have stated, in accordance with *Umpfenbach*, the variations of the velocity of water required according to the constitution of the bottom of watercourses.

Observations show that in the cases of erosion an actual enlargement of the channel is effected by the motion of water in the portions washed by the water of the canal. This action of water calls forth in the upper parts of the sides other phenomena by which earth is brought down into the part washed by the water, where it is eroded, and carried away by it as far as it can.

The tables on pages 127[1], 130 and 131 set forth the rates of the velocity of water,

[1] Head words of the table on page 127:

Syöpynyt turvemaalaji ja sen lahoamisaste (numerolla)	=	Species of peat soil eroded and its degree of decomposition (indic. by figures)
Vedennopeus m/sek:ssa	=	Velocity of water in metres per sec.
Syövytyksen suuruus	=	Amount of erosion
ei ollenkaan	=	Nothing
vähän syövytystä luiskilla	=	A small amount of erosion in the sides
vähän syövytystä luiskilla ja pohjassa	=	A small amount of erosion in the sides and the bottom
Syvennys 0.3 m; syövytyksen leveys 5—7 m	=	Increase in the depth greater than 0.3 metres; portion eroded broader than 5—7 metres
Vahinko	=	Damage
ei mitään	=	Nothing
vähäinen	=	Slight
tuntuva	=	Serious
Saraturve	=	*Carex*-peat
Sara-*Sphagnum*-turve	=	*Carex*-peat mixed with *Sphagnum*
Korpiturve	=	Forest peat
Sara(korte)turve	=	*Carex* peat mixed with *Equisetum*

Head words of the table on pages 130 and 131.

All others the same as above, except those for the earth eroded, which are:

Syöpynyt maalaji	=	Soil eroded
Savihieta	=	Clayey silt
Korvet ja savihieta	=	Forest peat and clayey silt
Hieta	=	Silt
Hiekka	=	Sand
runs. kiviä	=	Abounding in stones
Hiekkakiviä	=	Sand with stones
Kivinen hiekka	=	Stony sand
Kivikkoa	=	Stony ground
Savi	=	Clay
Lieju	=	Mud

and the damages in the cases observed. The damages have been assessed thus: 1) No damage, 2) damage slight, 3) damage considerable, and 4) damage great. Along with this the rates of erosion have been stated (Cf. Fig. 32—34).

Among the tables referred to above that on page 127 represents the observations on peaty soils in this regard, and the next table those on mineral soils.

In addition, we have related on page 128 the observations in cases in which the velocity of water is just so great as to bring about no noticeable erosion. On the basis of these observations we can sum up the rates of velocity of water for peaty soils as follows:

Kind of peat	Velocity in metres per sec.	
	In decayed peat.	Partly decayed.
Forest peat	0.40	..... 0.60
Carex peat	0.40	..... 0.60
Sphagnum peat	0.40	..... 0.65
Equisetum peat	0.70	..... 0.90
Eriophorum peat	0.90	..... 1.10

It is further to be noted that the degree of decomposition of peat is not constant, but increases from year to year in consequence of drainage, so that as years pass erosion makes its appearance in canals in which the water has acquired a velocity corresponding to the degree of the decomposition of the peat.

The damage caused by erosion in peaty soils is generally slight. In four cases the damage has been assessed as having been considerable or greater.

In addition to the observations related on pages 130—131 an account of 8 observations is to be found on page 129, in which erosion has been quite minimal, and in which, accordingly, the velocities of water have approximated the velocities suitable to the respective kinds of earth. — In different kinds of mineral soil the action of water has been different. The resistance of stony sand has generally been good, although the velocity of water has reached a rate of 1.16 m per sec. In stony ground, the velocity of water, even when it has been over 2 m per sec., has not resulted in erosion and damage. Sandy soil, again, shows greater variations. Observations bear out that sand is eroded when the velocity of water is 0.58 m per sec., though the erosion then is very weak, and causes no damage. Silt is by far more liable to erosion. When the velocity of water is 0.58 m per sec., there may arise in silty soil erosion of a considerable degree, and the damage may be even great. Clayey silt is very susceptible of erosion; it may be in evidence when the velocity of water is only 0.40 m per sec., although the damage is not worth mentioning. — In clayey soils, erosion is of rare occurrence. Observations indicate that different kinds of clay behave differently towards motion of water. In one group of cases erosion has been observed, when the velocity of water was only 0.60 m per sec., in other cases no erosion was in evidence, although the velocity was as great as 1.10 m per sec. In the last-mentioned case the clay was particularly stiff, and its contractibility very small (lineal contractibility about 5 per cent.) Ooze is very susceptible of erosion. Erosive effects are visible, when the velocity is only 0.29 m per sec. Observations yield the following figures, in different kinds of soll, for velocities which bring about no erosion:

In sand	0.55	metres per sec.
In silt	0.45	» » »
In clayey silt.....	0.40	» » »
In clay according to the stiffnes of clay	0.30-0.70	» » »
In ooze	0.25	» » »

As has been stated above the main erosive action of water in a channel takes place in the part washed by it. The running water carries earth particles along with its course or rolls them along the bottom of canals. Accordingly, the transport of earth in water takes place down along the channel.

Above the water level the motion of earth is quite different. Here the motion of water is only towards the channel and not in the direction of the slope of the channel. As observations show, this motion is different in different soils.

In peaty soils, breaches alone occur and rolling and crumbling within narrow limits.

Breaking- off in large pieces is frequent in undecayed peat, which of course follows from the great consistency of undecayed peat. Breaking- off comes about when the earth which supports the peat layer, crumbles off and the peat sinks. Peat endures bending to some extent, but when the definite limit has been passed, breach takes place. Observations bear out that pieces broken off are largest in undecayed peat mixed with *Eriphorum*.

In decayed peats, more or less regular crumbling and rolling takes place. Pieces of peat break off irregularly and are carried away along with the water.

In mineral soils crumbling, rolling breach and rolling slips take place above the water level. The two first-named phenomena occur chiefly in sandy and silty soils. In clayey soils rolling and rolling slips occur mostly. If canals in which intensive erosion is going on, be affected by rolling breach or other obstruction phenomena, they are often dammed up, whereby large pools arise, which, however, are drained up as the channels are deepened by erosion.

In erosive phenomena we thus encounter two kinds of motion of earth: in the water of the channel, transport of earth along with the motion of the water, and above the water level, again, crumbling, rolling and rolling slips, in case that the soils is mineral; and breaking- off, also rolling and crumbling, to some extent, if the soil is of peat. The direction of the motion of earth above the water level is towards the channel, that of the motion of earth in the water is the same as that of the water itself, i.e. along the channel.

The damage caused by erosive phenomena may in some cases be quite serious.

In the table on page 134[1] *the damages of two orders of magnitude have been taken into account, viz. considerable and great. The figures show that erosive phenomena have in many cases caused serious losses.*

---

[1] Head words of the table on page 134:

Tapaus	=	Case
Vahingoittuneen viemärin pituus	=	Length of the canal affected
maan leveys	=	Breadth of the portion affected
Vahingoittunut ala m²	=	Area affected in square metres

Other factors affecting the condition of canals.

I. Subsidence of drained swamps.

As is well known, the surface of all organogenic so ls, and especially that of a swamp, sinks upon drainage. This subsidence is due in the first place to the lowering of ground water, although it is true that many other important circumstances play a role in the process, as the quality of peat, its moisture, and the thickness of the peat layer.

The observations presented in table I (on pages 26—33, observations 1—15) show, how the sides of channels have slanted out. This has resulted from the subsidence of the peat. The diminution of the slope of the sides is the main effect of the subsidence.

A diagram (Fig. 35) illustrates the bearing of the depth of channels upon the subsidence of peat layers. The subsidence has been set forth in percents of the thickness of the peat layer. It must be kept in mind that the diagram represents the subsidence which had taken place in the course of two years after the canal had been cut. In the table on page 137 [1], the rates of subsidence observed in different kinds of swamp have been given in percents of the thickness of the peat layer. The diagram on page 138 (Fig. 36) which is based on the figures presented on the same page, shows how subsidence diminishes with the increase of the distance from the canal. The figures presented on that page are not, however, quite reliable, for the original surface of the swamp has been supposed to have been nearly horizontal. The same circumstance is illustrated by the profiles on page 139. The uppermost profile represents the settling down of the surface of peat in *Sphagnum* swamps. Those lower down render an account of the same phenomenon along the trenches in *Carex* swamps, and forest peat.

The chief effect of subsidence on the sides of canals is, as has already been pointed out, their slanting out, which in its turn strengthens them.

Finally we point out that subsidence does not take place suddenly, but in the course of several years. To be sure, no special observations have been made with regard to this point, but we refer to the investigations by KRÜGER, which have been mentioned in the foot note on page 140.

---

[1] Head words of the table on page 137:

Suon laatu	=	Variety of the swamp
Kosteus	=	Degree of moisture
Turvekerroksen vahvuus m:ssä	=	Thickness of the peat in metres
Painuminen %:ssa turvekerroksen vahvuudesta	=	Subsidence in per cents of the thickness of the peat
Havaintojen luku	=	Number of observations
Neva	=	Open swamp
Neva (räme)	=	Open swamp with a few stunted pines
Rahkaräme	=	*Sphagnum*-swamp
Räme	=	Pine swamp
Korpi	=	Spruce swamp

II. Phenomena connected with congelation of the ground.

1. Freezing of the sides of canals.

The observations concerning this point were made on the river Vaihinjoki, in the parish of Vihti, in 1922 (April 20, 27, May 5, 11, 16 and 22).

The thawing of the frozen soil was investigated at a cross-section, where the layers of earth were as follows:

On the left side		On the right side	
Kind of soil.	Thickness in metres	Kind of soil.	Tickness in metres
Sand	0.80 m	Sand	0.85 m
Alluvial peat	0.30 »	Forest peat	0.50 »
Forest peat	0.55 »	Clay	—
Clay	—		

Fig. 39 and the following table represent the thawing of frozen soil. The measurements start from the surface of earth. In Figure 39, the profile (a) represents the situation in the frozen ground on April 20, profile (b) on April 27, profile (c) on May 5 and profile (d) on May 11, all in 1922.

Date of observation	Thickness of ground melted, from surface downwards											
	On right side in metres, measured from upper edge						On left side in metres, measured from upper edge					
	Outwards		Channelwards				Outwards		Channelwards			
	1.0	0.5	0	0.6	1.0	1.5	0.0	0.5	0	0.5	1.0	1.5
20/IV	0.15	0.15	0.01	0.17	0.25	0.22	0.25	0.20	0.02	0.05	0.10	0.17
27/IV	0.05	0.10	0.32	0.46	0.36	0.20	0.05	0.05	0.10	0.07	0.06	0.06
5/V	0.55	0.35	0.52	0.50	0.35	—	0.12	0.20	0.27	0.20	0.10	0.15
11/V	—	0.60	0.70	0.62	—	—	0.25	0.32	0.42	0.25	0.20	0.26
16/V	—	—	—	—	—	—	—	—	0.45	—	—	—

It is seen by the table that the thawing of the frozen ground has been quickest in the upper edges of the sides, and slowest towards the channels and off the channel. Considering the rate of thawing, we notice that it has been by far greater in the right side, i.e. in the side exposed to the south than in the left side, exposed to the north. —

Cross-section 2. The surface of earth consists of a forest peat layer, 1.5 m deep. The peat is highly decayed (10), underlaid with clay. The channel runs almost exactly from north to south.

Fig. 40 and the next table represent the thawing of the frozen ground in this case. In Fig. 40, the uppermost profile (a) represents the situation on April 27, (b) on May 5 and (c) on May 11, in 1922.

