



Tiepiirit

**Säädösperusta**

**Korvaa**

Kokonaan: TVO Pohjavahvistustyöt, TVH 732177 ja osittain: TYLT Yleiset perusteet TIEL 2212454-93, TYLT Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991 ja TYLT Penger- ja kerrosrakenteet, TIEL 2212460-94.

**Kohdistuvuus**

Tielaitos

**Voimassa**

1.4.2000 - TOISTAISEKSI

**Asiasanat**

Pohjarakennus, perustukset

---

**Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset TYLT: Yleiset perusteet - Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet – Penger- ja kerrosrakenteet. –Lisäykset ja muutokset vuonna 2000, TIEL 2210014-2000**

Tämä ohjekokonaisuus korvaa pohjarakentamiseen liittyviä laatuvaatimuksia kolmessa Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset –ohjeen osassa. Ohjekokonaisuus on tarkoitettu väliaikaiseen käyttöön. Lisäykset ja muutokset otetaan huomioon ao. TYLT –osan uudistamisen yhteydessä. Kaikki kolme osaa on tarkoitus uudistaa lähimmän puolentoista vuoden kuluessa. Lisäykset ja muutokset koskevat TYLTin osia:

- Yleiset perusteet TIEL 2212454-93
- Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459
- Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94

Ohjeissa määritetään tavaroiden ja materiaalien tuotevaatimukset, työn laatuvaatimukset ja työselitykset sekä valvontaohjeet ja kelpoisuuden toteamisen menettelyt.

Ohjetta ei paineta vaan se on saatavissa monisteena Tielaitoksen painotuote-palveluista faksi 0204 44 2652 tai [www.tielaitos.fi/kirjasto/tilauslomake.htm](http://www.tielaitos.fi/kirjasto/tilauslomake.htm).

Apulaisjohtaja  
Tie- ja liikennetekniikka

Pauli Velhonoja

Diplomi-insinööri

Pentti Salo

TIEDOKSI:

Hte, Hsi, Htl  
Kirjasto  
Tuotannon konsultointiyksiköt  
Tuotannon alueyksiköt  
Tuotannon geosuunnittelijat ja geoyhdyshenkilöt  
Suomen Kuntaliitto  
Helsingin kaupungin geotekninen osasto  
Rakennusteollisuus RTT ry  
Suomen Maarakentajien Keskusliitto (SML)  
Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry  
Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL  
VR-Rata Oy Suunnitteluosasto  
Ratahallintokeskus  
TTKK, geotekniikan laboratorio  
VTT, YKI  
Korkeakoulut ja oppilaitokset  
Tie- ja geokonsultit

## ALKULAUSE

Tämä ohjekokonaisuus (TIEL 2210014-2000) sisältää muutoksia ja lisäyksiä TYLT –ohjeissa 'Yleiset perusteet, Hki 1993', 'Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet, Hki 1991' ja 'Penger ja kerrosrakenteet, Hki 1994' annettuihin pohjarakentamisen laatuvaatimuksiin. Korjattu tai lisätty teksti on pyritty sisällyttämään tähän ohjeeseen 10 –tason kokonaisuuksina (esim. 2110, 2120 jne.). Osat, joita ei ole muutettu ja jotka puuttuvat tästä ohjeesta, on ilmoitettu sekä sisällysluettelossa että tekstin yhteydessä. Tekstiin on lisätty pohjarakentamisen kannalta oleelliset kuvat ja taulukot, mutta viittauksia on tehty myös em. ohjeiden kuviin ja taulukoihin.

Valvontaohjeen TVO Pohjavahvistustyöt, TVH 732177, kattamat asiat on sisällytetty tähän ohjekokonaisuuteen ja kirjeellä 67/2000/20/1/14.1.2000 käyttöön otettuun TYLT -osaan Perustamis- ja vahvistamistyöt TIEL 2212456-2000.

Aikaisempiin TYLT –osiin verrattuna on tehty seuraavat lisäykset ja muutokset.

### **Yleiset perusteet, Hki 1993**

Lisäyksenä osa 'Pohjarakentamisen laaduntarkkailussa ja valvonnassa käytettäviä mittausmenetelmiä' (kohdat 61 – 64).

### **Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet, Hki 1991**

- kohta 2110 'Tieleikkaukset', otsikko on lisätty
  - kohta 2110.1 'Työohjeita' korvataan uudella tekstillä (uusi otsikko 2110.1 'Tieleikkauksen laatuvaatimukset')
  - kohta 2110.2 'Luiskaloivennus ja kevennysleikkaukset' korvataan uudella tekstillä
- kohta 2120 'Maaleikkaus, massat läjitykseen' on lisätty
- kohta 2210 'Pehmeän perusmaan poisto' korvataan uudella tekstillä
- kohta 2230 'Pengerräjäytykset' korvataan uudella tekstillä

### **Penger ja kerrosrakenteet, Hki 1994**

- kohta 4000 'Penger- ja kerrosrakenteet'
  - kohta 4000.1 'Yleistä' korvataan uudella tekstillä
  - kohta 4000.2 'Ympäristövaikutukset' korvataan uudella tekstillä
  - kohta 4000.3 'Pehmeiköillä pengertäminen' korvataan uudella tekstillä
  - kohta 4000.6 'Painumaseuranta' on lisätty
- kohta 4100 'Maapenkereet ja padot'
  - kohta 4100.1 'Yleistä' korvataan uudella tekstillä (uusi otsikko 4100.1 'Pengeralustan laatuvaatimukset')
- kohta 4110 'Tiepengenger'
  - kohta 4110.1 'Yleistä' korvataan uudella tekstillä
- kohta 4120 'Massanvaihtoon liittyvät täytöt ja penkereet (myös louhe)' korvataan uudella tekstillä
- kohta 4130 'Vastapenkereet' korvataan uudella tekstillä
- kohta 4140 'Ylipenkereet, myös louheesta' korvataan uudella tekstillä (uusi otsikko 4140 'Painumapenkereet, myös louheesta')
- kohta 4180 'Kevytsora- yms. penkereet' korvataan uudella tekstillä (uusi otsikko 4180 'Kevennyspenkereet')

## SISÄLTÖ

### OSA YLEISET PERUSTEET:

	<u>POHJARAKENTAMISEN LAADUNTARKKAILUSSA JA VALVONNASSA KÄYTETTÄVIÄ MITTAUSMENETELMIÄ</u>	9
61	<u>SIIRTYMÄMITTAUKSET, GEODEETTISET MITTAUKSET JA INKLINOMETRIMITTAUS</u>	9
61.1	Siirtymämittaukset	9
61.2	Geodeettiset mittaukset	9
61.3	Inklinometrimittaus	9
61.4	Paalujen sivusiirtymän mittaus	12
62	<u>PAINUMAMITTAUKSET</u>	12
62.1	Painumamittausmenetelmät	12
62.2	Painumatarkistin	12
62.3	Painumaletku	14
63	<u>HUOKOSPAINEMITTAUKSET</u>	16
63.1	Mittausten tarkoitus	16
63.2	Laitteistot	17
63.3	Huokoskärjen asennus	17
63.4	Havainnot	18
64	<u>PAALUJEN KOEKUORMITUS</u>	20
64.1	Paalun koekuormitus	20
64.2	Iskuaaltomittaukset	20
64.3	Staattinen koekuormitus	23

---

<u>OSA 2000 LEIKKAUKSET, KAIVANNOT JA AVO-OJARAKENTEET</u>	<u>24</u>
(kohdat 2000.1 – 2000.3 ja 2100.1 – 2100.5, ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)	24
<u>2110 TIELEIKKAUKSET</u>	<u>24</u>
2110.1 Tieleikkauksen laatuvaatimukset	24
2110.2 Luiskaloivennukset ja kevennysleikkaukset	26
(Kohdat 2110.3 – 2110.6, ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)	27
<u>2120 MAALEIKKAUS, MASSAT LÄJITYKSEEN</u>	<u>27</u>
2120.1 Läjitysalueen rakentaminen, laatuvaatimukset	27
2120.2 Rakentamisen työohjeet	28
2120.3 Valvontaohjeet	28
(Kohdat 2170.1 – 2170.2 ja 2180.1 – 2180.2), ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)	28
<u>2210 PEHMEÄN PERUSMAAN POISTO</u>	<u>28</u>
2210.1 Laatuvaatimukset	28
2210.2 Työohjeet	28
2210.3 Valvontaohje	30
<u>2230 PENGERRÄJÄYTYKSET</u>	<u>30</u>
2230.1 Räjätystyön laatuvaatimukset	30
2230.2 Työohjeet	30
2230.3 Valvontaohjeet	33
2230.4 Räjätetyn rakenteen laadunvarmistus	33
(Kohdat 2400.1 – 2400.4, ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)	33

<b>OSA 4000</b>	<b>PENGER- JA KERROSRAKENTEET</b>	<b>34</b>
<b>4000</b>	<b>PENGER- JA KERROSRAKENTEET</b>	<b>34</b>
4000.1	Yleistä	34
4000.2	Ympäristövaikutukset	34
4000.3	Pehmeiköillä pengertäminen	34
(Kohdat 4000.4 – 4000.5, ks. TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94)		35
4000.6	Painumaseuranta	35
<b>4100</b>	<b>MAAPENKEREET JA PADOT</b>	<b>36</b>
4100.1	Pengeralustan laatuvaatimukset	36
<b>4110</b>	<b>TIEPENGER</b>	<b>36</b>
4110.1	Yleistä	36
(Kohdat 4110.2 – 4110.15, ks. TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94)		37
<b>4120</b>	<b>MASSANVAIHTOON LIITTYVÄT TÄYTÖT JA PENKEREET (MYÖS LOUHE)</b>	<b>37</b>
4120.1	Massanvaihto kaivamalla, täyttö	37
4120.2	Massanvaihto pengertämällä, penger ja murtoylipenger (siirtyvä ylipenger)	39
<b>4130</b>	<b>VASTAPENGER</b>	<b>46</b>
4130.1	Materiaalit	46
4130.2	Vastapenkereen laatuvaatimukset	46
4130.3	Työohjeet	47
4130.4	Vastapenkereen kelpoisuuden toteaminen	47
<b>4140</b>	<b>PAINUMAYLIPENKEREET, MYÖS LOUHEESTA</b>	<b>48</b>
4140.1	Materiaali	48
4140.2	Materiaalin laadun toteaminen	48
4140.3	Painumapenkereiden laatuvaatimukset	48
4140.4	Työohjeet	49
4140.5	Valvontaohje	49
4140.6	Pengerrystyön kelpoisuuden toteaminen	49
<b>4180</b>	<b>KEVENNYSPENKEREET</b>	<b>50</b>
4180.1	Kevytsorapenkereet	50
4180.2	Kevytsorabetonirakenteet	54
4180.3	EPS - Penkereet	56
4180.4	Rengaskeventeet	58
4180.5	Palaturve	60
(Kohdat 4200, 4210, 4220, 4230, 4240, 4270, 4280, 4400, 4410, 4430, 4450, 4500 ja 4800, ks. TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94)		62

## TIENRAKENNUSTÖIDEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET JA TYÖSELITYKSET

### OSA YLEISET PERUSTEET:

#### POHJARAKENTAMISEN LAADUNTARKKAILUSSA JA VALVONNASSA KÄYTETTÄVIÄ MITTAUSMENETELMIÄ

Kaikkien alla kohdissa 61 – 64 esitettyjen valvontamittausten tulokset sekä niihin liittyvät piirustukset kerätään yhteiseen mittausraporttiin, joka liitetään laatuasiakirjoihin. Mittaustulokset toimitetaan myös suunnittelijalle.

### 61 SIIRTYMÄMITTAUKSET, GEODEETTISET MITTAUKSET JA INKLINOMETRIMITTAUS

#### 61.1 Siirtymämittaukset

Siirtymämittauksilla määritetään betoni-, maa- tms. rakenteen liikkumista vaakasuunnassa. Mittausmenetelmä on joko geodeettinen tai inklinometrimittaus.

#### 61.2 Geodeettiset mittaukset

Geodeettisissa mittauksissa määritetään maan pinnalla olevan tarkkailupisteen sijainti yhteen tai useampaan kiintopisteeseen. Tällöin mitataan tarkkailupisteen ja kiintopisteiden välimatkat ja suuntakulmat. Geodeettisissa mittauksissa käytetään sellaista mittausmenetelmää, jolla saadaan laatuvaatimuksissa esitetty mittaus-tarkkuus. Ellei laatuvaatimuksissa ole esitetty tarkempaa mittaus-tarkkuutta, vaaditaan vähintään 20 mm tarkkuus.

#### 61.3 Inklinometrimittaus

61.3.1 Inklinometrillä voidaan mitata maassa tai paalussa olevan putken tai reiän kaltevuuksia eri syvyyksissä. Mittaustulosten avulla voidaan määrittää putken taipumaviiva. Eri ajankohtina mitattujen taipumaviivoja vertaamalla voidaan määrittää putken tai paalun ja sen ympärillä olevan maamassan liike mittausajankohtien välillä. Inklinometrillä voidaan mitata myös muiden rakenteiden (esimerkiksi tukiseinien) asemaa ja liikettä.

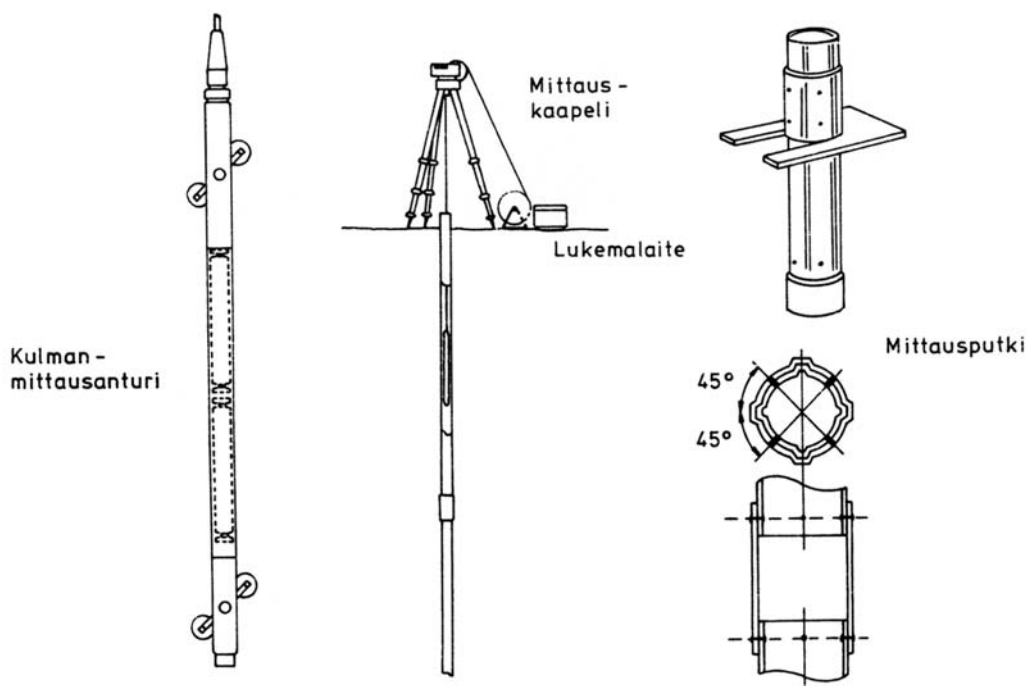
#### 61.3.2 Laitteisto

Inklinometrimittauksessa tarvittava välineistö koostuu kulmanmittausanturista sekä lukemalaitteesta, joka on yhteydessä anturiin kaapelin välityksellä. Mittaus suoritetaan putkessa, joka voi olla muodoltaan suorakaide tai erikoisprofiili. Putken profiilin on oltava taipuisaa (esim. alumiinia), jotta putki pystyy myötäilemään putken

ympärillä tapahtuvia maamassan liikkeitä. Inklinometrimitauksessa tarvittava välineistö ilmenee *kuvasta 60.1*.

### 61.3.3 Putken asennus

Savi- ja silttimaissa putki voidaan asentaa maahan painamalla se esimerkiksi kai-vinkoneen kauhalla. Kun putken on läpäistävä karkearakeisia tai kovia maa-kerroksia, asennetaan putki kohteeseen suojaputken avulla. Mittausputken alapää työnnetään niin syvälle, että sen voidaan katsoa olevan liikkumaton. Muussa tapauksessa putken yläpään asema on aina ennen mittausta määritettävä esim. takymetrin avulla. Putkeen mahdollisesti kertyvän veden jäätyminen on estettävä esim. pakkasnesteillä. Koska mittaus putkessa voidaan tehdä kahdessa eri suunnassa, kannattaa putki sijoittaa kohteeseen niin, että liikkeet tapahtuvat pääosin jommassa kummassa näistä suunnista. Ensimmäinen mittaus (0-mittaus) tulee tehdä mahdollisimman pian putken asentamisen jälkeen.



*Kuva 60.1: Inklinometrimitauksen välineistö.*

### 61.3.4 Mittauksen suoritus

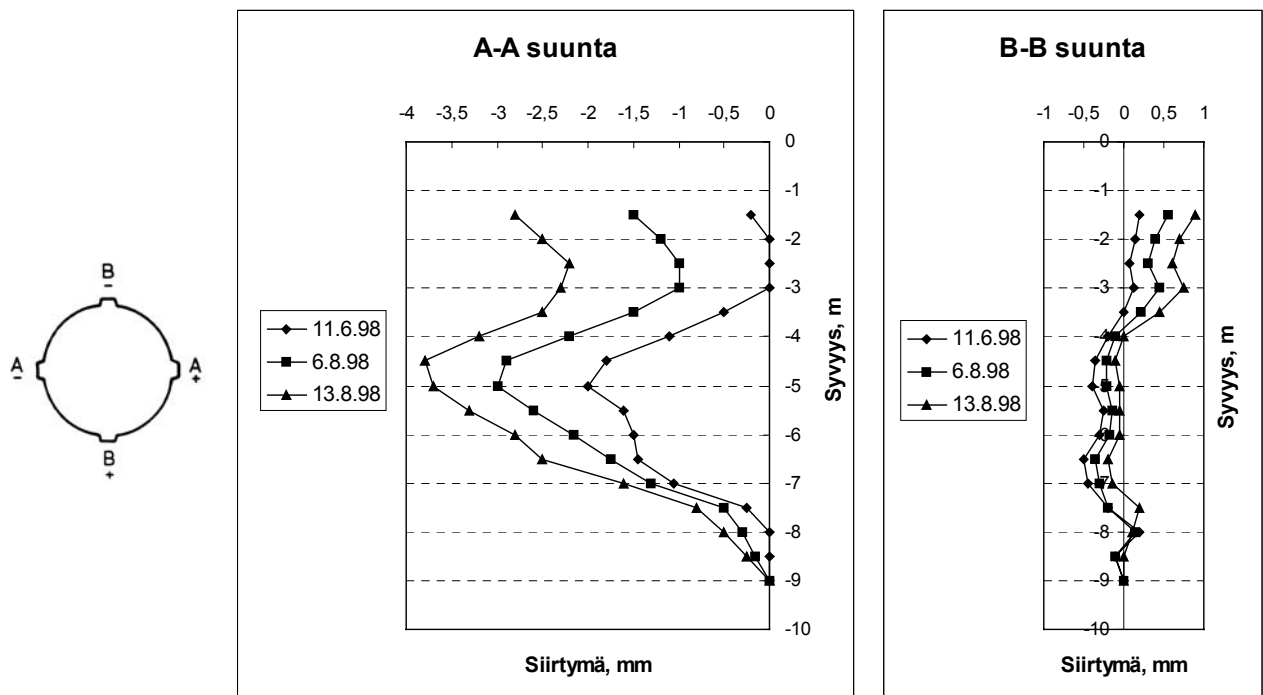
Itse mittaus on varsin nopea. Lukemalaite ilmoittaa digitaalisesti valinnan mukaan joko kulmapoikkeaman asteina pystysuorasta suunnasta tai suoraan mitattavan suunnan poikkeaman millimetreinä pystysuorasta suunnasta. Varsinainen mittaus tapahtuu siten, että anturi syötetään kaapelin välityksellä putken pohjalle. Kun anturi on saavuttanut likipitään putkessa vallitsevan lämpötilan, lähdetään sitä nostamaan ylöspäin. Mittauslukemien havainnointivälinä käytetään normaalisti yhtä metriä, mutta haluttaessa on mahdollista käyttää myös lyhyempää väliä. Kun antu-



ri on nostettu putken yläpään ja havainnoitu viimeinen mittaustulokema, käännetään anturia 180° ja lasketaan anturi jälleen putken pohjalle. Havainnot suoritetaan kuten edellä. Itse putken sijainnin poikkeama pystysuoraan suuntaan nähdessä saadaan laskemalla edellä havaittujen lukemien itseisarvojen keskiarvo. Näin on mitattu toinen putken suunnista. Tämän jälkeen mitataan toinen suunta edellä esitetyn periaatteen mukaisesti.

### 61.3.5 Mittaustulosten käsittely

Mitatuista arvoista lasketaan putken poikkeama pystysuorasta suunnasta alhaalta ylöspäin suunnassa A-A ja suunnassa B-B. Tulokset piirretään kuvan 60.2 esittämällä tavalla molemmista mitatuista suunnista. Vertaamalla taipumaviivan sijaintia 0-mittaukseen ja edellisten mittauskertojen tuloksiin, voidaan selvittää putken ja maan siirtymistä ja siirtymäsuuntaa eri syvyyksissä.



