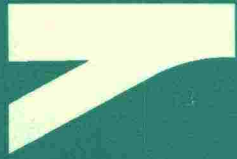


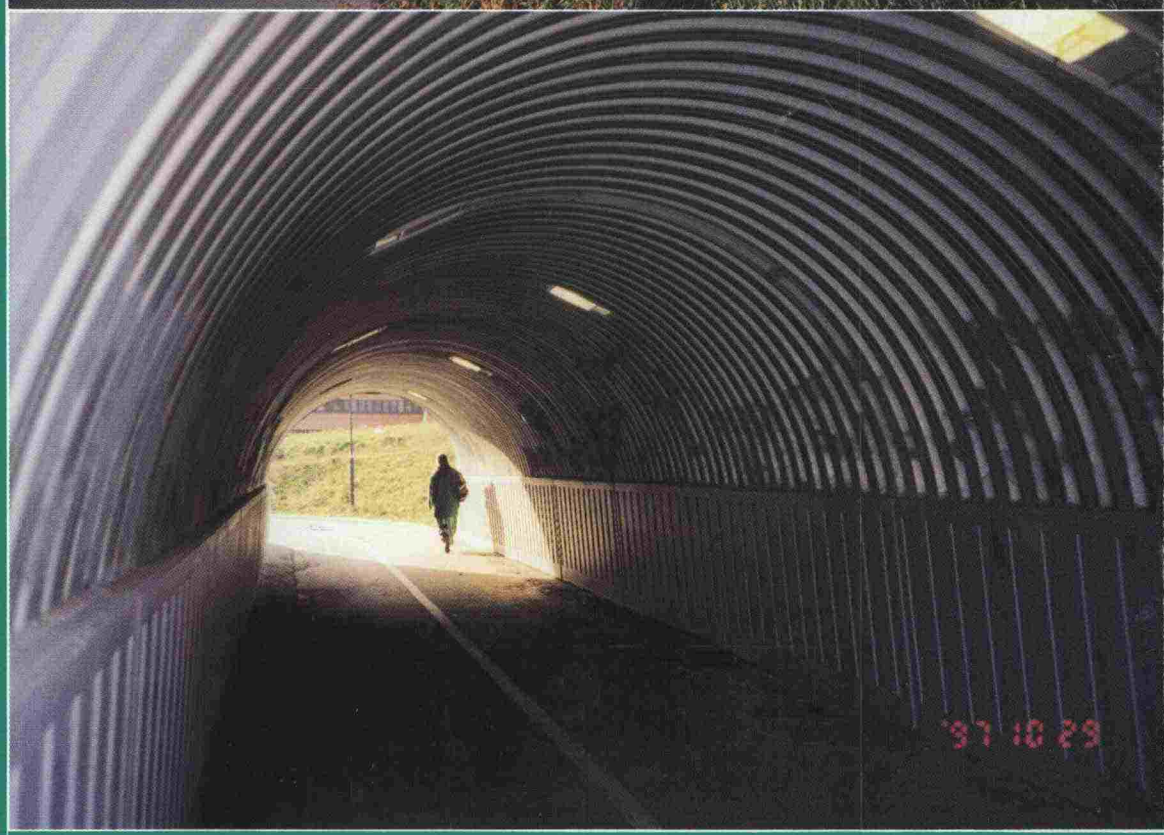
971191



Tielaitos

Aallotetut teräspotket

Käyttöalue: Putken leveys 2 ... 5 m



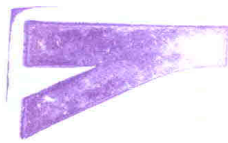
Sillansuunnittelu

Helsinki 1997

Tiehallinto
Siltatekniikka

08 TIEL/AAL

VAN HENTUNUT



Tielaitos
Kirjasto

Aallotetut teräspuikot

Käyttöalue: Puikun leveys 2 ... 5 m

Tiehallinto
Siltatekniiikka

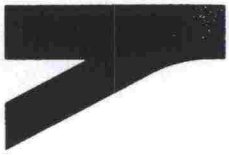
Helsinki 1997

ISBN 951-726-068-7
TIEL 2172501
Oy Edita Ab

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallintopalvekut
painotuotepalvelut
Telefax 0204 44 2202

Joutsenmerkin arvoinen paperi

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721



Tielaitos

MUU OHJAUS

97/20/Hsi-32

27.10.1997

151/97/20/TIEL

Jakelun mukaan

Säädösperusta
TL 117 §
Kohderyhmä
TIEL

Voimassa
15.11.1997- TOISTAISEKSI

Asiasanat
SILLANSUUNNITTELU, OHJEET, PUTKISILLAT, SUUNNITTELUPERUSTEET

AALLOTETUT TERÄSPUTKET

Julkaisu Aallotetut teräspuutket on uusittu ja lähetetään käytettäväksi putkisiltojen (putken leveys 2...5 m) suunnittelussa ja rakentamisessa. Sen perusteella saadaan suunnitteluperusteet ja voidaan asettaa laatuvaatimukset.

Tärkein lisäys aikaisempaan julkaisuun on käyttöämitoitussuunnittelu, jolla pyritään varmistamaan rakenteille haluttu tavoitekäyttöikä. Menettely johtaa korroosiosuojauksivaatimusten tiukentumiseen ja esim. vesistöputken osalta lähes poikkeuksetta putken alaosan lisäsuojaukseen epoksimaalauksella tai muulla suojauksella sinkityksen lisäksi. Menettelyn avulla voidaan myös verrata vaihtoehtoisten teräspuutkien käyttöikä.

Apulaisjohtaja
Siltatekniikka



Juhani Vähäaho

Diplomi-insinööri



Matti Kuusivaara

JAKELU

Tiepiirit
Jukka Isotalo, J
Hth, Htl, Hlp, Tko, Ttt
Hsi:n teknillinen henkilökunta
Kirjasto
Ohjekokoelma
TIEL:n ulkopuolinen jakelu/luettelo

LIITE

Aallotetut teräspuutket, TIEL 2172501

LISÄTIETOJA
Matti Kuusivaara
TIEL, Siltatekniikka
Puh. 020444 2349

JAKELU/MYYNTI
Tielaitos, hallintopalvelut
Julkaisumyynti
Puh. 020444 2053, fax 020444 2202

Alkusanat

Aallotetut teräsputket-julkaisu on ollut käytössä vuodesta 1978 ja tarkistettu vuonna 1987. Halkaisijaltaan alle 2 m:n putkien osalta se on korvattu julkaisulla Tien kuivatustarvikkeet (TIEL 2140006) vuonna 1993.

Julkaisu käsittelee aallotettujen teräsputkien kokoaluetta 2...5 m. Sen tarkoituksena on antaa tietoa ja ohjausta aallotettujen teräsputkien suunnittelua ja rakentamista varten. Aikaisempi julkaisu on tarkistettu ja siihen on tehty lausuntojen johdosta täydennyksiä ja korjauksia. Julkaisu on ollut osittaisessa koekäytössä lausuntoversiona.

Julkaisuun on lisätty luku 2 Aallotettujen teräsputkien yleiset laatuvaatimukset sekä kohdat 3.4 Käyttöikävaatimukset ja 4.2 Käyttöikämitoitus. Levypaksuuden mitoitusaulukot on tarkistettu nykyisiä saatavilla olevia profiileja vastaaviksi ja siirretty liitteeseen A. Liitteessä B esitetään tiedot teräslevykaaren anturoiden perustamisesta käytettäessä rakennetta alikulkukäytävänä.

Käyttöikävaatimukset johtavat korroosiosuojausvaatimusten tiukentumiseen. Esim. vesistöputki ei ole yleensä mahdollinen ilman putken alaosan lisäsuojauksella epoksimaalauksella tai muulla suojauksella.

Helsingissä lokakuussa 1997

Siltatekniikka

Sisältö

1 YLEISTÄ	9
1.1 Ohjeen tarkoitus ja soveltamisalue	9
1.2 Muussa maassa valmistettu tuote	9
1.3 Määritelmät	9
2 AALLOTETTUJEN TERÄSPUUKIEN YLEISVAATIMUKSET	10
2.1 Vaatimukset ulkonäölle ja ympäristöön sopivuudelle	10
2.2 Liikenteen tai vedenkulun asettamat aukko vaatimukset	10
2.3 Rakenteen kantavuusvaatimukset	10
2.4 Käyttöikävaatimukset	10
2.5 Rakenteen materiaalivaatimukset	10
3 SUUNNITTELUN PERUSTEET	11
3.1 Teräspuukityypit	11
3.2 Puukin valinta	13
3.3 Rakenteen kantavuusvaatimukset	17
3.4 Käyttöikävaatimukset	18
3.5 Materiaalivaatimukset	20
4 SUUNNITTELU	22
4.1 Rakenteellinen mitoitus	22
4.2 Käyttöikämitoitus	27
4.3 Puukin viiste ja suuntakulma	29
4.4 Pituus	29
4.5 Vierekkäiset puiket	31
4.6 Perustaminen	32
4.7 Lisäsuojaus	37
4.8 Muut suunnitteluohjeet	39
5 RAKENTEIDEN HANKINTA JA VALVONTA	41
5.1 Rakenteiden valmistus ja hankinta	41
5.2 Kuljetus ja vastaanotto	41
5.3 Laadunvalvonta	41
5.4 Tietojen rekisteröinti	42
6 RAKENTAMINEN	43
6.1 Yleistä	43
6.2 Kaivannon teko	43
6.3 Arinat	44
6.4 Asennus	45
6.5 Täyttö	46
6.6 Muut rakentamisohjeet	48
6.7 Asennus veteen	51
6.8 Talvirakentaminen	51

7 KUNNOSSAPITO	52
7.1 Yleistä	52
7.2 Kuntotarkastukset	52
7.3 Kunnossapitotoimet	53
7.4 Sinkityksen korjaus	53
7.5 Putken uusinta	54

LIITTEET

LIITE A. AALLOTETTUJEN PUTKIEN PERUSTIETOJA, MINIMI-
LEVYPAKSUUDET TIESILLOISSA

LIITE B. TERÄSLEVYKAAREN PERUSTAMINEN ALIKULKUKÄY-
TÄVÄNÄ

Ilmoitettu neuvoston direktiivin 83/189/ETY, muut. 88/182/ETY, muut.
94/10/EY mukaisesti.

Anmält enligt rådets direktiv 83/189/EEG, ändr. 88/182/EEG och
94/10/EG.

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen tarkoitus ja soveltamisalue

Aallotettuja teräsputkia käytetään tierakenteissa siltoina ja rumpuina. Tämän ohjeen tarkoituksena on ohjata alikulkukäytävinä ja vesistösiltoina (putken leveys 2...5 m) käytettävien teräsputkien suunnittelua ja rakentamista.

1.2 Muussa maassa valmistettu tuote

Tuote, joka on valmistettu toisessa Euroopan unionin jäsenmaassa tai muussa Euroopan talousalueeseen kuuluvassa maassa, tulee katsoa hakemuksesta tässä julkaisussa esitettyjen laatuvaatimusten mukaiseksi seuraavin edellytyksin:

1. Testaukset ja tarkastukset on valmistajamaassa suoritettu Suomessa käytettävien tai vastaavan laatu- ja turvallisuustason antavien muiden menetelmien ja vaatimusten mukaisesti ja tulokset osoittavat tuotteen täyttävän sille asetetut vaatimukset.

2. Testaukset ja tarkastukset suorittanut laitos on valmistajamaan näihin tehtäviin hyväksymä.

Tielaitos seuraa alan eurooppalaista standardisointia ja muuttaa ohjeet eurooppalaisten standardien mukaisiksi niiden valmistuttua.

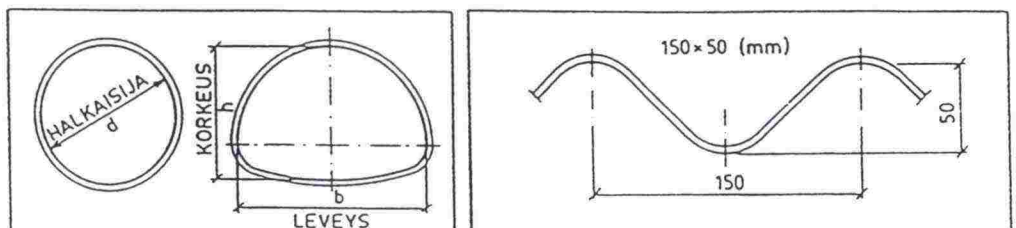
1.3 Määritelmät

aallotettu teräsputki: vesistöissä ja alikulkukäytävänä käytettävä putkirakenne, joka on valmistettu aallotetusta teräslevystä tai teräsnauhasta.

putken halkaisija: halkaisija (d) mitataan putken sisältä (kuva 1).

putken leveys ja korkeus: putken leveydellä (b) ja korkeudella (h) tarkoitetaan putken sisäpuolista leveyttä ja korkeutta.

aallotus: teräslevyn tai-nauhan aaltomainen muoto. Aallotuksen muoto ja mitat ilmoitetaan kuvan osoittamalla tavalla.



Kuva 1. Putken mitat ja esimerkki aallotuksesta

monilevyrakenne: putkipoikkileikkaus muodostuu kolmesta tai useammasta levystä.

kierresaumattu putki: tarkoittaa rakennetta, joka on valmistettu teräsnauhasta joko saumaamalla tai hitsaamalla.

peitesyvyys: putken laen pienin pystysuora etäisyys tien pinnasta.

suuntakulma: on tien keskilinjan ja putken keskilinjan välinen kulma myötäpäivään mitattuna.

viiste: putken pään kalteva osa, joka on usein tien luiskan kaltevuudessa.

2 AALLOTETTUJEN TERÄSPUTKIEN YLEISVAATIMUKSET

2.1 Vaatimukset ulkonäölle ja ympäristöön sopivuudelle

Aallotettu teräsputki on ulkonäöltään vaatimaton ja kulkuaukoltaan ahdas. Se soveltuu yleensä vain siltapaikkaluokituksen (Tielaitoksen kirje S/silta-518, 23.10.1992) luokkaan IV: tavallinen kuuluville siltapaikoille. Siltapaikkakohtaisesti on arvioitava tuleeko aallotettu teräsputki kyseeseen ja määriteltävä suunnittelun perusteeksi, mitkä vaatimukset ympäristöön sopivuus asettaa aukon koolle ja muodolle, rakennetyypille ja pintakäsittelylle.

2.2 Liikenteen ja vedenkulun asettamat aukkovaatimukset

Rakenteen on oltava kooltaan ja muodoltaan sellainen, että sitä koskevat liikenteen ja vedenkulun asettamat aukkovaatimukset täyttyvät.

2.3 Rakenteen kantavuusvaatimukset

Rakenteen kokonaisuudessaan perustaminen ja ympärystäytöt huomioonottaen on kestävä tielaitoksen ohjeiden edellyttämällä varmuudella suunnittelukuormia vastaavat liikennekuormat ja muut rakenteeseen kohdistuvat kuormat. Lisäksi haitallisia muodonmuutoksia ei saa esiintyä.

2.4 Käyttöikävaatimukset

Rakenteen on oltava käyttöältään riittävä. Ellei hankekohtaisesti muuta määrätä, suunnitellaan rakenne vähintään 60 vuoden käyttöiälle valta- ja kantateillä ja 40 vuoden käyttöiälle muilla teillä. Rakenteen käyttöikä varmistetaan käyttäen tarvittaessa sopivaa lisäsuojausta sinkityksen lisäksi.

2.5 Rakenteen materiaali vaatimukset

Teräsmateriaaleina on käytettävä putkien valmistukseen yleisesti hyväksyttäviä materiaaleja, jotka on lähemmin määritelty kohdassa 3.5. Rakenteen materiaalien on täytettävä niitä koskevien standardien esittämät vaatimukset.

3 SUUNNITTELUN PERUSTEET

3.1 Teräsputkityypit

3.1.1 Muoto

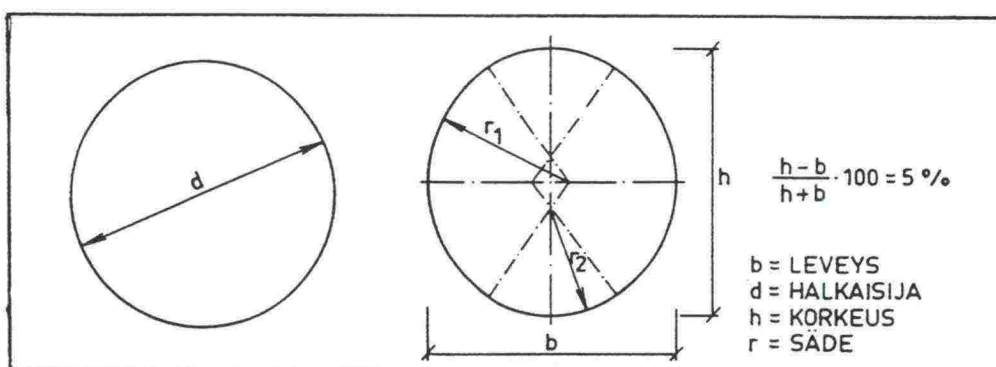
Teräsputket jaetaan muodoltaan seuraaviin ryhmiin:

- pyöreä
- ellipsi
- matala
- vaaka-ellipsi
- alikulkukäytävä-tyyppi.