Date of observation	Rate of thawing, from surface downwards											
	On the right side, in metres measured from upper edge						On the left side, in metres, measured from upper edge					
	Outwards			Channelwards			Outwards			Channelwards		
	1.4	1.0	0.5	0	0.5	1.0	1.5	1 0	0 5	0	0.5	1.0
20/IV	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—	—	—
27/IV	0.04	—	0.04	0.04	—	—	0.03	—	0.04	0.05	0.05	—
5/V	—	—	—	0.10	—	—	(0.04)	—	—	0.16	—	—
11/V	—	—	—	0.10	—	—	—	--	—	0.16	—	—
16/V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

It is seen from the above figures that the thawing proceeding downwards from the surface has been exceedingly slow and has in the main proceeded from beneath the frozen earth upwards, as appears from Fig. 40. Much water was dripping from the walls of the channel, which indicated of abundant water flows in the ground. This accounts for the thawing from beneath upwards.

Fig. 41 and 42, and the table on page 147 belonging to them, illustrate the thawing of frozen forest peat. As is seen from them, thawing has started almost exclusively from the outlying ground and from beneath. This has apparently been brought about by abundant ground water, which was actually in evidence.

Fig. 43 illustrates the thawing of frozen earth in the sides consisting of clay. As is seen by the diagram, thawing of the frozen earth brings about a deep step in the bank of the channel, which step may in many cases be half a metre high (Cf. Fig. 125, 131 and 132).

On 27th of April and 5th of May observations were made on the congelation of the surface layers of earth due to night frost. The nights preceeding the said days were particularly cold (the thermometre indicated —6° C at 5 1/2 on the morning of the former, and —4° C on the morning of the latter day). The surface of the bank was congealed on both mornings to a depth of 5—7 cm. This, however, varied considerably at different spots. In sandy soil the surface was frost-bound to a depth of 3—7 cm on 27th of April. Vertical ice rods, 2—6 cm long and 0.5—2 cm thick were clearly visible. The earth cover attached to these ice rods was 0.5—1.5 cm thick. The congelation of the sides consisting of peat was of the same type, with the only difference that the rods were 5—8 cm high. In the parts of the sides where water was dripping into the channel the earth was not frozen.

Between 10—11 a.m. the frozen earth thawed. The examination of some spots at which the level of the earth surface had been noted on the preceeding evening showed that the surface had risen about 1 cm at the sandy spots and about 1.5 cm at spots of forest peat.

In sides consisting of sand frozen earth was met with quite generally on 27th of April; on 5th of May very little was encountered, which was a consequence of the earth having dried up.

Owing to water flowing abundantly congelation of earth with ice rods occurs in the sides consisting of peaty soils only to a limited extent.

Accordingly, congelation of earth with ice rods has to be taken into account only as a loosening agency of the uppermost layer of the ground.

An observation on the texture of congealed earth on a field of Mustiala on 6th of June, 1923. The soil was stiff clay, the humus was made up of clay mould. Under a dunghill a frozen layer of earth was met with, 0.50 m deep, through which a covered drain had to be laid. In the frozen earth two layers were noticeable. The upper layer was striped and the lower one consisted of large irregular cavities. On a closer inspection it was discovered that in the upper layer the stripes were formed by loose ice, and were straight columns or needles, with a mean diameter of 1 mm. The thickness of the striped layer ranged from 0.5 mm to 8 mm. The distance of the stripes from one another was at some places 2 to 3 mm, at others 2 to 5 cm. In the lower portion of the frozen earth greater or smaller cavities were, as has already been mentioned, discovered, in which ice columns or rods, about 1 mm thick, were found. To be sure, these cavities were rather few in number. On melting of the ice the water did not return into the interstices between the earth particles, but trickled away, leaving empty cavities in the place occupied by the former stripes. This proved that along with the congelation of earth the water percentage of earth diminishes, for in the congelation of earth water is pressed out of it, being transformed into ice columns and needles.

An observation of the formation of ice on the sides of canals and at the surface of earth. The soil is decayed forest peat, about 1.30 m deep, underlaid with clay. The depth of the channel is 1.50, and on its eastern side the canal is bordered by large, undrained swamps. On the western side of the channel a crust of ice, about 30 cm in thickness, had grown (in 1914). This crust of ice extends to a distance of 3 m from the upper edge of the side. In this zone the thickness of the crust of ice was only 10 cm, and the underlying earth was frozen to a depth of 20 cm, as is shown by Fig. 45. The surface of the ice crust was very uneven, with ridges and risings, and ice of various colours and age was discernible in it. Here and there at the top there was water containing ice flakes. This water must have forced its passage through the ice crust, for it appears very probable that the ice grew at the surface.

According to these observation the congelation of earth in the sides of canals may occur in three forms: *as congelation of surface earth, congelation of deeper earth, and ice crust.*

Congelation of surface earth occurs in the bare ground in early spring or in autumn, in the wake of night frosts. It does not occur in grounds covered with vegetation. Its greatest thickness observed has been 8 cm. It affects canals recently cut, but scarcely those of longer standing.

Congelation of deeper earth appears in the sides of canals gradually after temperature has fallen below $\pm$ 0° C. It is thickest in the upper edges, and thinnest near the ice covering the water. The motion of ground water may attenuate congelation of earth or prevent it, in which case an ice crust makes its appearance in stead of congelation of earth. Thawing of frozen earth generally starts from the surface of earth, and under normal conditions no melting takes place underneath. The ice lingers longest in the upper edge of the sides. The flow of ground water causes frozen earth to thaw at its nether surface and in the outlying parts of the ground, in which cases the ice lingers longest between the upper edge of the sides and the water level. The thickness

and the mode of melting of frozen earth is different in different soils. Sand is frozen deeper than clay, but melts more quickly.

Congelation of earth occurs in new canals as well in old ones, although it reaches deeper down in the former than in the latter.

Ice crusts occur in swamps that are badly drained and abound in springs, and in which the flow of water into the channel is especially abundant. They spring up at the surface of earth, and are encountered along canals of any standing, although at few places.

2. The changes in the sides of canals called forth by the melting of frozen earth.

When the ground freezes the volume of earth increases in the vertical as well as in the horizontal direction. The expansion in the horizontal direction is of restricted occurrence because of the resistance of the adjacent earth. But the vertical expansion is counteracted only by the gravity. Of these two forms of expansion that in the vertical direction is easiest to ascertain by levelling. The table on page 153[1] presents some figures of vertical expansion. As the figures show, this expansion is very noteworthy; it may amount to 40 per cent. of the thickness of the frozen earth. A natural consequence of this great expansion is that materials holding the earth together, as roots, fibres etc, are rent and broken into small pieces. On melting the earth does not recover its former density, for subsidence is effected only by gravitation.

The earth stirred by this process may be carried into the channel by ever so slight a motion, whatever may have called it forth. This is true of every kind of soils. For this reason a higher or lower step or front surface had been brought about below the turf layer of the bank of a canal (Cf. Fig. 140, 150 and 159). Effects of this kind seem to be especially intensive in the spring next after the excavation. (Cf. Fig. 136 and 137). In the second next spring these phenomena seem to call forth no changes whatever in the sides.

There was at one place in the middle of the side of a canal a peculiar step, which was very wet. In a depth of 10 cm it was congealed, as is seen from Fig. 46. The step

---

[1] Head words of the table on page 153:

Maalaji	=	Kind of soil
Hiekka	=	Sand
Turve	=	Peat
Roudan vahvuus	=	Thickness of earth frozen
Maanpinnan korkeus luiskan yläreunan kohdalla	=	Thickness of surface layer at the level of upper edge of side
roudassa	=	Frozen
sulamisen perästä	=	After having thawed
m:ssä	=	in metres
Maan laajeneminen routiessa	=	Expansion of earth in congelation
% roudan vahvuudesta	=	per cent. of the thickness of earth congealed

had sprung up at the spot where the congealed earth terminated in the side of the canal, and it had been formed by the water melted from frozen earth, which trickled through the earth stirred by congelation of earth. Phenomena like these could be termed *congelation bulging*.

The horizontal expansion of frozen earth causes earth to detach from the sides of canals. This results in the formation of what may be called eaves. Fig. 47 depicts one case in which the expansion of congealed earth has called forth eaves, about 1 m in length, protruding a little (0.2 m) past the water border. Fig. 48 represents another case, pretty similar to the former, only are the eaves of greater extension (1.75 m). The upper surface of eaves is generally covered with a thin layer of ice-free earth, of which there is no trace beneath them. Consequently, the thawing of eaves takes place chiefly at the upper surface, inspite of the fact that also the nether surface is in contact with the air. These observations were made on May 20, 1922. By the next observation (on May 11, 1922) all the eaves had thawed away. — On the shaded side of the canal there were some sort of eaves, which, as a continuation of the congealed earth, projected a little above the water level, as is shown by Fig. 49. Higher up there was a thin layer thawed, from which water dripped down along the upper surface of the frozen part, and which, because of contact with the latter was refrigerated to such a degree as to congeal at night, owing to the radiation of heat at night, before it reached the water in the channel, thus forming eaves. Formation of this type of eaves has been met with only in peaty soils.

Fig. 138 and 143 illustrate another phenomenon referable to the action of congelation of earth. As is seen by the figures, part of the side of the canal has for some reason or other projected into the channel. This phenomenon may be attributed to the expansion of the congealed earth inside the earth layers. Water begins to freeze in some cavity of earth; the ice thus called forth grows owing to water filtering from above, and expands under the influence of heat. This expansion exerts pressure on the sides of the canal, pushing it into the channel, because in this direction the resistance of earth, after the canal has been excavated, is far less than elsewhere.

The narrowing of channels at the level of their brinks, noticed so often in peaty soils, results from the horizontal expansion of frozen earth and often reaches considerable dimensions. The trenches in the fen of Porosuo, Iisalmi, afford a good instance to the point. The trenches referred to were of 10 years' standing, and have been narrowed at the level of the brinks to a width of 0.3 m, being at present of the same width at the top as well as at the bottom.

We sum up our treatise of the action of congelation of earth on the sides of canals thus:

The effects of congelation of earth upon the sides of canals are manyfold, varying with the various factors active in congelation and thawing of earth. The following types of effects may be distinguished.

1. *Softening and crumbling of the sides.*
2. *Eaves formations.*
3. *Projections.*
4. *Influence of congelation of earth in phenomena of obstruction and erosion.*

The congelation of surface and deeper earth softens the sides appreciably for some years from the excavation. This action is more intensive in well decayed peaty soils, but

comparatively weak in a soil of fibrous peat (Equisetum and Eriophorum peat). The expansion upwards and aside caused by congelation of earth gives rise to phenomena which break the sides of canals, as the formation of eaves.

Growth of ice inside the peat layers calls forth the phenomenon of projection.

The action of congelation of earth is a very significant co-efficient in crumbling, rolling and fracture slip. In addition to the phenomena of crumbling and breach due to congelation of earth, the latter intensifies the action of erosive phenomena on canals by bringing about a loose and highly stirred layer of earth, which, by dint of the slightest motion of water, may roll into the channel.

III. Influence of cattle on canals.

By walking along canals and trenches, cattle give rise to paths, which under various conditions add to, or better to say accelerate, the obstruction of canals and trenches, and contribute to the phenomena of erosion.

In most cases, the borders of canals are dry. Only where the flow of ground water s abundant and its level high, is the ground bordering the canal wet. Such piaces, however, are not very numerous. Consequently, the borders of canals afford cattle very convenient places to walk along. No wonder, if all cow paths in drained swamps run along canals and other trenches, from which they diverge aside to better pastures.

We proceed to present some typical observations on the effects of cow paths on canals·

1. The fen of Mustalampi, in the State Forest of Parkano. The area is 40 ha, the total length of the canals 3 km, that of the discharge trenches 0.8 km. The fen comprises woody swamp and marsh, at some spots of which thick pine wood grows. The peat is mostly of the *Carex* variety. Especially in the southern part of the fen, where the effects of cow paths are particularly noticeable, the degree of decomposition of the peat is very high (8—9) whereas on the northern part it is comparatively low (4). The peat is on the whole wet. Fig. 50 (a) and (b) render the typical proiles of the channels. As is seen by them, the paths are pretty deep (0.25 m). Between these paths and the channels there runs a ridge, 0.25 m high, which, as the canal grows older, gradually moves towards the channel, and at last breaks off, falling into the latter. In this case a new path is soon beaten somewhat higher up, as is shown by Fig. 50 b.