Kuva 60.2: Esimerkki inklinometrimitausten tulostamisesta.

### 61.3.6 Mittaustarkkuus

Inklinometrin laitteiston mittaustarkkuus on noin 2 mm. Jos putken alapää on hyvin kiinnitetty - kallio tai tiivis moreeni -, päästään noin 2 - 5 mm mittaustarkkuuteen. Mittaustarkkuus on 10 - 30 mm, jos alapään kiinnitys sallii mittaustulokeman pienen liikkeen. Inklinometriä voidaan käyttää varmistusmielessä toteamaan, ettei sanottavia siirtymiä ole tapahtunut tai havaitsemaan alkamassa oleva siirtymä ajoissa työvaiheen keskeyttämiseksi tai työtavan tarkistamiseksi. Mikäli halutaan suoraan mitata siirtymien suuruutta, tulee odotettavissa olevan siirtymän olla suuruusluokaltaan 30 - 60 mm tai suurempi, jotta sen suuruus saadaan inklinometrillä mitatuksi.

#### 61.4 Paalujen sivusiirtymän mittaus

Mittausta varten kiinnitetään tarkkailtavan paalun yläpäähän naula tai mittanasta. Paalun liikkeitä voidaan seurata esimerkiksi tarkalla takymetrillä. Mittauspaikka on syytä valita siten, että liike tapahtuu mittauksen suunnassa.

### 62 PAINUMAMITTAUKSET

#### 62.1 Painumamittausmenetelmät

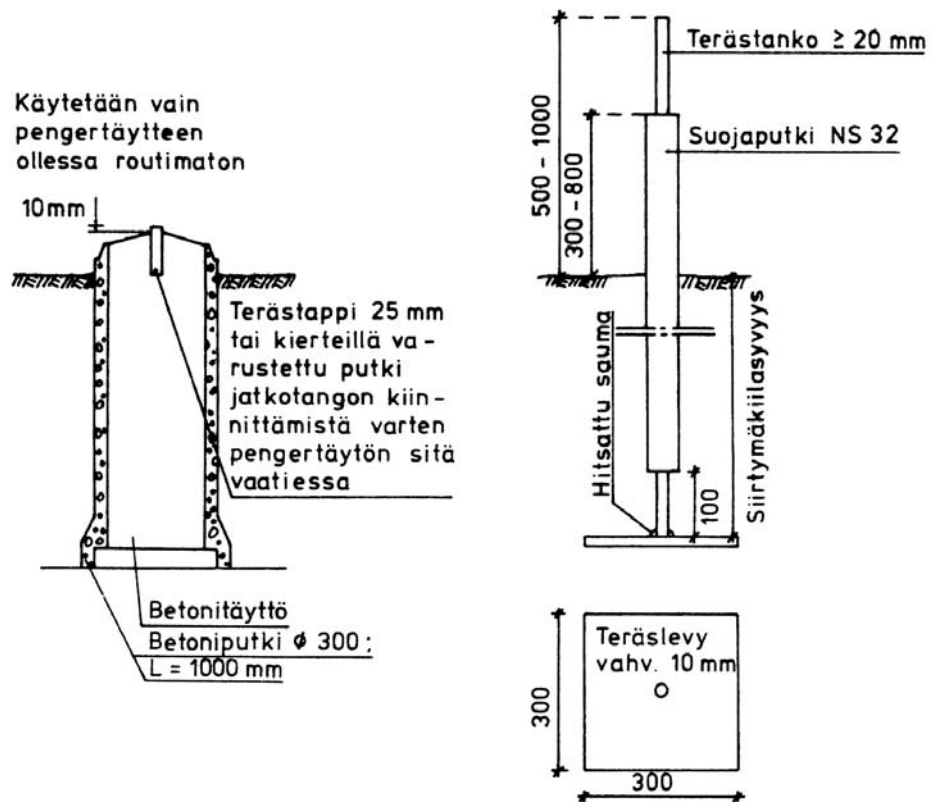
Laitteiston rakenteen ja mittaustavan perusteella voidaan erottaa mm. seuraavat menetelmät:

- Painumatarkistin
- Vaakasuora painumaletku
- Pystysuora painumaletku

Laitteiston valinta riippuu ensisijaisesti mittauskohteesta, tarkkailujakson pituudesta yms. Mikäli suunnitelmassa ei ole muuta määrätty, painuminen mitataan painumatarkistimella. Painumatarkistimella ja vaakasuoralla letkulla mitataan kokonaispainumaa maan pinnalla. Pystysuoralla painumaletkulla voidaan mitata eri maakerrosten painumia

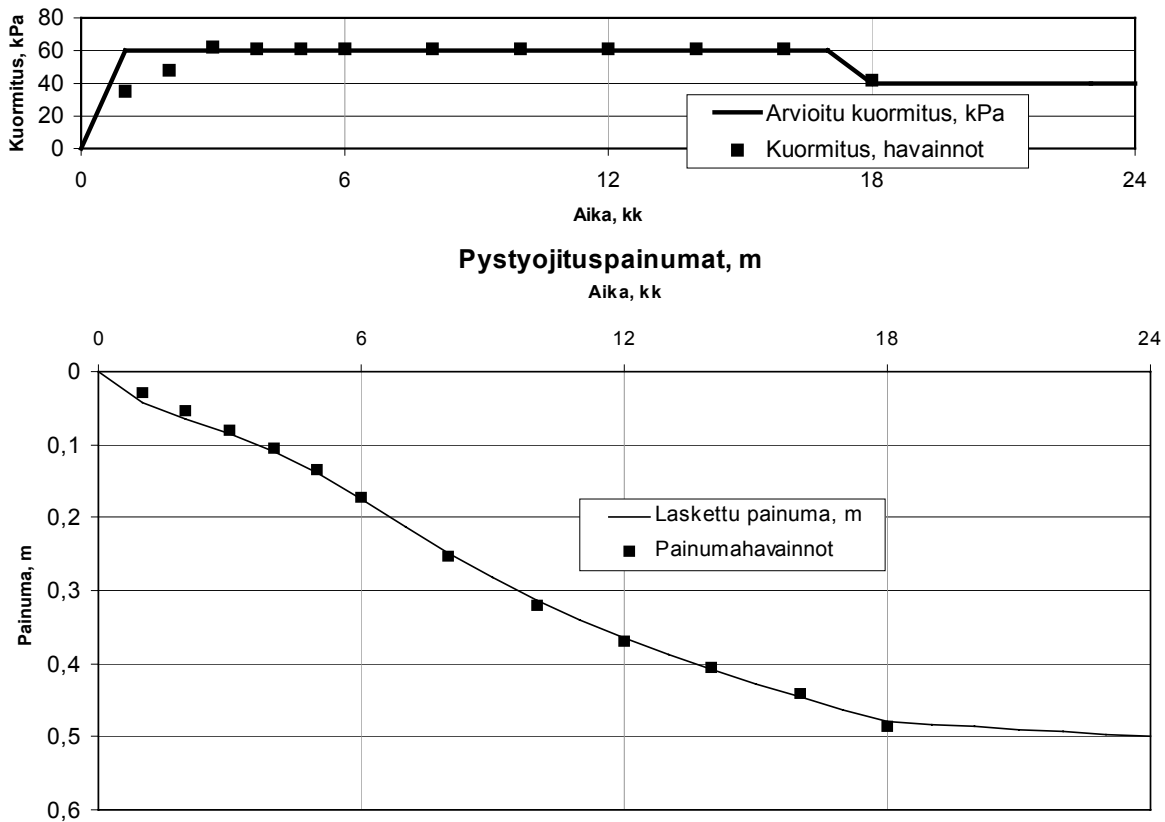
#### 62.2 Painumatarkistin

62.2.1 Painumatarkistin voi olla *kuvan 60.3* mukainen betoni- tai teräsrakenteinen tarkistin. Kuvasta puuttuu näkö/törmäyssuojaus, joka voidaan tehdä esimerkiksi pohjattomasta terästynnyristä, kaivonrenkaasta tai puukehikosta. Suojaan tai erilliseen varoitustauluun maalataan "Painumatarkistin". Massanvaihtokohteissa painumatarkistin asennetaan täytteeseen mahdollisimman pian pengerryksen jälkeen.



Kuva 60.3: Vasemmalla routimattomassa maassa käytettäväksi soveltuva betoni-rakenteinen painumatarkistin. Oikealla yksinkertainen teräsrakenteinen painumatarkistin.

Erityisesti pystyjoituskohteissa sekä muuallakin mitattaessa pohjamaan kokonais-painumia, on teräsrakenteisen painumatarkistimen pohjalevy sijoitettava tasatun pohjamaan tai pystyjoituskohteessa ojituserroksen päälle. Levyn päälle raken-netaan suojapenger. Mittaustangon ympärille asennetaan koko penkereen kor-keudelta suojaputki. Korkean penkereen painumamittauksissa mittaustankoa ja suojaputkea yleensä jatketaan vaiheittain pengerrystyön edistyessä. Täyttö teh-dään varovasti, ettei tanko väännä tai taivu. Mittaustankoa jatketaan kierteisten tappien avulla. Tämä mahdollistaa painumaseurannan jo pengertämisvaiheessa. Kuvassa 60.4 on esitetty painumahavaintotuloksia.



Kuva 60.4: Esimerkki painumamittausten tulostamisesta.

## 62.3 Painumaletku

### 62.3.1 Käyttötarkoitus

Painumaletkun merkittävimmät edut ovat:

- Saadaan jatkuva painumakuvaaja poikkileikkauksesta.
- Mittausjärjestelyt eivät häiritse työkoneita ja työmaaliikennettä.

Työteknisesti letku on edullinen vaiheittain pengerrettäessä :

- louhepenkereissä
- yleensä korkeissa penkereissä.

Haittapuolina voidaan todeta, että:

- Mittaustulokset eivät ole aina olleet täysin luotettavia.
- Letkut vaurioituvat suhteellisen helposti, esim. luiskissa tehdyt täytöt, jyrkkä painumaero poikkileikkauksessa tms.

Painumaletkuja ei yleensä voida käyttää ainoina mittareina, vaan rinnalla käytetään painumatarkistimia. Mittaustyö tehdään erikoislaitteilla, joita ei yleensä voida hankkia työmaakohtaisina. Letkumittaukset sopivat hyvin isoon hankkeeseen, jossa yhdellä mittauskerralla voidaan mitata suurempi määrä letkuja.

### 62.3.2 Mittari

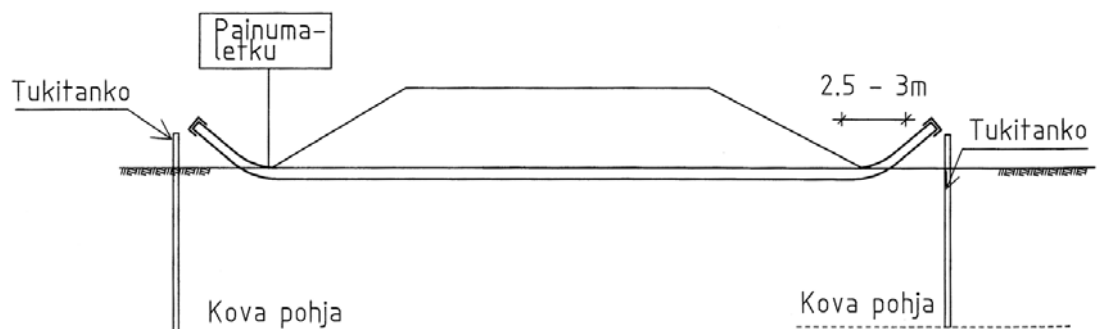
Mittarit ovat nykyään sähkötoimisia. Mittaus perustuu hydrostaattisen paineen vaihteluihin. Mittarin lukematarkkuus on 1 mm, mutta käytännössä mittatarkkuus on noin  $\pm 10$  mm. Mittausletkun pituus on 50 m. Mittarissa on lisälaitteena äänimerkki, joka reagoi painumaletkun ympärille laitettuun magneettirenkaaseen (käytetään erikoistapauksissa paikallistamaan mittauskohdan tarkka sijainti).

### 62.3.3 Letkun materiaali

Muoviputki PELM PN 10,  $\varnothing$  63 mm (seinämä 5,8 mm) tai PE-HD PN 10,  $\varnothing$  63mm (seinämä 4,7 mm) kieppinä. Kohteissa, jossa arvioitu painuma on suhteellisen pieni, voidaan käyttää myös pienempiläpimittaista putkea PELM PN 10,  $\varnothing$  50 mm (seinämä 4,6 mm).

### 62.3.4 Letkun asennus

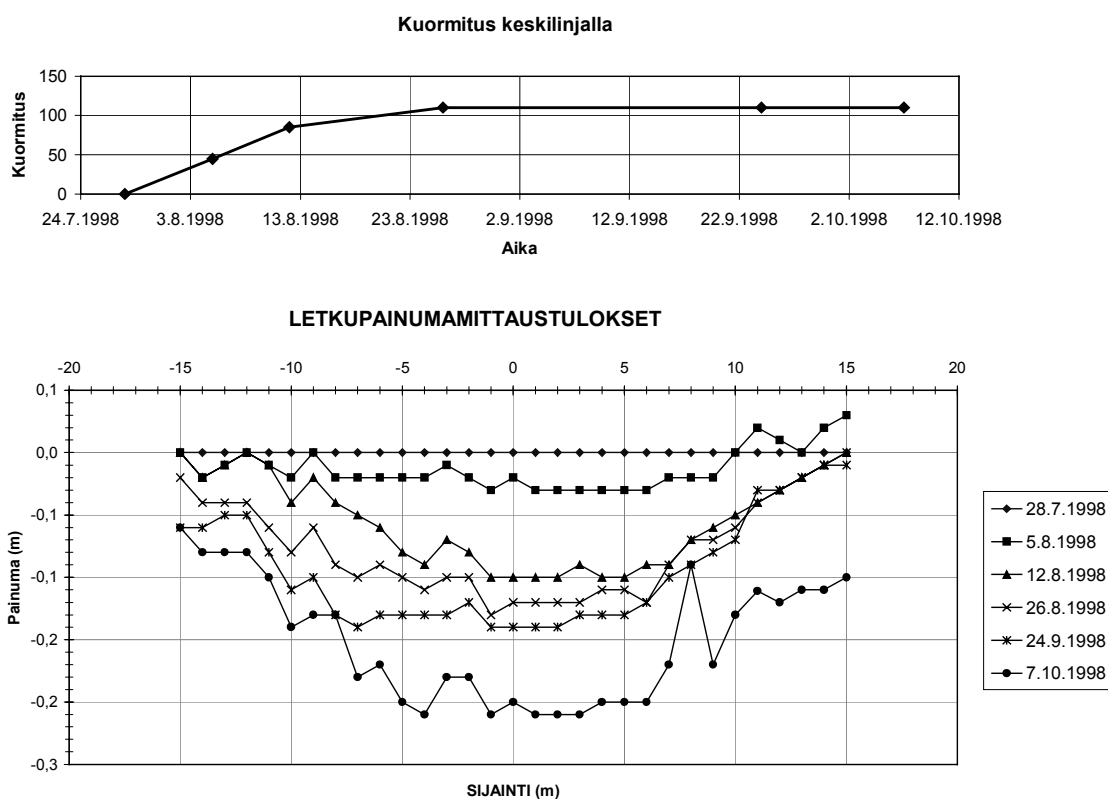
Letku ulotetaan 2-3 m luiskan ulkopuolelle (kuva 60.5). Letkuun vedetään nailon-naru mittausanturia varten. Yhtenäinen letku, jossa ei ole jatkoksia, asennetaan tasaiselle, kivettömälle maapohjalle mahdollisimman suoraan. Tarvittaessa letkun alle tehdään taseuskerros noin 100 mm hiekasta. Letku ankkuroidaan maahan lyötävin harjateräskoukuin. Letkun yläpinta vaaitaan metrin välein (0-mittaus). Letku peitetään noin 200 mm paksuisella hiekkakerroksella siten, että se jää vaaituksen mukaiseen asemaan mahdollisimman suoraan. Hiekkatäytön päälle tehdään 0,5 m suojatäyttö kivettömästä pengermaasta. Painumaletkun päät nostetaan loivasti ylös maanpinnasta, jotta vesi tai maa ei valu letkuun. Letkun päät tulpataan irrotettavilla suojatulpilla (esim. puutapit). Letkun pään viereen lyödään maahan tukevasti tukitanko (esim. metalliputki tai puupaalu, yläpään korkeus 1,0-1,5 m maan pinnasta), joka toimii mittauksen peruskorkeutena. Työ-koneita varten painumaletkut merkitään kylillä, jossa on teksti "Painumaletku".



Kuva 60.5: Periaatepiirros letkupainumamittarin sijoittamisesta.

### 62.3.5 Mittaukset

Asennuksen yhteydessä on mitattava letkun päiden etäisyydet tien keskilinjasta, jolloin mittaustulokset voidaan sitoa poikkileikkaukseen. Ennen hiekkatäyttöä letkun yläpinta vaaitaan metrin välein (0-mittaus). Painumamittaukset tehdään samoista kohdista kuin 0-mittaus on tehty. Painumamittausten yhteydessä vaaitaan joka mittauksen yhteydessä tukitankojen korot. Painumahavainnoista piirretään poikkileikkausta kuvaavat painumakuvaajat, joissa esitetään myös kuormitus (kuva 60.6).



Kuva 60.6: Esimerkki letkupainumamittaustuloksista.

## 63 HUOKOSPAINEMITTAUKSET

### 63.1 Mittausten tarkoitus

Huokospainemittauksilla selvitetään huokosveden painetta maakerroksessa. Tienrakennuksessa huokospainemittaukset tehdään yleisimmin:

- savileikkauksissa luiskan vakavuuteen liittyvänä osaselvityksenä,
- korkean penkereen alle jätettävän savi- tai silttikerroksen tiivistymisen ja lujittumisen seuraamiseksi tai

- silttimaassa paalutuksen aiheuttaman huokosvedenpaineen kasvun selvittämiseksi.

Huokospainemittausten tarve on yleensä määritetty jo suunnitelmassa. Suunnitelmassa määrätään mittakärkien sijainti. Suunnitelmassa tulisi olla ohjeet mittaus tulosten hyväksikäyttämistä. Ellei niitä ole suunnitelmassa esitetty, on mittauksista neuvoteltava suunnittelijan kanssa siten, että niiden tarkoitus ja tulosten hyväksikäyttö tunnetaan myös työmaalla.

## 63.2 Laitteistot

Huokospaineen mittauslaitteistoja on esitetty SGY:n kairausoppaassa IV, Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen. Huokosvedenpaineen mittaaminen tapahtuu joko suljetulla tai avoimella mittauksella. Nykyisin sähköiset anturit ovat käyneet yhä yleisemmäksi nopean toimintakykynsä vuoksi. Menetelmässä huokoskärjen läpi kulkevan veden paine mitataan sähköisellä paineanturilla suoraan huokoskärjessä. Avoimessa järjestelmässä huokoskärki toimii pohjavesiputken tavoin. Suodattimen on oltava maalajiin sopiva. Kärjestä ylösnouseva putki on ohut maakerrosten huonon vedenjohtavuuden vuoksi. Menetelmä sopii silttisissä maalajeissa pitkäaikaiseen huokosvedenpaineen seurantaan.

Huokosvedenpaineen mittaukseen käytetty putki tai letku johdetaan suoraan maanpinnalle. Putken tai letkun yläpää on kuitenkin suojattava mekaanista vaurioitumista vastaan ja merkittävä selvästi.

## 63.3 Huokoskärjen asennus

Penkereen läpi asennettavat huokoskärjet asennetaan mahdollisimman varhaisessa rakentamisvaiheessa suunnittelijan esittämiin paikkoihin, jotta kuormituslisäysten vaikutusta huokosvedenpaineeseen voidaan seurata. Pengertä korotettaessa on huokoskärkeen liittyvät putket tai letkut suojattava pienillä kaivonrenkailla tms. Putken yläpää merkitään selvästi näkyviin. Ennen asennusta huokoskärki ja letkut täytetään ilmattomalla vedellä. Kärjissä, joiden huokoskivi on karkearakeinen, kärkikappale upotetaan vesiämpäriin ja muoviputki kiinnitetään paikoilleen veden alla. Tämän jälkeen muoviputki imetään vettä täyteen esimerkiksi lappoperiaatteella. Kahdella letkulla varustettujen mittareiden täyttäminen vedellä tapahtuu parhaiten pumppaamalla vettä kärjen läpi. Hienorakeisia huokoskärkiä, kuten sähköisiä huokosvedenpaineenkärkiä on pidettävä kiehuvaan veteen yli 10 minuuttia ilman poistamiseksi huokoskivistä. Mahdolliset letkut liitetään toisiinsa ja huokoskärkeen veden alla. Kärjen päälle vedetään vedellä täytetty muovipussi, joka lähtee kärjen päältä pois maahan painettaessa. Asennuksen aikana tulee huokoskärjen olla koko ajan vedessä. Huokoskärjille on yleensä syytä tehdä alkureikä kierrekairalla. Reikä täytetään vedellä. Jos vesi ei pysy reiässä, on käytettävä työputkea.