Edellämäinittuja putkityyppejä käytetään sekä vesistöissä että alikulkukäytävänä. Putken muoto on harkittava kussakin tapauksessa erikseen paikalliset olosuhteet ja erityisnäkökohdat huomioon ottaen.

Seuraavassa on esitetty eri tyyppien erityispiirteet ja soveltuvuus tiettyyn tarkoitukseen.

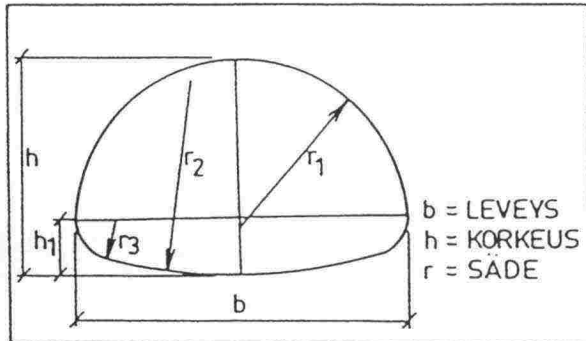
Pyöreä ja elliptinen (elliptisyys 5 %) muoto ovat toistensa vaihtoehtoja. Ulkoilua ja maataloutta palvelevana alikulkukäytävänä on usein käytetty näitä tyyppejä.



Kuva 2. Pyöreän ja elliptisen putken poikkileikkaus.

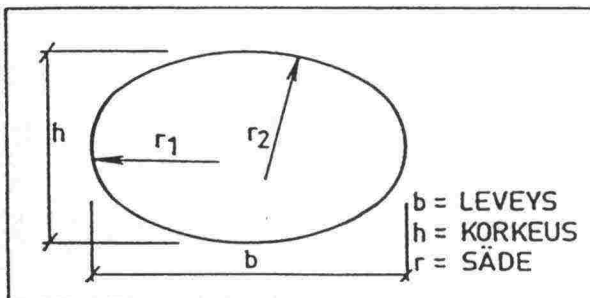
Matalarakenteisia putkia on useita eri tyyppejä, joissa alanurkan säde vaihtelee. Matalarakenteista putkea käytetään vesistöputkena matalien penkereiden yhteydessä ja alikulkukäytävänä. Matalarakenteinen putki voi johtaa tietyllä vesisyvyydellä noin 50 % enemmän vettä kuin samalle syvyydelle perustettu yhtä suuri pyöreä putki.

Matalarakenteisen putken käyttöä rajoittaa putken alanurkkien kohdalla syntyvä suuri pohjarasitus. Tämä asettaa erityisiä vaatimuksia pohjamaan kantavuudelle. Matalarakenteinen putki voidaan korvata esimerkiksi vierekkäisillä pyöreillä putkilla.



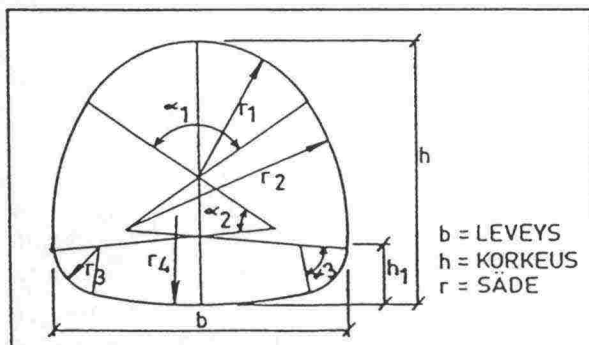
Kuva 3. Matalarakenteisen putken poikkileikkaus.

V a a k a - e l l i p t i n e n (elliptisyys vaakasuunnassa 15 %) putki soveltuu käytettäväksi matalarakenteisen putken asemasta.



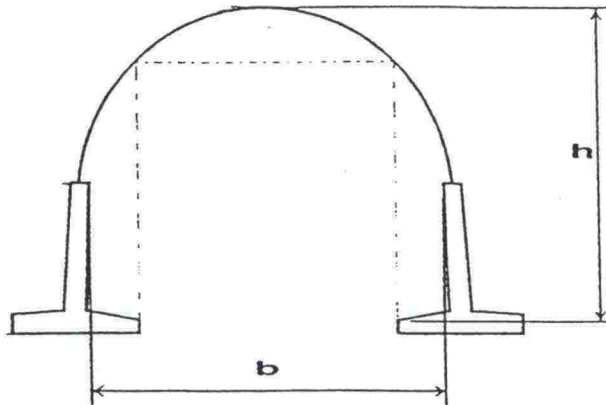
Kuva 4. Vaaka-elliptisen putken poikkileikkaus.

A l i k u l k u k ä y t ä v ä - t y y p p i ä käytetään nimensä mukaisesti pääasiassa alikulkukäytävänä. Tarvittaessa suurta alikulkukorkeutta ovat alikulkukäytävä- ja elliptinen muoto toistensa vaihtoehtoja.



Kuva 5. Alikulkukäytävä-tyyppisen putken poikkileikkaus.

K a a r i on rakenne, joka perustetaan teräsbetonianturoille. Pääasiallisena käyttökohteena ovat kantavalle perusmaalle tehtävät alikulkukäytävät ja vesistö sillat. Vesistöissä sitä käyttäen uoman pohja säilyy maapohjaisena.



Kuva 6. Kaaren poikkileikkaus.

3.1.2 Rakenne

Aallotetut teräsputket jaetaan rakenteeltaan seuraaviin ryhmiin:

- monilevyrakenne
- kaksilevyrakenne
- kierresaumattu rakenne.

Valinta eri rakenteiden kesken tehdään asennuspaikan olosuhteiden ja rakenteellisen mitoituksen perusteella.

3.2 Putken valinta

Putken koon, muodon ja rakennetyypin valinta perustuu vaihtoehtojen vertailuun, jossa otetaan huomioon mm. seuraavat tekijät:

- hydraulinen mitoitus
- käyttötarkoitus
- ulkonäkö
- pohjaolosuhteet
- veden ja maan laatu
- kustannukset.

Seuraavassa on käsitelty lähemmin mainittujen tekijöiden vaikutusta valintaan.

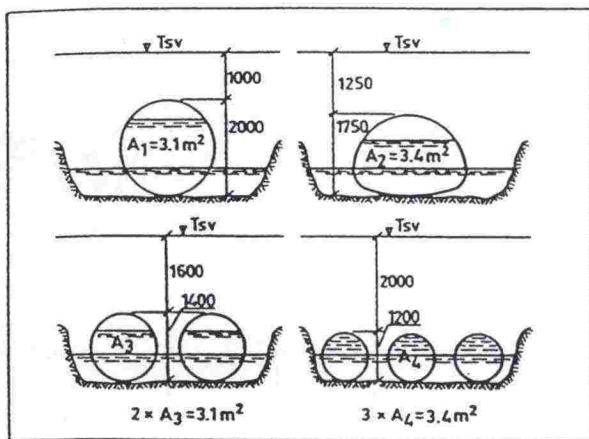
3.2.1 Hydraulinen mitoitus

Putken hydraulinen mitoitus määrittää putken

- aukon koon ja muodon
- korkeussijainnin.

Putken hydraulinen mitoitus tehdään tielaitoksen julkaisun Teiden suunnittelu IV, Kuivatus (TIEL 2140005) kohdan 4.46 mukaisesti.

Määritettäessä putken aukon kokoa ja muotoa otetaan vaihtoehtoina huomioon eri muotoiset yksittäiset putket sekä myös mahdollisuus käyttää kahta tai useampaa putkea rinnakkain. Kaksoisputki voi tulla kysymykseen, jos virtaama on suuri ja korkeutta on vähän käytettävissä. Tällaisissa olosuhteissa voidaan myös matalarakenteisella tai vaaka-elliptisellä teräsputkella saavuttaa haluttu tulos (ks. Teiden suunnittelu IV, Kuivatus, TIEL 2140005, esimerkit 44:3 ja 44:4).



Kuva 7. Neljä erilaista tapaa johtaa sama vesimäärä tien alitse.

3.2.2 Käyttötarkoitus

Vesistösiilan tyyppin valintaan vaikuttaa käyttötarkoituksen kannalta seuraavat liikenteelliset tekijät:

- veneliikenne
- uitto.

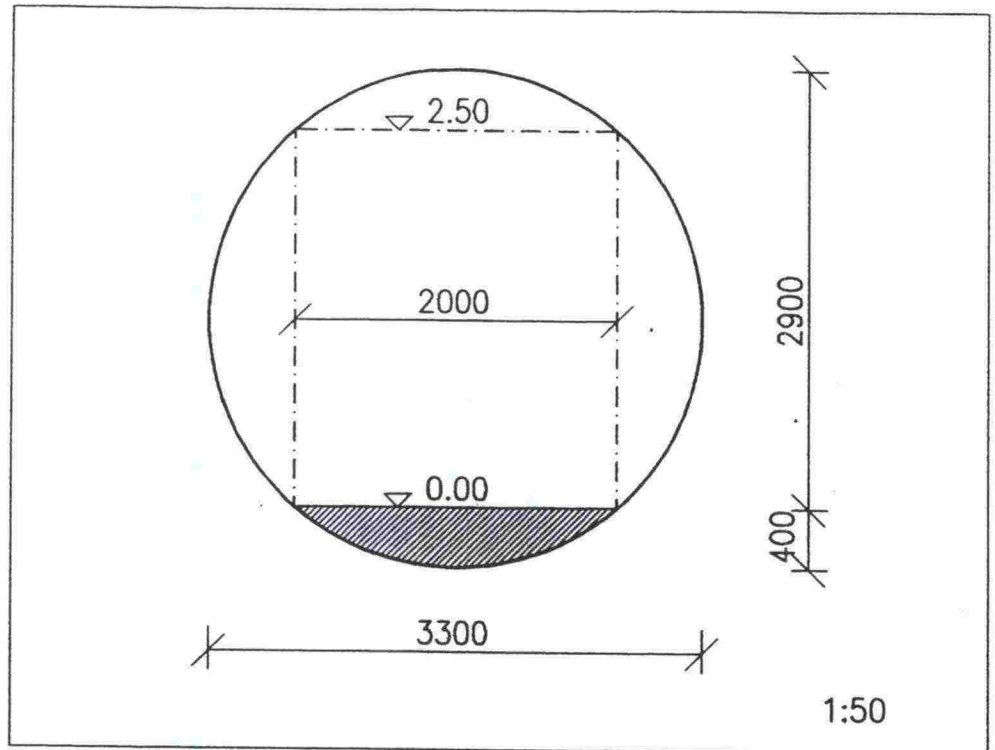
Vesistöputken tyyppi valitaan lähinnä tarvittavan aukon koon ja kunnossapitonäkökohtien perusteella.

Alikulkukäytävät palvelevat seuraavia käyttötarkoituksia:

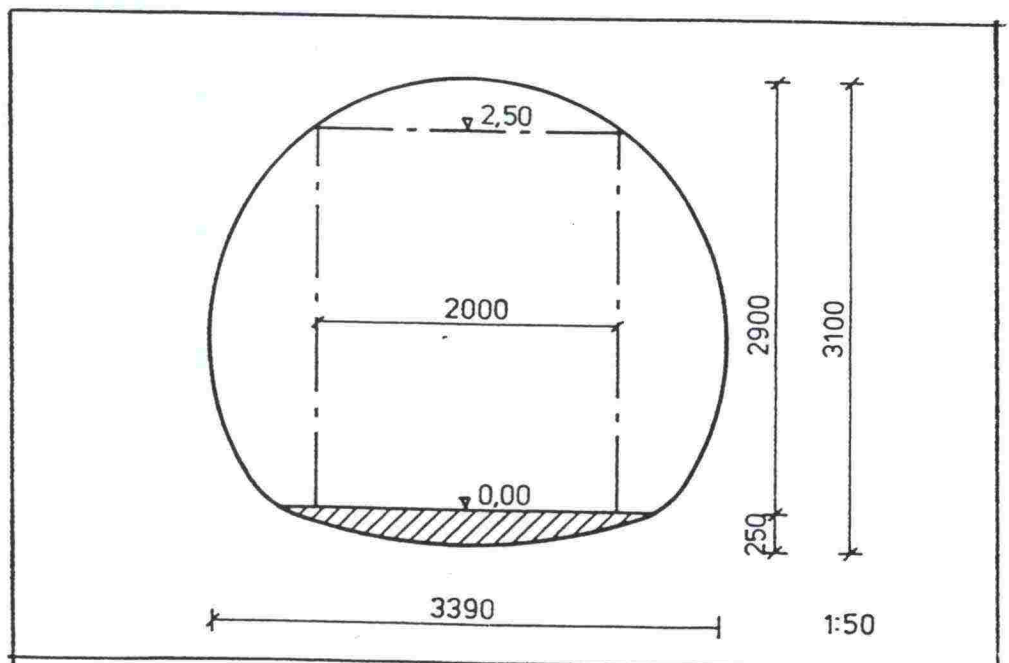
- kevyttä liikennettä
- maataloutta
- ulkoilua.

Aukon koko mitoitetaan alikulkevan liikenteen ja kunnossapitokaluston vaatiman tilan mukaan. Tilapäisteille teräsputki on käyttökelpoinen ratkaisu, koska se on helppo siirtää uuteen paikkaan.

Kuvissa 8 ja 9 on esimerkkejä alikulukäytävistä, jotka on tarkoitettu pienehköjä kohteita varten, joissa koneellinen kunnossapito ei ole välttämätöntä.



Kuva 8. Jalankulkua palveleva alikulkukäytävä esim. ulkoilureiteillä

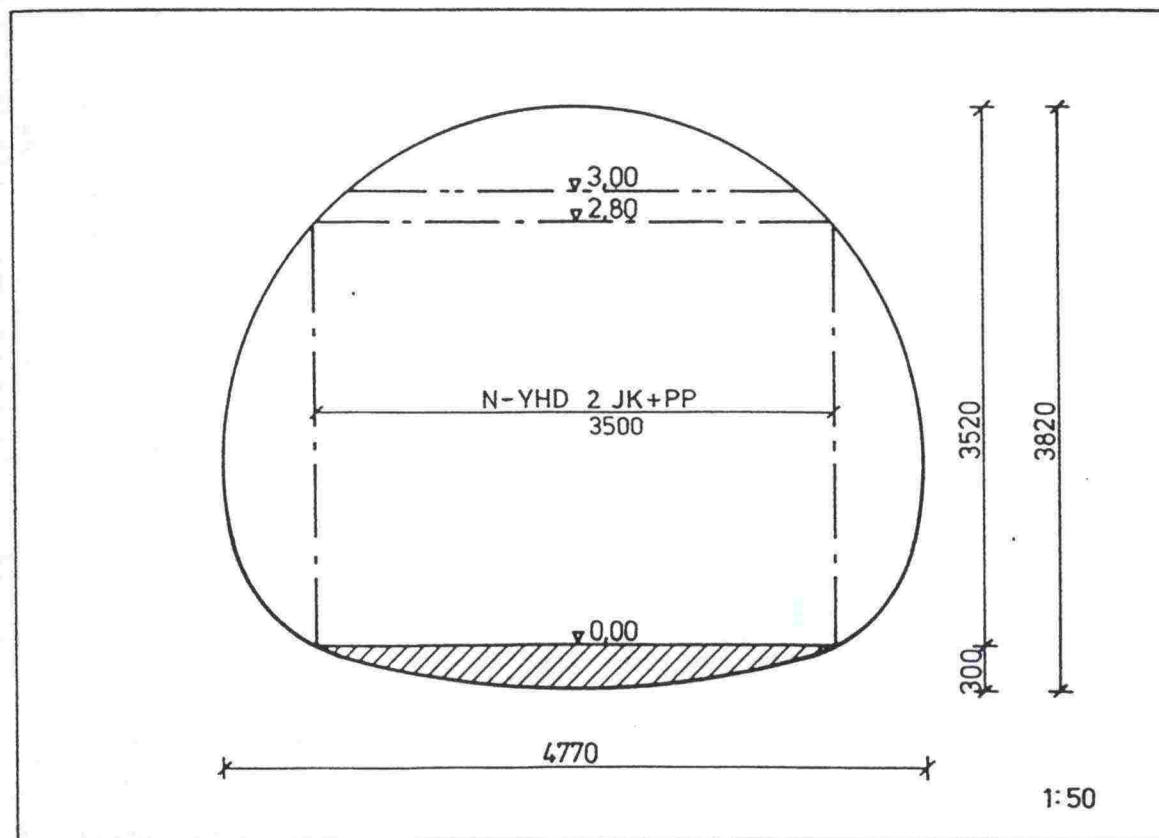


Kuva 9. Alikulkukäytävä-tyyppi. Poikkileikkausmuodoltaan edullinen, pienehköihin kohteisiin (kuvan mitoitus: hiihtotunneli, latupari).