2. The fen of Äijäneva parish of Virrat. Along almost all the drainage canals of this fen with an area of 900 ha there run cow paths. Fig. 51 (a) and (b) as well as Fig. 52 (a) and (b) represent the typical profiles of the canals. Fig 51 (a) shows the profile of the main canal. A cow path is seen on both sides of it; that on the left side has brought about a displacement of earth towards the channel, which displacement of earth has given rise to a curious bulge on the bank and to a large fissure at the bottom of the path. The peat at this spot mainly consists of fairly well decayed *Carex* (7) containing a certain amount of *Sphagnum*. 51 (b) is the profile of a bye-channel. Here too the peat consists mostly of *Carex*, and is very dry, for which reason cow paths have not worked as much harm as in the previous cases. — Fig. 52 (a) and (b) are profiles of the northern part of the main canal in the fen of Äijäneva. The peat is of *Carex* mixed with *Spagnum*, of a medium degree of decomposition (7). As the profiles show, numerous cow paths are running along both sides of the canal. In one case, the cow path

nearest to the edge has already caused the ridge described above to fall off into the channel.

3. The fens of Isosuojakso, in the parish of Pöytyä. The peat in the region investigated consists of *Sphagnum*, rather undecayed (2). Fig. 53 (b) represents the profile of a canal in this region. As is seen from it, a cow path with a depth of 0.25 m has been beaten on both sides. The peat at the surface of the cow paths is very loose, so much so that the wind can carry it away. No appreciable displacement towards the channel is in evidence. At many places of this fen cattle have crossed the canals, at which places the channel has been contracted to a serious degree.

The above account may be summed up as follows:

Walking in drained lands cattle beat numerous paths on the borders of the canals and trenches. If the peat is wet, cow paths may become very deep, especially in Carex peat, and the ridge between the path and the channel at last rolls off into the channel, blocking it up. No harm is caused to canals in relatively dry swamps; the cow paths only accelerate the decay of the peat.

In such parts of canals as are used by cattle as watering places or fords, obstruction of serious dimensions arises.

IV. Influence of vegetation.

It might be supposed that above the water level vegetation could thrive quite unrestrained on the sides of canals. But that is not the case. There are many circumstances putting a check upon vegetable life in the said situation. The chief favouring circumstance is that the vegetation is not molested by man. Only trees are generally not allowed to grow on the sides of canals.

The vegetation on the sides appears at first sight very chaotic. But on closer observation different groups and communities of vegetation begin to stand out, which on different canals are nearly the same, occupying the same situation, and growing on the same kind of peat.

A very brief survey of observations in different canals may be given. Fig. 54 is cross-section of the vegetation in a ten canal. The peat in the place consists mostly of well decayed *Carex*. The level of ground water rises gently from the water level in the channel, as is shown by our figure. The peat layer in the sides is very dry and chinky. The vegetation comprises on the upper part of the sides mainly lichen, whereas on the lower part gramineous vegetation is abundant. — Fig. 55 presents another cross-section of the same canal as the previous one. The peat consists throughout of well decayed *Carex*. The ground water has, as in the previous case, a rather steeply inclined surface. The vegetation consists mostly of some lichen on the uppermost part of the side, and of grasses, which are present all over the sides, but abound more on the lower part. Here and there in the same canal pine trees and at some places also birches are met with, the former growing higher up on the sides, the latter extending all over them. — Fig. 56 is a cross-section of a canal on another swamp the peat of which, near the surface, consists of *Eriophorum* and *Carex*, rather undecayed, the deeper layers being well decayed. At the water line there is a bulge consisting of muddy peat. The igetationw in this case comprises mostly lichen at the level of the uppermost peat layer, th soeuev drought-loving species of grass (*Aira*, *Agrostis* etc.) scattered among it,

and abundant grass and sedge lower down; especially flourishing is the vegetation at the water line. In the water *Carex* and *Equisetum* grows in plenty. — Fig. 57 presents a cross-section of the vegetation in a brook in the parish of Sippola. The surface is covered with *Sphagnum*, mingled with *Eriophorum*. It is underlaid with well decayed *Carex* and forest peat, which in its turn is underlaid with clay. The vegetation at the level of the uppermost peat layer is rather poor, consisting of lichen and some *Carex*. Lower down various kinds of grass and *Carex*, and at the water line *Equisetum* grow in abundance. In addition to these *Alisma*, *Sparganum* and *Potamogeton* occur at some spots. Here, too, there is a bulge at the water line. — Fig. 59 records a very interesting case in the State Forest of Parkano. The peat at the top consists *Sphagnum*, and it is underlaid with a 0.5 m deep *Carex* peat layer; lower down the soil is sand. As is shown by the cross-section, bulges consisting of *Polytrichum* have grown up at the level of the *Carex* peat layer, on both sides of the channel. At some places the bulges run close together, so that the channel is like that of a covered drain. At the level of the upper peat layer lichen alone grows, and lower down and on the bulges, *Polytrichum*. In the case depicted by Fig. 61 the bulges described have reached the level of the surface of earth, covering the whole of the channel. The peat is mostly well decayed *Carex*, at the surface of which some *Eriophorum* is met with. The peat layer is underlaid with sand. The water has eroded the sand on a rather large scale, axcavating a channel 1.6 m wide under the *Polytrichum* bulges. — Fig. 60 presents v cross-section of a canal which has been entirely overgrown with, and blocked up by, Cegetation. The peat at the surface consists chiefly of *Sphagnum*, deeper down of ɔarex and *Eriophorum*, and nethermost of pure *Carex*. In the channel, mixed peat with *Carex* and *Equisetum* etc. is undermost; this is overlaid with *Polytrichum* peat, which in its upper part is mixed with *Sphagnum;* the surface consists of *Sphagnum*. — Fig. 62 and 63 present cross-sections of some canals of 33 years' standing in the parish of Huittinen. The peat consists of *Sphagnum* and *Eriophorum*, of a ow degree of decomposition. As is seen trom the gross-sections, the channels have been completely deformed. The water level is at present, even in sommer time, quite the same as that of the earth surface. At many places the water surface is covered with a *Sphagnum* layer, of which the lower parts little by little sink down to the bottom of the canal, forming there a layer of mud. Such a layer with a thickness ot 0.8 m of very loose consistency, was actually encountered at the bottom of the channel.

Herbaceous and gramineous plants exercise a twofold influence on canals: 1) that of consolidating the sides, 2) that of blocking up.

In mouldy, sandy, and clayey soils vegetation greatly consolidates the unstable sides of canals. Therefore the sides in these soils are not infrequently lined with turf on the excavation, in order to prevent erosion and breach.

The influence exercised by vegetation on canals in different cases is as follows:

The influence is obstructive chiefly in canals and rivulets with slight descent, consequently in level land, as in fens and clay tracts in southern Finland. Wherever the soil at the bottom of a canal is good, the vegetation is abundant. It consists, as has been mentioned, of *Equisetum*, *Carex*, grasses, *Alisma*, *Nymphaea*, *Potamogeton* and *Sparganum*. If these plants are allowed to grow unchecked in canals, they gradually block them up completely. Grassy, sedgy and mossy plants obstruct canals seriously, so much so that they, if allowed to grow uncontrolled, begin to give rise to fresh wet lands around such canals.

Of arboreous plants the willow contributes to obstruction brought about by *Carices* and *Graminae*. The willow makes its appearance in canals quite soon after the excavation and grows quickly, especially towards the channel, filling it up. The willow forms some sort of coarsely meshed sieves, which catch remnants of grass, sedge etc. and form dams which often raise the water level by 10—30 cm.

Of other species of trees, the birch tree occurs most abundently, but it only very tarrly is encountered as deep down on the sides as the willow, so that its obstructive alcten is not very serious. Nor does the pine tree take root on the sides at a very low evil o But these two often make their appearance on the upper part of the sides, where hee.ygrow quickly, in which case they protect the channel from being overgrown with moss and grass, but at the same time they drop off leaves, needles, and twigs into the channel, which finally results in obstruction. When growing dense on the edge, birches and pine trees may oust all other vegetation, in which case the channel is quite bare, but the bottom thickly covered with leaves etc., unless there is water enough to carry them away. The alder tree occurs in canals traversing fens, but is more common in wet mineral soils. The spruce makes its appearance on the sides of trenches mostly on wet sandy soils, forming sometime with the alder tree and birch unpenetrable thickets.

Congelation of earth acts checking on the growth of plants. It rends, for instance, the roots of plants from the soil thus bringing them in most cases death. No special observations have been made in this respect.

Vegetation on level grounds, especially in peaty soils, is a mighty obstructive agency.

In soils of clay, silt and sand, as well as of woody fens vegetation consolidates the sides of canals liable to rolling, and counteracts all displacement of earth.

The factors affecting the condition of canals in their relation to the age of canals.

In the above treatise of the different phenomena the time within which from the excavation they have occurred has in some cases been stated. In order to confront the different phenomena in this respect it is advisable to consider them as they occur in canals of different age. When doing this, the conditions indispensable for the occurrence of the different phenomena must be carefully noted. Slips, for instance, can never occur in canals which traverse peat layers exclusively, as observation bears out. The next table is an account, from the point of view of time relations, of the most important Districts of Drainage and of the phenomena observed in them. The scale of intensity of the phenomena is as follows:

● = very pronounced
◎ = pronounced
○ = fairly pronounced
• = weak
· = quite weak

District of Drainage	Year of observation	Age of canals	Factors contracting channels: Crumbling	Rollings	Slips: Fracture slips	Slips: Proper	Slips: Slips with protrusion	Breaches: Filling breaches	Protrusion	Upheavals	Shallowing of channels [1]	Erosion	Other factors affecting condition of canals: Subsidence	Congelation of earh	Animals	Vegetation	Remarks
Vaihinjoki	1921	0.5	●	◎	◎	–	●	–	·	–	–	●	●	●	–	–	The earth was not liable to crumbling, nor was crumbling possible for the slant slope of the sides.
Nurmijärvi	1922	»	–	●	●	●	●	–	–	–	–	◎	◎	●	–	–	
Hetesuo	1920	1	–	–	–	–	◎		–	–	–	●	●	●	–	–	
Vaihinjoki	1922	1	●	◎	○	–	–	–	–	–	–	●	◎	●	–	–	That part of the river which had been cleared the summer before.
Nurmijärvi	1923	1	·	·	–	–	–	–	–	–	–	●	◎	●	–	–	
Korkeakoski	1916	1	●	○	–	–	–	–	–	–	●	●	●	●	–	–	
Hetesuo	1921	1	–	–	–	–	–	◎	○	·	–	●	◎	●	–	–	
»	1922	2	–	–	–	–	–	○	·		·	●	◎	●	–	–	
Korkeakoski	1916	2	◎	○	–	–	–	–	·	–	◎	○	○	○	○	○	The soil very sterile, for which reason there is no vegetation worth mentioning in the channel.
Hetesuo	1923	3	–	–	–	–	–	–	○	–	·	○	○	○	○	○	
Korkeakoski	1916	3	·	–	–	–	–	–	·	–	◎	○	○	○	○	○	
Kurjenneva	1920	4	–	–	–	–	–	–	○	–	·	○	○	○	○	○	
Kotisuo	»	4	–	–	–	–	–	–	·	–	·	●	○	○	○	○	
Mäyräoja and Isoneva	»	5	–	–	–	–	–	–	·	–	·	◎	○	○	○	○	
Korkeakoski	1916	6	·	–	–	–	–	–	·	–	·	○	○	○	○	○	Breaches due to erosion have not been treated as a separate class.
Saarni- and Sarvineva	1920	6—7	–	–	–	–	–	–	·	–	·	○	○	○	○	○	
Parkano,	1919	7—8	–	–	–	–	–	–	·	–	·	◎	○	○	○	○	
Vesiheikinneva	1920	8—9	–	–	–	–	–	–	·	–	·	◎	○	○	○	○	
Jaakkoinsuo	1920	9—10	–	–	–	–	–	–	·	–	·	◎	○	○	○	○	
Suursuo (Hartola)	1921	13	–	–	–	–	–	–	·	–	·	○	○	○	○	○	Drainage has not been adequate in boggy places.
Isosuojakso	1920	17	–	–	–	–	–	–	·	–	·	·	·	·	·	·	
Vasikkahaka	1919	17	–	–	–	–	–	–	·	–	·	·	·	·	·	·	
Koiraneva	1920	23	–	–	–	–	–	–	·	–	·	·	·	·	·	·	
Savonneva	1920	27	–	–	–	–	–	–	·	–	·	·	·	·	·	·	
Lauhasuo (Huittinen)	1923	33	–	–	–	–	–	–	·	–	·	·	·	·	·	·	So far as cattle have been allowed to graze on the fen.
Pelso	1918	52—61	–	–	–	–	–	–	·	–	·	·	·	·	·	·	

[1] Only that caused by accumulation of earth carried by water.