Painettaessa huokoskärkeä alas ruuvataan mittalaitteen asennusputket yksitellen kiinni toisiinsa. Putkien liitokset tiivistetään esimerkiksi teflonnauhalla. Putkien sisällä mahdollisesti olevaa kaapelia tai mittausputkea ei saa rikkoa eikä vetää painamisen aikana. Maahan painamisen tulee tapahtua hitaasti ja tasaisella nopeudella, jotta anturia ei kuormiteta liikaa. Putken päätä ei missään olosuhteissa saa lyödä. Asennusputken pää on suljettava mittauksen jälkeen. Putkea ei saa kiertää maahan asentamisen jälkeen. Asennuksessa on otettava huomioon myös valmistajan antamat erikoisohjeet.

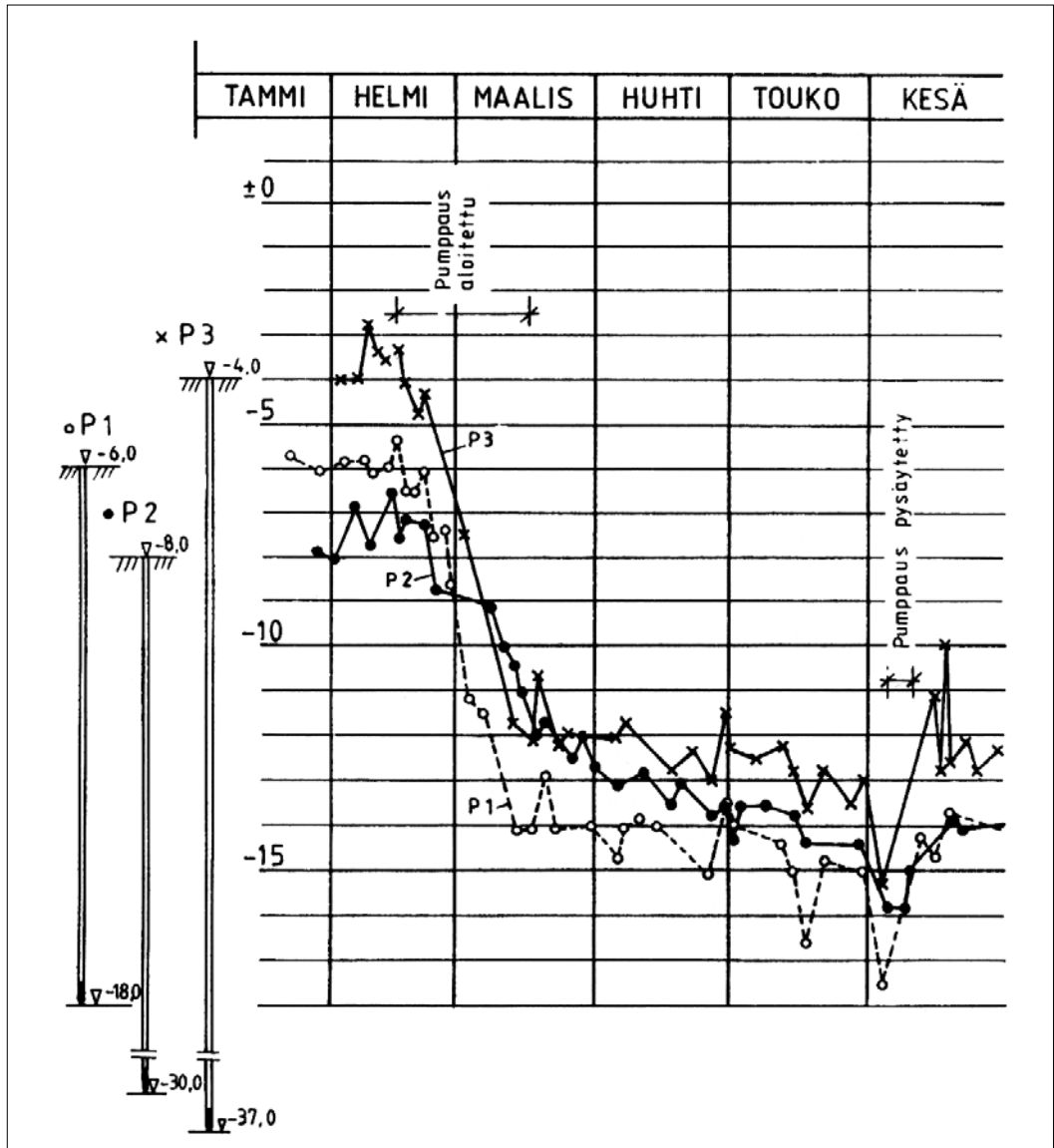
#### 63.4 Havainnot

Ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty, tehdään havainnot:

- savileikkausten vakavuustutkimuksissa normaalisti kerran viikossa, sadekausina, lumen sulamisvaiheessa ym. poikkeusajankohtina 2-3 kertaa viikossa
- penkereen alle jätettävästä kerrostumasta kerran viikossa sekä välittömästi penkereen korotusten jälkeen
- paalutustyö: huokospainetta seurataan koko paalutustyön ajan aina 2-3 paalun lyömisen jälkeen.

Mittauksia jatketaan, kunnes suunnittelijan kanssa on sovittu niiden lopettamisesta. Huokosvedenpainemittausten tulokset esitetään *kuvan 60.7* muodossa. Huokosvedenpainetta seurataan yleensä eri syvyyksiin asennetuista huokoskärjistä. Mittaustulokset voidaan esittää painetasoina ajan funktiona. Huokosvedenpainemittausten tulostusta ja kärkien toimintaan vaikuttavia tekijöitä on esitetty tarkemmin SGY:n kairausoppaassa IV.





Kuva 60.7: Huokosvedenpaineen vaihtelut eri aikoina.

## **64 PAALUJEN KOEKUORMITUS**

### **64.1 Paalun koekuormitus**

Paalun koekuormitus voidaan tehdä joko dynaamisella tai staattisella menetelmällä.

### **64.2 Iskuaaltomittaukset**

#### **64.2.1 Yleistä**

Iskuaaltomittaukset jaetaan dynaamiseen koekuormitukseen (High Strain, PDA) ja ehjyysmittaukseen (Low Strain, SIT, PIT ja PET). Ehjyysmittausta käytetään teräsbetonipaalun ehjyyden arviointiin, jolloin iskuaalto aikaansaadaan kevyellä käsivasaralla. Dynaamisessa koekuormituksessa iskuaalto saadaan aikaan paalutuksessa käytettävällä järkäleellä.

Iskuaaltomittaukset perustuvat 1-ulotteiseen iskuaaltoteoriaan. Mittaustulokseen vaikuttavat mm. vallitsevat maaperä- ja paaluominaisuudet. Paalun ominaisuuksista tärkeimmät ovat poikkileikkauspinta-ala, pituus ja kimmomoduuli. Paalun ikä vaikuttaa teräsbetonisilla paaluilla paalun kimmomoduuliin

Ennen mittaustyön aloittamista on mittaajalle toimitettava kohteen pohjatutkimustiedot ja paalutuspöytäkirjat. Paalutuspöytäkirjoista tulee ilmetä paalun numero, pituus, poikkipinta-ala sekä betonisilla paaluilla valuajankohta ja jatkosten sijainti. Paalun numero ja maahan jäävä pituus tulee kirjata ylös ja merkitä paaluun, jos paalu katkaistaan ennen iskuaaltomittausta.

Mitatut signaalit tulee tallentaa myös käsittelemättöminä ja säilyttää ne raportin yhteydessä.

#### **64.2.2 Ehjyysmittaukset**

Ehjyysmittauksilla voidaan arvioida paalun ehjyyttä paalutuksen jälkeen. Testattavan paalun yläpäähän isketään kevyellä käsivasaralla, mikä aiheuttaa paaluun alaspäin kulkevan iskuaallon. Iskuaallon heijastumista mitataan paalun yläpästä kiihtyvyyksianturilla, jolloin heijastuneen aallon muodosta on mahdollista tulkita muutokset paalun poikkileikkauksissa sekä halkeamat ja muut mahdolliset heikennykset paalussa. Paalua ympäröivä maaperä vaikeuttaa mittausten tulkintaa, koska vaippavastus näkyy myös mittausaallossa. Mittaajan on ymmärrettävä maan ja paalun yhteistoiminta, jotta mittaustulosten tulkinta voidaan tehdä yksi-selitteisesti. Yleensä kohteen paaluja on käsiteltävä kokonaisuutena, jolloin johtopäätökset yksittäisen paalun ehjyydestä on suhteutettava ympäröiviin paaluihin.

Ennen varsinaista mittausta on mitattavien paalujen päät tarvittaessa kaivettava esiin ja paalujen päät puhdistettava. Mittauskohdan tulee olla puhdas, kuiva ja ehjä. Rikkoutunut betoni ja mahdolliset maa-ainekset on poistettava ennen mittausta. Työmaalla valettujen paalujen tulee olla vähintään 5 vrk ikäisiä ennen mittausta.

Paalun ehjyysmittaus tehdään upotuksen päätyttyä. Mittaukset voidaan tehdä osittain paalutuksen kestäessä tai kokonaisuudessaan paalutuksen päätettyä kuitenkin siten, että mittauksissa rikkinäisiksi todetut paalut on mahdollista korvata uusilla paaluilla. Paalutussuunnitelma tarkistetaan mittaustulosten perusteella ja korvattavat paalut lyödään suunnitelmanmuutoksen osoittamiin paikkoihin. Ehjyysmittausten tulokset ja mahdolliset lyötävät lisäpaalut on esitettävä paalutus-  
pöytäkirjoissa.

### 64.2.3 Dynaaminen koekuormitus

Dynaaminen koekuormitus on kantavuuden suora määrittämismenetelmä. Sillä määritetään ensisijaisesti paalun geotekninen murtokuorma. Tämän lisäksi koekuormituksessa voidaan mitata tai laskea mittaustuloksista muun muassa paalun yläpäähän maksimi veto- ja puristusjäännitys, paaluun lyönnissä siirtynyt energia sekä paalun yläpäähän siirtymä. Mittaustuloksista voidaan myös arvioida paalun ehjyyttä, lyönnin keskeisyyttä, paalutuskaluston tehokkuutta sekä iskutyynyn kuntoa. Mittaustuloksista voidaan tehdä ns. Signal Matching –analyysi (esim. CAPWAP), jolloin paalun vaippa- ja kärkivastuksen jakautuminen saadaan selville. Suljettuun muotoon johdettuja ratkaisuyhtälöitä käyttäen arvioidaan paalun murtokuorma ja tarkistetaan loppulyöntiohje. Yleisimmin paalun kantavuuden arviointiin Suomessa käytetään CASE -menetelmää. Käytettäessä paalun kantavuuden arviointiin CASE -menetelmää tulee raportissa selkeästi kertoa, mitä CASE -menetelmän estimaattia on käytetty. Laskennassa käytetty vaimennus-kerroin tulee esittää sekä tekstissä että graafisissa tulosteissa.

Paalujen koekuormituksesta osa on mahdollisuuksien mukaan tehtävä koepaalutusvaiheessa tai paalutuksen alkuvaiheessa, jolloin mittaustulosten perusteella voidaan tarkentaa paalujen loppulyöntiehtoa. Paalun dynaaminen koekuormitus tehdään tukipaalulla loppulyöntien päätyttyä. Kitka- tai koheesiopaalulla koekuormitus tehdään määräsivyyteen upotuksen jälkeen. Mikäli halutaan käyttää hyväksi erityisesti vaippavastuksen ja kärkivastuksen kasvua maan lujuuden palaututtua paalutustyön jälkeen, suoritetaan koekuormitus jälkilyönneistä.

Dynaamisessa koekuormituksessa käytetään yleensä samaa paalutuskalustoa kuin itse paalun upotuksessa, näin erityisesti tarkistettaessa loppulyöntiehtoja. Loppulyöntiehto laaditaan paaluun siirtyneen energian, painuman ja jouston avulla.

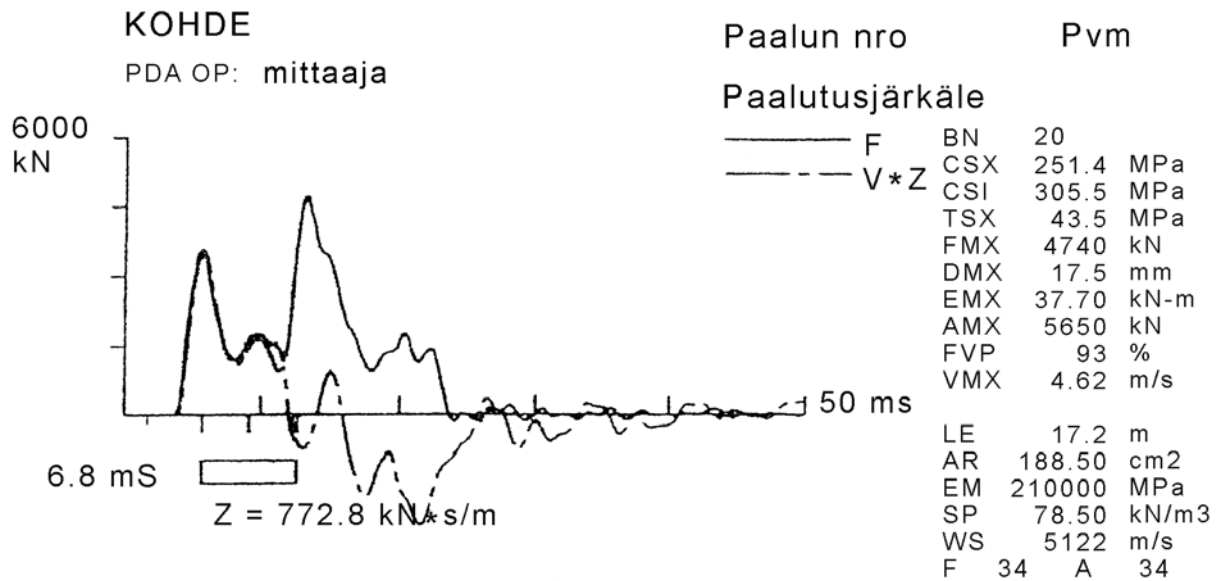
Paalun maan- tai vedenpinnan yläpuolisen osan tulee olla pituudeltaan riittävä, jotta mittaussanturit voidaan kiinnittää paaluun siten, etteivät ne kosketa maata ja

rikkoutu paalutuksen aikana. Paalun pituus tulee mitoittaa siten, että koekuormituksessa paalun maan- tai vedenpäällinen pituus on vähintään kaksi kertaa paalun halkaisija tai sivumitta. Lyötäessä koekuormituslyöntejä pehmeisiin maa-kerroksiin tulee ottaa huomioon myös paalun painuminen.

Mittaaja laatii välittömästi koekuormituksen jälkeen koekuormittamattomille paaluille tarkistetun loppulyöntiohjeen. Mittausraportissa tulee käydä ilmi ainakin seuraavat asiat:

- Kohteen nimi, paikka , rakennuttaja ja urakoitsija
- Lyhyt selvitys kohteessa vallitsevista pohjasuhteista
- Tiedot kohteessa käytetyistä paaluista, kuten paalun tunnistenumero, tyyppi, halkaisija, seinämävahvuus sekä kärjen tyyppi
- Mittauksessa käytetty paalutuskalusto (järkele ja peruskone). Järkeleestä tulee mainita ainakin liikkuvan osan massa, maksimipudotuskorkeus ja kuvaus käytettävästä iskutyynystä sekä mittauksissa käytetty pudotuskorkeus
- Dynaamisessa koekuormituksessa käytetty mittauslaitteisto ja mittausohjelman versio sekä mittajaan nimi ja yhteystiedot
- Arvio paalun murtokuormasta ja ehjyydestä sekä tiedot murtokuorman laskennassa käytetyistä menetelmistä ja siinä käytetyistä vaimennuskertoimista
- Paalun painuma, jousto ja paaluun siirtynyt energia
- Arvio paalun kärjen alapuolella vallitsevasta maalajista sekä lyönnin kokonaistehokkuudesta.
- Näiden lisäksi raportissa tulee olla seliteosa, josta käy ilmi raportissa käytetyt termit ja lyhenteet.

Laskennassa käytetyistä lyönnin signaaleista tulee raporttiin sisällyttää voima ja nopeus \* impedanssikuvaaja ajan suhteen (kuva 60.8). Suositeltavaa on lisäksi esittää kokonaislyöntivastuksen- ja staattisen vastuksen sekä siirtymän ja paaluun siirtyneen energian kuvaajat. Kuvaajista tulee käydä ilmi myös paalun impedanssi, tehokas pituus ja iskuaallon etenemisnopeus.



Kuva 60.8: Esimerkki PDA -mittausten tulostamisesta.

### 64.3 Staattinen koekuormitus

Jos paalujen kantavuutta ei voida selvittää koepaalutuksen, vastaavista olosuhteista käytettävissä olevien staattisten tai dynaamisten koekuormitusten tai muiden tietojen perusteella luotettavasti, suoritetaan staattisia koekuormituksia.

Paalun staattisessa koekuormituksessa tarvitaan vastapaino, hydraulinen sylinteri ja paalun painumamittauslaitteet. Vastapaino voidaan aikaansaada vetopaalujen tai staattisen kuorman avulla. Vastapainon kuormitus keskitetään paalulle palkiston avulla. Kuormitus saadaan aikaan hydraulisella sylinterillä (tunkilla), josta myös paalun kuormitus mitataan. Paalun yläpään painumista ja kallistumista mitataan mittakelloilla erillisen mittasillan suhteen. Koekuormitus tehdään erityisen koekuormitussuunnitelman mukaan, joka laaditaan LPO-87 luvun 8.3 mukaisesti.

## TIENRAKENNUSTÖIDEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET JA TYÖSELITYKSET

### OSA 2000 LEIKKAUKSET, KAIVANNOT JA AVO-OJARAKENTEET

(kohdat 2000.1 – 2000.3 ja 2100.1 – 2100.5, ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-  
ojarakenteet TIEL 2212459/1991)

#### 2110 TIELEIKKAUKSET

##### 2110.1 Tieleikkauksen laatuvaatimukset

##### 2110.1.1 Laatuvaatimukset

2110.1.1.1 Työnaikainen luiska on suunniteltava maan laadun mukaan siten, että luiskan vakavuus on riittävä. Jos käytetään jyrkkää luiskaa on riittävä vakavuus tarvittaessa varmistettava tukiseinällä, kevennysleikkauksella, luiskan alareunaan tehtävällä tukipenkereellä tms.

2110.1.1.2 Ennen leikkaustyön aloittamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää:

- Selvitys olemassa olevista rakenteista sekä työtä rajoittavista esteistä leikkauksen kattavalla alueella.
- Työjärjestys
- Leikkausmassojen läjitysalueet ja alueet, joille ei saa läjittää
- Laaduntarkkailu
- Työsuojelutoimenpiteet

2110.1.1.3 Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon teossa karkearakeisissa ja moreenimaalajeissa voidaan soveltaa *taulukkoa 2110.1* ja koheesiomaalajeissa *taulukkoa 2110.2*.

*Taulukko 2110.1: Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon ohjeelliset luiskakaltevuudet karkearakeisissa maalajeissa sekä moreenissa ja karkeissa silttimaalajeissa.*

Maapohja	Kaivannon syvyys, H (m) *)		
	< 1,2	1,2 - 2,0	> 2,0
	Luiskan kaltevuus		
Löyhä ja keskitiivis siltti Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	Pystysuora	20° - 45° riippuen maa-aineksen laadusta ja ominaisuuksista	
Tiivis siltti **) Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni **)	Pystysuora	< 2:1 - 3:1	< 1:1 - 2:1
Tiivis sora Tiivis moreeni	Pystysuora	< 4:1 - 5:1	< 3:1 - 4:1

\*) Yli 2 m syvissä kaivannoissa tulee suurin mahdollinen kaivussyvyys ja luiskan kaltevuus tarkistaa tapaus tapaukselta paikallisten olosuhteiden mukaan.

\*\*) Mikäli kaivu tapahtuu pohjavedenpinnan tuntumassa tai sen alapuolella, on käytettävä löyhän maan mukaisia kaltevuuksia.

Taulukko 2110.2: Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon suurin syvyys ja luiskan kaltevuus koheesiomaalajeissa.

Suurin kaivussyvyys, H (m)			Luiskan kaltevuus
A. Hyvin pehmeä savi, $S_u = 7 - 10 \text{ kN/m}^2$	B. Pehmeä savi, $s_u = 10 - 25 \text{ kN/m}^2$	C. Sitkeä savi $s_u = 25 - 50 \text{ kN/m}^2$	
-	1,6	2,0	5:1
-	1,7	2,5	3:1
-	1,9	3,0	2:1
1,7	2,3	3,2	1:1
1,9	2,5	3,7	1:2
2,1	2,7	4,0	1:3

2110.1.1.4 Leikkaus tehdään huolellisesti leikkauksen ulkopuolista kasvillisuutta vahingoittamatta.

2110.1.1.5 Suunnitelmissa ja työn aikana osoitetut routivat leikkauspohjat tasalaatuistetaan. (kohta 2180)

2110.1.1.6 Lohkareisessa, routivassa leikkauksessa voi tasalaatuistamisen korvata rakenteen lämpöeristystä lisäämällä, esimerkiksi routimatonta rakennetta paksuntamalla (tasausviivan nosto, maalaatikko) tai lämpöeristeillä.

2110.1.1.7 Jos leikkauksessa on tien pinnasta mitattuna siirtymäkiilasyvyyttä lähempänä kallio tai suuria lohkareita, rakennetaan siirtymäkiila.