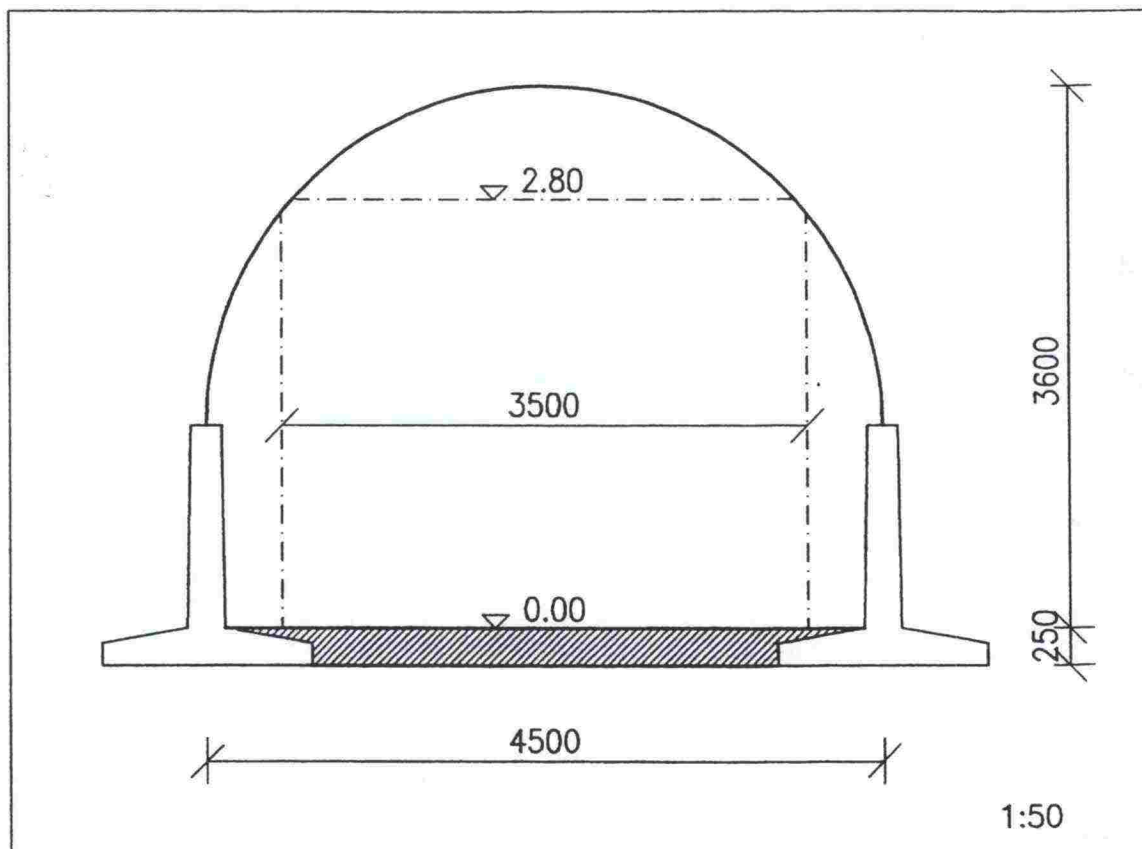
Taulukko 1. Eräiden kunnossapitokoneiden mittoja.

Kone ja lisälaite	Pituus m	Leveys m	Korkeus m	Kääntö- säde m	Akseli- paino t	Kokona- paino t
Tiehöylä (emäterä)						
- pieni Vammas	6,6	2,2/2,5	2,5	8,8	4,1	6,0
- Lokomo AH132-C	8,3	2,5/3,7	3,2	9,9	9,4	13,7
Traktori Volvo BM+ kuormain Valtra VL 2115	5,3	2,2	2,7	5,4	2,2	4,9
-alueaura	6,2	2,8	2,7			5,3
-lumikauha	6,3	2,5	2,7			5,4
-takahiekotin	5,6	2,2/2,7				5,2
-hiekotinvaunu	7,5	2,2	2,7			5,8
-avoharja	6,8	2,4/2,7	2,7			5,3
Puhtaanapitokone VL 942 M	4,2	2,3	2,8		4,4	6,8
-avoharja	6,2	2,4/2,7	2,8			7,2
-avoharja + hiekotin	6,8	2,4/2,7	2,8			7,4
Kuorma-auto Sisu SL 170	7,0	2,5	2,9	6,8	10,0	16,0
-vinoetaura MAC 3600	8,3	2,9	2,9	7,8	10,0	16,0
-alueaura MAC 3300	8,3	3,3	2,9	7,8	10,0	16,0
-lautaslevitin ECON 400 HDW	7,9	2,5	3,3	6,8	10,0	16,0

Kuvissa 10 ja 11 esitetyt alikulkukäytävät on mitoitettu kunnossapitokalu-
luston mittojen mukaan (ks. taulukko 1).



Kuva 10. Alikulkukäytävä.



Kuva 11. Teräslevykaari alikulukäytävänä.

3.2.3 Pohjaolosuhteet

Jos pohjamaa on kantavaa kitkamaata, ei pohjaolosuhteilla ole vaikutusta rumpu- tai siltatyyppin valintaan. Perustaminen tulisikin tehdä kantavan pohjamaan varaan, tarvittaessa esimerkiksi uomaa siirtämällä.

Jos pohjamaan kantavuus on heikohko, on usein tarkoituksenmukaista käyttää teräsputkea niin vesistöissä kuin alikulukäytävänä, koska tällöin voidaan päästä edullisiin perustamisratkaisuihin. Teräsputken etuna betoniputkeen tai teräsbetonirakenteiseen siltaan verrattuna heikosti kantavilla pohjamailla on

- keveys
- joustavuus jäykkiin rakenteisiin verrattuna
- edellä mainituista seikoista johtuen edulliset perustamiskustannukset.

3.3 Rakenteen kantavuusvaatimukset

Rakenteen on kestettävä ohjeessa Siltojen kuormat, TIEL 2172072 määritellyt suunnittelukuormat siinä esitetyillä varmuusperusteilla. Materiaalien suunnitteluperusteiden osalta noudatetaan niistä annettuja tielaitoksen siltoja koskevia ohjeita. Rakenteella ja sen perustuksilla tulee olla riittävä

varmuus murtoon nähden eri murtotavat huomioonottaen eikä niihin saa syntyä haitallisia muodonmuutoksia.

Rakenteen mitoitus voidaan tehdä kohdassa 4.1 esitetyllä yksinkertaistettulla menettelyllä. Levypaksuuksissa otetaan huomioon seuraavat rakenteen säilyvyyteen ja muodonmuutosten välttämiseen pohjautuvat minimiainepaksuudet. Pienimpänä levypaksuutena yleisillä ajoneuvoliikenteen teillä käytetään 0,0008 x halkaisija, mutta vähintään 3 mm, kun putken halkaisija $\geq 2,5$ m ja vähintään 2,5 mm, kun putken halkaisija $< 2,5$ m

Kevyen liikenteen teillä ja yksityisteillä voidaan käyttää 0,75-kertaisia yleisten ajoneuvoliikenteen teiden putkien levypaksuuksia. Pienempää arvoa kuin 2,0 mm ei kuitenkaan käytetä.

Yleisimmille teräsputkityypeille on laskettu rakenteellisen mitoituksen ja edellä mainittujen minimisääntöjen vaatimat levypaksuudet valmiiksi liitteessä A.

3.4 Käyttöikävaatimukset

3.4.1 Yleistä

Käyttöikämitoituksella pyritään varmistamaan putken säilyvyys riittävän pitkään. Ellei hankekohtaisesti muuta määrätä, tavoiteikäikäkinä käytetään 60 vuotta valta- ja kantateillä ja 40 vuotta muilla teillä.

Teräsputken käyttöolosuhteet arvioidaan ja niiden perusteella määritellään ne toimenpiteet, joilla putki suojataan korroosiolta niin, että tavoitteeksi asetettu käyttöikä saavutetaan. Arvioinnissa käytetään hyväksi olosuhdeluokitusta ja kehitettyä käyttöikämitoitusta. Menettelyn avulla lasketut käyttöiät eivät ole tarkkoja, mutta ne osoittavat käyttöiän suuruusluokan ja niitä voidaan käyttää eri vaihtoehtojen vertailuun. Käyttöikämitoitusta käsitellään kohdassa 4.2. Käyttöikämitoitus tehdään erikseen putken yläosalle ja putken alaosalle.

3.4.2 Olosuhdeluokat

Putken sijoitusolosuhteet luokitellaan olosuhdeluokkiin 1...4. Olosuhdekerroin k_i ($i = 1...4$) liittyy olosuhdeluokkaan ja ilmoittaa putken ja sen suojakerrosten kulumisnopeuden olosuhdeluokkaan 1 verrattuna.

Olosuhdeluokka 1, olosuhdekerroin $k_1 = 1$

alikulkuikäikä, yli- ja alikulkevaa tietä ei kumpaakaan suolata
- koko putki kuuluu olosuhdeluokkaan 1

Olosuhdeluokka 2, olosuhdekerroin $k_2 = 1,5$

alikulkuikäikä, ylikulkevaa tietä suolataan
- olosuhdeluokkaan 2 kuuluu putken ulkopuoli putken päissä pientareen ja sivuluiskien alla alkaen pientareen reunasta ja putken sisäpuoli putken alaosassa ulottuen 0,5 m alittavan tien pinnan yläpuolelle.

alikulkuikäytävä, alikulkevaa tietä suolataan

- olosuhdeluokkaan 2 kuuluu putken sisäpuoli edellä määritellyllä tavalla

Muilta osin putki kuuluu olosuhdeluokkaan 1.

Olosuhdeluokka 3, olosuhdekerroin $k_3 = 2,5$

putki vedessä, vesistö lievästi aggressiivinen (ks. 3.4.3)

- tähän olosuhdeluokkaan kuuluu putken alaosa ulottuen 0,5 m keskiveden (MW) yläpuolelle, jolle osalle mahdollinen lisäsuojaus tehdään molemminpuolisena. Putken yläosan olosuhdeluokka määräytyy kuten alikulkuikäytävässä.

Olosuhdeluokka 4, olosuhdekerroin $k_4 = 4$

putki vedessä, vesistö keskinkertaisesti aggressiivinen (ks. 3.4.3)

- tähän olosuhdeluokkaan kuuluu putken alaosa ulottuen 0,5 m:n keskiveden (MW) yläpuolelle, jolle osalle mahdollinen lisäsuojaus tehdään molemminpuolisena. Putken yläosan olosuhdeluokka määräytyy kuten alikulkuikäytävässä.

3.4.3 Veden laadun vaikutus

Veden laadulla on ratkaiseva merkitys putkityypin ja suojauksen valinnassa. Teräsputkien korroosio tietyissä olosuhteissa voi olla ilman lisäsuojasta nopeata.

Korroosio vedessä on riippuvainen useista eri tekijöistä. Vesi voi sisältää syövyttäviä aineita joko liuenneena tai hiukkasina. Virtaavassa vedessä hiukkaset aiheuttavat putken suojauskerrosten kulumista. Teräsputken käyttökelpoisuus suunnittelukohteen vesiolosuhteisiin on ehdottomasti tutkittava ennen putkityypin valintaa. Käyttökelpoisuutta arvioidaan taulukon 2 perusteella, jossa on ilmaistu olosuhdeluokkien raja-arvot.

Teräsputken olosuhdeluokka määritetään taulukon 2 heikoimman ohjearvon perusteella.

Taulukko 2. Vesistöputken olosuhdeluokka veden vaikutusalueella

Olosuhdeluokka	Veden pH	Veden virtausnopeus m/s	Kovuus °dH	Muut tekijät
Olosuhdeluokka 3	> 6	< 0,5	> 1	Kloridit Cl^- < 50 mg/l Sulfaatit SO_4^{2-} < 250 mg/l
Olosuhdeluokka 4	4...6	0,5...2	< 1	

3.4.4 Teräsputken käyttöikään vaikuttavat tekijät

Teräsputken kestävyyyteen korroosiota vastaan vaikuttaa putken levypakkaus, sinkitys ja putken lisäsuojaus.

Putken levypaksuus

Teräksen syöpymisnopeus olosuhdeluokassa 1 on 30 μm vuodessa sekä luokissa 2, 3 ja 4 vastaavasti 45, 75 ja 120 μm vuodessa. Laskelmissa voidaan 20 % putken liitteen A taulukkojen A4 ja A5 mukaisesta levypaksuudesta laskea syöpymisvaraksi. Lisäämällä levypaksuutta voidaan putken mitoituskäyttöikää lisätä, joskin keino on kallis ja tehoton. Levypaksuuden osuus putken kestoikässä $T1 = 0,2 \times \text{levypaksuus}$ jaettuna syöpymisnopeudella. Jos levypaksuutta tarkoituksellisesti lisätään liitteen A taulukkojen A4 ja A5 arvoista, voidaan lisäyksen vaikutus laskea em. kestoikään lisäksi.

Sinkitys

Olosuhdeluokassa 1 sinkkikerros syöpyy 2 μm vuodessa sekä luokissa 2, 3 ja 4 vastaavasti 3, 5 ja 8 μm vuodessa. Alusinkkikerros syöpyy olosuhdeluokissa 1...4 vuodessa 30 % siitä määrästä, mitä sinkki syöpyy. Sinkkikerroksen kestoikä $T2 = \text{sinkkikerroksen paksuus}$ jaettuna syöpymisnopeudella. Sinkkikerroksen paksuutena käyttöikälaskelmissa käytetään keskiarvoa (ks. taulukot 3 ja 4).

Lisäsuojaus maalaamalla tai pinnoittamalla

Epoksiellä tai epoksihartsilla tehty lisäsuojaus kuluu olosuhdeluokassa 1 seuraavasti: epoksiä 4 μm /vuosi ja epoksihartsia 3 μm /vuosi. Olosuhdeluokissa 2, 3 ja 4 epoksiä kuluu 6, 10 ja 15 μm vuodessa ja epoksihartsia 5, 8 ja 12 μm vuodessa. Lisäsuojauksen kestoikä $T3 = \text{suojauksen kerrospaksuus}$ jaettuna syöpymisnopeudella.

Sinkityksen ja epoksimaalauksen muodostama yhdistelmäpinnoitus on kestoältään 1,5-kertainen verrattuna osakerrosten yhteenlaskettuun kestoikään erillisinä kerroksina.

3.5 Materiaalivaatimukset

3.5.1 Betoni

Teräskaaren anturoissa käytetään säilyvyyden varmistamiseksi betonia, jonka lujuusluokka on vähintään K40 ja pakkasenkestävyysvaatimus vähintään P 20.

3.5.2 Levymateriaali ja ruuvit

Monilevyrakenteen levymateriaalin tulee täyttää standardin SFS-EN 10025 luokan S235 JR tai S275 JR vaatimukset tai standardin SFS-EN 10113 luokan 275 N vaatimukset. Kierresaumattujen rakenteiden levymateriaalin tulee täyttää standardin SFS-EN 10142 luokan Fe PO2 G tai standardin SFS-EN 10147 luokan Fe E220 G tai Fe E280 G vaatimukset. Ruuvien myötölujuus $ReL > 320 \text{ N/mm}^2$.

3.5.3 Sinkitys

Monilevyrakenteiden kuumasinkitystä koskee standardi SFS 2765 "Metalliset pinnoitteet. Teräksen ja valuraudan kuumasinkkipinnoitteet kappaletavaroille. Yleistietoja ja vaatimuksia". Siinä määritellään keskimääräinen kerrospaksuus ja paikallinen vähimmäiskerrospaksuus. Sekaannusten välttämiseksi on piirustuksiin ja hankinta-asiakirjoihin merkittävä keskimääräisen kerrospaksuuden lukuarvo ja sulkuihin maininta, että kyseessä on keskimääräinen kerrospaksuus. Taulukossa 3 on standardin arvoja ja pinnoitteen massa.