As in seen from the table, slips occur only in the first year. In the first, and to some extent also in the second, year crumbling and rolling occur. In the like manner, filling breaches, protrusions and upheavals are most pronounced soon after the excavation, but may occasionally, to be sure, occur within certain limits also after a couple of years, nay, protrusion and upheaval have been observed even after 17 years from the excavation. But these cases are accounted for by the fact that the places in which they occurred, had not been drained to a sufficient depth. Shallowing of canals occurs along with erosion. It is true that shallowing is promoted by vegetation and cattle but in the table their action has been recorded in columns of their own. Erosion goes on as long as the rate of descent gives the water a greater velocity than what would be compatible with the size of earth particles. At first erosion is particularly intense but afterwards diminishes, and at last ceases entirely. On the Savo fen no erosion was noticed, nor on the Lauha and Pelso fens, except erosion due to some other circumstances. Ice, for instance, may denude the ground of vegetation, in which case erosion at a certain rate makes its appearance immediately. Subsidence along canals lasts long, although it is quickest in the first times. Also along older canals, of 13—17 years, subsidence has been recorded. But this is rather immaterial. Congelation of the sides is most intense immediately after the excavation. Its action diminishes perceptibly from year to year, owing especially to vegetation. It never disappears. If the area drained is used as pasture ground, the influence of cattle increases as the years pass. But supposing the channels are never cleared, pasturing becomes more and more difficult, because the ground, owing to the channels being blocked up, is rendered wet, nay, may be reconverted into a fen, as has been the case with the Lauha fen. The order in time of the appearance of vegetation on the sides of canals is the reverse of that of other phenomena. In the next years after the excavation no vegetation appears except some insignificant plants, as *Algae*, etc. Only later on, after 3 or 4 years, does vegetation take root in canals. How soon this takes place, depends on the earth cut through by the channel. For instance the sides of the channels in the fen of Kotisuo remain bare long, for the peat consists mainly of *Sphagnum*. As a rule, however, after 6—7 years from the excavation the vegetation is in full bloom. After this time, save erosion, the sway of vegetation on the sides of canals is indisputed. To be sure, moss gradually gains ground and at last *Sphagnum* varieties prevail in it.

On the basis of the above facts we may state:

Of the phenomena affecting the condition of canals, those ensuing from displacement of earth occur, as a rule, only within two, very seldom three years from the excavation.

The phenomena brought about by the motion of water persist longer, and are intense immediately after the excavation, but gradually diminish as years pass, and at last cease entirely.

The action of the meteorological factor, freezing of earth, is persistent. It is very serious in the first, and sometimes also the second, year, but afterwards, owing to vegetation, weakens very much.

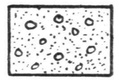
The influence of organic nature, that of vegetation especially, increases with years. During the next years after the excavation organic nature exercises no influence, but its influence increases with years, and at last may block the channel up completely.

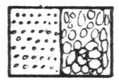
Explanations to the cross-sections.

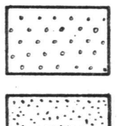
Unless otherwise explained in connection with the respective Figures, the kinds of earth in cross-sections have been represented by the following signs:

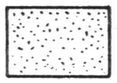

Earth in general; small stalks represent grass

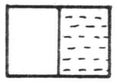

Rock

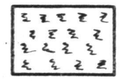

Moraine


Gravel and stones

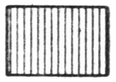

Sand

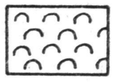

Silt

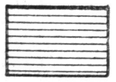

Clay

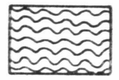

Ooze

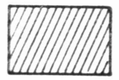

Muddy peat

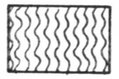

Mud


Equisetum peat

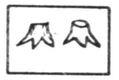

Carex peat

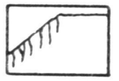

Forest peat

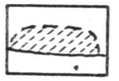

Eriophorum peat

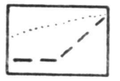

Polytriticum peat

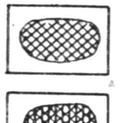

Shapagnum peat

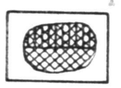

Stumps

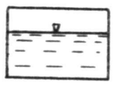

Cracks on the sides of canals

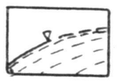

Earth excavated


Original surface and the side of a canal

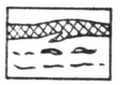

Frozen earth

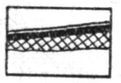

Upper part = frozen earth with rods, or needles

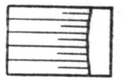

Water level

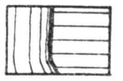

Level of groundwater

In the maps following symbols have been used.

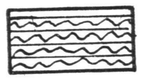

Fissures and cracks on the earth


Ridge formations bordering a fissure

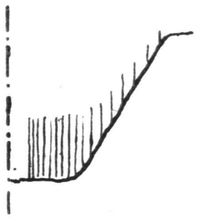

Upper edge of a side


Water and the lower edge of a side

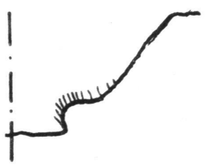
It is further to be noted that an endeavour has been made to indicate the degree of decomposition of peat by drawing the lines close together, when the peat referred to has been decayed, and more apart from each other, when undecayed. Compound peats have been indicated by combining the signs for the respective peats. Peat composed of *Carex* and forest peat is represented by straight, and wave lines, thus:

 etc.

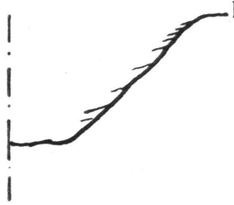
In the discussion of plants occurring on the sides of channels following signs have been used:



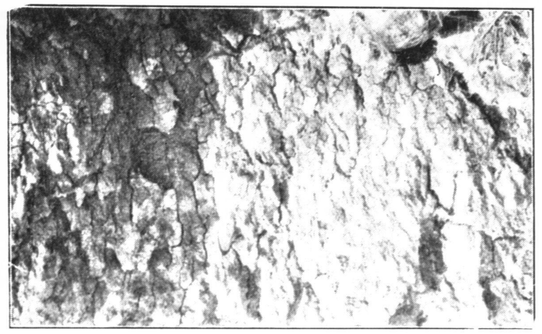
Represents herbaceous, gramineous and *Carex* vegetation. The length and density indicate their growth and abundance.



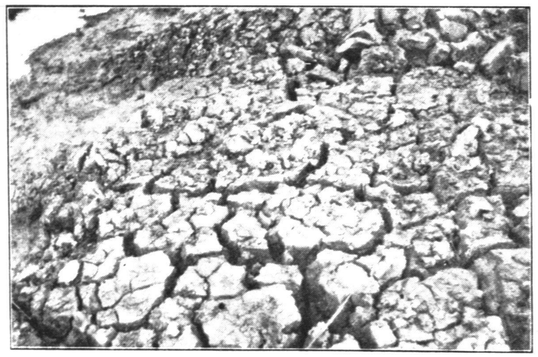
Polytriticum. The density of the lines indicates abundance.



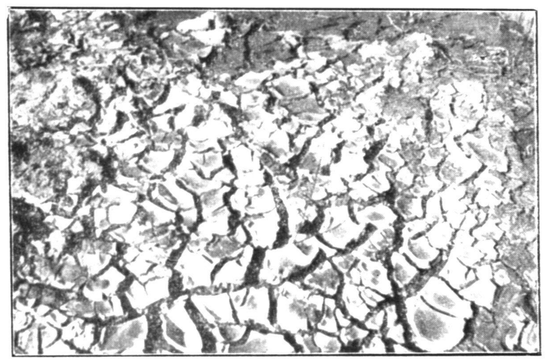
Lichen. The density of the lines indicates abundance.



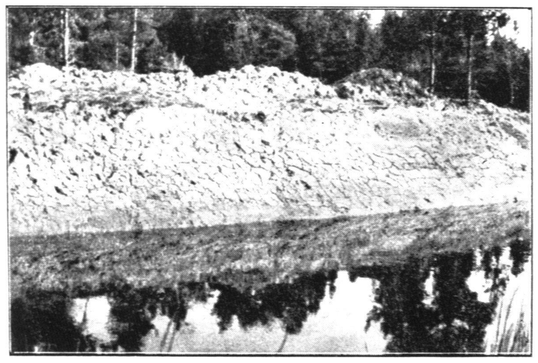
Kuva 64. Nurmijoki, Nurmijärven pitäjä. Repeytymisrintuus, jossa näkyy kuivumisesta johtuneita lenemmän tai vähemmän pystysuoria halkeamia. Valok. v. 1922.



Kuva 65. Nurmijoki. Liejumaan kutistuminen. Valok. v. 1922.



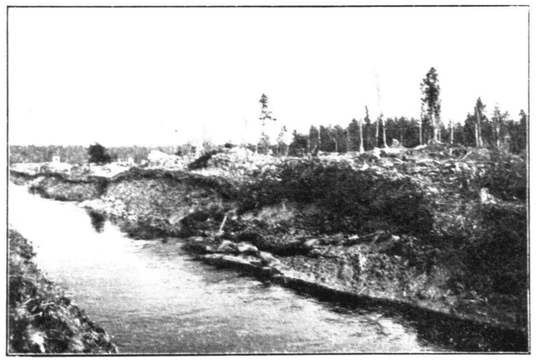
Kuva 66. Nurmijoki. Liejumaan kutistuminen. Valok. v. 1923.



Kuva 67. Nurmijoki. Savimaan kutistuminen. Valok. v. 1923.



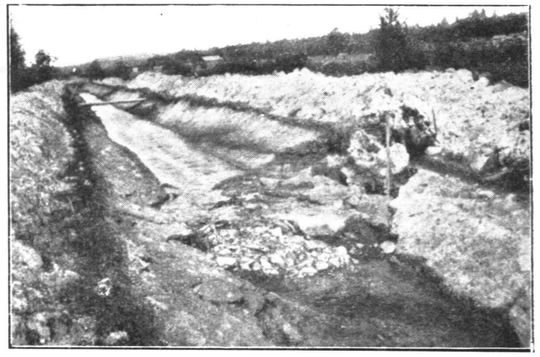
Kuva 68. Parkanon valtionpuisto. Murtuminen hiekkamaassa. Valok. v. 1920.



Kuva 69. Vaihinjoki, Vihdin pitäjä. Vieremä hietamaassa. Valok. v. 1921.



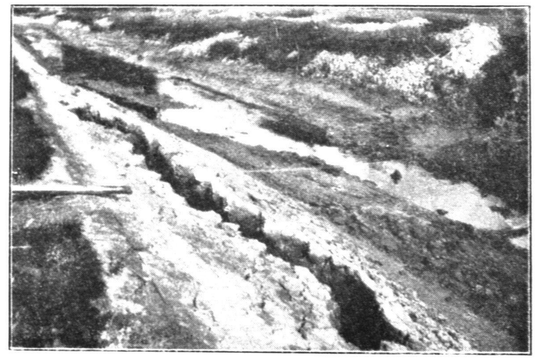
Kuva 70. Vaihinjoki. Vieremä hietamaassa. Valok. v. 1921.