2110.1.1.8 Louhikko leikataan maanleikkauksen tavoin. Suuret kivet rikotaan ja käytetään hyväksi.

2110.1.1.9 Jos epätasaisia routanousuja aiheuttava tie- tai työmaatie jää uuden tien alle tai uusi tie liitetään vanhaan tiehen, noudatetaan

I suunnitelmien ohjeita

II *kuvien 1510.2 A ja B* (TYLT Rakennusalueella olevat rakenteet TIEL 2212455-93) sekä siirtymäkiilarakenteiden periaatteita.

## 2110.1.2 Työohjeet

2110.1.2.1 Leikkaukset ojineen ja luiskineen kaivetaan valmiiksi samaan aikaan. Ojien samanaikainen kaivu helpottaa leikkauksen pohjan kuivatusta.

2110.1.2.2 Jos maaston muoto johtaa valumavesiä leikkausluiskiin tai luiska on helposti syöpyvä, kaivetaan niskaoja.

2110.1.2.3 Jos leikkauksessa havaitaan pohjaveden virtausta, lähteitä luiskapinnoilla tai alusrakenteella, rakennetaan olosuhteisiin sopiva kuivatusjärjestelmä.

- 2110.1.2.4 Jos maalajit ovat helposti juoksettuvia, leikkauksen pohjan voi muotoilla kuivatussyistä rakentamisen ajaksi kaltevammaksi kuin suunnitelmissa on osoitettu.
- 2110.1.2.5 Sade- ja valumavedet johdetaan työn aikana pois siltti- ja savileikkauksista pumppaamalla tai ojittamalla.
- 2110.1.2.6 Vanhan tien leikkauksen yhteydessä saatavat käyttökelpoiset päällysrakennemateriaalit ja päällysteet käytetään
- I suunnitelmien mukaisesti
  - II hyödynnetään työn aikana osoitettavalla tavalla.
- 2110.1.2.7 Pohjavesien purkaantuessa leikkausluiskasta on tarvittaessa käytettävä luiskan suojana 200 - 300 mm sora- tai murskekerrosta, jonka alle asennetaan kuitukangas. Mikäli pohjavesien purkaantuminen on jatkuvaa ja sillä arvioidaan olevan ennakoimattomia ympäristövaikutuksia, otetaan yhteyttä suunnittelijaan.

### **2110.1.3 Valvontaohjeet**

- 2110.1.3.1 Leikkausluiskia tehtäessä on silmämääräisesti tai tarvittaessa maanäyttein tarkastettava, että luiskan maanlaatu vastaa suunnitelmassa esitettyä.

## **2110.2 Luiskaloivennukset ja kevennysleikkaukset**

### 2110.2.1 Laatuvaatimukset

#### 2110.2.1.1 Luiskaloivennukset ja kevennysleikkaukset kaivetaan

- I suunnitelmien
- II työn aikana osoitettujen mittojen mukaisesti.

#### 2110.2.1.2 Luiskien taitteet muotoillaan

- I suunnitelmien
- II kuvan 2100.3 (TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991) mukaisesti.

#### 2110.2.1.3 Luiskan kaltevuudet ja leikkauksen syvyys tarkistetaan mittaamalla poikkileikkausta 20 m välein.

#### 2110.2.1.4 Ennen leikkaustyötä tehdään kohdan 2110.1.1.2 mukainen työ- ja laaduntarkailusuunnitelma. Kevennysleikkausten kohdalla suunnitelmassa esitetään alueet, joille leikkausmassoja ei saa läjittää.



## **2110.2.2 Työohjeet**

- 2110.2.2.1 Kevennysleikkaus ja pääleikkaus tehdään ensin kevennyksen tasoon ja sen jälkeen kaivetaan alin osa pääleikkauksesta.
- 2110.2.2.2 Jos leikkaustyö tehdään koko poikkileikkauksessa yhdellä kertaa, ei tien leikkausluiska saa olla missään vaiheessa korkeampi kuin lopullinen, kevennetty luiska. Leikkauspohja ulotetaan lopulliseen tasoon vasta, kun kevennys on tehty. Päätykaivussa on tarkistettava myös työluiskan (päätyluiskan) vakavuus.

**(Kohdat 2110.3 – 2110.6, ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)**

## **2120 MAALEIKKAUS, MASSAT LÄJITYKSEEN**

### **2120.1 Läjitysalueen rakentaminen, laatuvaatimukset**

- 2120.1.1 Ennen läjitystyön aloittamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää:
- Selvitys olemassa olevista rakenteista sekä työtä rajoittavista esteistä läjittävällä alueella.
  - Suunnitellut läjityskorkeudet
  - Luiskakaltevuudet
  - Läjitettävien massojen sijoitus eri massalajeittain
  - Alueen kuivatus
  - Mahdolliset patorakenteet
  - Alueen täyttöjärjestys ja muut työjärjestelyt
  - Leikkausmassojen läjitysalueet ja alueet, joille ei saa läjittää
  - Laaduntarkkailu
  - Työsuojelutoimenpiteet
- 2120.1.2 Läjitys on rakennettava niin, ettei se aiheuta turvallisuus- tai ympäristöriskejä. Läjitysalueen maapohjan kantavuus ja vakavuus on selvitettävä pohjatutkimuksilla. Alue on suunniteltava siten, että alueen vakavuus ja kantavuus ovat riittävän suuria kaikissa työvaiheissa. Läjitysalueella olevat kuivatusojat ja rinnepaikat on huomioitava suunnittelussa.
- 2120.1.3 Läjitysalueen kuivatus tulee järjestää siten, että alueelta pois valuvan veden laatu (lähinnä sameuden osalta) täyttää sille asetetut vaatimukset. Tarvittaessa on kuivatusvesille rakennettava seisonta-allas, jonka kautta vedet ohjataan alueelta.
- 2120.1.4 Läjitetäessä vetisiä ruoppausmassoja on läjitysallas mitoitettava niin suureksi, että ruoppausvedellä on vähintään vuorokauden viipymä ennen sen valumista altaasta pois.

- 2120.1.5 Paalutetun penkereen viereen ei saa läjittää mitään ilman suunnittelijan lupaa.
- 2120.1.6 Läjitetessä vetisiä, juoksevia maamassoja on alue padottava niin, etteivät massat ja pintavesi pääse kontrolloimatta valumaan ympäristöön. Pato on suunniteltava pysyväksi rakenteeksi. Läjitysalueen ympäristön kuivatus on hoidettava siten, että luonnontilaiset kuivatusolosuhteet säilyvät.

## **2120.2 Rakentamisen työohjeet**

- 2120.2.1 Läjitysalueet on yleensä syytä aidata vähintään lippusiimalla tms.

## **2120.3 Valvontaohjeet**

- 2120.3.1 Läjitysalueita on tarkkailtava silmämääräisesti, jottei niiltä valu ympäristöön massoja.
- 2120.3.2 Alueelta pois virtaavan veden laatua on seurattava silmämääräisesti tai tarpeen vaatiessa näyttein, jotta voidaan varmistua, että alipuolisen vesistön laatu säilyy haluttuna.
- 2120.3.3 Aluetta on tarkkailtava myös sortumien varalta. Mikäli on havaittavissa sortumaa viittaavia halkeamia läjitysalueen pinnassa tai sen ulkopuolella, on läjitys pysäytettävä ja ryhdyttävä toimenpiteisiin, joilla tilanne saadaan hallintaan.

(Kohdat 2170.1 – 2170.2 ja 2180.1 – 2180.2), ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-  
ojarakenteet TIEL 2212459/1991)

## **2210 PEHMEÄN PERUSMAAN POISTO**

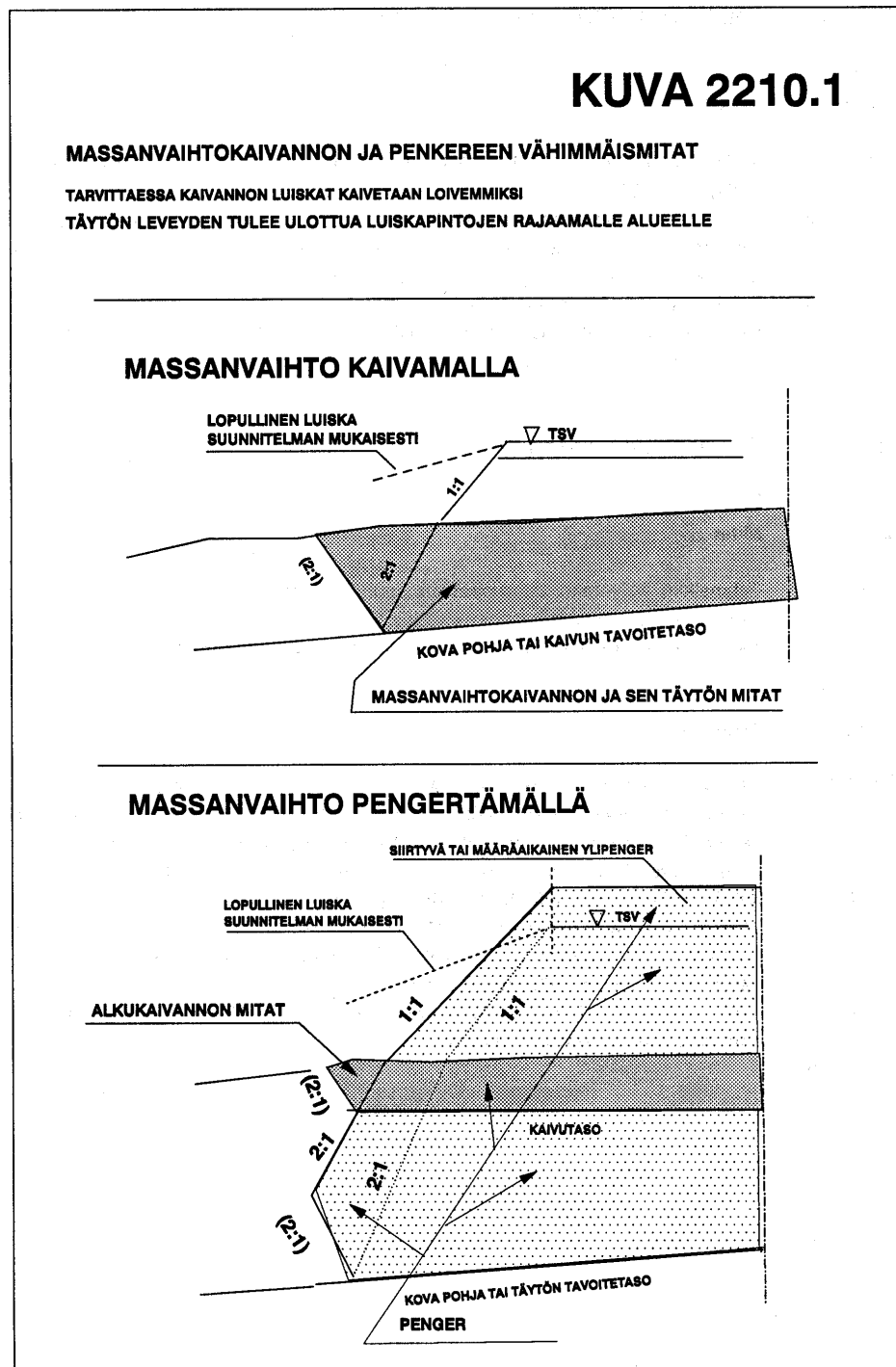
### **2210.1 Laatuvaatimukset**

- 2210.1.1 Pehmeikkö kaivetaan tai ruopataan suunnitelmissa tai työn aikana erikseen osoitettuun syvyyteen.
- 2210.1.2 Kaivannon leveys ja luiskat osoitetaan suunnitelmien ja *kuvan 2210.1* perusteella.

### **2210.2 Työohjeet**

- 2210.2.1 Kaivutaso suunnitellaan yleensä kovan pohjan maalajirajan tai saven lujuusominaisuuksien perusteella. Tutkimuspisteiden välillä kerrosrajat saattavat vaihdella epäsäännöllisesti. Siksi pehmeikkö kaivetaan näihin kerrosrajoihin työnaikaisten havaintojen perusteella. Kaivua ei saa ulottaa tätä syvemmälle.

- 2210.2.2 Kaivanto penkereen edessä kaivetaan penkereen päästä riittävän etäälle. Jos olosuhteet estävät penkereen edessä kaivun, voidaan kaivu tehdä myös penkereen päältä täytön edistymisen myötä. Tässä tapauksessa huolehditaan, että kaivettu maa ei sekoitu penkereen yläosaan.
- 2210.2.3 Kaivantoon kertyvä vesi voidaan tarvittaessa pumpata pois, ellei työselityksessä ole muuta määrätty.



Kuva 2210.1

### **2210.3 Valvontaohje**

- 2210.3.1 Maavalumat massanvaihtokaivantoon todetaan silmämääräisesti tarkkailemalla kaivantoa ja sen ympäristöä sekä seuraamalla kaivettavien massojen määrää paaluväleittäin. Mikäli maavalumaa todetaan, on suunnitelmaa tarkistettava, ennen kuin työtä voidaan jatkaa.
- 2210.3.2 Suunnitelman mukaisen kaivussyvyyden ja kaivannon leveyden noudattamista seurataan työn aikana silmämääräisesti tai tähysmerkkejä käyttäen, tarvittaessa myös mittaamalla.
- 2210.3.3 Suunnitellun kaivutason edellyttämän pohjamaan laatua tarkkaillaan silmävaraisesti.
- 2210.3.4 Käytettäessä louherakenteista tukipengertä luiskien tukemiseen on erityisesti tarkastettava, ettei penkereen ja pohjamaan väliin jää pehmeitä maakerroksia. Tarvittaessa tehdään tarkistuskairauksia.

## **2230 PENGERRÄJÄYTYKSET**

### **2230.1 Räjätystyön laatuvaatimukset**

- 2230.1.1 Ennen räjäytystöiden aloittamista tehdään räjäytyssuunnitelma. Räjätystyssuunnitelma on osa geoteknistä suunnitelmaa tai *kohdassa 4120.2.3* esitettyä työ- ja laaduntarkkailusuunnitelmaa.
- 2230.1.2 Räjätystyksellä häiriinnytetään pehmeikkö niin, että täyttöpenger tunkeutuu suunniteltuun syvyyteen ja muotoon.
- 2230.1.3 Räjätystyöissä noudatetaan kohdan 3000 yleisiä ohjeita.
- 2230.1.3 Mikäli räjäytettävän penkereen lähistöllä on rakenteita, joihin räjäytystärinän arvellaan aiheuttavan vaurioita, tarkistetaan niiden kunto katselmuksessa ennen räjäytystöitä ja niiden jälkeen.
- 2230.1.4 Räjätystyön suorittajalla tulee olla asianmukainen lupa työn suorittamiseen.

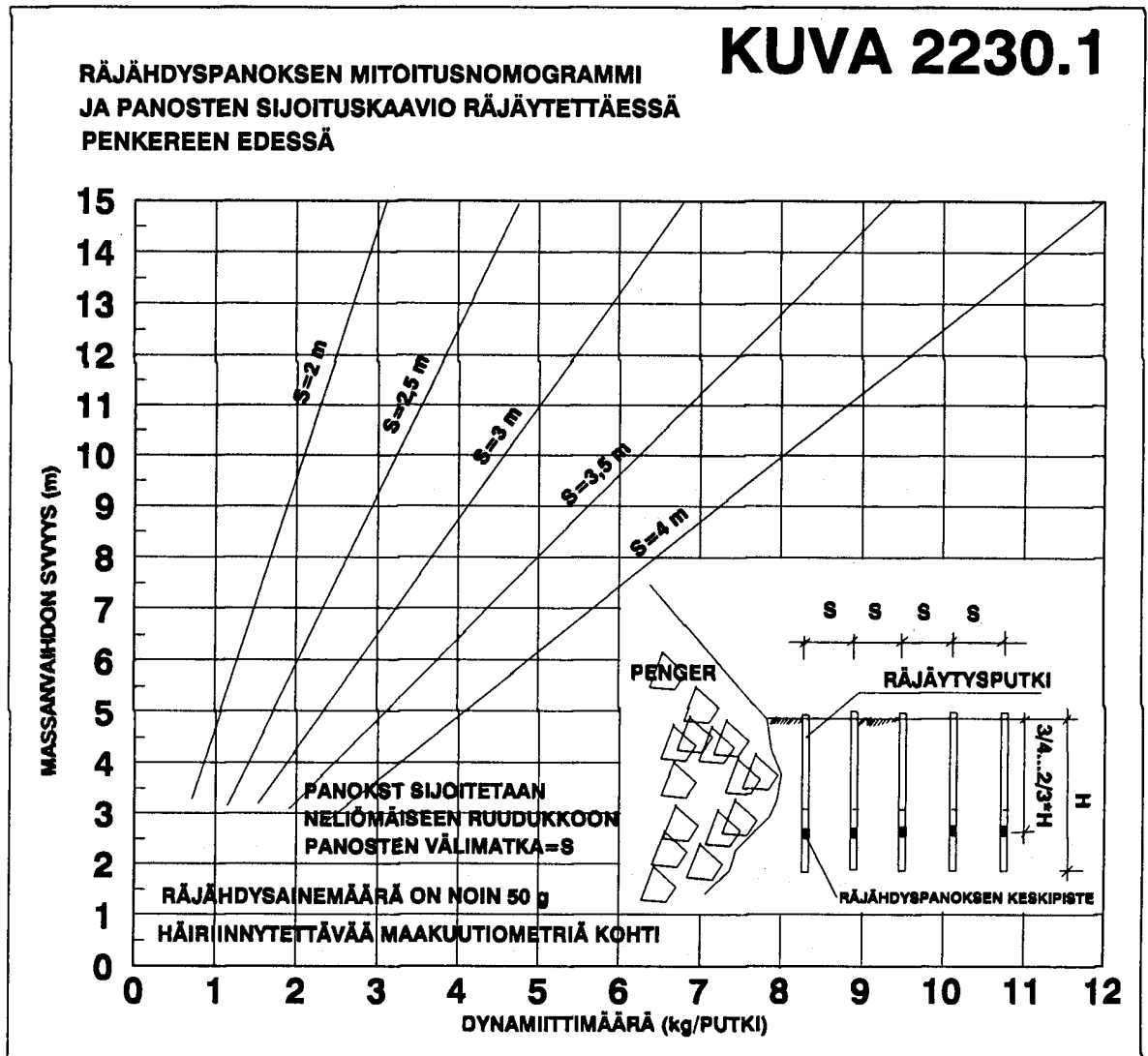
### **2230.2 Työohjeet**

#### **2230.2.1 Räjättyminen penkereen edessä**

- 2230.2.1.1 Penkereen edessä räjättyminen vähentää penkereen äkillisen eteenpäinsortuman vaaraa. Räjättdyspanokset mitoitetaan ja sijoitetaan:

I suunnitelmien

II *kuvan 2230.1* mukaisesti.



Kuva 2230.1

2230.2.1.2 Räjähdyspanokset painetaan pehmeään pohjamaahan putkia käyttäen penkereen levyiselle alueelle kuvan 2230.1 mukaisesti. Kerralla räjäytetään noin 10 - 30 m matka niin, että panokset räjähtävät samanaikaisesti. Räjähdyssaineena käytetään 35 % dynamiittia.

2230.2.1.3 Täyttö tehdään välittömästi räjäytyksen jälkeen ja viimeistään yhden viikon kulltua, jotta häirityn maan lujuus ei ehtisi palautua.