Taulukko 3. Sinkityksen paksuuden määrittely monilevyrakenteelle standardin SFS 2765 mukaan.

Sinkitys	Kerrospaksuus [μm]		Massa [g/m^2] Molemmat puolet yhteensä
	Keskiarvo	Paikallinen arvo	
Levyypaksuus $t > 6\text{ mm}$			
-kuumasinkitys luokka B/SFS 2765	115	100	1640
-kuumasinkitys luokka A/SFS 2765	95	85	1330
Levyypaksuus $3 < t \leq 6\text{ mm}$			
-kuumasinkitys luokka B/SFS 2765	95	85	1330
-kuumasinkitys luokka A/SFS 2765	85	70	1190
Levyypaksuus $t \leq 3\text{ mm}$			
-kuumasinkitys luokka B/SFS 2765	70	60	980
-kuumasinkitys luokka A/SFS 2765	60	50	840

Jatkuvatoimista kuumasinkitystä käsittelevät standardit SFS-EN 10 042 "Kuumasinkityt muovattavat ohutlevyteräkset. Tekniset toimitusehdot" ja SFS-EN 10 147 "Kuumasinkityt ohutlevyrakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot". Niissä määritellään pinnoitteen massa molempien puolien yhteenlaskettuna arvona. Massan perusteella on taulukkoon 4 laskettu pinnoitteen paksuuden keskiarvo ja yhden pisteen arvo. Yhden pisteen arvossa on otettu huomioon, että standardin mukaan massa voi jakautua epätasaisesti niin, että vähintään 40 % massasta on toisella puolella. Luokka Z840 ei mainittuihin standardeihin vielä sisälly. Siihen voidaan soveltaa samoja toimitusehtoja.

Taulukko 4. Sinkityksen paksuuden määrittely kierresaumatulle rakenteelle

Sinkitys	Massa [g/m^2] (Molemmat puolet yhteensä)		Paksuus [μm]	
	Kolmen kokeen keskiarvo	Yhden kokeen arvo	Keskiarvo	Yksi piste
Kuumasinkitys Z840	840	714	60	43
Kuumasinkitys Z600	600	510	43	30

Ruuvien ja muttereiden tulee olla kuumasinkittyjä ja kerrospaksuuden $45\ \mu\text{m}$. Ruuvien väljyys on valittava siten, ettei sen sinkitys vauriodu kiristettäessä.

Levyypaksuuksilla $\leq 2,5\text{ mm}$ voidaan käyttää sinkityksen sijasta alumiinisinkitystä (55 % AL + 43,4 % Zn + 1,6 % SiO₂). Alumiinisinkityksen keskimääräisen paksuuden tulee olla $25\ \mu\text{m}$ (yksi piste $17\ \mu\text{m}$) ja painon $185\ \text{g}/\text{m}^2$ molemmilla puolilla yhteensä. Tuotteita koskee standardi SFS-EN 10 215 "Jatkuvatoimisella kuumaupotusmenetelmällä alumiinisinkkipinnoitetut ohutlevyteräkset".

4 SUUNNITTELU

4.1 Rakenteellinen mitoitus

4.1.1 Putkeen kohdistuvat kuormat

Maan paino

Putkeen kohdistuva täytemaan painosta aiheutuva pystysuora paine määritetään kaavalla

$$p_m = \gamma h ,$$

jossa γ = maan tilavuuspaino [kN/m³]

h = pystysuora etäisyys maan pinnasta putken pintaan [m]

Täytemaan keskimääräisenä tilavuuspainon arvona laskelmissa voidaan käyttää $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$.

Liikennekuorma

Liikennekuorma kohdistuu maanpintaan yleensä pyöräkuormina. Ajoneuvoliikenteelle tarkoitetuilla yleisillä teillä käytetään mitoituskuormana tietlaitoksen julkaisun Siltojen kuormat (TIEL 2172072) mukaisia kuormia. Kevyelle liikenteelle tarkoitetuilla teillä ja yksityisteillä, joiden rakentamista valtio avustaa, voidaan aallotettujen teräsputkien levypaksuudeksi valita 0,75-kertaiset yleisillä teillä vaadittavat levypaksuudet.

Laskelmissa voidaan olettaa akselikuorman jakautuvan tasan ajokaistan leveydelle (3 m/liikennekuorma I ja 4 m/raskas erikoiskuorma) ja kaistan pituussuunnassa tasan matkalle, joka saadaan lisäämällä pyörän kosketuspinnan pituuteen tarkasteltavan kohdan pystysuora etäisyys maanpinnasta. Akselikuorman voidaan olettaa siten jakautuvan syvyydellä h tasan alueelle, jonka sivumitat ovat kaistan leveys ja $h + 0,2 \text{ m}$ (kuva 12).

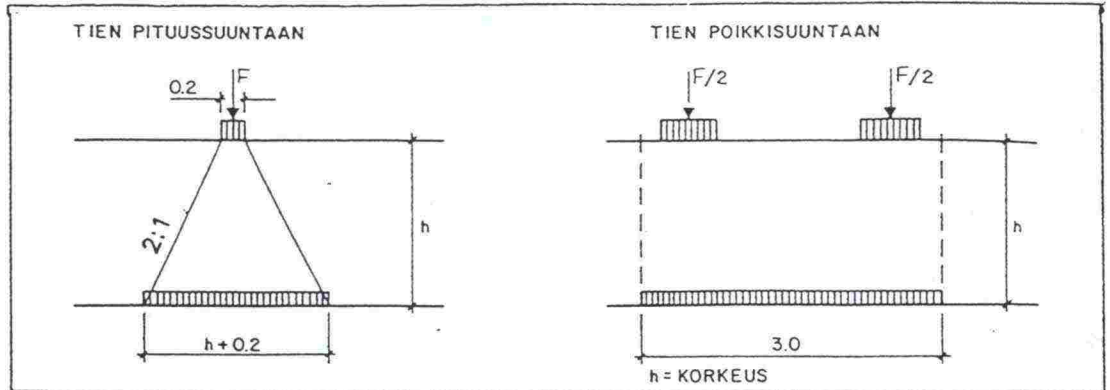
Se osa liikennekuormasta, joka kohdistuu putken leveydelle otetaan putken liikennekuormaksi.

Maan sivuvastuksen kehittyminen

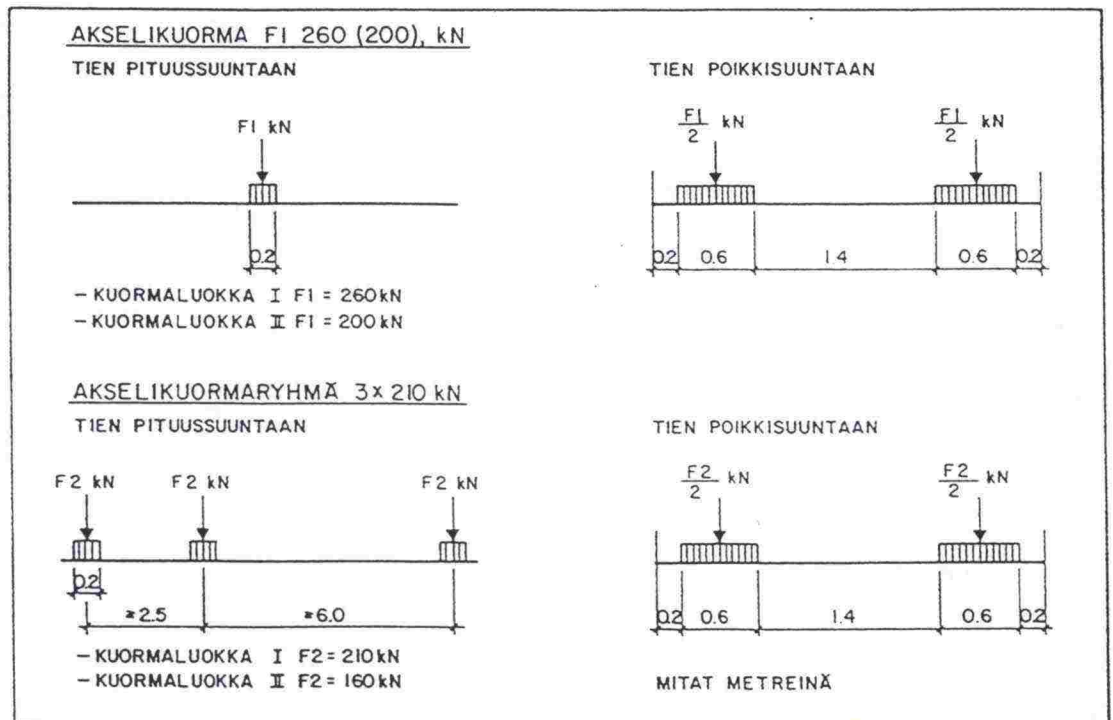
Voimasuureita laskettaessa otetaan huomioon ympäristäytön sivuvastus. Putkeen maasta kohdistuvan sivuvastuksen voidaan otaksua kehittyvän lineaarisesti suhteessa putken siirtymään maata vasten tarkasteltavassa kohdassa. Maan sivuvastus voidaan arvioida kaavasta

$$p_s = k y_s ,$$

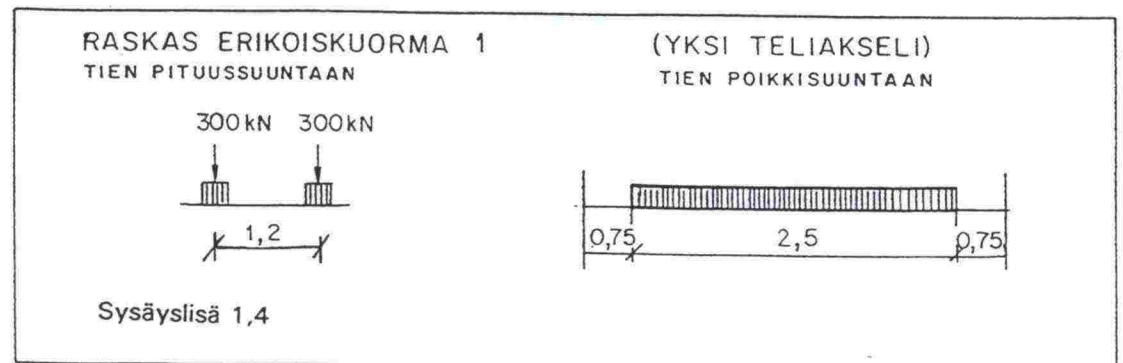
jossa kerroin k voidaan ratkaista ehdosta, että sivuvastus p_s saavuttaa tarkasteltavan syvyyden passiivipainetta vastaavan arvon, kun siirtymä y_s saavuttaa arvon $0,001 b$ (b = putken leveys).



Kuva 12. Otaksuma akselikuorman jakautumisesta maassa



Kuva 13. Ohjeen Siltojen kuormat mukainen akselikuorma ja kuormaryhmä



Kuva 14. Raskas erikoiskuorma

4.1.2 Voimasuureiden likimääräinen laskeminen

Putken seinämään aiheutuva jännitys voidaan laskea putken seinämän jossain kohdassa siinä esiintyvistä normaalivoimasta ja taivutusmomentista.

Taivutusmomentti ja normaalivoima voidaan laskea tarkemmin FEM-analyysillä otaksumalla maalle sivuvastus. Tällaisten laskelmien perusteella on kehitetty likimääräinen laskentatapa taivutusmomentille ja normaalivoimalle, jotka aiheutuvat maan painosta sekä yksittäisestä akselikuormasta tai telikuormasta. Sitä voidaan käyttää putken murtotarkasteluissa.

Normaalivoima

Putken seinämään oletetaan vaikuttavan normaalivoiman (N), joka on putken kehän tangentin suuntainen ja suuruudeltaan puolet putken päällä vaikuttavasta maan painosta ja liikkuvasta kuormasta (akseli tai teli).

Taivutusmomentti

A. Putken päällä olevan maan painosta ja maanpaineesta aiheutuvan taivutusmomentin voidaan mitoittavassa kohdassa arvioida olevan seuraavan:

$$M_1 = 0,002 G_m b,$$

jossa G_m = putken päällä olevan maan paino
 b = putken leveys

B. Liikennekuorman aiheuttama taivutusmomentti voidaan arvioida seuraavasti:

B1. Yksittäisestä akselistä aiheutuvan taivutusmomentin M_2 suuruus mitoittavassa kohdassa voidaan arvioida seuraavasti:

Peitesyvyys $z = 0,5$ m

$$M_2 = 0,01 F_L b, \text{ kun } b = 2 \text{ m}$$

$$M_2 = 0,02 F_L b, \text{ kun } b = 5 \text{ m,}$$

jossa F_L = putkeen kohdistuva yksittäisakselin paino ja
 b = putken leveys tai $2R$, joista suurempi valitaan. (R = putken säde lakialueella)

Kun $2 \text{ m} \leq b \leq 5,0 \text{ m}$, voidaan taivutusmomentin M_2 laskentakaavan vakiokertoimen arvo interpoloida suoraviivaisesti.

Peitesyvyys $z > 0,5$ m

Taivutusmomentti M_2 pienenee suoraviivaisesti suhteessa peitesyvyyteen siten, että syvyydellä $z = b$ taivutusmomentin suuruus on puolet syvyydellä $z = 0,5$ m olevasta arvosta.

B2. Teliakselin aiheuttaman taivutusmomentin likiarvona putken halkaisijan ollessa ≤ 5 m voidaan käyttää sen suurimman yksittäisakselin aiheuttamaa taivutusmomenttia. Kun suurin yksittäisakseli sijaitsee putken laen kohdalla, toinen akseli sijoittuu putken halkaisijan neljänneskohdan alueelle, jossa sen vaikutus laen taivutusmomenttiin on likipitään $= 0$. Toinen akseli voi jopa pienentää maksimivaikutuskohdassa esiintyvää taivutusmomenttia.

Maapohjassa syntyvät rasitukset

Putkesta maahan kohdistuva reaktiopaine putken alapuoliskolla voidaan likimäärin laskea kaavasta

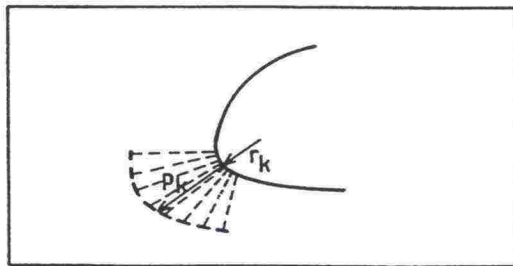
$$p_k = \frac{N}{r_k},$$

jossa p_k = reaktiopaine kohdassa k

N = putken kehällä vaikuttava normaalivoima

r_k = putken kaarevuussäde kohdassa k

Varsinkin matalarakenteisissa putkissa alanurkissa vaikuttavat reaktiopaineet aiheuttavat maapohjaan suuria rasituksia.



Kuva 15. Maapohjaan kohdistuvat rasitukset.

4.1.3 Varmuus

Yleistä

Putki on mitoitettava siten, että sillä on riittävä rakenteellinen varmuus murtumista vastaan käytön aikana sekä suunniteltua käyttöikä (mitoituskäyttöikä) vastaava suojaus korroosiota vastaan. Maapohjan murtumista vastaan on saavutettava riittävä varmuus.

Putken seinän murtuminen

Murtotavat

Putken seinän murtumisen syynä voivat olla

a) puristumurtuma tai taivutuspuristumurtuma, kun seinämän materiaalin myötöraja ylitetään

b) kimmainen nurjahdus, joka aiheutuu kriittisen nurjahduskuorman ylittämisestä

c) edellä mainittujen murtotapojen yhteisvaikutus.

Mikä murtotapa kulloinkin on määräävä riippuu putken taipuisuusluvusta b/i (b = putken leveys, i = seinämän poikkileikkauksen hitaussäde, $i = \sqrt{I/A}$) ja putken ympärillä olevan maan tiiveydestä.

Murtojännitys

Taulukossa 5 ilmoitetaan taipuisuusluvun funktiona se jännitys, jolla rakenne murtuu.

Taulukko 5. Putken seinän murtojännityksen f_{ck} riippuvuus putken taipuisuusluvusta b/i . (f_y = teräksen ylempi myötöraja).

Taipuisuusluku b/i Murtojännitys f_{ck}

≤ 300	$1,0 f_y$
400	$0,8 f_y$
500	$0,6 f_y$

Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.
Taipuisuusluvun tulee olla ≤ 500 .