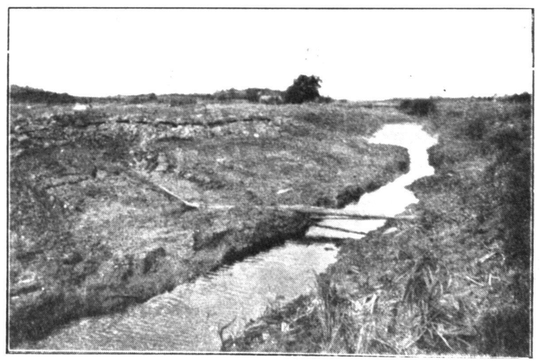
Kuva 71. Kalliopuro, Maaningan pitäjä. Vieremä hietasavimaassa. Valok. v. 1921.



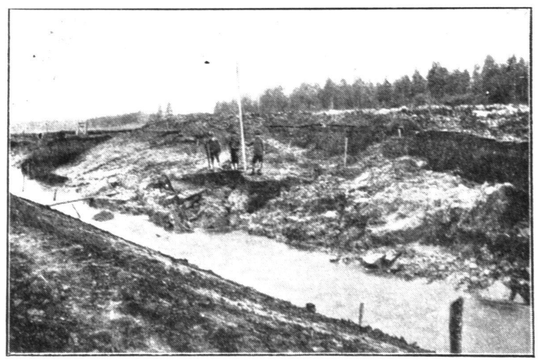
Kuva 72. Nurmijoki. Luisuma liejumaassa. Tapaus n:o 7 a. Suuria rakoja luisuneella luiskalla. Valok. v. 1922.



Kuva 73. Nurmijoki. Luisuma liejumaassa. Tapaus n:o 7 b. Suuria rakoja luisuneella luiskalla. Valok. v. 1922.



Kuva 74. Nurmijoki. Luisuma liejumaassa. Tapaus n:o 10. Valok. v. 1922.



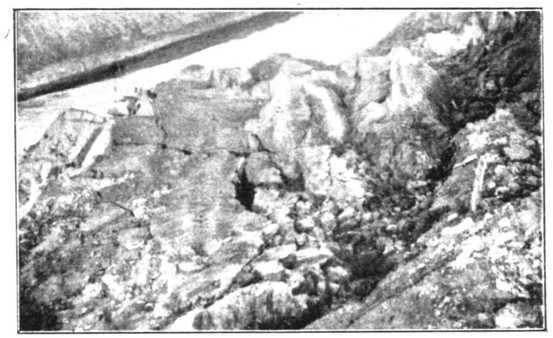
Kuva 75. Nurmijoki. Luisuma kerroksellisessa maassa. Tapaus n:o 12. Valok. v. 1922.



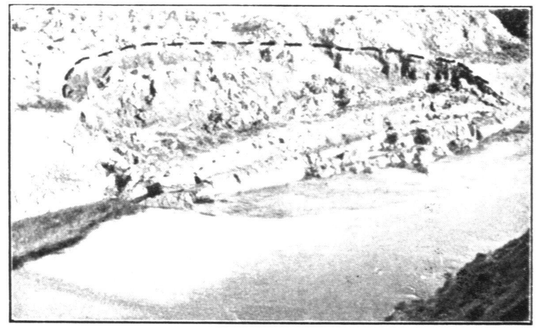
Kuva 76. Nurmijoki. Varsinainen yksink. luisuma kerroksellisessa maassa. Tapaus n:o 31. Valok. v. 1922.



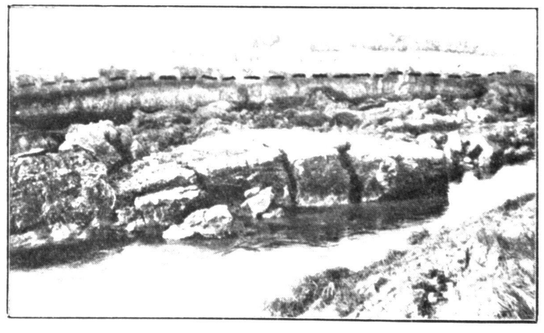
Kuva 77. Nurmijoki. Varsinainen yksink. luisuma kerroksellisessa maassa. Tapaus n:o 33. Valok. v. 1922.



Kuva 78. Nurmijoki. Varsinainen yksink. luisuma kerroksellisessa maassa. Tapaus n:o 54. Valok. v. 1922.



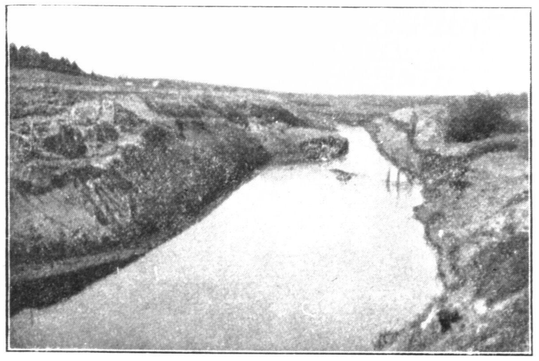
Kuva 79. Nurmijoki. Erittäin tyypillinen varsinainen yksink. luisuma kerroksellisessa maassa. Tapaus n:o 38. Valok. 1922.



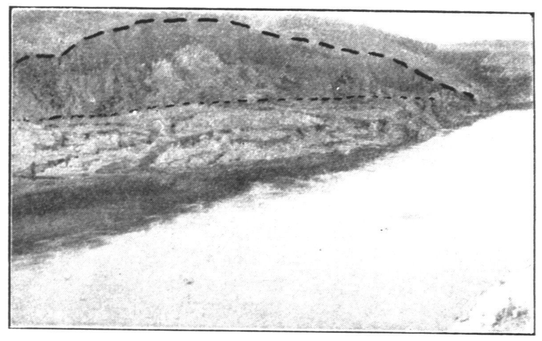
Kuva 80. Nurmijoki. Murtumisluisuma. Tapaus n:o 49. Valok. v. 1922.



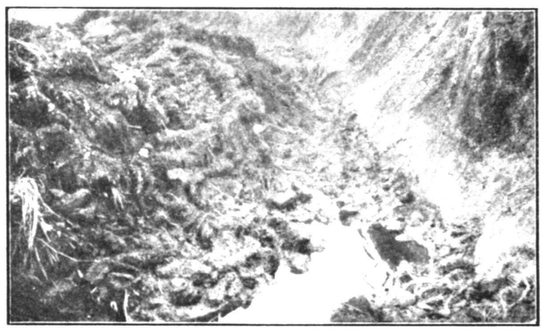
Kuva 81. Nurmijoki. Yksinkertainen luisuma. Tapaus n:o 37. Valok. v. 1922.



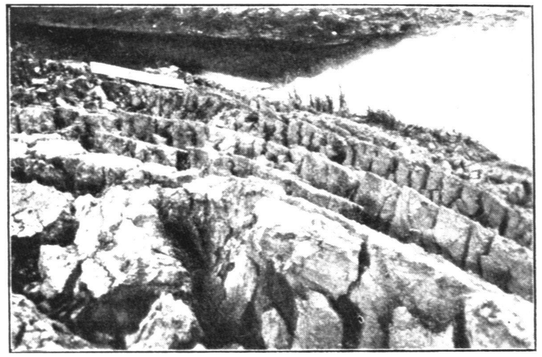
Kuva 82. Nurmijoki. Murtumisluisuma. Tapaus n:o 49. Valok. v. 1922.



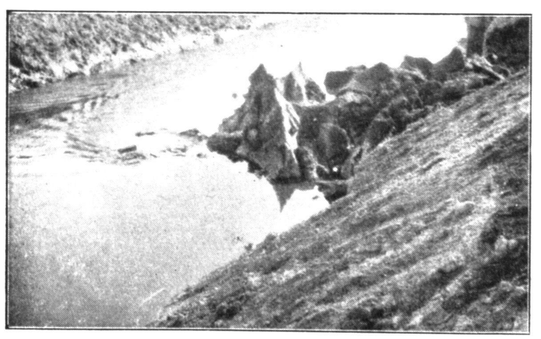
Kuva 83. Nurmijoki. Yksinkertainen luisuma. Tapaus n:o 42. Valok. v. 1922.



Kuva 84. Nurmijoki. Luisuman n:o 12 luisumispinta ja repeytymisrako. Valok. elok. v. 1922



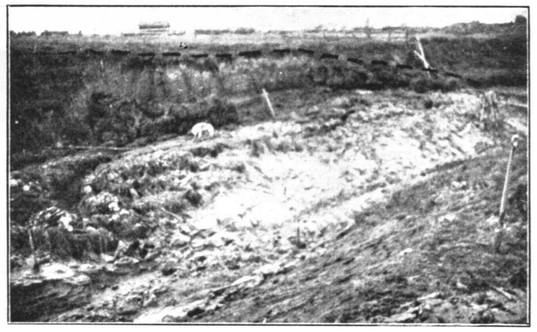
Kuva 85. Nurmijoki. Kaksikertainen luisuma. Tapaus n:o 14. Luiskalle muodostuneita harjoja. Valok. elok. v. 1922.



Kuva 86. Nurmijoki. Yksinkert. luisumassa syntynyt harja joen pohjaan. Tapaus n:o 36. Valok. v. 1923.



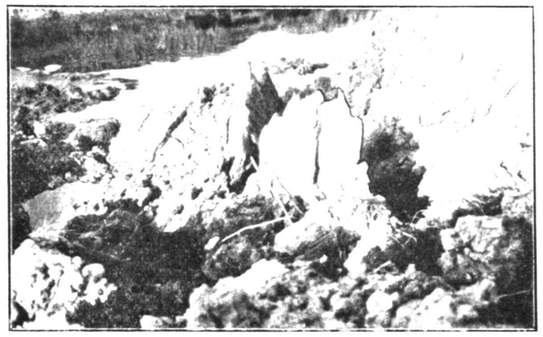
Kuva 87. Leväjoki, Jurvan pitäjä. Kolmikertaisen luisuman äärimäinen repeytymisrako ja luisumispinta. Tapaus n:o 16. Valok. v. 1922.



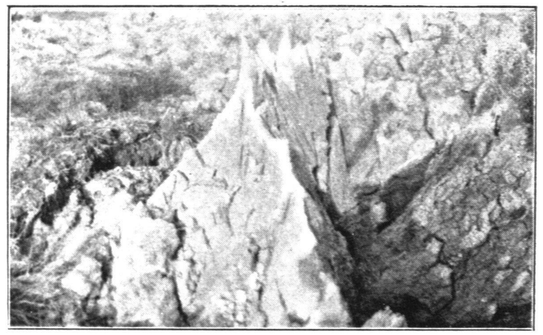
Kuva 88. Leväjoki. Kolmikertainen luisuma. Tapaus n:o 16. Valok. v. 1922.



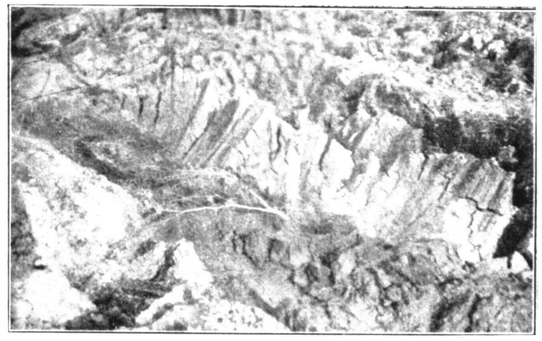
Kuva 89. Nurmijoki. Harjamuodostuma tapauksessa n:o 17. Valok. v. 1922.



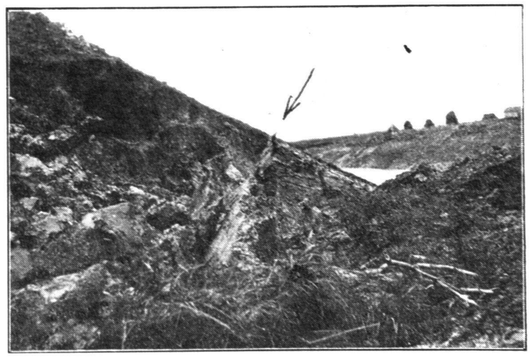
Kuva 90. Nurmijoki. Harjamuodostumia tapauksessa n:o 17. Valok. v. 1922.