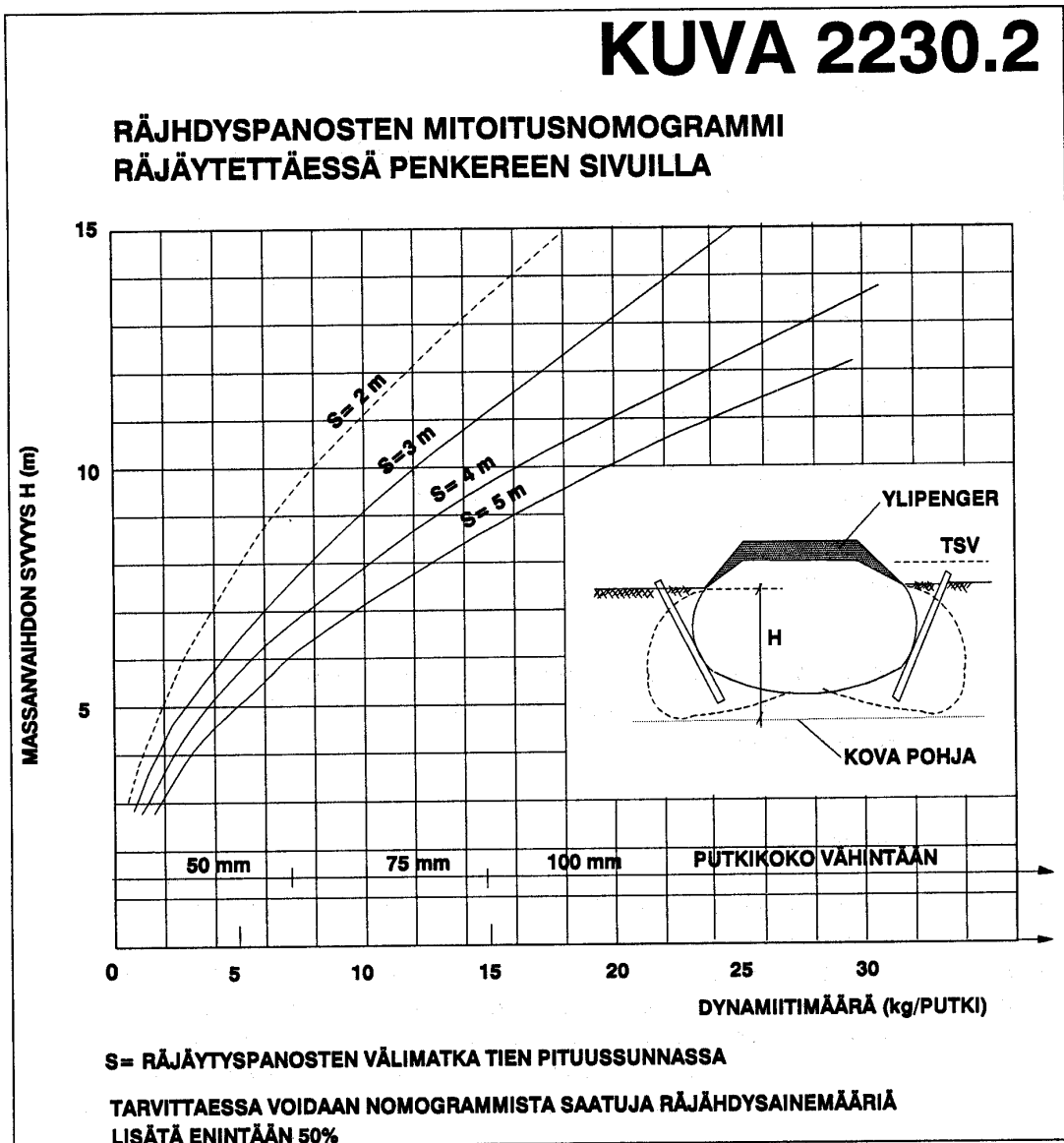
### 2230.2.2 Räjyttäminen penkereen alla

2230.2.2.1 Penkereen alla räjäyttämistä käytetään tapauksissa, joissa vanha pengeri upotetaan kantavaan pohjaan.

2230.2.2.2 Työ tehdään suunnitelmien mukaisesti.

### 2230.2.3 Räjyttäminen penkereen sivulla

- 2230.2.3.1 Pengertämisen jälkeen reunaosien muotoa voidaan parantaa räjäyttämällä penkereen sivuilla.
- 2230.2.3.2 Räjyttämisen tarpeellisuus tutkitaan esim. tarkistuskairauksilla tai maatulokalla.
- 2230.2.3.3 Räjyttämistä ei saa viivyttää räjäytystarpeen havaitsemisen jälkeen ja se tehdään ennen penkereen painuma-ajan alkamista.
- 2230.2.3.4 Panokset sijoitetaan suunnitelman tai *kuvan 2230.2* mukaisesti penkereen reunojen alle, yhteen riviin. Räjyttäminen tehdään samanaikaisesti riittävän pitkällä matkalla.



**2230.3 Valvontaohjeet**

2230.3.1 Räjätystyön alkaessa arvioidaan silmävaraisesti, että räjäytysaineputkien etäisyys toisistaan on oikea, ja että räjäytyspanokset tulevat oikeaan syvyyteen. Tarvittaessa räjäytystärinän voimakkuutta valvotaan lähistön rakenteisiin asennetuilla värinämittareilla.

2230.3.2 Räjätystyksen jälkeen on varmistuttava, että kaikki panokset ovat räjähtäneet.

**2230.4 Räjätetyn rakenteen laadunvarmistus**

2230.4.1 Kairaustulosten perusteella tehdyistä poikkileikkauspiirustuksista arvioidaan työn suunnitelmanmukainen onnistuminen.

2230.4.2 Räjätystyön jälkeen tehdään tunnustelukairaukset penkereen sivulla ja erikoistapauksissa penkereen läpi. Täytön läpi tehtävät kairaukset suoritetaan maaputki- tai porakonekairauksella.

**(Kohdat 2400.1 – 2400.4, ks. TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)**

## **TIENRAKENNUSTÖIDEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET JA TYÖSELITYKSET**

### **OSA 4000 PENGER- JA KERROSRAKENTEET**

#### **4000 PENGER- JA KERROSRAKENTEET**

##### **4000.1 Yleistä**

4000.1.1 Penger- ja kerrosrakenteilla tarkoitetaan penkereitä, kerroksia, täyttöjä, lämpöeristeitä, suodattimia yms.

##### **4000.2 Ympäristövaikutukset**

4000.2.1 Jos pengerrys saattaa aiheuttaa maaperän siirtymiä, pidetään vaara-alueella sijaitsevien rakenteiden ja rakennelmien kuntoa koskeva katselmus, jossa ovat läsnä rakenteiden omistajat tai heidän edustajansa. Katselmuksesta pidetään pöytäkirjaa, joka lähetetään tiedoksi ja hyväksyttäväksi asianosaisille.

4000.2.2 Katselmuksen tarpeellisuuden toteamisvelvollisuus osoitetaan suunnitelmissa.

4000.2.3 Työn loppuksi pidetään kyseisillä alueilla katselmus, jossa selvitetään syntyikö vahinkoja ja sovitaan mahdollisista korvauksista.

4000.2.4 Täryjyrien tai muiden maan värähtelyjä aiheuttavien koneiden vaikutus otetaan huomioon työ- ja laaduntarkkailusuunnitelmissa.

##### **4000.3 Pehmeiköillä pengertäminen**

###### **4000.3.1 Yleistä**

4000.3.1.1 Pengerrystyöt tehdään suunnitelmien mukaisesti.

###### **4000.3.2 Maaperätiedot**

4000.3.2.1 Pengerrystöiden aikana pidetään silmällä, että pohjasuhteet on suunnitelmissa arvioitu oikein. Jos pohjasuhteet eivät vastaa suunnitelmaa tai tällaista on syytä epäillä, sovitaan jatkotoimista kussakin tapauksessa erikseen.

4000.3.2.2 Työn aikana tehdään pohjatutkimuksia, kun on tarpeen täsmentää rakennuskohteen pohjasuhdetietoja esimerkiksi seuraavista syistä:

- Maakerrosten paksuuden ja kantavan pohjakerroksen sijainnin vaihtelu on huomattavasti suurempaa kuin alunperin on arvioitu.
- Maaleikkauksissa todetaan suunnittelun aikaisten kairausten päättyneen koivaan välikerrokseen, jonka alla todetaan heikommin kantavaa maata.



- Halutaan tarkentaa maakerrosten rajoja (mm. kallionpinta)
- Halutaan selvittää esimerkiksi pohjaveden tasoa ja sen vaihteluita rakennus-alueella
- Tehdään materiaalin ottopaikkojen ja läjitysalueiden tutkimuksia

#### **4000.3.3 Suunnitelmien tulkinta ja muuttaminen**

4000.3.3.1 Jos suunnitelmissa esiintyy epäselvyyksiä tai tarvetta tarkennuksiin ja muutoksiin, neuvotellaan muutoksista suunnittelijan kanssa.

#### **4000.3.4 Työjärjestys ja ajoituskysymykset**

4000.3.4.1 Pengerryksessä noudatetaan suunnitelmissa osoitettua työjärjestystä ja aikataulua. Poikkeukset käsitellään suunnitelmien muutoksina.

#### **4000.3.5 Painuma-aikojen varaaminen**

4000.3.5.1 Pehmeiköillä sijaitseville penkereille varataan riittävän pitkä painuma-aika. Suunnitelmissa esitetyt painuma-ajat ovat arvioituja aikoja. Lopulliset painuma-ajat määrätään työnaikaisten mittausten perusteella. Työaikataulut laaditaan niin väljiksi, että aikatauluun jää pelivaraa, jos painumat tapahtuvat odotettua hitaammin.

#### **4000.3.6 Tilanteet, joita ei ole otettu huomioon**

4000.3.6.1 Pehmeikköalueilla ei saa tehdä suunnitelmissa osoittamattomia läjityksiä, väli-varastointeja, kaivantoja tai lopullista jyrkempiä luiskia ilman geoteknisen suunnittelijan hyväksyntää.

#### **4000.3.7 Työmaatiet**

4000.3.7.1 Geotekninen suunnittelija tarkistaa, ettei väliaikainen tie aiheuta vahinkoja pehmeikköalueilla.

**(Kohdat 4000.4 – 4000.5, ks. TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94)**

#### **4000.6 Painumaseuranta**

4000.6.1 Penkereeseen sijoitetaan painumatarkistimia suunnitelmassa esitettyihin poikkeileikkauksiin. Yksiajorataisella tiellä ne sijoitetaan penkereen kumpaankin reunaan, kaksiajorataisella tiellä lisäksi penkereen keskiviivalle, ellei suunnitelmassa ole määrätty toisin.

4000.6.2 Mittauspisteen korkeus on havaittava aina välittömästi mittarin asennuksen jälkeen. Kun maanpintaa pisteen ympäristössä korotetaan ja kuormitus muuttuu, on pisteen korkeus havaittava ennen ja jälkeen kuormituksen muutoksen. Kuormituksen muutokset on dokumentoitava.

- 4000.6.3 Mikäli suunnitelmassa ei ole esitetty mittausaikataulua suoritetaan painumamittauksia asentamisen jälkeen kuukauden ajan kerran viikossa ja tämän jälkeen kerran kuukaudessa.
- 4000.6.4 Painumahavainnoista pidetään pöytäkirjaa. Pöytäkirjaan merkitään ainakin seuraavat tiedot havaintopisteestä:
- pisteen numero
  - pisteen tyyppi
  - mittausajankohta
  - maanpinnan korkeus (penkereen yläpinnan taso pisteen kohdalla)
  - painumamittauspisteen korkeustaso
  - kuormituksen muutokset.
- 4000.6.5 Penkereen painuma-ajoissa on otettava huomioon jäätyneen pohjamaan laatta-vaikutus siten, että painuma-aikaa jatketaan riittävästi sulan maan aikaan.

## **4100 MAAPENKEREET JA PADOT**

### **4100.1 Pengeralustan laatuvaatimukset**

- 4100.1.1 Epätasaisten painumien ja tiivistymien välttämiseksi pengeralustat käsitellään ja vahvistetaan suunnitelmien mukaisesti. Osassa 1500 on esitetty pintamaan, mullan ja päällysteen poistoa koskevat ohjeet.

## **4110 TIEPENGER**

### **4110.1 Yleistä**

- 4110.1.1 Penger rakennetaan tasalaatuisista kerroksista.
- 4110.1.2 Pengertäytteen kantavuusluokka ja routivuus tarkastetaan:
- I suunnitelmien mukaisesti
  - II rakeisuuden perusteella tieleikkauksen kantavuusluokan tarkastuksen yhteydessä tai ottopaikoilla keskimäärin 7500 tonnin välein ja ottopaikan maalajin vaihtuessa (kuva 2100.1, TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991)
- 4110.1.3 Tiepenkereen osat on määritelty *kuvassa 4110.1* (TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94).
- 4110.1.4 Routimattoman ja routivan pengertäytteen rajapinta tehdään siten, että pinnan kaltevuus tien tasausviivan suhteen noudattaa siirtymäkiilasyvyyden alueella *kuvan 2100.6 "Siirtymäkiilat"* ohjeita (TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL2212459/1991). Siirtymäkiilasyvyyttä syvemmillä rajapinnan kaltevuus on 1:4 tai loivempi.

4110.1.5 Työt ajoitetaan ja järjestetään siten, että leikkauksista saatavaa rakenteisiin kelpoista maata ei sää- tai pohjavesiolosuhteiden takia jouduta tarpeettomasti läjittämään.

#### **4110.1.6 Vaiheittain pengertäminen**

4110.1.6.1 Vaiheittain pehmeikölle rakennettavaa tiepengertä ei saa korottaa ennen kuin painumalle, painuma-ajalle, huokosvedenpaineelle tai leikkauslujuudelle suunnitelmassa asetetut vaatimukset täyttyvät.

4110.1.6.2 Penkereen painumista voidaan seurata poikkileikkausvaaituksin, tanko-painumamittarein ja/tai letkupainumamittarein. Huokospaineen kehittymistä seurataan huokospainemittarein ja maapohjan leikkauslujuuden kasvua siipikairauksin. Mikäli suunnitelmassa on edellytetty siipikairauksia, on penkereeseen syytä asentaa riittävän iso suojaputki, jonka läpi siipikairaukset voidaan tehdä. Penkereen seurannassa käytettävät mittaukset esitetään suunnitelmassa.

**(Kohdat 4110.2 – 4110.15, ks. TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94)**

## **4120 MASSANVAIHTOON LIITTYVÄT TÄYTÖT JA PENKEREET (MYÖS LOUHE)**

### **4120.1 Massanvaihto kaivamalla, täyttö**

#### **4120.1.1 Täytemateriaali**

4120.1.1.1 Täyteenä käytetään

I suunnitelmien mukaista materiaalia

II hiekkaa, hiekkamoreenia tai näitä karkeampia, mieluummin kivisiä maalajeja tai louhetta.

4120.1.1.2 Jos täyte rakennetaan olosuhteissa, joissa tasausviiva on lähellä luonnollista maanpintaa tai sen alapuolella, käytetään routimattomia kiviaineksia. Kun täyte on näissä olosuhteissa louhetta, käytetään hienoa, *kohdan 4270* mukaista louhetta ja täyteen edessä ylösnouseva maa poistetaan tehokkaasti.

4120.1.1.3 Jos kantava pohja on pinnaltaan sivukalteva, erityisesti savikerroksen peittämä kallio, käytetään penkereen pohjalla täyteenä kivistä maata tai louhetta.

4120.1.1.4 Paalutettavalla alueella täytekiviaineksena käytetään kivetöntä täytemateriaalia: maksimiraekoko < 0,1 m.

4120.1.1.5 Jos täyteen alle jätetään pehmeitä maakerrostumia, täyteenä käytetään maata tai hienoa louhetta *kohdan 4270* mukaan.

4120.1.1.6 Täyteenä ei saa käyttää sekaisin maata ja louhetta.

4120.1.1.7 Jos käytetään olosuhdeherkkää täytemateriaalia, joka muuttuu työn aikana juoksevaksi, materiaalin soveltuvuus ko. kohteeseen tarkistetaan, ja tarvittaessa se vaihdetaan. Mikäli kuitenkin katsotaan, että olosuhdeherkkä materiaali soveltuu työkohteeseen, siirretään täyttötyötä parempiin sääolosuhteisiin.

### **4120.1.2 Täyttömateriaalin laadun toteaminen**

4120.1.2.1 Täyttömateriaalin laatu tarkistetaan silmämääräisesti sekä tarvittaessa määrittelemällä maanäytteistä rakeisuus sekä vesipitoisuus ennen penkereeseen ajoa. Työn aikana täytemassojen laatua seurataan jatkuvasti silmävaraisesti sekä näytteillä, joita otetaan jokaista alkavaa 2000 m<sup>3</sup> massaerää kohti. Näytteistä tutkitaan rakeisuus ja vesipitoisuus laboratoriossa. Lisäksi täytemassan laatu tarkistetaan laboratoriossa aina, kun materiaalin todetaan muuttuvan tai sen kelpoisuutta epäillään.

### **4120.1.3 Täytön rakentamisen laatuvaatimukset**

4120.1.3.1 Ennen massanvaihdon täyttötyön aloittamista tehdään työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää:

- työjärjestys
- työtä estävät ja rajoittavat rakenteet, niiden suojaaminen ja/tai tarkkailu
- laaduntarkkailu; täyttömateriaalin ja tiivistystyön mittaukset
- kaivu- ja täyttötapa
- ympäristöntarkkailu
- työturvallisuusasiat

4120.1.3.2 Täytön teoreettinen syvyys ja muoto osoitetaan suunnitelmissa.

4120.1.3.3 Täyte rakennetaan

I suunnitelmissa osoitettuun tasoon

II maanpinnan tasoon - vesialueilla vähintään yksi metri vedenpinnan tason yläpuolelle.

4120.1.3.4 Täyte rakennetaan välittömästi kaivun jälkeen kaivannon reunojen sortumisen estämiseksi.

4120.1.3.5 Louhetäyte kiilataan yläpinnaltaan pienirakeisella louheella, jos sen päälle pengerretään louhetta hienorakeisempaa kiviainetta.

#### **4120.1.4 Työohjeet**

4120.1.4.1 Jos täytteen alapuolinen maa on pehmeää, rakennetaan täyte portaittain siten, että kerrokset toimivat vastapenkereinä seuraaville kerroksille estäen alle jäävän maan kohoamisen ylös penkereen edestä.

#### **4120.1.5 Valvontaohjeet**

4120.1.5.1 Massamenekkiä seurataan 20 m välein. Todelliset ja teoreettiset massamenekit piirretään summakäyriksi, joita verrataan toisiinsa.

### **4120.2 Massanvaihto pengertämällä, penger ja murtoylipenger (siirtyvä ylipenger)**

#### **4120.2.1 Penger materiaali**

4120.2.2.1 Penkereessä käytetään

I suunnitelmissa osoitettua täytettä

II mahdollisimman karkeaa Lm1 A mukaista maata tai louhetta.

4120.2.2 Penger materiaalin laadun toteaminen

4120.2.2.1 Ks. kohta 4120.1.2.1.

#### **4120.2.3 Pengerrystyön laatuvaatimukset**

4120.2.3.1 Pengerrystyöstä laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma. Suunnitelmassa esitetään ainakin seuraavat asiat:

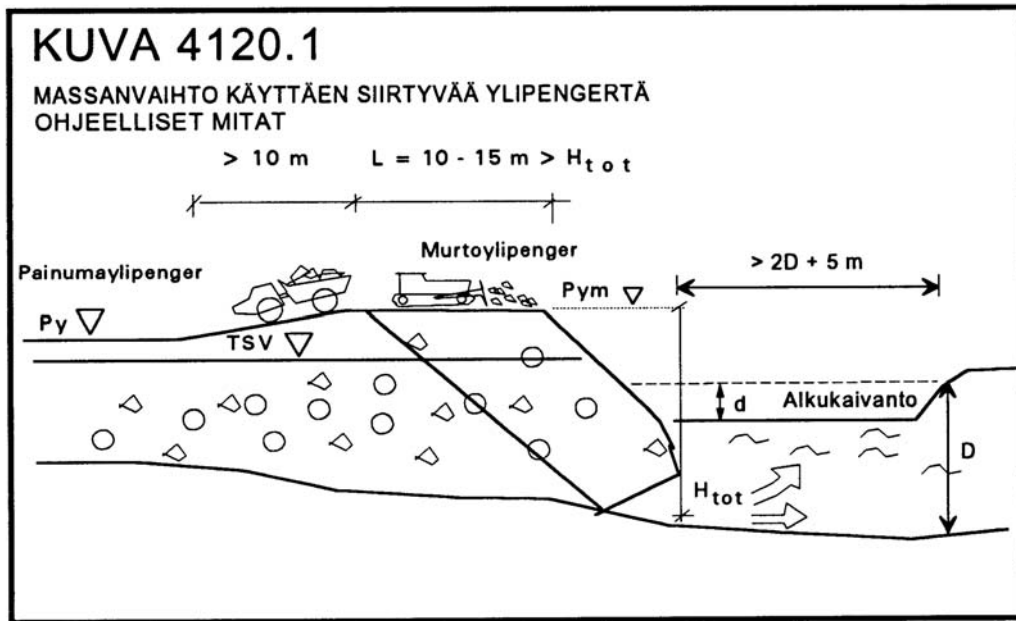
- työjärjestys
- vaurioitumiselle alttiiden rakenteiden suojaustavat (voimajohtopylväiden, kulkuväylien, maanalaisten kaapeleiden, putkien jne.)
- kaivu- ja täyttömenetelmät ja -vaiheet
- laaduntarkkailu
- ympäristöntarkkailu, mahdolliset tarkkailumittaukset
- ylösnousseiden massojen poistotapa
- mahdollinen räjäytyssuunnitelma
- työturvallisuusasiat

4120.2.3.2 Penger upotetaan ja rakennetaan suunnitelmissa

I osoitettuun syvyyteen ja muotoon tai

II kuvissa 2210.1 (TYLT Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojat) ja 4120.1 osoitettuun muotoon maan pinnan alapuolella ja yläpuolella.

- 4120.2.3.3 Murtoylipenkereen taso osoitetaan suunnitelmissa tasausviivasta mitattuna.
- 4120.2.3.4 Alkukaivannon pohjan taso, muoto ja pituus osoitetaan suunnitelmissa ja *kuvia 2210.1* (TYLT Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojat) ja *4120.1* apuna käyttäen.



Kuva 4120.1

- 4120.2.3.5 Penger pyritään rakentamaan yhdeltä suunnalta.
- 4120.2.3.6 Pengertä ylikuormitetaan suunnitelmissa osoitettu ajan.
- 4120.2.3.7 Pengerrys ei saa aiheuttaa haitallista maanpinnan nousua tai liikettä penkereen ympäristössä.
- 4120.2.3.8 Jos penger rakennetaan kahdelta suunnalta, liitosta ei saa tehdä pehmeikön syvimällä kohdalla. Pehmeikön pintakerros poistetaan liitoskohdassa alkukaivantoa syvemältä.