Varmuus putken seinän murtumista vastaan

Varmuus putken seinän murtumista vastaan selvitetään rajatilameneteltyllä. Kuormissa käytetään seuraavia osavarmuuskertoimia:

- maan paino ja maanpaine $\gamma_g = 1,2$
- liikennekuorma $\gamma_q = 1,8$
- (raskas erikoiskuorma $\gamma_q = 1,4$)

Varmuus murtumista vastaan on riittävä, jos osavarmuuskertoimilla kerrotuista kuormista (laskentakuormista) aiheutuva laskennallinen jännitys ei ylitä aineosavarmuuskertoimella 1,1 jaettua putken murtojännitystä f_{ck} .

Ruuviliitosten varmuus

Ruuviliitoksissa olevien ruuvien tarkastelut tehdään käyttäen laskentakuormien aiheuttamia voimasuureita ja aineosavarmuuskertoimella 1,1 jaettuja ruuvien kestävyysarvoja. Ruuvien kestävyysarvot määritetään Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen B7 Teräsrakenteet mukaan.

Varmuus maapohjan murtumista vastaan

Maapohjaan syntyvät jännitykset eivät saa ylittää maapohjalle sallittavia jännityksiä.

4.2 Käyttöikämitoitus

4.2.1 Yksinkertaistettu käyttöikämitoitus

1. Arvioidaan putken sijoitusolosuhteet ja annetaan putkelle olosuhdeluokka 1, 2, 3 tai 4.

2. Arvioidaan putken mitoituskäyttöikä KI seuraavista kaavoista:

a) sinkitty putki ilman lisäsuojausta

$$KI = T1 + T2$$

b) sinkitty putki suojattuna epoksimaalauksella tai -pinnoituksella

$$KI = T1 + 1,5(T2 + T3)$$

joissa T1 = levypaksuuden osuus kestoikässä

T2 = sinkityskerroksen kestoikä

T3 = lisäsuojauksen kestoikä

(kestoajat T1, T2 ja T3 eri olosuhdeluokissa on määritelty kohdassa 3.4.4)

3. Verrataan mitoituskäyttöikää tavoiteikään ja sovitetaan se osatekijöitä käyttäen sellaiseksi, että mitoituskäyttöikä ylittää tavoiteiän. Käyttöiän lisääminen maalauksen kerrospaksuutta lisäämällä on yleensä taloudellista. Lisäsuojausta on käsitelty kohdassa 4.7.

Esimerkki 1. Teräsputki alikulkukäytävänä, tietä suolataan (olosuhdeluokka 2). Sinkityksen paksuus $85 \mu\text{m}$, levypaksuus $3,5 \text{ mm}$, ei lisäsuojausta. Tavoiteikä on 40 vuotta.

Mitoituskäyttöikä $KI = T1 + T2 = 0,2 * 3500 \mu\text{m} / 45 \mu\text{m} + 85 \mu\text{m} / 3 \mu\text{m} = 15,5 + 28,3 = 43,8$ vuotta. Mitoituskäyttöikä ylittää tavoiteiän, joten putki voidaan valita.

Esimerkki 2. Teräsputki vedessä, jossa aggressiivisuus keskinkertainen (olosuhdeluokka 4). Sinkityksen paksuus $60 \mu\text{m}$, levypaksuus $3,0 \text{ mm}$, lisäsuojaus epoksiellä $250 \mu\text{m}$. Tavoiteikä on 40 vuotta.

Mitoituskäyttöikä $KI = T1 + 1,5(T2 + T3) = 0,2 * 3000 \mu\text{m} / 120 \mu\text{m} + 1,5(60 \mu\text{m} / 8 \mu\text{m} + 250 \mu\text{m} / 15 \mu\text{m}) = 5 + 1,5(7,5 + 16,7) = 41,3$ vuotta. Mitoituskäyttöikä ylittää tavoiteiän, joten putki voidaan valita.

4.2.2 Käyttöikämitoituksen perusteella lasketut käyttöiät eri rakenteille ja suojuuksille

Taulukkoon 6 on laskettu mitoituskäyttöikä eri olosuhdeluokissa putkelle, jonka levypaksuus on 3 mm ja sinkitys $85 \mu\text{m}$ (rakenne a), $60 \mu\text{m}$ (rakenne b) ja $43 \mu\text{m}$ (rakenne c). Suojauksena on maalaus epoksihartsilla EH/100 μm ja EH/200 μm sekä epoksi-pinnoitus E/400 μm .

Taulukko 6. Mitoituskäyttökiä eri suojausvaihtoehdoilla levyaksuudella 3 mm.

Olosuhdeluokka, Rakenne	Levyak- suus [mm]	Sinkitys [μm]	Lisäsu- jaus [μm]	Käyttökiä vuotta
Olosuhdeluokka 1				
Rakenne a	3	85	-	62
Rakenne a, lisäsuojaus EH/100 μm	3	85	100	144
Rakenne b	3	60	-	50
Rakenne b, lisäsuojaus EH/100 μm	3	60	100	115
Rakenne c	3	43	-	42
Rakenne c, lisäsuojaus EH/100 μm	3	43	100	102
Olosuhdeluokka 2				
Rakenne a	3	85	-	42
Rakenne a, lisäsuojaus EH/100 μm	3	85	100	86
Rakenne b	3	60	-	33
Rakenne b, lisäsuojaus EH/100 μm	3	60	100	73
Rakenne c	3	43	-	28
Rakenne c, lisäsuojaus EH/100 μm	3	43	100	65
Olosuhdeluokka 3				
Rakenne a, lisäsuojaus EH/200 μm	3	85	200	71
Rakenne a, lisäsuojaus EH/100 μm	3	85	100	52
Rakenne b, lisäsuojaus EH/200 μm	3	60	200	64
Rakenne b, lisäsuojaus EH/100 μm	3	60	100	45
Rakenne c, lisäsuojaus EH/200 μm	3	43	200	59
Rakenne c, lisäsuojaus EH/100 μm	3	43	100	40
Olosuhdeluokka 4				
Rakenne a, lisäsuojaus E/400 μm	3	85	400	71
Rakenne a, lisäsuojaus EH/200 μm	3	85	200	46
Rakenne b, lisäsuojaus E/400 μm	3	60	400	66
Rakenne b, lisäsuojaus EH/200 μm	3	60	200	41
Rakenne c, lisäsuojaus E/400 μm	3	43	400	63
Rakenne c, lisäsuojaus EH/200 μm	3	43	200	38

4.3 Putken viiste ja suuntakulma

Putket viistetään yleensä tien luiskan kaltevuuteen. Viiste aloitetaan määräkorkeudesta, joka on kolmasosa putken korkeudesta. Tämä vastaa matalarakenteisilla putkilla alanurkkalevyn yläreunan korkeutta. Viistesuhde määrätään kuvan 16 osoittamalla tavalla. Loivissa luiskissa putken viistettyä osaa joudutaan jäykistämään lisäjäykisteellä.

Putken päiden viistämisessä on otettava huomioon putken keskilinjan ja tien keskilinjan välinen suuntakulma. Putki pyritään ensisijaisesti sijoittamaan kohtisuoraan tien alitse. Putki voidaan sijoittaa vinoon tien keskilinjaan nähden, jos

- putki asennetaan uomaan, jota ei ole tarkoituksenmukaista siirtää
- alittavan tien linjaus edellyttää vinoa risteämistä
- putki saadaan näin kokonaisuudessaan kantavan pohjamaan varaan.

Suuntakulman suositusarvot ovat 70, 100 ja 130 gon kuvan 17 mukaisesti.

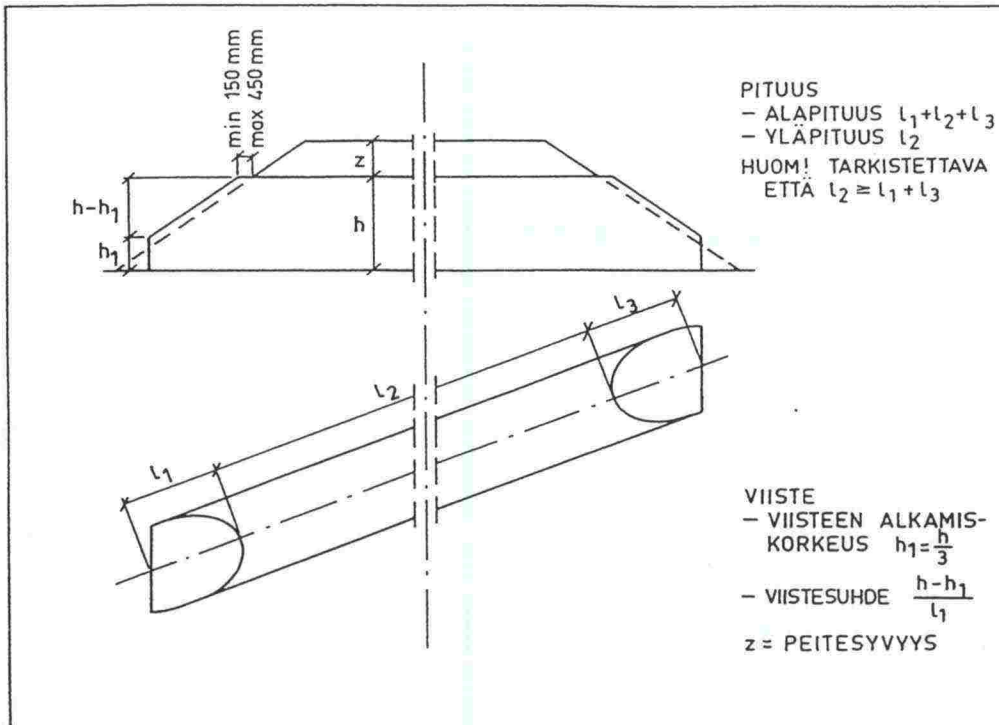
4.4 Pituus

Putken pituudella tarkoitetaan sekä putken laen keskilinjan pituutta eli yläpituutta, että putken pohjan keskilinjan pituutta eli alapituutta (kuva 16).

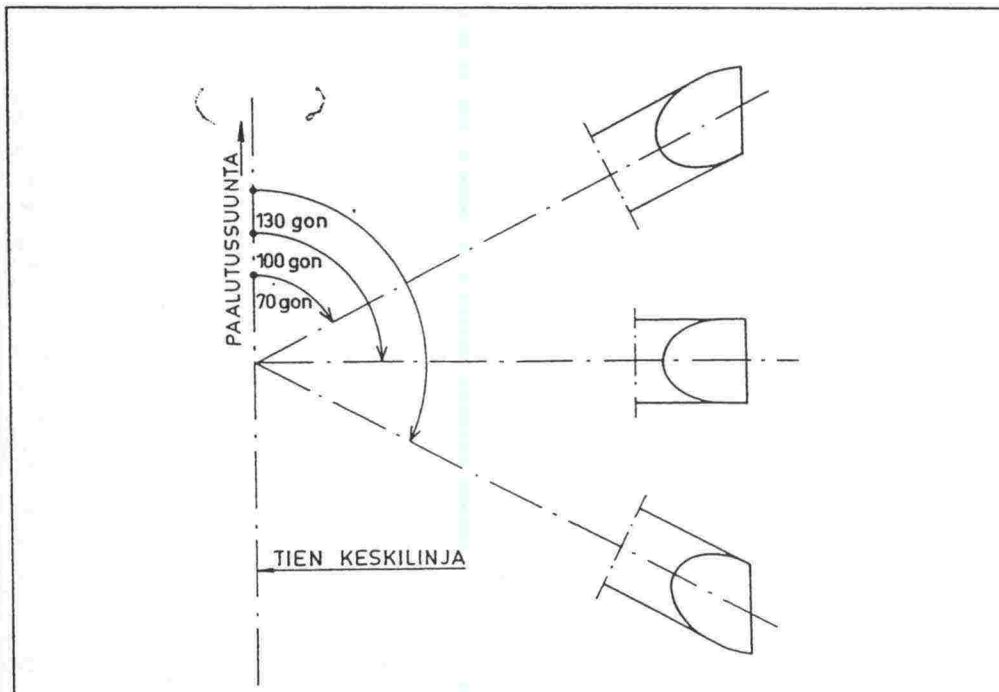
Putken yläpituus määräytyy tien poikkileikkauksen perusteella. Jos putki on viistetty, on putken yläpinnan ulotuttava vähintään 150 mm ja enintään 450 mm tien luiskan ulkopuolelle.

Putken alapituus määritetään viistetyissä putkissa yläpituuden, luiskan kaltevuuden, viisteen alkamiskorkeuden ja putken suuntakulman perusteella.

Jos putken pää on suora, määritetään putken pituus yleensä siten, että noin kolmasosa putken korkeudesta jää tien luiskan sisään. Putki voi olla myös lyhyempi, yleensä tällöin joudutaan putken päätte verhoilemaan kivi- tai laattaverhouksella tai rakentamaan tukimuurit. Putken pituus on harkittava myös ulkonäön kannalta sopivaksi. Putken suoraa päättämistä yleensä vältetään ulkonäkösyistä.

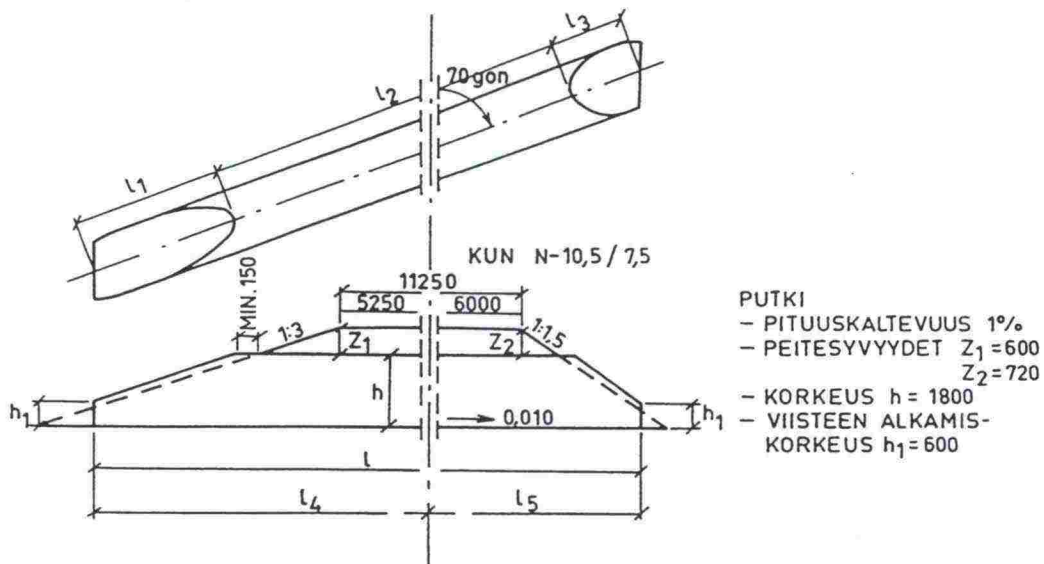


Kuva 16. Putken pituuden ja viistesuhteen määrittäminen.



Kuva 17. Suuntakulma.

Esimerkki: Putken pituuden määrittäminen.



Yläpituus: Määrätään tien poikkileikkauksen, suuntakulman ja peitesyvyyden perusteella, lisättynä minimiylityksellä 2·150 mm. Lisäksi tulee ilmoittaa sallittava pidentymä a=600 mm (ks. kuva 19). Kun suuntakulma on 70 gon on pidentymäkerroin

$$\frac{1}{\sin 70 \text{ gon}} = 1,12$$

$$l_2 = (11250 + 3 \cdot 600 + 1,5 \cdot 720 + 2 \cdot 150) 1,12 + a$$

$$= 16160 + a$$

Alapituus: Määrätään yläpituuden ja viisteiden perusteella lisättynä sallittavalla pidentymällä a=600 mm.

$$l = l_2 + l_1 + l_3$$

$$= 16160 + (3 \cdot 1200 + 1,5 \cdot 1200) 1,12 + a$$

$$= 22210 + a$$

Lisäksi määritetään pituudet l4 ja l5.

$$l_4 = 12095 + \frac{1}{2}a$$

$$l_5 = 10115 + \frac{1}{2}a$$

Kuva 18. Putken pituuden määrittäminen.

4.5 Vierekkäiset putket

Jos hydraulisen mitoituksen, rajoitetun pergerkorkeuden tai muiden syiden vuoksi käytetään vierekkäisiä putkia, on putkien välisen etäisyyden oltava n. putken halkaisijan suuruinen riittävän maan sivupaineen kehittymiseksi putkien välissä.

4.6 Perustaminen

Vesistöön teräsputkea sijoitettaessa tulee ottaa huomioon vesien luonnollinen virtaus, kuivatuksen kokonaisjärjestelyt ja alueella vallitsevat perustamisolosuhteet.