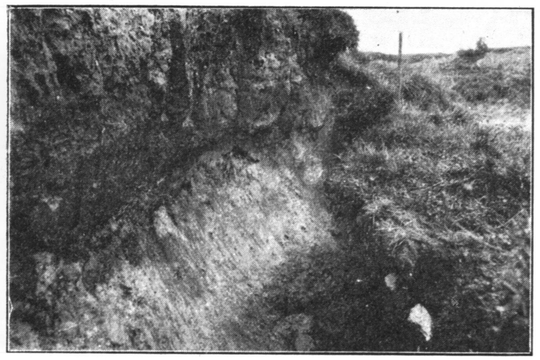
Kuva 91. Nurmijoki. Harjamuodostumia tapauksessa n:o 17. Valok. v. 1922.



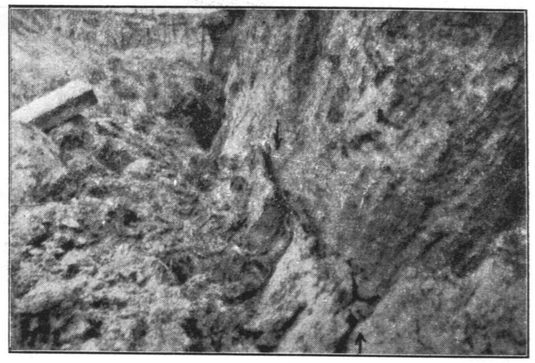
Kuva 92. Nurmijoki. Harjamuodostumia tapauksessa n:o 17. Valok. v. 1922.



Kuva 93. Nurmijoki. Harjamuodostumia tapauksessa n:o 17. Valok. v. 1922.



Kuva 94. Leväjoki. Luisumispinta, jossa näkyy massiivisen ja kuivuneen osan välillä merkkejä harjan synnystä. Valok. v. 1922.



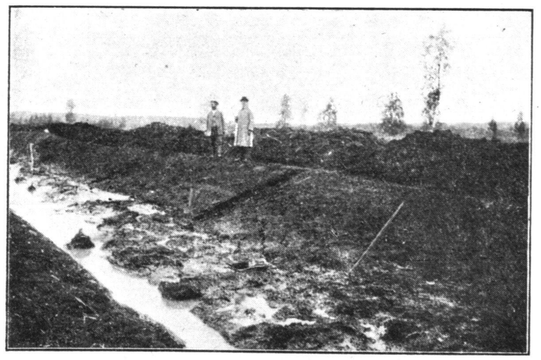
Kuva 95. Leväjoki. Harja syntyy nuolien osottamaan paikkaan. Valok. v. 1922.



Kuva 96. Nurmijoki. Kaksikertainen luisuma. Tapaus n:o 17. Harja näkyy valkeana juovana miesten takana. Valok. v. 1922.



Kuva 97. Nurmijoki. Yksinkertainen luisuma. Tapaus n:o 43. Repeytymisraon luokse muodostunut turvekekoja. Valok. v. 1922.



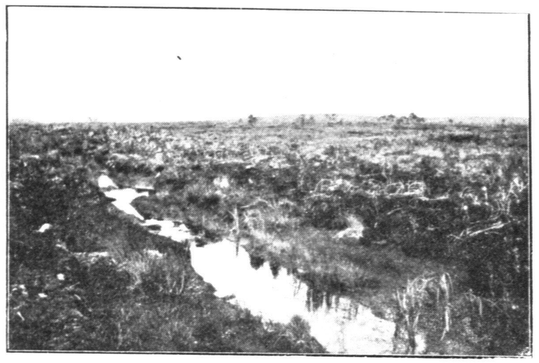
Kuva 98. Vaihinjoki. Pullistumisluisuma. Tapaus n:o 18 a. Valok. v. 1921.



Kuva 99. Jyrkänpuro, Iisalmen pitäjä. Täytesiirtymä. Tapaus n:o 19. Täytesiirtymän yläosa. Valok. v. 1922.



Kuva 100. Jyrkänpuro. Täytesiirtymä. Tapaus n:o 19. Täytesiirtymän alaosa. Valok. v. 1922.



Kuva 101. Isosuojakso, Pöytyän pitäjä. Kohoutuma ja täytesiirtymä. Valok. v. 1920.



Kuva 102. Korteneva, Kaustisen pitäjä. Kohoutuma. Viemärin syvyys 0.5 m ja pintaleveys 1.10 m; alkuaan syvyys 2.1 m ja pintaleveys 4.7 m. Valok. v. 1920.



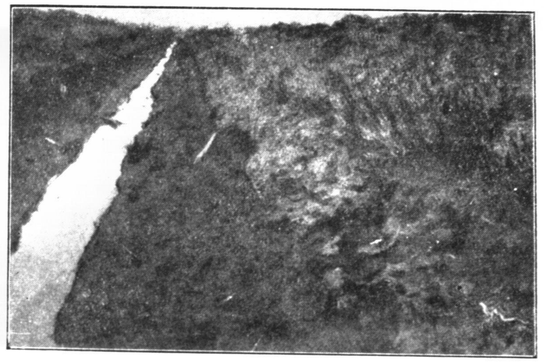
Kuva 103. Parkanon valtionpuisto. Mataloitumista (Akkumalatio). Valok. v. 1919.



Kuva 104. Parkanon valtionpuisto. Mataloitumista. Valok. v. 1919.



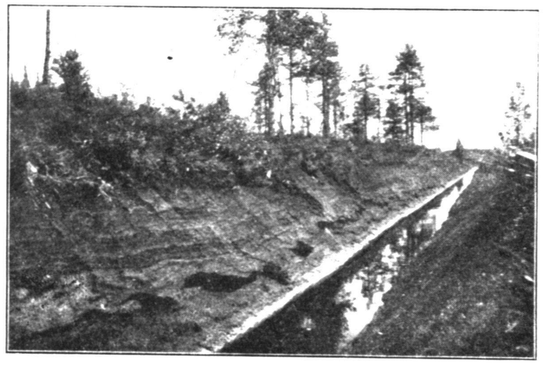
Kuva 105. Kotisuo, Haapaveden pitäjä. Hiekka peittänyt viemärin pohjan. Valok. v. 1919.



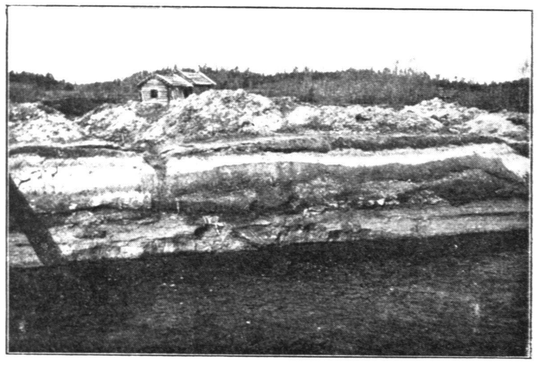
Kuva 106. Isosuojakso. Veden syövytys *Sphagnum*-turpeessa. Valok. v. 1920.



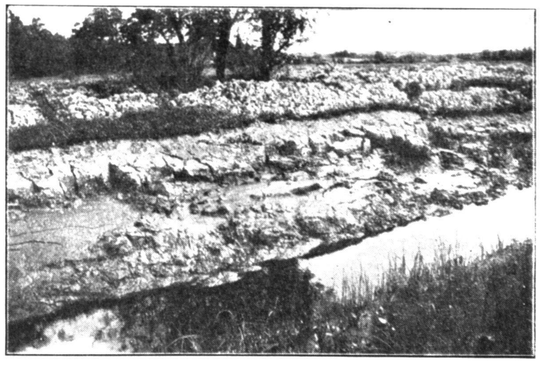
Kuva 107. Parkanon valtionpuisto. Veden syövytys korpiturpeessa. Aivan alhaalla vesiputous. Valok. v. 1919.



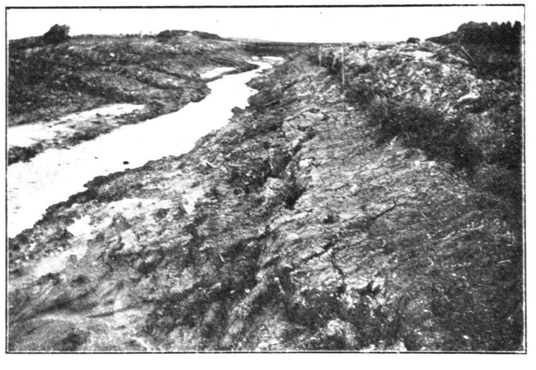
Kuva 108. Parkanon valtionpuisto. Pinnalla niittyvilla-*Sphagnum*-turvetta ja sen alla lahonnutta saraturvetta, jota vesi on syövyttänyt. Valok. v. 1922.



Kuva 109. Vaihinjoki. Pohjan syöpymisen johdosta näkyy veden pinnan yläpuolella savessa lohkeilemista. (Vedennopeus 1.10 m/sek:ssa.) Valok. v. 1922.



Kuva 110. Nurmijoki. Veden syövytys liejumaassa. Valok. v. 1922.



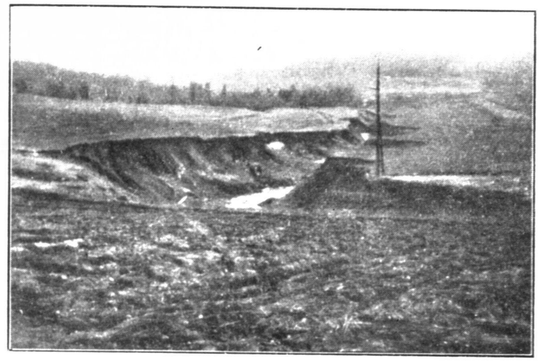
Kuva 111. Nurmijoki. Veden syövytys liejumaassa. Valok. v. 1922.



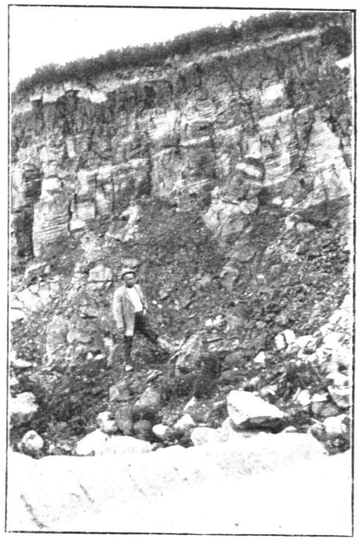
Kuva 112. Korkeakosken hoitoalue. Korpi; vesi syövyttänyt turpeen alla olevan hiekan, jolloin turvekerros (paksuus 0.5—0.8 m) painui aiheuttaen puiden kallistumisen ja kaatumisen. Valok. v. 1916.



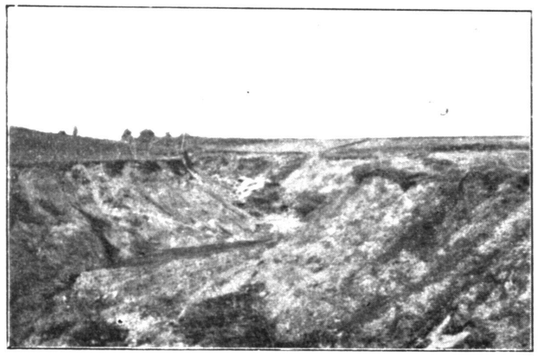
Kuva 113. Samasta korvesta kuin edellinenkin. Valok. v. 1916.