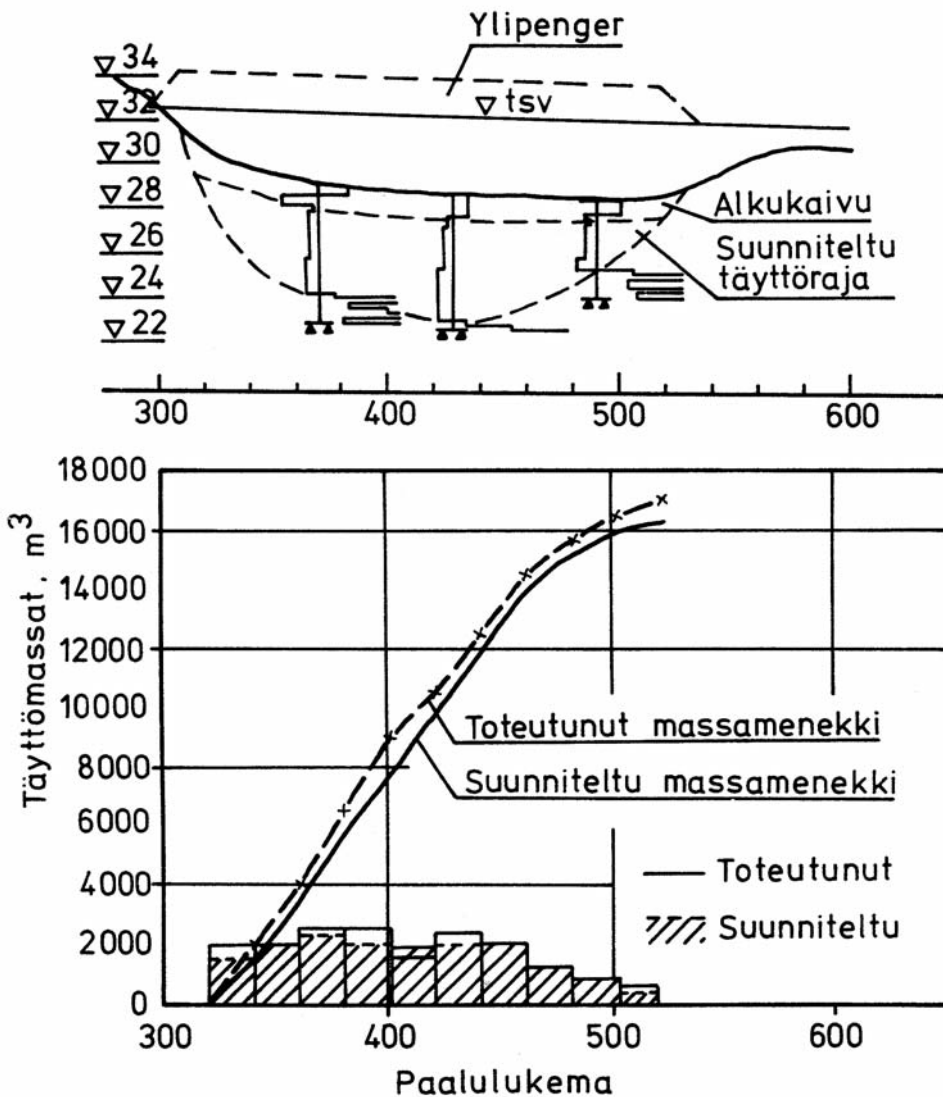
#### 4120.2.4 Työohjeet

- 4120.2.4.1 Suunnitelmissa tai työn aikana osoitetut räjäytykset penkereen edessä tehdään *kohdan TYLT 2230* mukaisesti.
- 4120.2.4.2 Penkereen pää rakennetaan pohjamaata sivuille auraavan kiilan muotoiseksi.
- 4120.2.4.3 Jos pohjamaa on sivukalteva, tehdään penkereen pää siten, että se auraa pohjamaata penkereen matalammalta reunalta syvemmälle reunalle.
- 4120.2.4.4 Ympäristöhaittojen vähentämiseksi voidaan, jos suunnitelma sen sallii, edetä myös suoralla kärjellä. Tällöin edellytetään tehokasta kaivua penkereen edessä.

- 4120.2.4.5 Pohjamaan liikettä sivuilla voidaan vähentää poistamalla ylösnousevat massat tehokkaasti ja välittömästi täytön edistyessä.
- 4120.2.4.6 Sivuilla oleva jäänyt maa ja paksu lumikerros toimivat vastapenkereen tavoin ja estävät täytteen painumista. Vaikutusta voidaan vähentää joko alkukaivantoa leventämällä tai sivurajäytysten avulla.
- 4120.2.4.7 Pengertämällä tehtävässä massanvaihdossa on kiinnitettävä erityisesti huomiota työturvallisuuteen. Penkereen liukusortumaan on erityisesti varauduttava:
- jos kiinteä pohja penkereen alla on sivukalteva tai
  - jos kiinteä pohja viettää jyrkästi tielinjan pituussuunnassa.
- Sortumariskiä voidaan pienentää työjärjestelyjen avulla esimerkiksi aloittamalla työ toisesta suunnasta.

### **4120.2.5 Valvontaohje**

- 4120.2.5.1 Tarkkaillaan silmämääräisesti sekä tarvittaessa mittaamalla pengerrystasoa, josta ei saa poiketa ilman suunnitelman muutosta.
- 4120.2.5.2 Seurataan silmämääräisesti ylösnousseiden massojen kertymistä pengerryksen edessä ja sivuilla sekä täyttömassojen tunkeutumista.
- 4120.2.5.3 Täyttömassojen menekkiä seurataan *kuvan 4120.2* mukaisen massamenekki-piirroksen avulla. Pohjatutkimusten ja suunnitelman perusteella lasketaan suunniteltu massamenekin summakäyrä. Toteutunut massamenekki mitataan yleensä laskemalla ajoneuvokuormat ja muuttamalla ne irtokuutiometreiksi (m<sup>3</sup>itd). Jos käytetään muuta täyttömateriaalia kuin louhetta, on irtokuutiometrit muutettava vielä rakenneteoreettisiksi kuutiometreiksi. Näiden mukaan piirretään vertaileva toteutuneen massamenekin summakäyrä.
- 4120.2.5.4 Täyttövaiheessa maamassat liikkuvat penkereestä poispäin. Massojen liiallinen liike voi johtua mm. tehottomasta ylösnousseiden massojen poistamisesta. Maan painuminen ympäristössä ja liike penkereeseen päin voi johtua liian suuresta alkukaivannosta. Liiallinen kaivu lisää täyttömassan tarvetta.
- 4120.2.5.5 Täyttövaiheessa tulee tarkkailla maanpinnan nousemista ja maamassojen liikkumista penkereen ympäristössä. Mikäli lähistöllä on vaurioitumiselle alttiita rakenteita, on pengerryksen ja rakenteiden väliin syytä tehdä mittalinja tai rakentaa muu kiintopiste, jonka liikkumista työn aikana seurataan.



Kuva 4120.2: Massamenekkitarkastelu

4120.2.5.6 Suunnitellusta merkittävästi suurempi toteutunut massamenekki voi johtua mm. seuraavista syistä:

- massat painuvat suunniteltua syvemmälle
- kairausten välissä on painanteita
- pehmeikön pohjan ollessa sivukalteva massoja liukuu sivulle
- maanalaiset luiskat muodostuvat suunniteltua loivemmiksi, koska pohjamaa ei tue luiskaa siten kuin suunnitelmassa on oletettu

4120.2.5.7 Suunniteltua merkittävästi pienempi toteutunut massamenekki voi johtua mm. seuraavista syistä:

- massat eivät painu suunniteltuun syvyyteen
- kairausten välissä on kohoumia
- maanalaiset luiskat jäävät liian jyrkiksi



4120.2.5.8 Mikäli pengerrys painuu syvemmälle kuin suunnitelmissa on esitetty tai liukuu, otetaan yhteyttä suunnittelijaan. Mikäli maamassat liikkuvat suunnittelualueen ulkopuolella, on työt keskeytettävä ja otettava yhteys suunnittelijaan.

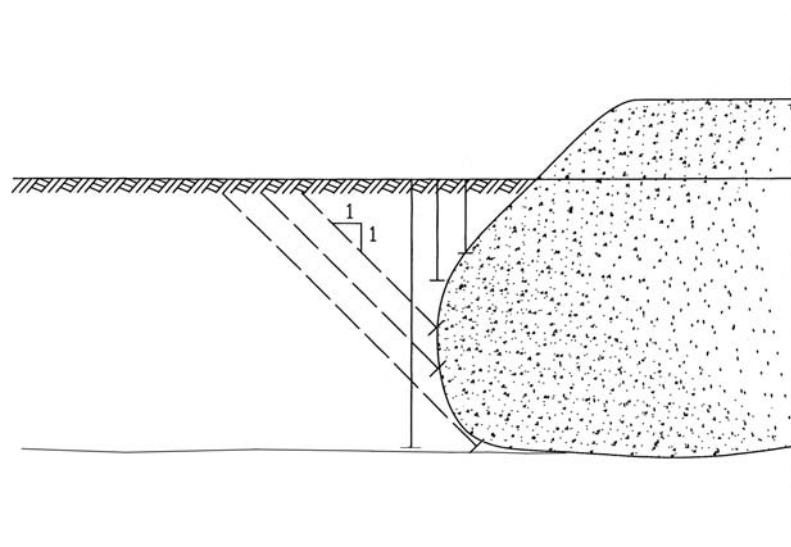
#### 4120.2.6 Pengerrystyön kelpoisuuden toteaminen

4120.2.6.1 Penkereen tunkeutuminen tavoitetasoon ja sen muoto varmistetaan

I suunnitelmien mukaisesti (esim. maatutka, kairaukset yms.)

II tarkkailemalla pengerrysaikana pengermateriaalin menekkiä, penkereen painumia sekä työn jälkeen tehtävillä tunnistelukairauksilla, joiden määrä sovi-  
taan erikseen. Tunnistelukairauksia tehdään *kuvan 4120.3* osoittamalla ta-  
valla vähintään:

- yhdessä poikkileikkauksessa 100 metriä kohti, kuitenkin vähintään yhdessä poikkileikkauksessa
- eri pengerryssuuntien liitoskohdissa



*Kuva 4120.3: Massanvaihdon muodon selvittäminen tunnistelukairauksilla.*

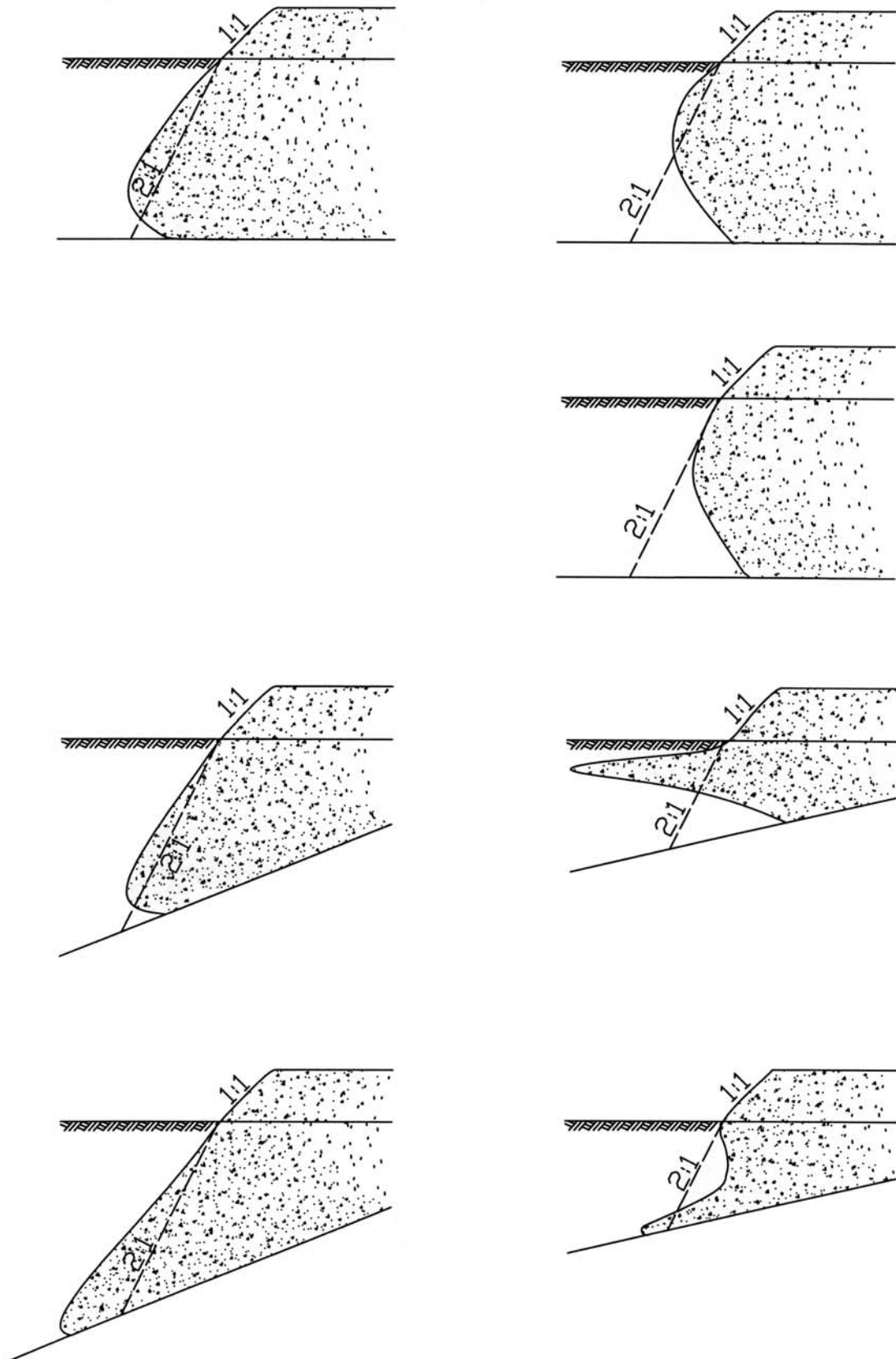
4120.2.6.2 Murtoylipenkereen yläpinnan taso ja penkereen maanpäällisen osan mitat tarkastetaan

I suunnitelmien mukaisesti

II 40 m välein maastomerkitöjen kohdalla.

4120.2.6.3 Massamenekki penkereessä mitataan 20 metrin välein täyskorkean penkereen etureunan tullessa mittauspaalulle.

- 4120.2.6.4 Penkereen sivulta tehdään noin 20 m:n välein tunnustelukairauksia heti täyttötyön jälkeen. Täytön leveyden tarkkuusvaatimus on  $\pm 150$  mm ja täytön yläpinta saa alittua enintään 100 mm. Täytön yläpinnan ylitystä ei sallita. Pystysuorilla ja kaltevilla kairauksilla määritetään ääni- ja tuntohavaintojen perusteella täytemateriaalin ja pehmeän maan rajapinta. Käytettäessä louhetäytettä tehdään penkereen läpi porakonekairauksia.
- 4120.2.6.5 Kairaustulosten perusteella arvioidaan täyttöpenkereiden sivustojen poikkileikkausmuoto ja mahdollisten sivuräjätysten tarve (kuva 4120.4). Räjätysten jälkeen tehdään uudet tunnustelukairaukset. Työselityksessä määrätyn painumaajan lasketaan alkavan vasta, kun täyttöpengeri on oikean muotoinen ja ylipenger on täyskorkea.
- 4120.2.6.6 Painuma- ja siirtymämittaukset tehdään suunnitelman määäämissä kohdissa. Painuma- ja siirtymämittaukset tehdään *kohdassa 4000.1* esitetyllä tavalla. Painumamittausten tulkinta ja ylipenkeren poistoajankohdan määrittäminen on esitetty *kohdassa 4140*.



Kuva 4120.4: Tavallisia täyttöpänkereen muotoja. Kuvan vasen puoli: kelloinen muoto, kuvan oikea puoli: muoto on korjattava sivuräjättyksillä.

## 4130 VASTAPENGER

### 4130.1 Materiaalit

4130.1.1 Vastapenkereissä käytetään

- I suunnitelmissa osoitettuja
- II pengertäytteenä sallittuja maalajeja.

4130.1.2 Vastapenkereisiin ei saa käyttää pintamaata tai eloperäisiä maalajeja kuten turvetta tai multaa.

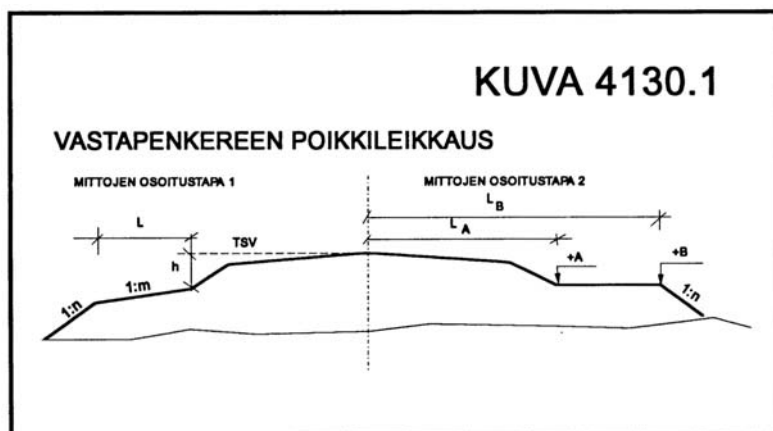
4130.1.3 Suunnitelmissa vastapenkereen märkätilavuuspainoksi otaksutaan yleensä  $18 \text{ kN/m}^3 \pm 5 \%$ . Jos tilavuuspaino poikkeaa suunnitelmissa osoitetusta tai otaksutusta arvosta suunnittelija tarkistaa vastapenkereen korkeuden.

### 4130.2 Vastapenkereen laatuvaatimukset

4130.2.1 Ennen vastapenkereen rakentamista tehdään työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma. Suunnitelmassa tulee estää ainakin seuraavat asiat:

- Työjärjestys
- Työtä estävät ja rajoittavat rakenteet; sekä niiden suojaaminen
- Vastapenkereen ja siihen liittyvän tiepenkereen pengertämisjärjestys
- Laaduntarkkailu
- Ympäristöntarkkailu
- Työturvallisuusasiat

4130.2.2 Vastapenkereet tehdään suunnitelmissa tai työn aikana osoitettujen mittojen mukaisesti (Kuva 4130.1).



Kuva 4130.1

4130.2.3 Vastapenkereen korotus tai levitys suunnitelman mukaisesta vaatii aina suunnittelijan hyväksymisen.

- 4130.2.4 Luiskien taitteet pyöristetään:
- I suunnitelmien mukaisesti
  - II *kuvan 2100.3* mukaisesti (TYLT Leikkaukset kaivannot ja avo-ojarakenteet TIEL 2212459/1991).
- 4130.2.5 Verhoilu tehdään
- I suunnitelmien mukaisesti
  - II samalla tavalla kuin pengerialuiskissa.
- 4130.2.6 Vastapenkereet on rakennettava täyslevyisinä ja samanaikaisesti pääpenkereen kanssa siten, ettei pääpenkereen ja maanpinnan tai pääpenkereen ja vastapenkereen korkeusero missään työvaiheessa ylitä suunnitelmassa esitettyä korkeuseroa.
- 4130.3 Työohjeet**
- 4130.3.1 Suositeltavin rakennusjärjestys on kaikkien pengerrakenteiden rakentaminen vastapenkereen yläpinnan tasoon, jonka jälkeen rakennetaan pääpenger.
- 4130.3.2 Pääpenkereen etuluiska pidetään loivana (esim. kiilapengerrys) tai vastapenkereen mittojen mukaisesti porrastettuna. Tällä menettelyllä estetään työnaikaiset sortumat eteenpäin.
- 4130.3.3 Vastapenkereen pinta tasataan niin, että vesi ei lammikoidu penkereen pinnalle.
- 4130.4 Vastapenkereen kelpoisuuden toteaminen**
- 4130.4.1 Vastapenkereen ja sen läheisyydessä olevien ojien mitat ja sijainnit tarkistetaan
- I työ- ja laaduntarkkailusuunnitelman mukaisesti
  - II maastomerkintöjen kohdalla 20 m välein.
- 4130.4.2 Vastapenkereen märkätilavuuspaino määritetään levityksen jälkeen vähintään jokaista alkavaa 200 m osuutta kohti. Märkätilavuuspaino määritetään tarvittaessa useammasta syvyydestä. Mitattua tilavuuspainoa verrataan suunnitelmaan ja tarvittaessa muutetaan pengerkorkeutta tilavuuspainojen suhteella.

## 4140 PAINUMAYLIPENKEREET, MYÖS LOUHEESTA

### 4140.1 Materiaali

4140.1.1 Painumaylipenger rakennetaan suunnitelmien mukaisesta materiaalista, jota yleensä voidaan käyttää ylipenkereen poiston jälkeen tehtäviin rakenneosiin. Louhetta käytettäessä on oltava tarkoin selvillä penkereen kokonaispainumasta, jotta ylipenkereen poiston yhteydessä ei jouduta ”piikkaamaan” louhetta pois.