Alikulkukäytävien sijoituksessa on kiinnitettävä huomiota perustamisolosuhteiden lisäksi alikulkevan tien tarkoituksenmukaiseen sijaintiin liikenteen kannalta ja alikulkuikäytävän kuivatus- yms. järjestelyihin.

Paikan valinnalla saattaa olla suuri merkitys rakenteiden kokonaiskustannuksiin, jos perustamisolosuhteet vaihtelevat. Rakenne on pyrittävä sijoittamaan kantavan pohjamaan varaan, kohtisuoraan tietä vastaan, jos se on kokonaisuuden kannalta edullista. Pehmeikköalueilla on rakenteen perustaminen usein edullisinta tehdä pehmeikön reunaan uoma siirtämällä.

4.6.1 Perustamistavat

Teräsputkien perustamisessa noudatetaan yleensä jäljempänä olevia ohjeita ja kuvia. Painuvat penkereet, yms. on suunniteltava erikseen ottaen huomioon putken läheisyydessä suoritettavat geotekniset toimenpiteet.

Perustamistavat A j a B

Rakennuspaikan sijaitessa kantavalla maaperällä perustetaan putki kaivannon pohjalle rakennettavan sora-arinan varaan. Jos pohjamaa on soraa tai hiekkaa, joka täyttää arinalle asetettavat vaatimukset, voidaan putki perustaa tiivistetylle pohjamaalle (kuva 19).

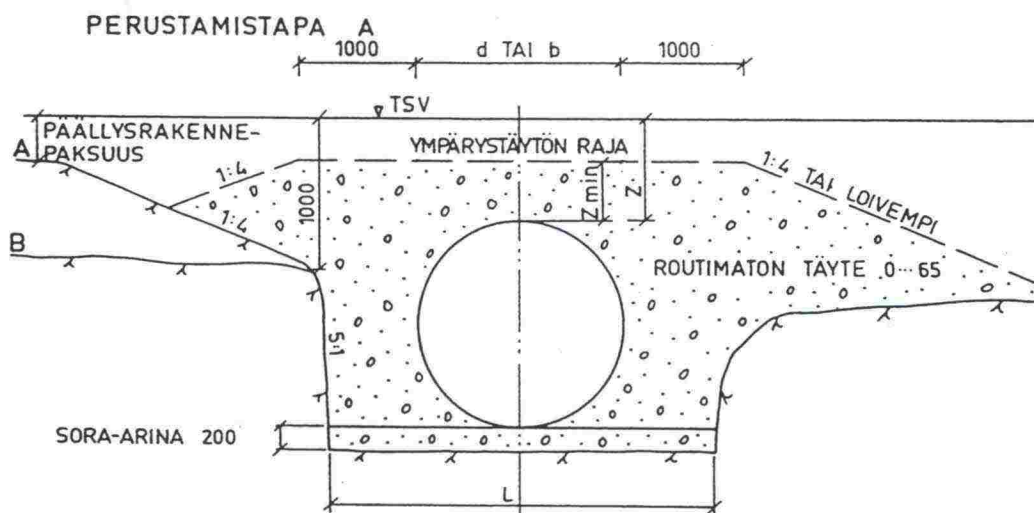
Perustamistapa C

Routivalle pohjamaalle tai pehmeikölle rakennettavan putken perustamistapa on suunniteltava siten, että putken ja läheisen tiepenkereen välinen painumaero sekä tästä aiheutuva haittavaikutus jäävät mahdollisimman vähäisiksi (kuva 20).

Perustamistavat D, E ja F

Perusmaan ollessa niin pehmeää ja huonosti kantavaa, ettei sora-arinan tiivistäminen välittömästi sen varaan ole mahdollista, perustetaan putki kaivannon pohjalle rakennettavaa lavaa käyttäen. Lavan rakenteesta tehdään geo- ja maarakennuspiirustus, muutoin lava voidaan suunnitella kuvan 21 mukaisesti. Kuvassa 21 esitetty lava voidaan tehdä myös teräksisenä poimulevyrakenteena tai lujiterakenteena, jotka suunnitellaan tapauskohtaisesti. Myös massanvaihto voi tulla kysymykseen. Jos perusmaa on huonosti koossa pysyvää, joudutaan kaivutyö tekemään tukiseinien suojassa. Ponttien lyöntisyvyys selvitetään geoteknisten tutkimusten yhteydessä, jolloin erityisesti hydraulinen murtuma tulee ottaa huomioon. Lisäksi tulee kaivannon tukemisessa selvittää tarkoin paikalliset olosuhteet ja käytettävissä olevat tukemismenetelmät yms.

PUTKEN PERUSTAMINEN KALLIOLLE

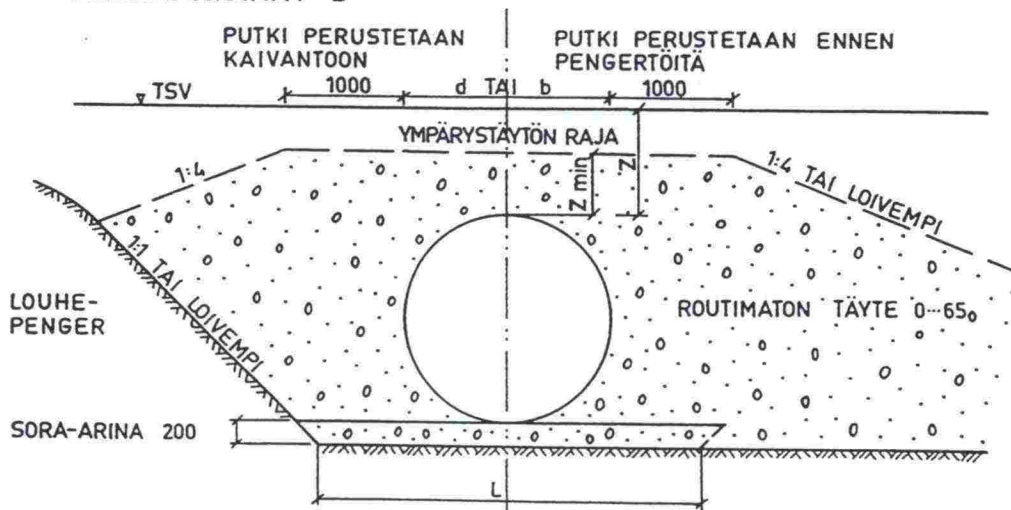


JOS $d(b) < 2000 \text{ mm}$ ON $L = d + 1000 \text{ mm}$
 JOS $d(b) \geq 2000 \text{ mm}$ ON $L = d + 1500 \text{ mm}$

$Z_{\text{min}} = \text{MINIMIPEITESVYVYYS} = 500 \text{ mm}$

PUTKEN PERUSTAMINEN ROUTIMATTOMAN POHJAMAAN TAI PENKEREEN VARAAN

PERUSTAMISTAPA B



JOS $d(b) < 2000 \text{ mm}$ ON $L = d + 1000 \text{ mm}$
 JOS $d(b) \geq 2000 \text{ mm}$ ON $L = d + 1500 \text{ mm}$

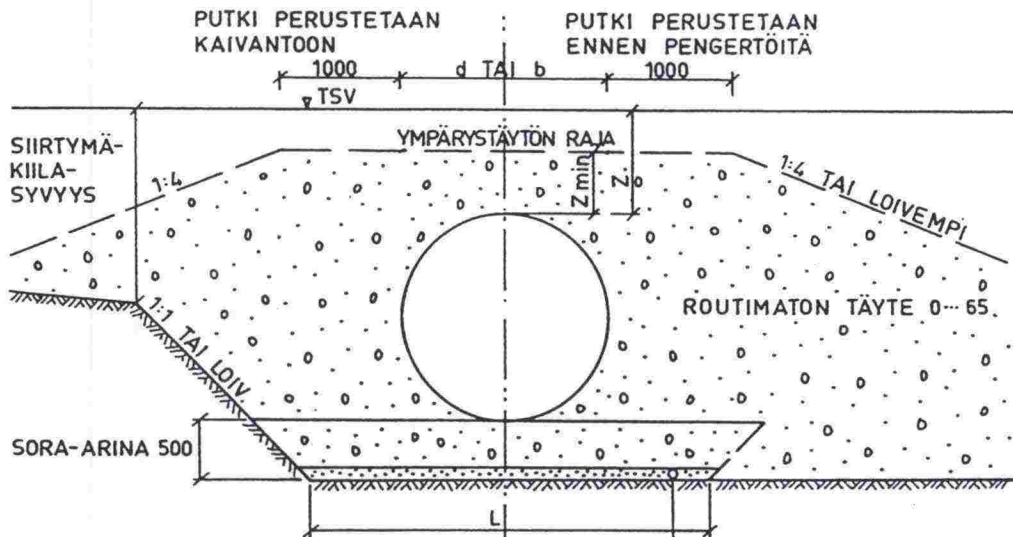
HUOM! JOS POHJAMAAN TÄYTTÄÄ
 ARINALLE ASETETUT VAA-
 TIMUKSET, VOIDAAN PUTKI
 PERUSTAA TIIVISTETYN
 POHJAMAAN VARAAN

$Z_{\text{min}} = \text{MINIMIPEITESVYVYYS} = 500 \text{ mm}$

Kuva 19. Perustamistavat A ja B

PUTKEN PERUSTAMINEN ROUTIVALLE MAALLE TAI PEHMEIKÖLLE

PERUSTAMISTAPA C



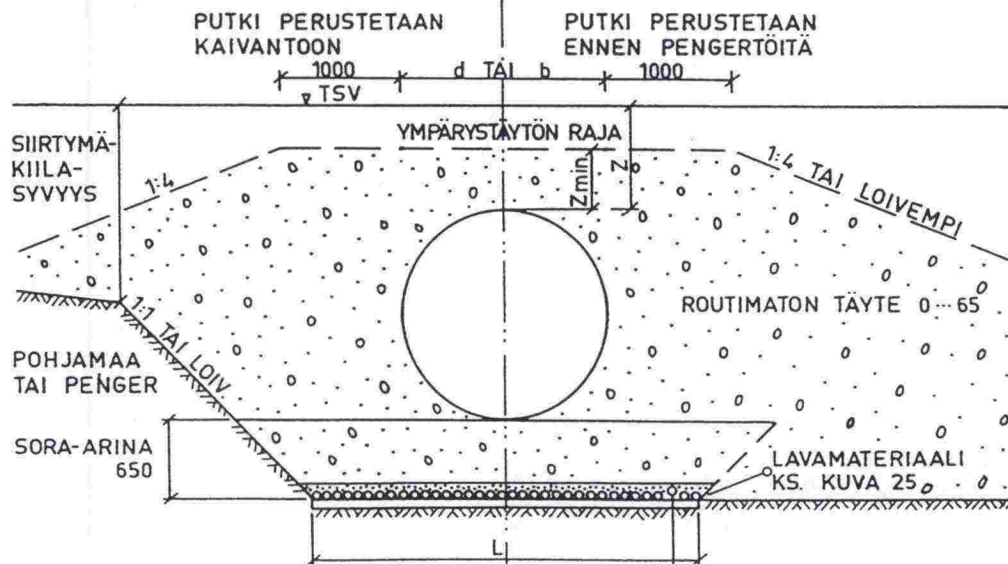
JOS d (b) < 2000 mm ON $L = d + 1500$ mm
 JOS d (b) ≥ 2000 mm ON $L = d + 2000$ mm

TARVITTAESSA TEHDÄÄN 100-200 mm
 PAKSU SUODATINKERROS TAI
 KÄYTETÄÄN SUODATINKANGASTA

Z_{min} = MINIMIPEITESYVYYS = 500 mm

PUTKEN PERUSTAMINEN PEHMEIKÖLLE

PERUSTAMISTAPA D



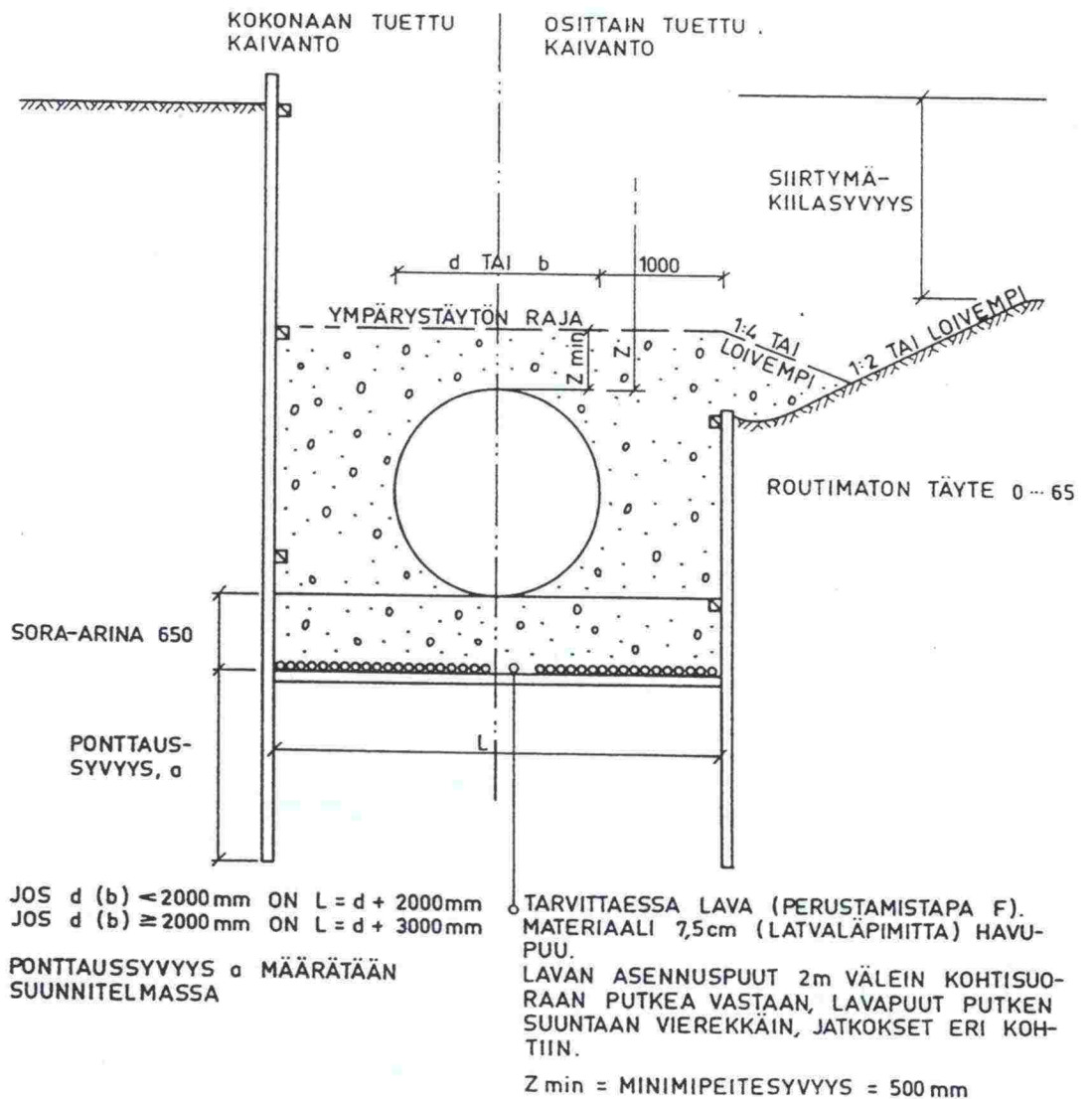
JOS d (b) < 2000 mm ON $L = d + 1500$ mm
 JOS d (b) ≥ 2000 mm ON $L = d + 2000$ mm

TARVITTAESSA TEHDÄÄN 100-200 mm
 PAKSU SUODATINKERROS TAI
 KÄYTETÄÄN SUODATINKANGASTA

Z_{min} = MINIMIPEITESYVYYS = 500 mm

Kuva 20. Perustamistavat C ja D.

PONTTISEINIEN KÄYTTÄMINEN PUTKIA PERUSTETTAESSA
PERUSTAMISTAPA E (EI LAVAA) JA F (LAVA)



Kuva 21. Perustamistavat E ja F.

4.6.2 Arinat

Arinat tehdään sorasta tai murskeesta, jonka tulee olla jakavan kerroksen kiviainesta ja joka ei saa sisältää läpimitaltaan yli 65 mm kiviä. Arina on ulotettava vähintään paksuutensa verran putken päiden ulkopuolelle.