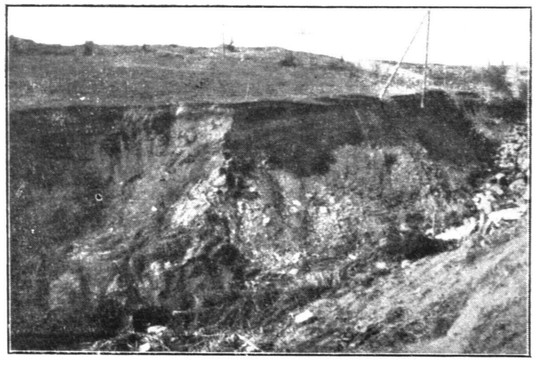
Kuva 114. Numlahden erosiolaakso, Nurmijärven pitäjä. Valok. v. 1923.



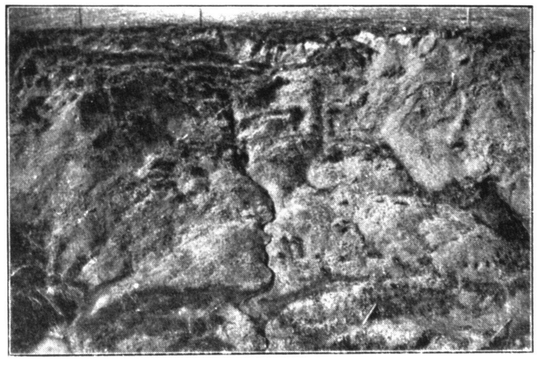
Kuva 115. Numlahden erosiolaakso. Jyrkkä rintuus, jossa näkyy selvästi savikerrokset. Valok. v. 1922.



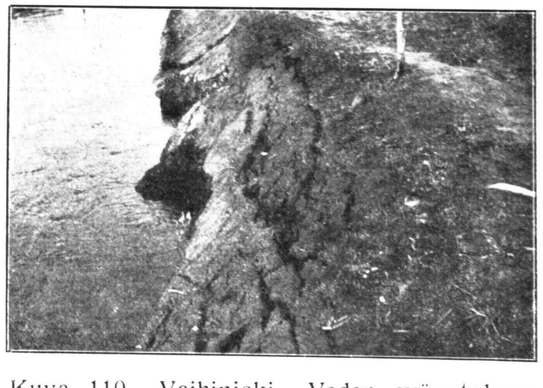
Kuva 116. Numlahden erosiolaakso. Valok. v. 1923.



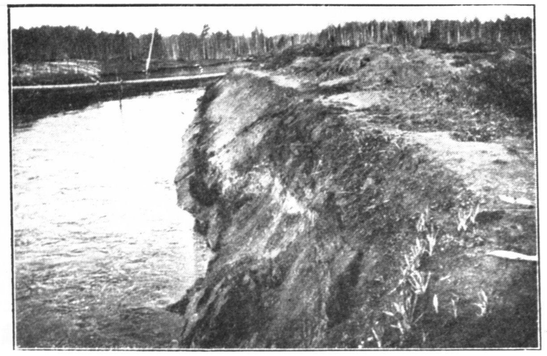
Kuva 117. Numlahden erosiolaakso. Keskellä kuvaa sama paikka kuin kuvassa 115. Roudan johdosta jyrkkä rintuus hävinnyt. Valok. v. 1923.



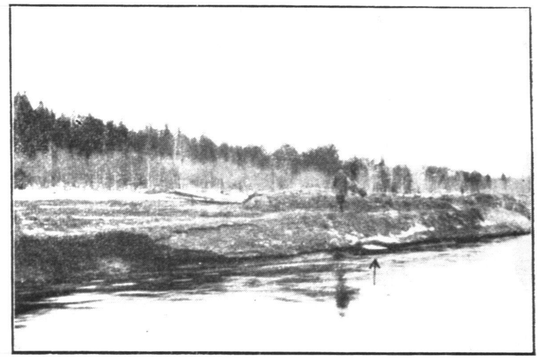
Kuva 118. Numlahden erosiolaakso. Sarkaojista tuleva vesi piirrellyt kiemurtelevia vakoja roudan murentamaan savimaahan. Valok. v.1923



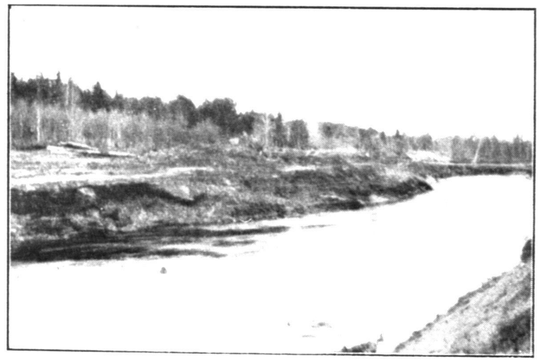
Kuva 119. Vaihinjoki. Veden syövytyksen johdosta luiskat murtuvat ja lohkeilevat. Valok. v. 1922.



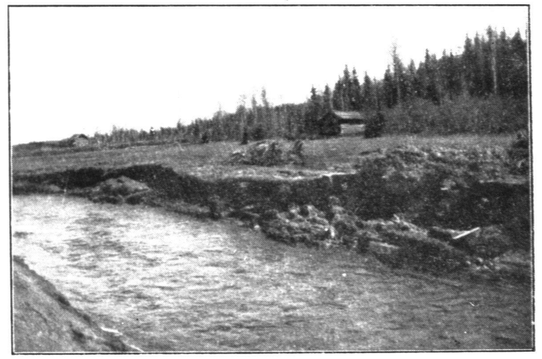
Kuva 120. Vaihinjoki. Sama kuin edellisessä kuvassa. Valok. v. 1922.



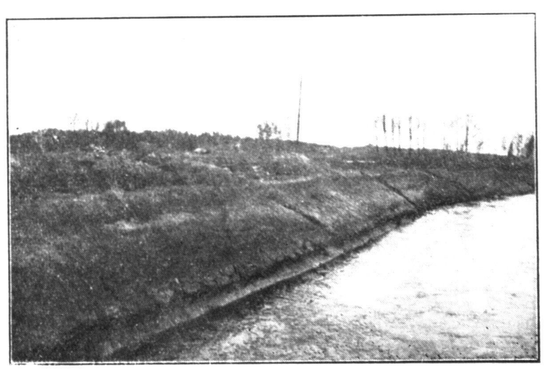
Kuva 121. Vaihinjoki. Veden syövytyksen johdosta osa luiskaa lohennut (vasemmalla); osa lohkeamassa. Nuoli osottaa yökylmien aikana syntyneen jääräystään. Valok. 27. 4. v. 1922.



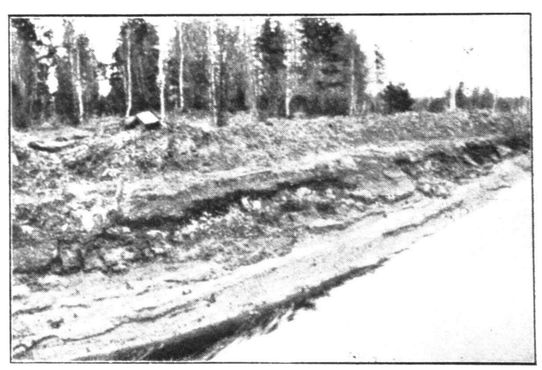
Kuva 122. Vaihinjoki. Sama paikka kuin edellisessä. Valok. 5. 5. v. 1922.



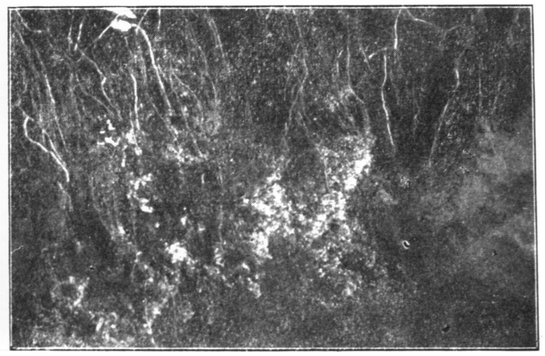
Kuva 123. Vaihinjoki. Sama paikka kuin edellisissä, mutta valokuvattu vastavirtaan. Valok. 16. 5. v. 1922.



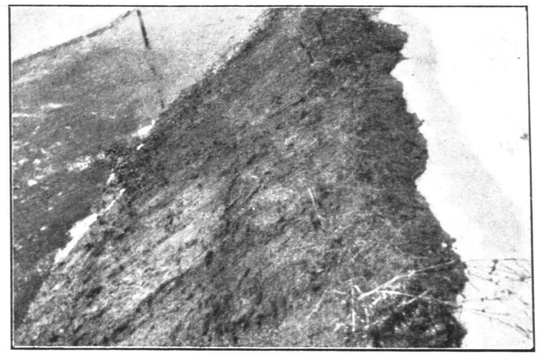
Kuva 124. Vaihinjoki. Veden syövytys saven ja turpeen rajassa. Valok. v. 1922.



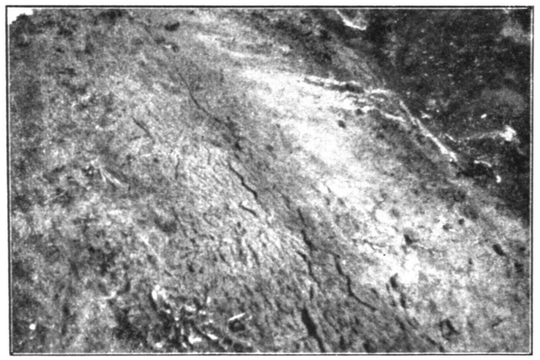
Kuva 125. Vaihinjoki. Veden syövytys savimaassa. Luiskan yläosassa roudan sulamisesta johtunut rappu l. rintuus. Valok. 16. 5. v. 1922.



Kuva 126. Käpylä, Helsinki. Roustetta. Valok. v. 1921.



Kuva 127. Vaihinjoki. Luiskan pinnassa pieniä, melkein näkymättömiä rousteen aiheuttamia halkeamia. Valok. 27. 4. 1922.



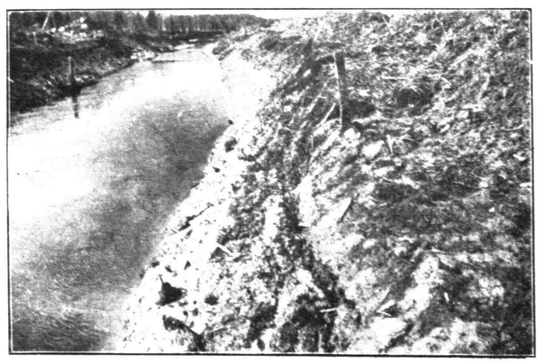
Kuva 128. Vaihinjoki. Sama paikka kuin edellisessä kuvassa viikkoa myöhemmin. Halkeamat selviä. Valok. 5. 5. 1922.



Kuva 129. Vaihinjoki. Sama paikka kuin edellisessä viikkoa myöhemmin. Halkeamat yhä suurempia. Valok. 11. 5. 1922.



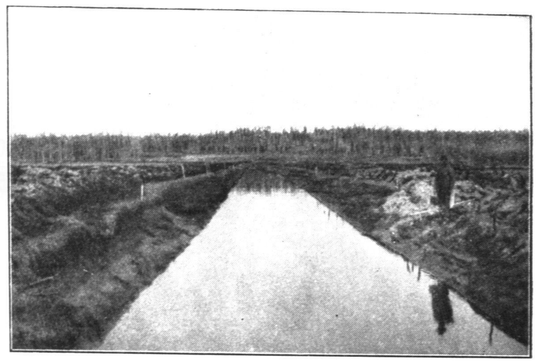
Kuva 130. Vaihinjoki. Jää kohonnut keskeltä. Valok. 20. 4. 1922.



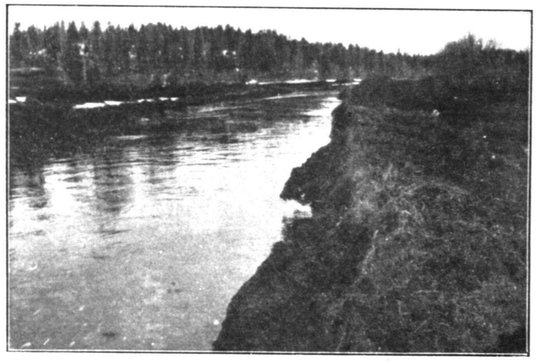
Kuva 131. Vaihinjoki. Maaroudan sulaminen savimaassa. Luiskan yläosassa rappu. Valok. 11. 5. 1922.