### 4140.2 Materiaalin laadun toteaminen

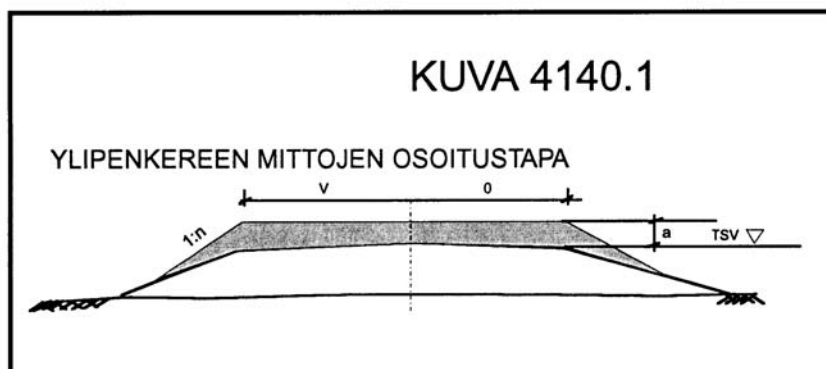
4140.2.1 Ylipenger materiaalin laatua tarkkaillaan suunnitelman mukaisesti tai 1 500 tonnin välein otettavien näytteiden avulla. Näytteistä määritetään laboratorioissa rakeisuus ja vesi-pitoisuus.

### 4140.3 Painumapenkereiden laatuvaatimukset

4140.3.1 Ylipenkereen rakentamisesta laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- työjärjestys ja aikataulu
- työtä estävät ja rajoittavat rakenteet, sekä niiden suojaaminen
- laaduntarkkailu ja mahdollinen mittaussuunnitelma, mittaustulosten arkistointi
- ympäristöntarkkailu
- arvio ylipenkereen poistamisajankohdasta
- poistettavan materiaalin jatkokäyttö
- työturvallisuusasiat

4140.3.2 Painumaylipenkereet rakennetaan suunnitelmissa osoitettuja vähimmäismittoja alittamatta (kuva 4140.1). Pengerrin rakennetaan tai täydennetään suunnitelmas-  
sa esitettyyn ylipengertasoon 0... + 0,2 m tarkkuudella.



Kuva 4140.1

4140.3.3 Painumaylipenkereen annetaan vaikuttaa suunnitelmissa osoitettu aika.

4140.3.4 Mikäli suunnitelmissa edellytetään jatkuvaa täyttöä, pidetään ylipenger koko painuma-ajan suunnitelmissa esitetyssä tasossa. Tämä edellyttää, että murskattua ja luonnonmateriaaleja käytettäessä ylipengertä täydennetään, kun se on painunut jollakin kohdalla 0,2 m suunnitelmissa osoitetun ylipenkereen tason alapuolelle. Käytettäessä pengertäytteenä louhetta tai esimurskattua louhetta, korotusväli on 0,4 m.

#### **4140.4 Työohjeet**

4140.4.1 Painumaylipenkereen korkeus osoitetaan tasausviivasta mitattuna.

4140.4.2 Penkereeseen sijoitetaan painumatarkistimia suunnitelmissa osoitettuihin poikki-leikkauksiin; yksiajorataisilla teillä penkereen kumpaankin reunaan, kaksiajorataisilla teillä lisäksi keskelle. Painumatarkistimina voidaan käyttää esimerkiksi teräs- tai betonirakenteisia tarkistimia.

4140.4.3 Jos pengeri ja ylipenger rakennetaan louheesta samanaikaisesti, on louhepenkereen yläosa täytettävä *kohdan 4270* vaatimukset niiltä osin kuin se jää lopulliseksi rakenteeksi.

#### **4140.5 Valvontaohje**

4140.5.1 Ylipenkereen painumaa, huokospainetta sekä leikkauslujuuden kehittymistä seurataan painuma-aikana suunnitelmissa tai työn aikana osoitetun aikataulun mukaisesti. Mittausten tulokset on toimitettava suunnittelijalle.

#### **4140.6 Pengerrystyön kelpoisuuden toteaminen**

4140.6.1 Ylipenkereen saa poistaa, kun painuman suuruus ja painumanopeus ovat täydellä ylipengerkuormalla saavuttaneet suunnitelmissa esitetyt tai työn aikana tarkistetut arvot. Ellei suunnitelmassa ole esitetty painumalle laskettua arviota, katsotaan painumien päättyneen, kun kahden viimeisen mittauskerran havainnot eivät osoita painumista. Jos painuminen jatkuu ja arvioitu painuma-aika alkaa loppua, on selvítettävä esikuormituksen jatkamistarve suunnittelijan kanssa. Painumaylipenger voidaan poistaa painuma-ajan päätyttyä, jos asiasta sovitaan suunnittelijan kanssa.

## 4180 KEVENNYSPENKEREET

### 4180.1 Kevytsorapenkeret

#### 4180.1.1 Materiaali

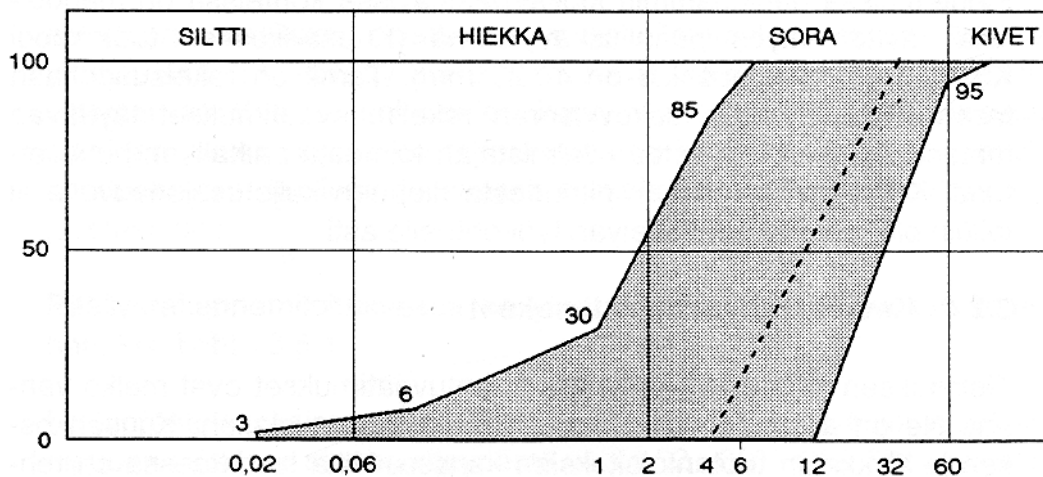
4180.1.1.1 Kevytsora valmistetaan plastisesta savesta polttamalla noin 1100 – 1200°C –asteen lämpötilassa. Poltossa savi paisuu ja muotoutuu pinnaltaan sintrautuneiksi rakeiksi. Poltettu kevytsora seulotaan käyttötarkoitukseen sopiviksi lajikkeiksi.

4180.1.1.2 Materiaalina käytetään tilavuuspainoltaan ja raekokojakaumaltaan

I suunnitelman mukaista kevytsoraa

II kohdan 4180.1.1.3 mukaista tiekevytsoraa tai kohtien 4180.1.1.4 ja 4180.1.1.5 mukaisia maanrakennuskevytsoria.

4180.1.1.3 Tiekevytsoran rakeisuuden ohjealue on esitetty kuvassa 4180.1. Tiekevytsora saa sisältää täysin murskautuneita rakeita enintään 20 %. Kevytsoran kuivatilavuuspaino on yleensä korkeintaan 4,2 kN/m<sup>3</sup>. Toimitettaessa kevytsora saa sisältää vettä keskimäärin enintään 100 kg/m<sup>3</sup> (yksittäinen arvo enintään 150 kg/m<sup>3</sup>).



Kuva 4180.1: Tiekevytsoran rakeisuuden ohjealue.

4180.1.1.4 Maanrakennuskevytsoran rakeisuus on 4...32 mm. Alle 4 mm rakeita saa olla enintään 15 % ja yli 32 mm rakeita enintään 10 %. Käytettävän kevytsoran kuivatilavuuspaino on yleensä keskimäärin 3,2 kN/m<sup>3</sup>. Tilavuuspainoa määritettäessä saa yksittäinen arvo poiketa keskimääräisestä arvosta enintään 0,3 kN/m<sup>3</sup>.

4180.1.1.5 Tiivistyvän kevytsoran rakeisuus on 0...32 mm. Yli 32 mm rakeita enintään 10 %. Kuivatilavuuspaino on yleensä 3,5 kN/m<sup>3</sup>. Materiaali soveltuu erityisesti paksumien täyttöjen yläosaan ja ohuisiin täytteisiin, joiden pintaosa halutaan seuraavien työvaiheita varten saada tiiviiksi ja kantavaksi.



- 4180.1.1.6 Kevytsoran kuivatilavuuspaino määritetään standardin SFS-EN 1097-3 ja rae-  
kokojakauma standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti.
- 4180.1.1.7 Tilavuuspainon ominaisarvo erilaisissa käyttöolosuhteissa osoitetaan suunnitel-  
telmassa. Jos ominaisarvoa ei ole suunnitelmassa annettu, muodostetaan se  
siten, että kevytsoran keskimääräiseen kuivatilavuuspainoon
- lisätään  $1 \text{ kN/m}^3$ , kun penkereen kuivatus ja kevytsorarakenteen kuivatus on  
järjestetty eikä penger kyllästy vedellä lyhytaikaisesti (tulvedet)
  - lisätään  $2 \text{ kN/m}^3$ , kun kevytsorarakenne kyllästyy osittain vedellä lyhytaikai-  
sesti.
  - lisätään  $6 \text{ kN/m}^3$ , kun penger on pitkäaikaisesti veden alla.
  - vähennetään  $1 \text{ kN/m}^3$  nostemitoituksessa (nosteen arvo on tällöin  $11 \text{ kN/m}^3$   
vähennettynä kuivatilavuuspainolla).
- Mitoitusarvo pyöristetään lähimpään kokonaislukuun. Kun kevytsoran keski-  
määräinen kuivatilavuuspaino on  $3,2 \text{ kN/m}^3$ , on mitoitusarvo kuivassa penke-  
reessä  $4 \text{ kN/m}^3$ .
- 4180.1.1.8 Mikäli käytettäväksi aiotun kevytsoran tilavuuspaino poikkeaa suunnitelmasta,  
on suunnitelma tarkistettava.
- 4180.1.1.9 Kevytsoran puristuslujuuden tulee olla vähintään  $300 \text{ kN/m}^2$ . Puristuslujuus  
määritetään käyttäen DIN 4226 osan 3 mukaista laitetta.
- 4180.1.1.10 Levitettäessä kevytsoran tulee olla irtonaista eikä se saa sisältää jäätyneitä  
paakkuja.

## **4180.1.2 Kevytsoran laadun toteaminen**

- 4180.1.2.1 Tarpeelliset laadunvarmistusmenetelmät ja niiden laajuus riippuvat tavaran toi-  
mittajan oman laadunvarmistuksen kattavuudesta. Mikäli toimittajalla on ulko-  
puolisen valvonnan alaisena toimiva laadunvarmistus, riittää kunkin toimi-  
tuserän laatuasiakirjojen tarkistaminen, silmävaraiset havainnot ja tarvittaessa  
pisto-koeluonteiset valvontakokeet. Toimituserien laatuasiakirjoissa tulee esittää  
kevytsoran tilavuuspaino sekä puristuslujuus. Valvontakokeita tehdään tarvitta-  
essa.
- 4180.1.2.2 Kuivatilavuuspainon laskemista varten tarvittavaa vesipitoisuutta voidaan silmä-  
määräisesti arvioida kuormaa vastaanotettaessa:
- Pinnaltaan vaalea ja pölyävä kevytsora on kuivaa ja sen vesipitoisuus on alle  
 $2$  tilavuus-%.
  - Kun kevytsorarakkeiden pinta on lähes kauttaaltaan tummunutta, vaihtelee  
vesipitoisuus arviolta  $2 - 4$  tilavuus-%.
  - Kun vesipitoisuus on suurempi kuin  $4$  tilavuus-%, alkaa rakeiden pinnalla nä-  
kyä selvä kiiltävä vesikalvo.

Kosteusmittauksia tehdään tarvittaessa standardin SFS 5279 mukaan.

4180.1.2.3 Mikäli toimittajalla ei ole vaatimukset täyttävää omaa laadunvarmistusjärjestelmää, valvotaan materiaalin laatua työkohteessa tarkemmin ottamalla näytteitä ja tekemällä niistä mm. rakeisuus ja tilavuuspainoselvityksiä. Rakeisuuden ja/tai tilavuuspainon tulee täyttää suunnitelmassa esitetyt laatuvaatimukset. Näytteitä otetaan yksi 200 m<sup>3</sup> erää kohti, elleivät laadunvaihtelut vaadi tiheämpää näytteenottoa. Näyte on ns. koontinäyte, johon kerätään näytettä useammasta edustavasta kohdasta eri puolilta kuormaa. Näytteen otto ja näytteen käsittely tehdään *taulukossa 4180.1* esitettyjen standardin prEN 932-1 mukaisesti.

### **4180.1.3 Kevytsorarakenteen laatuvaatimukset**

4180.1.3.1 Penkereen, reunapenkereen sekä mahdollisen suodatinkerroksen tai kuitukan-kaan mitat osoitetaan suunnitelmissa.

4180.1.3.2 Mitat tarkistetaan

I suunnitelmien mukaisesti

II maastomerkitöjen kohdalta 20 m välein.

4180.1.3.3 Ennen kevytsorapenkereen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää ainakin seuraavat osat:

- työjärjestys
- työtä estävät ja rajoittavat rakenteet ja niiden suojaaminen
- työtapa ja rakenteen mahdollinen tiivistäminen
- laaduntarkkailumittaukset
- työturvallisuusasiat

4180.1.3.4 Reunapenkereet rakennetaan ennen kevytsoran pengerrystä ja tiivistetään pengertäytteen tiiviyteen.

4180.1.3.5 Normaalisti kevytsorarakennetta ei tiivistetä.

4180.1.3.6 Reunapenkereiden välissä ei saa olla vesilätäköitä eikä lunta.

4180.1.3.7 Jos reunapenger tehdään huonosti vettä läpäisevästä materiaalista, rakennetaan pysyvä vedenpoistojärjestelmä tai vettä läpäiseviä aukkoja tms. sopiviin kohtiin reunapenkereisiin suunnitelman mukaan tai 30 m välein.

4180.1.3.8 Kevytsorapenger voidaan tehdä myös talvityönä, mutta tällöin alle jäävä pohjamaa ei saa olla pengerrettäessä jäässä. Pinnan ohut kohmettumisen ja maapohjan lumesta paljastamisen voidaan sallia rakenteen muotoilun yhteydessä. Kevytsoraan ei saa sekoittua lunta eikä jäätä.

### **4180.1.4 Työohjeet**

4180.1.4.1 Kevytsora levitetään yleensä kevyellä telaketjupuskutraktorilla:

I kerroksittain suunnitelmassa osoitetulla tavalla

II täytenä paksuutena.

- 4180.1.4.2 Riittävä tiiviys saadaan tässä vaiheessa ajamalla kevyellä telapuskutraktorilla 5 - 6 kertaa kunkin täyttökerroksen yli.
- 4180.1.4.3 Päällysrakennekerrokset levitetään kevytsoran päälle vähintään kahtena 0,25 - 0,30 m kerroksena. Alempi kerros tiivistetään
- I suunnitelmien mukaisesti
  - II telapuskukoneella kuudella ylityskerralla.
- 4180.1.4.4 Ylempi päällysrakennekerros tiivistetään
- I suunnitelmien mukaisesti
  - II kuudella ylityskerralla käyttäen noin 2 000 kg painoista täryvalssijyrää tai 3 000 kg jyrällä 4 ylityskerralla.
- 4180.1.4.5 Kohdan 4180.1.1.4 mukainen kevytsora tiivistetään painoltaan 7...21 tonnin tela-alustaisella työkoneella, jonka telojen pintapaine on 25...45 kN/m<sup>2</sup>. Tärkein tiivistyskoneen valintaan vaikuttava tekijä on tiivistettävän kevytsoran rakeisuus. Suuremman hienoainesmäärän sisältävien laitteiden tiivistämiseen voidaan käyttää raskaampia koneita. Levityskoneella ajetaan edestakaisin siirtymällä aina puoli telan leveyttä sivulle niin, että koko alue tiivistyy. Ylityskertoja tulee olla 10...20.
- 4180.1.4.6 Siltojen taustatäytöillä yms. ahtaissa paikoissa työskenneltäessä kevytsora tiivistetään enintään yhden metrin paksuisina kerroksina tärylevyllä, jonka paino on 100 - 200 kg.
- 4180.1.4.7 Erityisen ahtaat täytöt voi tiivistää kaivukoneen kauhalla kerroksittain (noin 0,5 m) kauhalla varovaisesti tiivistäen.

#### **4180.1.5 Valvontaohjeet**

- 4180.1.5.1 Penkereen alustan tasaus ja muoto tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa mittaamalla. Tarkastetaan, että tarvittava suodatinkangas tai -kerros on materiaaliltaan (kankaan käyttöluokka/rakeisuus) laatuvaatimukset täyttävä ja asianmukaisesti asennettu tai rakennettu.
- 4180.1.5.2 Talvityön aikana valvotaan silmämääräisesti, ettei kevytsoraan ole sekoittunutta lunta tai jäätä.
- 4180.1.5.3 Käytettäessä kohdan 4180.1.1.4 mukaista kevytsoraa tiivistystyö tehdään kohdassa 4180.1.4.5 esitetyllä tavalla. Telat murskaavat kevytsorarakeet pinnasta, jolloin sen väri muuttuu mustaksi. Tiivistystyön laatua tarkkaillaan silmämääräisesti. Kevytsora on riittävän tiivistä silloin, kun sen pinta on murskaantunut ja se kestää hyvin kävellä.

**4180.1.6 Kevytsorapenkereen kelpoisuuden toteaminen**

4180.1.6.1 Kevytsorapenkereen mitat tarkistetaan mittaamalla 20 m välein sekä rakenteen päiden kohdalta. Rakenteen tiivistämisen valvonta on pääosin työtavan valvontaa.

**4180.2 Kevytsorabetonirakenteet****4180.2.1 Kevytsorabetonin laatu**

4180.2.1.1 Tierakennuskohteissa käytetään yleensä täytekevytsorabetonia, jossa on sementtiliimaa kevytsorarakkeiden yhteen sitomiseen. Täytekevytsorabetonille ei taata tiettyä lujuutta, vaan luokittelu tehdään käytettävän sementtimäärän mukaan (taulukko 4180.1). Tien päällysrakenteissa on yleisesti käytetty luokkaa Qs 200. Tätä heikkommat laadut sopivat paksuimpien täyttöjen alaosiin.

4180.2.1.2 Kevytsorabetonin puristuslujuusvaatimus on  $2,5 \text{ MN/m}^2$ . Massa valmistetaan yleensä betoniasemilla ja tuodaan työkohteeseen sekoitinsäiliöautolla. Massa voidaan tehdä myös liikkuvalla asemalla työkohteessa.

Taulukko 4180.1: Täytekevytsorabetonin luokitus sementtimäärän mukaan.

Luokka	Mitoitustilavuuspaino KN/m <sup>3</sup>	Sementtimäärä Kg/m <sup>3</sup>	Suuntaa-antava puristuslujuus MPa
Qs 50	5.0	50	0.5
Qs 100	5.5	100	1.0
Qs 200	7.0	200	2.5
Qs 300	9.0	300	4.5

4180.2.1.3 Betonin lujuutta voidaan parantaa lisäämällä hiekkaa ( $40 \text{ kg/m}^3$ ).

4180.2.1.4 Suunnitelmissa osoitettua kevytsorabetonin tilavuuspainoa ei saa ylittää.

**4180.2.2 Kevytsorabetonin laadun toteaminen**

4180.2.2.1 Kevytsorabetonin laatu tarkistetaan:

I laatusuunnitelman mukaisesti

II 7 vrk:n ikäisille betonikoekuutiolle tehtävin puristuskokein. Koekuutiomäärä on betoninormien mukainen. Lisäksi rakenteen kelpoisuutta voidaan selvittää poranäytteistä.

4180.2.2.2 Käytettäessä valmisbetonia tarkastetaan valmiin kevytsorabetonierän laatu silmämääräisesti sekä kuormakirjoista, jotka otetaan talteen ja arkistoidaan. Työmaa tai valmistaja tekee betoninormien edellyttämät koekappaleet työmaalla. Myös betonin lujittumisen tarkkailua varten voidaan tehdä työmaan käyttöön ns. sääkappaleet.

### **4180.2.3 Kevytsorabetonirakenteen laatuvaatimukset**

4180.2.3.1 Ennen kevytsorabetonirakenteen tekemistä laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää ainakin seuraavat osat:

- työjärjestys
- työtä estävät ja rajoittavat rakenteet ja niiden suojaaminen
- työtapa ja rakenteen mahdollinen tiivistäminen
- laaduntarkkailumittaukset
- työturvallisuusasiat

4180.2.3.2 Rakenteen mitat osoitetaan suunnitelmissa.

4180.2.3.3 Tiivistetyn kevytsorabetonirakenteen hyväksyty poikkeama suunnitelmissa osoitetusta paksuudesta on enintään - 5... + 10 mm.

4180.2.3.4 Rakenteen mitat tarkistetaan:

- I suunnitelmien mukaisesti
- II maastomerkintöjen kohdalla 20 m välein.