Arinan paksuus on esitetty kutakin perustamistapaa esittävässä kuvassa. Arinan alaosaan tehdään tarvittaessa 100-200 mm paksuinen suodatin-kerros tai käytetään suodatinkangasta. Arinaa ei kuivateta alikulkukäytävän yhteydessä.

Jos maaperä putken alapuolella on routivaa ja sen roudantuminen on todennäköistä (putki kuiva tai uoma vähävetinen), on putken alle tulevan sora-arinan ja mahdollisen putken sisäpuolisen täytön yhteispaksuuden oltava vähintään taulukon 5 mukainen.

Taulukko 5. Sora-arinan paksuus (m).

Piiri	Putken halkaisija	Putken pituus	
		2...4 m	4...6 m
U, T, H, V		1,0	1,3
KaS, SK, K-S		1,2	1,5
O, L		1,4	1,7

Vaihtoehtoisesti voidaan normaalin sora-arinan alle sijoittaa lämpöeriste, jonka lämmöneristyskyky yhdessä sora-arinan kanssa vastaa edellä esitetyn taulukon sora-arinan lämmöneristyskykyä.

4.6.3 Putken korotus

Penger- ja ajoneuvokuorman vaikutuksesta putki painuu keskeltä enemmän kuin päistä. Painumien varalta putkelle on suunniteltava tietty painumavara eli korotus, ellei putkea ole perustettu liikkumattomaksi. Putken korotuksen ansiosta putki säilyttää tarvittavan pituuskaltevuuden.

Korotus tehdään nostamalla putken keskikohtaa teoreettisen viettokaltevuuden mukaisesta arvosta ylöspäin arvioitua painumaa vastaavasti. Korotus ei saa aiheuttaa putken yläpäässä kaltevuutta väärään suuntaan.

Korotuksen suuruus riippuu pehmeikön syvyydestä ja vesipitoisuudesta sekä putkelle tulevan kuormituksen (pengerkorkeus) suuruudesta. Korotuksen suuruus määrätään geoteknisen selvityksen perusteella. Korotuksen suuruus ei saa ylittää valmistajien ilmoittamaa enimmäiskorotusta. Jos arvioitu painuma on suurempi, johtaa se putken koon suurentamiseen tai perustamistavan muutokseen.

Teräsputkien korotus tehdään muotoilemalla arina tasaisen kaarevaksi siten, että suurin korotus on keskellä.

4.7 Lisäsuojaus

Teräsputki tarvitsee tietyissä olosuhteissa sinkkipinnoitteen lisäksi myös muunlaista suojausta. Lisäsuojauksia tarvitaan seuraavissa olosuhteissa:

- Yleensä vesistöputkessa putken alaosassa (ks. kohta 3.4).
- Putken asennus tehdään vedenalaisena työnä ja täyttömateriaalina käytetään murskettä tai murskesoraa.
- Veneily tai muu liikenne aiheuttaa vaurioita.
- Veden voimakas virtaus lisää suojaustarvetta.

Putken suojausmenetelminä tulevat kysymykseen:

- epoksimaalaus, epoksinpintoitus
- bitumisively
- suodatinkangas tms.
- ruiskubetoni
- katodinen suojaus.

Voimakkaan korroosion alaisissa olosuhteissa, kun tarvitaan lisäsuojauksia kohdan 4.2 mukaan, on epoksimaalaus tai -pintoitus suositeltavin lisäsuojaus. Maalauksen ja sinkin muodostaman yhdistelmäpinnoitteen elinikä on pidempi kuin sinkki- ja maalikerrosten yhteenlasketut eliniät. Epoksimaalauksen antama käyttöikä lisäys tarkastellaan kohdan 4.2 mukaan.

Sinkityn pinnan käsittelytyön laadulla on erittäin suuri vaikutus kestoikään. Tämän vuoksi käsittelyt tulee tehdä valvotuissa olosuhteissa ja osoittaa kelpoisuus mittauksilla ja tarkastuspöytäkirjoilla.

Epoksimaalauksessa ja epoksinpintoituksessa noudatetaan soveltuvin osin Sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia, Teräsrakenteet (SYL 4).

Esikäsittely

Pinta on aina puhdistettava huolellisesti ennen maalausta.

Esipuhdistus: Pinnoilta poistetaan pesua haittavat kiinteät epäpuhtaudet. Vesiliukoiset suolat, rasvat ja öljyt poistetaan alkali- tai emulsiopesulla. Pesun jälkeen pinnat tulee huuhdella huolellisesti vedellä.

Karhennus ja sinkkisuolojen poisto: Sinkityt pinnat karhennetaan kevyellä suihkupuhdistuksella, jolloin sinkkikerros saa ohentua enintään 10 µm. Puhallusmateriaalina käytetään puhdasta, kuivaa kuonaa tai kvartsihiekkää, jonka raekoko on 0,5...1,2 mm. Puhallusetaisyys on 0,5...1 m ja puhalluskulma 45 °.

Maalausjärjestelmät

Lievisissä korroosio-olosuhteissa, kuten ulkoilmassa olevat alikulkukäytävät, voidaan käyttää epoksi-polyuretaani-maalausjärjestelmää.

Epoksi-polyuretaani: EPUR100/2-FeZnSa1. Maalaus on tarkoitettu lähinnä ilmastorasitukseen. Värisävyjä on runsaasti.

Vaikeammissa korroosio-olosuhteissa, kuten upotuksessa maahan tai veteen tai voimakkaassa mekaanisessa rasituksessa, tulee käyttää maalausta hartsimodifioidulla epoksimaalilla tai epoksiellä tai epoksinnoitusta.

Hartsimodifioitu epoksimaali: EH100/1-FeZnSa1, EH200/2-FeZnSa1
Värisävyjä on runsaasti.

Epoksipiki: ET125/1-FeZnSa1, ET250/2-FeZnSa1
Väri on musta. Epoksiessä ei saa olla kivihilitervaa.

Epoksinnoitus: E400/1-FeZnSa1
Maalausjärjestelmä edellyttää 2-komponenttiruiskun käyttöä. Värisävyjä on rajoitettu valikoima.

Maaleja käytettäessä niiden soveltuvuus sinkityn pinnan maalaukseen on varmistettava

Maalit ja pinnoitteet soveltuvat käytettäväksi parhaiten maalaamo-olosuhteissa. Asennuspaikalla maalattaessa tai pinnoitettaessa tulee huolehtia olosuhteiden saattamisesta käytetyn maalin vaatimuksia vastaavaksi.

Maalaukseen liittyvät standardit ovat:

- SFS 4956, korroosionestomaalaus, suunnittelu
- SFS 4957, korroosionestomaalaus, esikäsitteilyt
- SFS 4959, korroosionestomaalaus, maalausmenetelmät ja maalaustyö.

Maalausjärjestelmätunnuksen merkitys, esimerkki:

EH200/2-FeZnSa1

EH = maalityyppi (E epoksi, PUR polyuretaani, ET epoksipiki, EH hartsimodifioitu epoksi)

200 = järjestelmän kokonaiskalvonpaksuus

2 = maalauskerrojen vähimmäismäärä

FeZn = teräksinen sinkitty pinta

Sa1 = kevyt suihkupuhdistus

Bitumisively tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen käsitteilykerta tehdään kylmäbitumilla BL-105/85, joka toimii tartukkeena. Tämän päälle tehdään varsinainen bitumisuojaus kuumabitumilla B-95/35 vähintään yhteen kertaan. Bitumin lämpötilan tulee olla noin 200 C. Sopiva ainemenekki on BL-105/85 0,5 kg/m² ja B-95/35 1,5 kg/m² yhteen kertaan käsiteltynä. Kerrospaksuudet on pyrittävä saamaan mahdollisimman tasaisiksi. Pinnoite soveltuu käytettäväksi putken ulkopuolisena suojauksena.

Kuitukangasta tms. suojausta tarvitaan rummun ulkopuoliseen suojaamiseen, jos ympäristäytössä joudutaan käyttämään kalliomurskettä tai soramurskettä (vrt. veteen asennus 6.7). Jos vesi- ja maaolosuhteet edellyttävät epoksimaalauksen tms. käyttöä, riittää tämä yleensä

suojaamaan myös täyttötyön aikaisia vaurioita vastaan, eikä kuitukangasta näin ollen tarvita.

B e t o n i a voidaan käyttää vesistöputkien pohjalevyjen suojaukseen kulumista vastaan. Betonointi tehdään pohjaan kiinnitetyille teräsverkolle ruiskubetonointina.

K a t o d i n e n suojaus on teräsputkissa mahdollinen vaihtoehto lisäsuojaukseksi olosuhdeluokissa 3 ja 4. Suojausta varten tarvitaan asiantuntijan tekemä kohdekohtainen suunnitelma.

4.8 Muut suunnitteluohjeet

4.8.1 Siirtymäkiila

Siirtymäkiila tehdään putken yhteyteen alusrakenteen routivuus- ja kantavuuserojen tasaamiseksi sekä niistä aiheutuvien epätasaisten routimisenousujen ja painumien aiheuttaman haitan pienentämiseksi (ks. TIEL 722300 Teiden suunnittelu, kohta IV 3.23). Kevyen liikenteen teillä siirtymäkiilojen tarve harkitaan tapaus tapaukselta.

Pohjamaan kantavuuden, kustannusten yms. perusteella voidaan siirtymäkiila tehdä myös lämpöeristeitä kuten solumuovia tai kevytsoraa käyttäen (ks. TIEL 722300 Teiden suunnittelu, kohta IV 3.24 tai TIEL 2140002 Teiden suunnittelu IV, Rakenteen parantaminen, kohta 7.44).

4.8.2 Verhoukset

Jos virtaavan veden, aallokon, jään tai muun kuluttavan voiman aiheuttama eroosio on voimakasta, verhoillaan putken pääte. Verhoilu suojaa rakennetta eroosiolta ja antaa sille tyydyttävän ulkonäön (ks. TIEL 2140005 Teiden suunnittelu IV, Kuivatus, kohta 4.242)

Pengerluiskat verhoillaan samoin kuin tien luiskat muillakin osin käyttäen tarvittaessa turveverhousta esimerkiksi korkeiden penkereiden kohdalla. Putkien päätteet sensijaan rakennetaan kestävämmiin, jotta eroosio, liikkuminen tms. vaikutukset eivät aiheuta jatkuvia kunnossapitokustannuksia. Tällöin tarvitaan yleensä kiviverhousta. Sora, sepeli tai kiviheitoke tulevat kysymykseen vain sivuojauputkien päätteissä.

Alikulkukäytävien päätteet verhoillaan ulkonäkösyistä turve-, kivi- tai betonikiviverhouksella. Verhoustapa esitetään suunnitelmassa.

4.8.3 Tukimuurit

Tukimuureja käytetään putken päätteissä silloin, kun pääte joudutaan tekemään kaltevuudeltaan jyrkemmäksi kuin 1:1. Pienehköissä kohteissa voidaan tulla toimeen palkkiverhouksella (kerroskivirakenne) tai louheladoksella. Vaativimmissa kohteissa tukimuurit tehdään teräsbetonista paikalla valettuna tai elementeistä, erikseen laaditun suunnitelman mukaisesti.

4.8.4 Kuivatus

Alikulkukäytävän yhteydessä tulee kiinnittää huomiota pintavesien poisjoh-
tamiseen pintavesikouruilla tai tarvittaessa sadevesijärjestelmällä.

4.8.5 Valaistuslaitteet ja kiinnikkeet

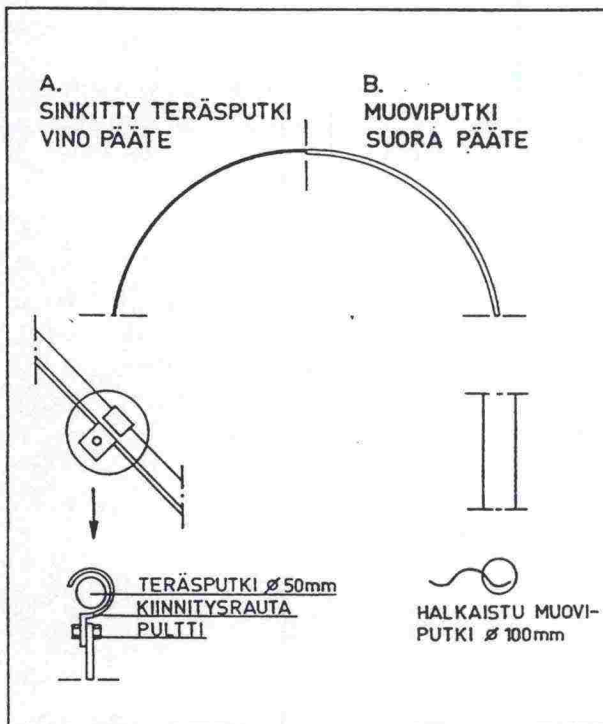
Alikulkukäytäviin joudutaan usein kiinnittämään valaisimia ja kaapelikis-
koja. Valaisimen tulee olla iskunkestävää tyyppiä. Alikulkukäytävien
valaistus toteutetaan hyväksyttävän suunnitelman mukaisesti.

Valaisimet voidaan asentaa upotettuihin tehtaalla valmiiksi rakennettuihin
valaisinkoteloihin.

Vetotankoa tarvitaan vesistöputkissa, joista tulee päästä läpi veneillä ja
jotka ovat niin pieniä, että vene on vedettävä putken läpi. Vetotanko
asennetaan sopivalle korkeudelle putken sivuun.

4.8.6 Alikulkukäytävän pään suojaus

Alikulkukäytävän pään suojaus on tarpeen varsinkin pienemmissä putkis-
sa. Putken pään suojaus voidaan tehdä esimerkiksi kuvassa 22 esitetyllä
tavalla tai erityisesti tarkoitukseen kehitetyillä kumiprofiileilla



Kuva 22. Alikulkukäytävän pään suojaus

5 RAKENTEIDEN HANKINTA JA VALVONTA

5.1 Rakenteiden valmistus ja hankinta

Teräsputkien valmistajalla tulee olla kirjallisesti kuvattu laatujärjestelmä tai laadunvarmistusmenettely, jossa on esitetty valmistusprosessi ja sen eri vaiheissa tehtävät laadunvarmistustoimenpiteet sekä kelpoisuuden osoittamiseksi tarvittavat laatudokumentit.

Teräsputkien valmistuksessa noudatetaan soveltuvin osin Sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia SYL 4, Teräsrakenteet.

Osia valmistettaessa leikkaus tehdään ennen pintakäsittelyä. Kaikkien kiinnityselimien, myös varusteiden kiinnityksessä, kuten ruuvien, pulttien ja naulojen tulee olla kuumasinkittyä tai ruostumatonta terästä.

Teräsputket hankitaan joko urakoitsijan toimesta rakennusurakan yhteydessä urakkasopimuksen perusteella tai laitoksen tavarahankintana. Urakassa ja hankinnassa on noudatettava niitä koskevia yleisiä ohjeita.

5.2 Kuljetus ja vastaanotto

Kuljetuksen sekä varastoinnin aikana on rakenneosat tuettava ja suojattava siten, ettei niihin aiheudu haitallisia muodonmuutoksia ja ettei sinkkipinnoite tai lisäsuojaus vaurioidu.

Rakenteiden vastaanoton yhteydessä tulee toimituserä tarkastaa. Samoin tulee varmistaa suomenkielisten kokoamisohjeiden mukana olo. Jos puutteita (rahtikirja ja toimitus eroavat toisistaan) tai kuljetusvaurioita esiintyy, on tästä tehtävä merkintöjä rahtikirjaan ja reklamoitava valmistajaa.

5.3 Laadunvalvonta

Rakenteiden käyttö edellyttää Tielaitoksen hyväksynnän. Yleisillä teillä käytettävistä putkista on laadittava siltakohtainen yleispiirustus, joka sisältää siltapaikkakohtaisten tietojen lisäksi putkien laatuvaatimukset ja muut tekniset tiedot. Piirustus on hyväksyttävä Tielaitoksen käytännön mukaisesti. Tarvittaessa esitetään rakennepiirustukset, jotka on myös Tielaitoksen käytännön mukaan hyväksyttävä joko tapauskohtaisesti tai yleishyväksyntänä tyyppiinpiirustuksina.