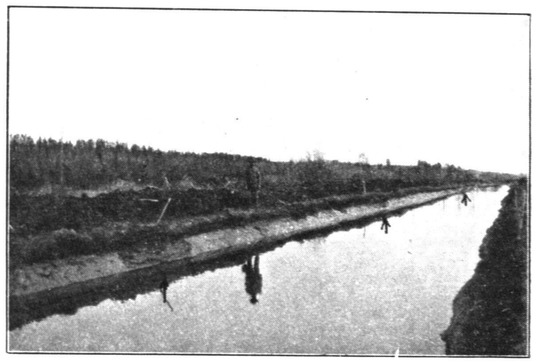
Kuva 132. Vaihinjoki. Maaroudan sulaminen turvemaassa. Luiskan yläosassa rappu. Valok. 11. 5. 1922.



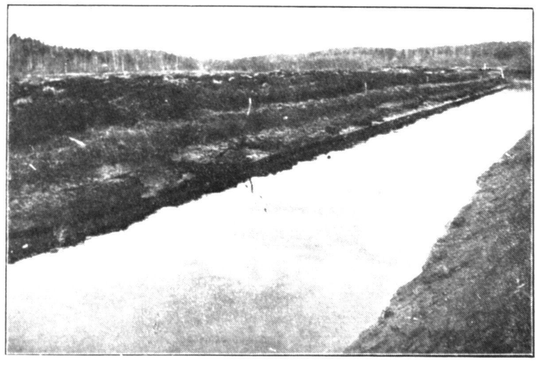
Kuva 133. Vaihinjoki. Räystäsmuodostuman aiheuttama syövytys viemärin luiskilla. Valok. 16. 4. 1922.



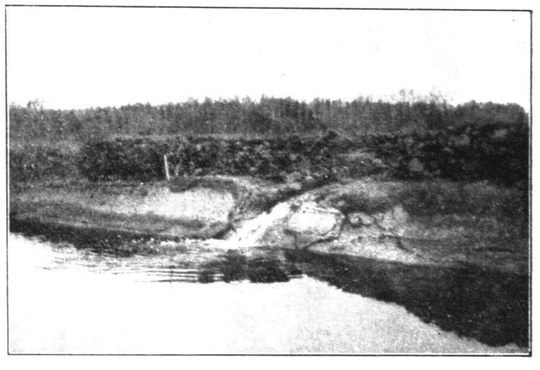
Kuva 134. Vaihinjoki. Räystäsmuodostuma. Valok. 11. 5. 1922.



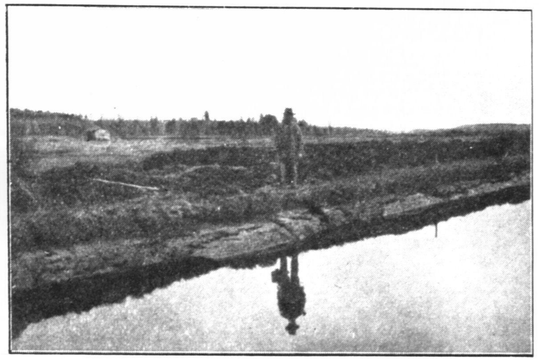
Kuva 135. Vaihinjoki. Räystäsmuodostumia (nuolilla merkitty). Valok. 16. 5. 1922.



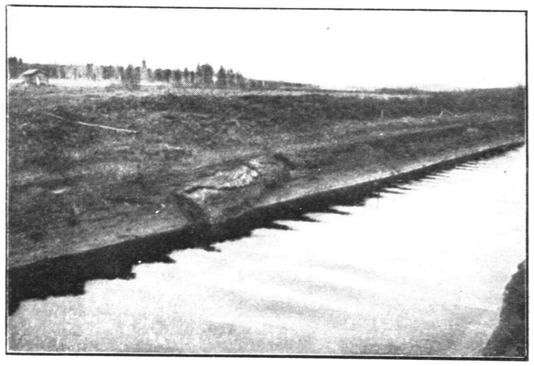
Kuva 136. Vaihinjoki. Räystäsmuodostumat painuneet sulamisen jälkeen luiskaan. Räystäitten välillä on tapahtunut syövytystä. Valok. 16. 5. 1922.



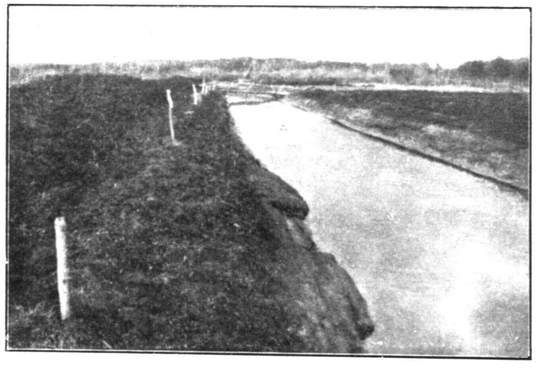
Kuva 137. Vaihinjoki. Räystäsmuodostuma laskeutunut sulamisen jälkeen luiskalle. Sarkaojasta valuva vesi katkaissut räystään. Valok. 31. 5. 1922.



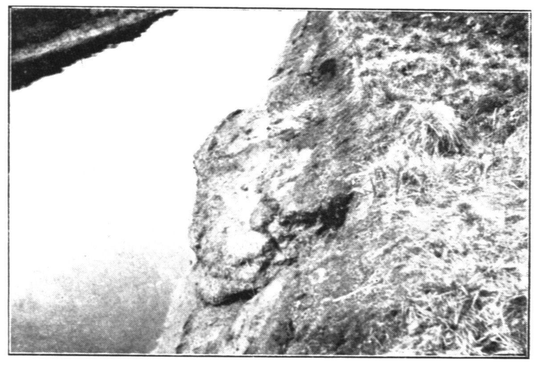
Kuva 138. Vaihinjoki. Työntymä. Valok. 11. 5. 1922.



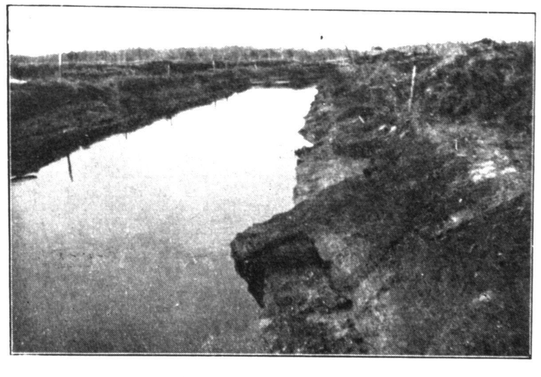
Kuva 139. Vaihinjoki. Työntymä. Sama kuin edellisessä viikkoa myöhemmin. Valok. 16. 5. 1922.



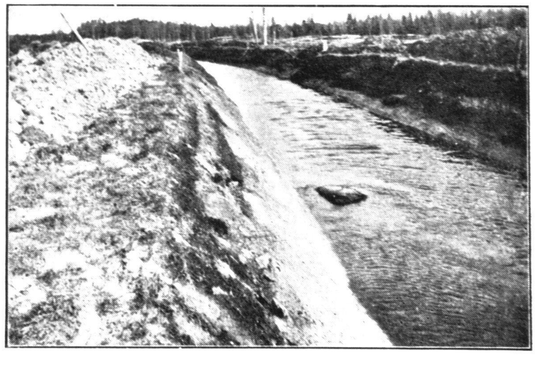
Kuva 140. Vaihinjoki. Työntymiä. Valok. 16. 5. 1922.



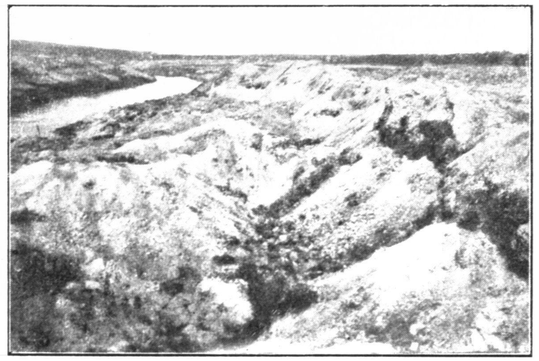
Kuva 141. Vaihinjoki. Työntymä. Valok. 16. 5. 1922.



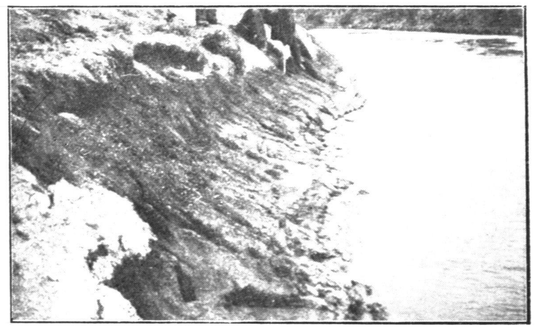
Kuva 142. Vaihinjoki. Työntymä, josta vesi vienyt suurimman osan. Valok. 16. 5. 1922.



Kuva 143. Vaihinjoki. Työntymä matkalla alaspäin. Valok. 16. 5. 1922.



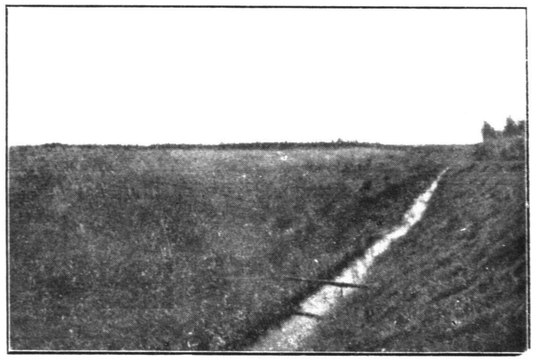
Kuva 144. Nurmijoki. Roudan murentava vaikutus. Luisumasta n:o 12. Valok. 17. 5. 1923.



Kuva 145. Nurmijoki. Pohjavedenpaine soluttanut roudan löyhentämän maakerroksen viemäriin. Valok. 17. 5. 1923.



Kuva 146. Äijänneva. Kasvillisuutta viemärissä. Valok. v. 1918.



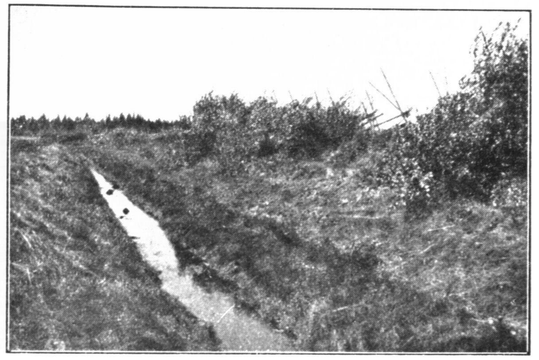
Kuva 147. Savonneva, Pulkkilan pitäjä. Sara- ja heinäkasvillisuutta viemärissä. Valok. v. 1919.



Kuva 148. Lauhasuo, Huittisten pitäjä. *Sphagnum* ja niittyvilla tukenneet viemärin. Valok. v. 1923.



Kuva 149. Lauhasuo. Sama kuin edellisessä kuvassa. Valok. v. 1923.



Kuva 150. Kurjenneva, Oulaisten pitäjä. Kasvillisuus erottuu selvästi turvekerroksen rajaa myöten. Valok. v. 1919.



Kuva 151. Äijänneva. Pullistuma ja runsaasti karhunsammalta. Valok. v. 1918.



Kuva 152. Koiraneva, Oulaisten pitäjä. Karhunsammal, polut ja varvut tukenneet viemärin. Valok. v. 1919.



Kuva 153. Isosuojakso, Pöytyän pitäjä. Sarakasvillisuutta vedenrajassa, ylempänä ei sanottavasti muuta kuin jäkälää. Valok. v. 1919.