### **4180.2.4 Työohjeet**

4180.2.4.1 Kevytsorabetonia ei saa siirtää pumpaamalla. Kerros levitetään tarkoitukseen soveltuvalla levityslaitteella tasalaatuisesti ja tasaisesti.

4180.2.4.2 Tiivistyskalusto ei saa rikkoa pintaa syvemmällä kevytsoraraketta.

4180.2.4.3 Kerros tiivistetään:

- I suunnitelmien mukaisesti
- II kevytsorabetonikerroksen päältä telakoneella tai valssijyrällä.

4180.2.4.4 Liikenne kerroksen päällä sallitaan henkilöautoilla yhden vuorokauden kuluttua sen rakentamisesta ja raskailla ajoneuvoilla kolmen vuorokauden kuluttua.

4180.2.4.5 Työsaumat leikataan suoriksi pinnoiksi.

### **4180.2.5 Valvontaohjeet**

4180.2.5.1 Käytettäessä sementtimäärän mukaan luokiteltua kevytsorabetonia, sementtimäärän valvonnassa käytetään koekuutioita, jotka puristetaan 7 vuorokauden ikäisinä. Viikon puristuslujuudesta voidaan määrittää 28 vuorokauden lujuus, jota verrataan ilmoitettuun puristuslujuuteen. Jos poikkeama on suuri, voidaan tarvittaessa tehdä erikoiskokeet, joilla määritetään sementtimäärä.

### **4180.2.6 Kevytsorabetonirakenteen kelpoisuuden toteaminen**

4180.2.6.1 Levitetyn kevytsorabetonin pinnan laatua ja mittoja valvotaan silmämääräisesti tai tarvittaessa mittaamalla. Tiivistys tulee tehdä työselityksen mukaisesti.

**4180.3 EPS - Penkereet****4180.3.1 EPS:n laatu**

4180.3.1.1 EPS-penkereissä käytetään paisutusmenetelmällä valmistettuja polystyreeniharkkoja (expanded polystyrene). Menetelmällä voidaan valmistaa erikoisia harkkoja, joiden mitat osoitetaan suunnitelmissa.

4180.3.1.2 Materiaalina käytetään:

I suunnitelmassa esitettyjen tuotevaatimusten mukaisia

II kohdan 4180.3.1.3 vaatimukset täyttäviä harkkoja.

4180.3.1.3 Materiaalin puristusmuodonmuutoksen tulee pitkäaikaistilanteessa olla alle 2 %. Vaatimuksen täytyminen osoitetaan standardin "SFS-EN 826:1996 Lämpöeristeet rakentamiskäyttöön. Kokoonpuristuvuuden määrittäminen" mukaisilla puristuskokeilla. Pitkäaikaiseksi puristuslujuudeksi voidaan arvioida  $0,25 \cdot \sigma_{10}$ , missä  $\sigma_{10}$  on lyhytaikainen puristuslujuus 10 % muodonmuutoksella. Tällöin päästään vaadittuun alle 2 % muodonmuutokseen pitkäaikaistilanteessa. Tämän perusteella materiaalin tilavuuspainon ollessa  $0,2 \text{ kN/m}^3$  ja lyhytaikaisen puristuslujuuden 100 kPa, voidaan sille sallia pysyvää kuormaa 25 kPa. Kun materiaalin tilavuuspaino on  $0,3 \text{ kN/m}^3$  ja lyhytaikainen puristuslujuuden 200 kPa, voidaan pysyvää kuormaa sallia 50 kPa.

4180.3.1.4 Suurissa penkereissä (yli  $1000 \text{ m}^3$ , palon aiheuttamat suuret vahingot) voidaan käyttää ns. sammuvaa laatua.

4180.3.1.5 EPS-harkkojen on oltava suorakulmaisia kappaleita, joiden mitat osoitetaan suunnitelmissa. Suurin sallittu poikkeama annetuista mitoista (pituus, leveys ja korkeus on  $\pm 1 \%$ ). Harkon pintojen tasaisuudessa ei saa olla  $\pm 5 \text{ mm}$  suurempaa poikkeamaa metrin matkalla.

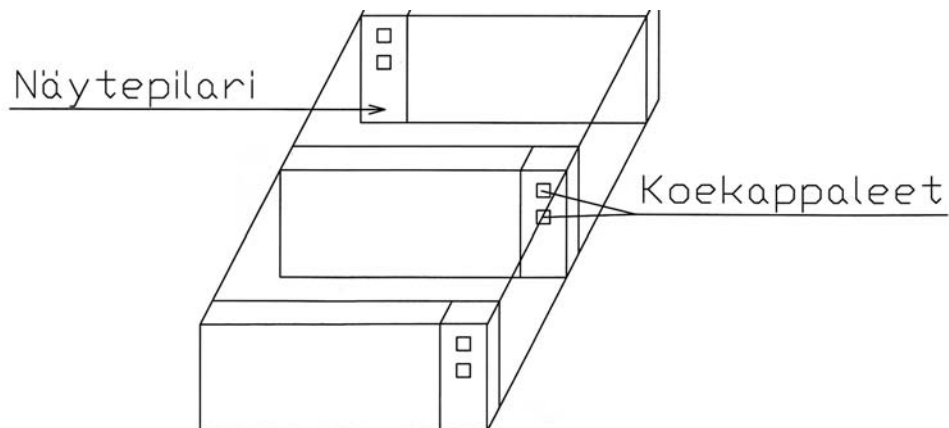
**4180.3.2 EPS:n laadun toteaminen ja varastointi työmaalla**

4180.3.2.1 Materiaalin laatu todetaan toimituserittäin toimittajan antaman todistuksen perusteella. Tämän lisäksi materiaalin laatua seurataan punnitsemalla työmaalla tarkistusluonteisesti vähintään yhden harkon paino toimituserää kohti. Punnitus tehdään kuivasta harkosta välittömästi kuorman saavuttua. Tarvittaessa voidaan ottaa näytteitä taulukon 4180.2 mukaan ja määrittää niistä puristuslujuus ja/tai tilavuuspaino.

Taulukko 4180.2: Tutkittavien EPS-harkkojen määrät.

Täytön tilavuus	Tutkittavien harkkojen lukumäärä
$< 500 \text{ m}^3$	Vähintään 3 harkkoa
$500 - 1000 \text{ m}^3$	Vähintään 4 harkkoa
$> 1000 \text{ m}^3$	Vähintään 5 harkkoa

- 4180.3.2.2 EPS - harkkojen valmistustekniikasta johtuen harkkojen sisäosien lujuus ja tilavuuspaino ovat ulko-osia suuremmat. Näytteenotto puristuslujuuden määrittystä varten voidaan tehdä esimerkiksi *kuvan 4180.2* mukaisesti.
- 4180.3.2.3 Näytepilarista valmistetaan koekappaleet lämpölangalla tai hienoteräisellä sahalla. Puristuskokeet tehdään testimenetelmän SFS-EN826:1996 mukaisesti määrittämällä 10 % kokoonpuristumaa vastaava puristusjännitys. Tilavuuspaino on syytä tarkistaa puristuskokeen yhteydessä.
- 4180.3.2.4 Harkkojen muoto ja mitat todetaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelman mukaisesti.
- 4180.3.2.5 EPS-harkot suojataan varastoinnin ja työn aikana:
- tulelta
  - syövyttäviltä kemikaaleilta, erityisesti öljytuotteilta
  - tuulelta ja sateilta
  - auringolta, jos varastointiaika on pitkä



*Kuva 4180.2: EPS-harkkojen koekappaleet.*

### **4180.3.3 EPS-penkereen laatuvaatimukset**

- 4180.3.3.1 Ennen EPS-penkereen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:
- työjärjestys
  - työtä estävät ja rajoittavat rakenteet ja niiden suojaaminen
  - harkkojen latomisjärjestys, suojakerroksen rakentaminen
  - laaduntarkkailu
  - työturvallisuusasiat

- 4180.3.3.2 EPS-harkot asennetaan tiivistetylle asennushiekalle. Asennusalustan tarkkuusvaatimus on  $\pm 10$  mm 3 m matkalla. Alustan korkeustaso ei saa poiketa yli 50 mm suunnitelmissa osoitetusta tasosta.
- 4180.3.3.3 EPS-harkkoja asennettaessa on vedenpinta alennettava penkereen pohjatason alapuolelle. Jos osa harkoista joutuu rakennustyön aikana veden pinnan alapuolelle, noste otetaan huomioon työsuunnitelmissa. Pysyvän rakenteen kuivatus on otettava huomioon suunnitelmassa.
- 4180.3.3.4 Solumuovirakenteet suojataan öljyjen ja liuotainaineiden syövyttäviltä vaikutuksilta suunnitelmissa osoitetuilla muovikalvolla, teräsbetonilaatalla tai vettä läpäisemättömillä maakerroksilla.

#### **4180.3.4 Työohjeet**

- 4180.3.4.1 EPS-harkot ladotaan ristiin välttämällä päällekkäisiä saumoja. Koko kerros tehdään valmiiksi ennen uuden aloittamista.
- 4180.3.4.2 EPS-harkot kiinnitetään tarvittaessa alla olevaan harkkokerrokseen harkkojen läpi työnnettävillä raudoilla esim. 12 mm, k/k 1 m, pituus noin 1,7 \* harkkokorkeus.
- 4180.3.4.3 EPS-harkkojen muodostaman porrasmaisen luiskakaltevuuden tulee olla 2:1 tai loivempi. Alle metrin korkuisten solumuovirakenteiden reuna voi jäädä pystysuoraksi. Harkkojen verhospaksuus on luiskassa vähintään 250 mm.
- 4180.3.4.4 Ylimmän solumuovikerroksen pienet epätasaisuudet tasataan hiekalla tai betonilla suojalaatan valun yhteydessä. Suuret epätasaisuudet täytetään ohuilla solumuovilevyillä.

#### **4180.3.5 Valvontaohjeet**

- 4180.3.5.1 Normaalisti maapenkereissä käytetään halvinta eli palavaa polystyreenilaatua. Tällöin on valvottava, että tulen käsittelyssä ja hitsauksissa kevennyksen läheisyydessä kiinnitetään erityistä huomiota paloturvallisuuteen.

#### **4180.3.6 EPS-penkereen kelpoisuuden toteaminen**

- 4180.3.6.1 Asennuspohjan tasaisuutta ja kevennysrakenteen suunnitelman mukaista korkeustasoa ja tasaisuutta tarkkaillaan 10 metrin välein tehtävin poikkileikkausvaaituksin.

### **4180.4 Rengaskeventeet**

#### **4180.4.1 Materiaali**

- 4180.4.1.1 Materiaalin laadun tulee olla suunnitelmassa esitettyä.
- 4180.4.1.2 Rengaskeventeet jaetaan kolmeen tuoteryhmään taulukon 4180.3 mukaisesti. Tiepenkereisiin käytettävä kumirouhemateriaali ei saa sisältää lunta eikä jäätä.



Taulukko 4180.3: Rengaskevenneet.

Tuote	Nimellismitat Mm <sup>2</sup>	kN/m <sup>3</sup>	Mitoitustilavuuspaino rakenteessa kN/m <sup>3</sup>
RR0	Käsittlemättömät renkaat	1.3	2.0
RR1	100 * 300	3.0 - 8.0	4.0
RR2	50 * 50	3.0 - 8.0	6.0

4180.4.1.3 Luontevimmat käyttöalueet rengaskevenneille ovat meluvallit, alemman luokan tiet sekä kevennyksien alaosat tulva-alueilla. Tiepenkereisiin käytetään yleensä luokan RR2 mukaista materiaalia. Muita materiaaleja voidaan käyttää esimerkiksi meluvalleissa tms. rakenteissa.

4180.4.1.4 Erityisesti pohjaveden alapuolelle suunniteltavissa rakenteissa rengaskevenneet ovat edullisia, sillä ne eivät ime vettä. Ne ovat lisäksi vettä painavampia, joten niiden mitoituksessa ei nostetta tarvitse ottaa huomioon pohjaveden alapuolella.

4180.4.1.5 Rengasrouhe painuu tiivistämisen ja päälle ajettavien kerrosten painosta noin 15 %, mikä on otettava huomioon materiaalin määrässä ja rakenteen suunnittelussa ennakkokorotuksena.

4180.4.1.6 Rakenteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon materiaalin ja rakenteen kimmoisuus, mikä edellyttää tierakenteessa riittävän paksujen päällysrakennekerrosten (noin 900 - 1400 mm) käyttämistä kevenneen päällä.

4180.4.1.7 Rengaskevenneiden käyttö vaatii toistaiseksi hankekohtaisen ympäristöluvan.

#### **4180.4.2 Materiaalin laadun toteaminen**

4180.4.2.1 Laatu tarkistetaan kuormakirjasta. Materiaalin vastaanottotarkistuksessa todetaan silmämääräisesti, että kumirouhetyyppi on suunnitelman mukainen. Materiaalin laatua epäiltäessä mitataan materiaalin ulkomitat ja tarkistetaan tilavuuspaino.

4180.4.2.2 Materiaali ei saa sisältää jäätä eikä lunta.

#### **4180.4.3 Rengaskevennerakenteen laatuvaatimukset**

4180.3.3.2 Ennen rengaskevennenpenkereen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- työjärjestys
- työtä estävät ja rajoittavat rakenteet ja niiden suojaaminen
- työtapa ja rakenteen mahdollinen tiivistäminen
- laaduntarkkailu
- työturvallisuusasiat

4180.4.3.2 Kevennysrakenne rakennetaan suunnitelman mukaisesti.

#### 4180.4.3.3 Rakenteen mitat tarkistetaan:

- I suunnitelman mukaisesti
- II maastomerkkien kohdalta 20m välein.

#### **4180.4.4 Työohjeet**

4180.4.4.1 Kumirouhepenkereiden rakentaminen tehdään kerroksittain tai kiilapengerryksenä, jolloin levityskone tekee alustavan tiivistämisen. Kumirouheen levitys- ja tiivistystyössä kumirouheella käytetään telapuskukonetta, jotteivät rouheessa olevat teräkset riko pyöriä. Kokonaisia renkaita käytettäessä voidaan levitys tehdä myös pyöräkuormaajalla.

4180.4.4.2 Tiivistys tehdään kevyellä levytyskalustolla yliajaen. Tiivistystyössä tulee välttää samojen ajourien käyttöä. Pääasiallinen tiivistys tapahtuu vasta jakavan kerroksen päältä.

#### **4180.4.5 Valvontaohjeet**

4180.4.5.1 Penkereen alustan tasaus ja muoto tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa mittamalla. Tarkastetaan, että tarvittava suodatinkangas tai -kerros on materiaaliltaan (kankaan käyttöluokka / rakeisuus) laatuvaatimukset täyttävä ja asianmukaisesti asennettu tai rakennettu. Kuivakuorikerroksen rikkomista tulee välttää.

4180.4.5.2 Kumirouhepenkereiden rakentamisen ja tiivistämisen valvonta on pääosin työtavan valvontaa. Valvotaan, että kumirouhepengertä tehtäessä otetaan huomioon 10 - 15 % ennakkokorotus, joka vastaa pääosin päällysrakennekerrosten aiheuttamaa välitöntä painumaa. Tiivistystyössä tulee välttää samojen ajourien käyttöä.

#### **4180.4.6 Rakenteen kelpoisuuden toteaminen**

4180.4.6.1 Päällysrakenteen tiiviiden seurantaan soveltuvat parhaiten radiometriset mittauslaitteet. Dynaaminen tiivistystarkkailu soveltuu tiivistystarkkailuun, mikäli se voidaan luotettavasti kalibroida ko. tarkoitukseen. Pudotuspainomittaus soveltuu huonosti rakennekerrosten ollessa joustavia.

#### **4180.5 Palaturve**

##### **4180.5.1 Materiaalin laatuvaatimukset**

4180.5.1.1 Palaturpeen tulee täyttää suunnitelmassa mainitut soveltuvuusstandardit, jotka tarkistetaan toimituksesta sovittaessa.

- 4180.5.1.2 Palaturpeena käytetään normaalissa polttoturvetuotannossa syntyvää puristettua palaturvetta. Palaturvekappaleet ovat sylinterimäisiä, niiden halkaisija on 30 - 50 mm ja korkeus 100 -200 mm. Kappaleet tehdään kohtuullisen maatuoneesta turpeesta puristamalla. Mitään erillisiä sideaineita ei käytetä. Puristamisen jälkeen palat kuivatetaan polttovesipitoisuuteensa (30 - 50 %).
- 4180.5.1.3 Palaturpeet luokitellaan toimitusvaiheen tehollisen lämpöarvon perusteella. Tienrakentamisen soveltuvat laatuluokat ovat P13 ja P15. Vesipitoisuus toimitusvaiheessa saa olla enintään 35 % ja palan korkeuden oltava vähintään 50 mm. Lisäksi palojen lujuudelle voidaan antaa lujuusvaatimuksia, joiden mittaamiseen voidaan käyttää tarkoitukseen kehitettyä Los Angeles-menetelmää.
- 4180.5.1.4 Palaturpeen tilavuuspaino toimituskosteudessa on 3.3 - 4.8 kN/m<sup>3</sup>. Tilavuuspaino ja lujuus lopullisessa rakenteessa riippuvat turpeeseen imeytyneen veden määrästä. Rakenne on suunniteltava siten, että vesipitoisuus pysyy mahdollisimman pienenä. Esimerkiksi meluvälleissa luiskat on syytä verhoilla mahdollisimman huonosti vettä johtavilla materiaaleilla ja muotoilla vallin harja kaltevaksi. Oikein suunnitellulla rakenteella on mahdollista päästä 6 - 8 kN/m<sup>3</sup> mitoitus-tilavuuspainoihin.
- 4180.5.1.5 Palaturvetta voidaan käyttää vain pysyvästi pohjaveden yläpuolella pysyvissä olosuhteissa.

#### **4180.5.2 Materiaalin laadun toteaminen**

- 4180.5.2.1 Vastaanotettaessa materiaaliuormia on varmistettava, että kyseinen toimitus kuuluu sovittuun ja tarpeen vaatiessa testattuun toimituserään. Materiaalin vastaanottotarkistuksessa todetaan silmämääräisesti, että toimitettu materiaali vastaa suunnitelman edellyttämää laatuluokkaa. Materiaalin laatua voidaan tarvittaessa testata määrittämällä vesipitoisuus edustavista näytteistä.

#### **4180.5.3 Kevennysrakenteen laatuvaatimukset**

- 4180.5.3.1 Ennen kevennyspenkereen rakentamista laaditaan työ- ja laaduntarkkailusuunnitelma, jonka tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:
- työjärjestys
  - työtä estävät ja rajoittavat rakenteet ja niiden suojaaminen
  - työtapo
  - laaduntarkkailu
  - työturvallisuusasiat
- 4180.5.3.2 Kevennysrakenne rakennetaan suunnitelman mukaisesti.
- 4180.5.3.3 Rakenteen mitat tarkistetaan:
- I suunnitelman mukaisesti
  - II maastomerkitöjen kohdalta 20m välein.

4180.5.3.4 Palaturvepenkereen päällysrakennemitoitus on esitetty ohjeessa ”Palaturpeen käyttö tierakenteissa” TIEL 3200481. Päällysrakenteen kerrospaksuudet vaihtelevat 450 mm:stä yli 1 metriin. Päällysteenä käytetään pehmeäbitumista asfalttibetonia.

4180.5.3.5 Jäykkää sementtistabilointia (maabetonia) ei voida käyttää palaturvepenkereessä.

#### **4180.5.4 Työohjeet**

4180.5.4.1 Palaturpeen levitys ja tiivistäminen on tehtävä suhteellisen hellävaraisin menetelmin esimerkiksi kevyellä telapuskukoneella kappaleiden rikkoontumisen estämiseksi. Palaturvepenger rakennetaan enintään 500 mm kerroksina. Tiivistystyössä tulee välttää samoja ajouria. Ylityskertoja tarvitaan 1 - 3. Ylitiivistämistä on vältettävä.

4180.5.4.2 Palaturvekerroksen luiskatäytöt on tehtävä mahdollisimman pian levityksen jälkeen.

#### **4180.5.5 Valvontaohje**

4180.5.5.1 Penkereen alustan tasaus ja muoto tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa mittaamalla. Tarkastetaan, että tarvittava suodatinkangas tai -kerros on materiaaliltaan (kankaan käyttöluokka/rakeisuus) laatuvaatimukset täyttävä ja asianmukaisesti asennettu tai rakennettu. Kuivakuorikerroksen rikkomista tulee välttää.

4180.5.5.2 Tiivistyksen ja rakentamisen valvonta kuten rengaskeventeillä. Erityisesti tulee välttää ylitiivistämistä. Luiskasuojaukset tulee ajaa mahdollisimman pian levitystyön jälkeen.

#### **4180.5.6 Kevennysrakenteen kelpoisuuden toteaminen**

4180.5.6.1 Päällysrakennekerroksien tiiviiden tarkkailuun suositellaan radiometrisiä mittauksia tai pudotuspainomittausta ohjeen 'Palaturpeen käyttö tierakenteessa' TIEL 32000481 mukaisesti. Myös dynaaminen tiivistystarkkailu soveltuu, mikäli mittaukset pystytään kalibroimaan.

**(Kohdat 4200, 4210, 4220, 4230, 4240, 4270, 4280, 4400, 4410, 4430, 4450, 4500 ja 4800, ks. TYLT Penger- ja kerrosrakenteet TIEL 2212460-94)**