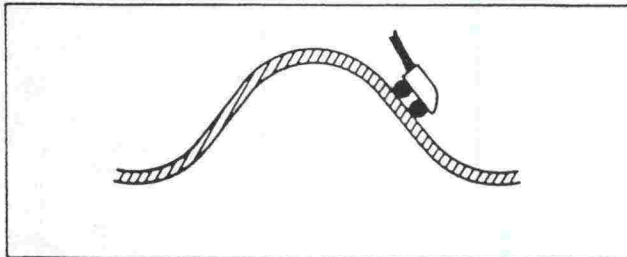
Valmistajan on osoitettava tuotteiden käyttökelpoisuus laatudokumenteilla. Näitä ovat ainestodistukset, osien ja valmiin tuotteen mittauspöytäkirjat sekä mittaustulokset pinnoitteen paksuudesta ja kiinnipysyvyydestä. Laadunvalvonnassa ja kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan soveltuvin osin Sillanrakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa SYL 4, Teräsrakenteet, esitettyjä ohjeita ja vaatimuksia.

Tilaaajan toimesta ja kustannuksella voidaan tehdä pistokokeina seuraavat määrittelyt:

- teräksen laatu
- ruuvien ja materiaalien lujuus
- sinkityksen paksuus
- maalikalvon paksuus ja kiinnipysyvyys.

Ennen kokoamista tehdään sinkkipinnoitteen paksuusmittaukset pistokokein.

Sinkityspaksuuden mittauksessa noudatetaan standardia SFS 2768. Mittauskohta on ennen mittausta puhdistettava liasta yms. Tavallisesti samasta mittauspisteestä otetaan kolme lukemaa, joiden keskiarvo on mittauspisteen arvo. Mittauksessa saadaan luotettavin tulos sijoittamalla anturi aallotuksen suoralle osuudelle kuvan 23 mukaisesti. Mittauspisteet merkitään sopivalla maalilla myöhemmin mahdollisesti suoritettavia tarkistusmittauksia varten.



Kuva 23. Sinkityspaksuuden mittaus

Asennus- ja rakennustyön laadunvalvonnassa noudatetaan, mitä edellä näissä ohjeissa ja tierakennustöiden laadunvalvontaohjeissa on sanottu.

5.4 Tietojen rekisteröinti

Silloiksi luettavista putkista ($d \geq 2$ m) talletetaan tiedot siltarekisteriin. Rakennetusta teräsputkesta voidaan täyttää myös ominaistietokortti piirin käytännön mukaisesti.

6 RAKENTAMINEN

6.1 Yleistä

Aallotetun teräsputken rakentamisessa ja uusimisessa on seuraavat työvaiheet:

- kaivannon teko
- arinan teko
- asennus
- ympäristäytty ja viimeistely.

Putken kokoamisessa on kolme tapaa:

- putki toimitetaan työmaalle valmiina yksikkönä
- putki kootaan kaivannossa
- putki kootaan kaivannon ulkopuolella.

Asentamistavan valinta riippuu käytettävästä putkityypistä, rakennuspaikan olosuhteista, työn kiireellisyydestä ja käytettävissä olevasta nosturikalustosta. Putken kokoaminen työmaalla on yleensä helpointa suorittaa kaivannon ulkopuolella. Jos putken nostoon sopivaa nosturikalustoa ei ole kohtuullisin kustannuksin saatavissa, kootaan putki kaivannossa.

6.2 Kaivannon teko

6.2.1 Kaivu

Kaivanto tehdään kuvien 19...21 mukaisesti, ellei rakennussuunnitelmassa ole muuta osoitettu. Lisäksi on otettava huomioon työsuojelua koskevat ohjeet (Työturvallisuuslaki 299/58, Rakennustyön järjestelyohje 274/69 ja muutos 496/72)

Kaivutyön yhteydessä on varottava olemassa olevia kaapeleita ja johtoja. Lähestyttäessä suunnitelman mukaista kaivannon pohjaa, on kaivutyö tehtävä varsinkin hienojakoisessa maalajissa varovasti, jotta ei häiritä perustusten alle jäävää pohjamaata ja jotta pohjamaan pinta saadaan mahdollisimman tasaiseksi. Kaivannon pohjatasoa ei tule kaivaa suunnitelman mukaista tasoa syvemmälle.

Valmiin kaivannon pinnassa olevat kivet tulee poistaa, jos ne voivat liikkua ja vaurioittaa putkea tai haitata ympäristäytön tiivistämistä.

Jos putki joudutaan perustamaan syvälle tai jos olosuhteet muutoin ovat epäedulliset, on kaivanto tuettava. Jotta hydraulista murtumaa ei pääse tapahtumaan on pontit lyötävä suunnitelman edellyttämään syvyyteen.

Kaivumassojen läjittäminen on tehtävä riittävän kantavalle maalle. Kaivannon viereen ei saa läjittää kaivumassoja siten, että luiskien vakavuus vaarantuu.

Kaivannon teon aikana on tarkkailtava, pitävätkö suunnittelun perustana olleet pohjatutkimustiedot paikkansa. Erityisesti on tarkkailtava, että maapohjan laatu ja kantavuus perustamistasolla vastaavat suunnitelmassa esitettyjä tietoja. Havaituista eroista tulee ilmoittaa suunnittelijalle, jotta mahdolliset perustamis- ja kaivannon tukemistavan muutokset voidaan tehdä riittävän ajoissa.

6.2.2 Kaivannon kuivanapito

Yleensä putken perustus pyritään rakentamaan kuivatyönä. Kun putki rakennetaan vesiuomaan, on veden virtaus kaivantoon estettävä. Jos virtaama on pienehkö, riittää, että uoma padotaan maapadolla tai ponttiseinällä. Tarvittaessa vesi on kuitenkin ohjattava riittävän kauas rakennuspaikasta sivu-uomaan. Kaivantoihin noussut vesi poistetaan pumpaamalla. Herkästi häiriintyvien maalajien ollessa kysymyksessä veden poisto järjestetään myös kaivannon ulkopuolelle tehdyistä pumppukuo-
pista. Tällaisissa tapauksissa voidaan kaivannon kuivanapito järjestää parhaiten pohjavedenpintaa alentamalla. Pohjavedenpinnan alentamisen jälkeen voidaan kaivu- ym. työt suorittaa ilman vesivaikeuksia.

6.3 Arinat

Arinat tehdään eri perustamisratkaisuisissa kuvien 19...21 mukaisesti. Arinan materiaalin rakeisuusohjealue on esitetty kuvassa 25.

Arina on tiivistettävä tehokkaasti tärylevyllä tai sileävalssijyrällä enintään 200...300 mm kerroksina. Arinan ylimmän 200...300 mm kerroksen on teillä, joilla käytetään päällysrakenteita 1...6, täytettävä keskimäärin 90 % tiiviysvaatimus (parannettu Proctor-menetelmä). Tiiviysmäärityksiä tehdään vähintään kaksi arinan ylimmästä kerroksesta. Yleensä tiiviys saavutetaan tärylevyllä (TL 00, TL 02) jyräyskertamäärällä 4 ja sileävalssijyrällä (JTM 00) jyräyskertamäärällä 4-6.

Liikajräystä tulee välttää, koska siitä usein on seurauksena rakennekerrosten löyhtyminen uudelleen.

Arinan yläpinta muotoillaan putkelle määrätyn korotuksen mukaisesti. Arina voidaan muotoilla myös putken pohjan muotoiseksi. Erityisesti matalarakenteista putkea käytettäessä arinan muotoilu helpottaa putken ympärystäytön tiivistämistä.

Lämpöeristetty arina tehdään suunnitelman edellyttämällä tavalla. Lämpöeristelevyjen asennuksessa on erityistä huomiota kiinnitettävä levyjen limitykseen.

6.3.1 Suodatinrakenteet

Routivan pohjamaan varaan rakennettavan arinan alaosaan on tehtävä suodatinkerros tai vaihtoehtoisesti käytettävä suodatinkangasta. Suodatinkerros rakennetaan suodatinhieasta (ks. TIEL 2212460 Tierakennuksen yleinen työselitys, Penger- ja kerrosrakenteet). Suodatinkangasta käytetään, kun hiekan käyttö ei ole taloudellista tai pohjan pehmeiden vuoksi

hiekkasuodattimen rakentaminen ei ole mahdollista. Jos putki kootaan kaivannossa, on työn kannalta miellyttävämpää käyttää suodatinkangasta.

6.3.2 Arinan tukirakenteet

Lavat rakennetaan perustamistapoja D ja F esittävien kuvien 20 ja 21 tai suunnitelman mukaisesti. Lavapuiden jatkaminen tulee suorittaa niin, etteivät vierekkäisten puiden jatkokset satu samalle kohdalle.

6.4 Asennus

6.4.1 Asennusohjeet

Ennen varsinaisen asennustyön aloittamista on kiinnitettävä huomiota työpaikkajärjestelyihin. Kaikki tarvikkeet, levyt, ruuvit ja työkalut yms., on lajiteltava erikseen siten, että erityyppiset osat löytyvät helposti.

Levyrakenteiden kokoaminen voidaan tehdä puisella asennusalustalla. Asennusalustan tulee olla suora ja tasainen eikä se saa liikkua työn aikana. Jos putki on koottu kaivannossa, poistetaan asennusalusta ennen ympäristäytystä. Mitään pysyviä asennustelineitä tai tukia ei saa jäädä putkeen tai putken ulkopuolelle.

Putki kootaan valmistajan ohjeiden mukaan. Levyt limitetään siten, ettei täytteen läpi valuva vesi ohjaudu putken sisään. Ruuvit asennetaan vesistöputkissa siten, että ruuvin kanta tulee aallon pohjaan ja mutteri harjalle. Alikulkukäytävässä sen sijaan tulee ruuvit asentaa sisäpuolelta käsin pohjatäytön yläpuolisella putken osuudella. Ruuvit kiristetään valmistajan ohjeen mukaisessa järjestyksessä. Ruuvien kiristämisessä käytetään sähkökäyttöistä tai paineilmalla toimivaa mutterinkiristäjää. Sopiva kireys saavutetaan vähintään 250 Nm vääntömomentilla.

Kierresaumaputket voidaan jatkaa hyväksyttävää jatkostyyppiä käyttäen valmistajan ohjeen mukaisesti.

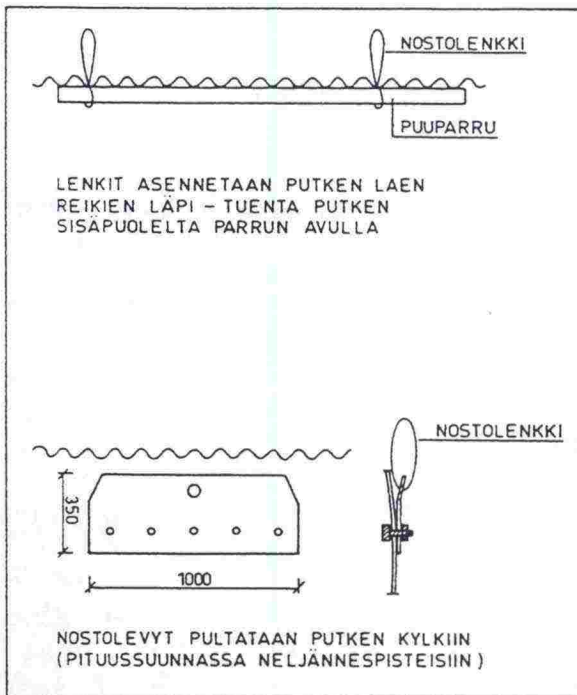
Aallotetut teräsputket on suunniteltu siten, ettei niitä tai niiden osia tarvitse työmaalla leikata. Pakottavissa tapauksissa leikkaus on tehtävä laikalla siten, että leikkausjälki on siisti eikä pinnoite sen ympäristössä vaurioidu. Leikkauskohdan pintakäsittely korjataan heti leikkauksen jälkeen hiomalla vaurioalueen reunat ja maalaamalla kohta siveltimellä sinkkiepoksi- ja tarvittaessa lisäksi epoksimaalilla siten, että kalvonpaksuus vastaa alkuperäistä pinnoitetta (ks. kohta 7.4.2).

6.4.2 Nostotapa

Kaivannon ulkopuolella koottu putki nostetaan kaivantoon nosturilla. Nostamisessa käytetään nostoliinoja, köysiä tai vaijereita. Vaijereita käytettäessä on putki suojattava vaijereiden kohdalta säkein tms. pehmikkein. Nostamisessa on myös muutoin noudatettava erityistä varovaisuutta ettei sinkitys tai lisäsuojaus vaurioidu. Nostamista varten voidaan putken sivuille asentaa erilliset nostolevyt tai putken läpi voidaan laittaa sisäpuolelta tuetut erilliset nostolenkit (kuva 24). Sopivat nostopisteet ovat neljännespisteet.

Jos putki on koottu kaivannossa, nostetaan putkea sen verran, että asennusalusta voidaan purkaa. Nostamiseen voidaan käyttää tunkkeja, traktoria yms., koska putkea ei tarvitse nostaa kokonaisuudessaan ylös. Nostamisessa on varottava vaurioittamasta sinkitystä ja lisäsuojausta. Pinnoitteen vauriot korjataan kohdan 7.4.2 mukaisesti.

Putki asetetaan huolellisesti paikalleen sora-arinalle ja tuetaan oikeaan asentoonsa. Ruuvien kireys tarkistetaan noston jälkeen ja tarvittaessa suoritetaan jälkikiristäminen.



Kuva 24. Sisäpuolelta tuetut nostolenkit ja nostolevyt.

6.5 Täyttö

Teräsputken kestävyys perustuu putken ja ympäröivän maan yhteisvaikutukseen. Sen tähden on täyttömateriaalin valintaan sekä täyttö- ja tiivistystyön huolelliseen suorittamiseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Ennen ympärystäytön aloittamista on tarkistettava, että putki on oikeassa asennossa. Ympärystäytön alussa putki voidaan tarvittaessa tukea paikoilleen.

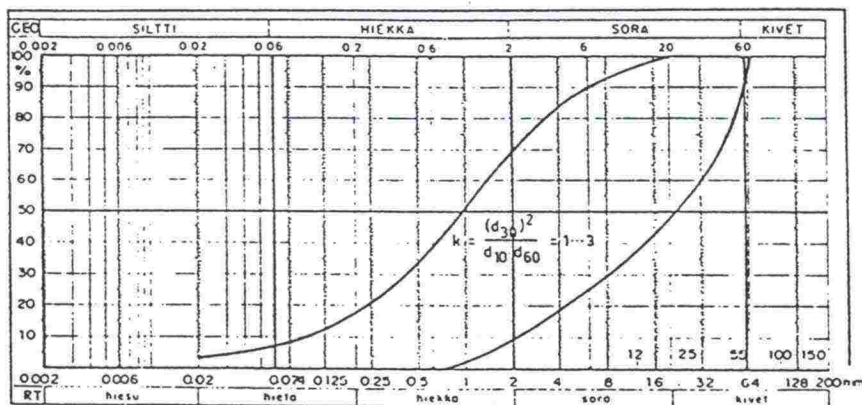
6.5.1 Täyttömateriaali

Ympärystäyttö tehdään sorasta, joka täyttää jakavan kerroksen laatuvaatimukset eikä se saa sisältää läpimitaltaan 65 mm suurempia kiviä. Täyttöön käytettävä materiaali ei saa olla jäässä eikä se saa sisältää lunta tai jäätä. Murskattua kiviainesta käytetään vain erikoistapauksissa (ks. kohta 5.7.3).

6.5.2 Ympäristäyttö ja tiivistäminen

Ympäristäyttö aloitetaan sullomalla molemmilta puolilta samanaikaisesti soraa putken alle. Veden virtaus putken alle ja siitä johtuva täyttömateriaalin poishuhtoutuminen on estettävä esimerkiksi savisulun avulla. Putken alustan täyttö on tiivistettävä huolellisesti käsi- tai konejuntalla. Matalarakenteisen putken alustan täyttö on tiivistettävä erityisen huolellisesti. On kuitenkin varottava tiivistämisestä liikaa, koska tällöin putki saattaa nousta ylös arinalta.

Varsinainen ympäristäyttö tehdään 200...300 mm vaakasuorina kerroksina samanaikaisesti putken molemmilla puolilla. Täyttömateriaalia ei saa tyhjentää auton lavalta suoraan putken ympärille. Jokainen kerros on tiivistettävä huolellisesti koko kaivanon ympäristäytön leveydeltä kuvien 27, 28 mukaisesti. Tiivistyskoneina käytetään tärylevyä tai sileävalssijyrää, esimerkiksi TL 00, TL 02 tai JTM 00. Tiiviysvaatimus on 90 % (parannettu Proctor-menetelmä). Tämä saavutetaan tärylevyä käyttäen neljällä (4) jyräskerralla ja sileävalssijyrällä neljästä kuuteen (4-6) jyräskerralla. Tiiviysmäärittämiä tehdään laadunvalvontaohjeiden mukaisesti. Täyttömateriaalin tiivistyminen voidaan määrittellä kokein myös etukäteen. Kevyen liikenteen teillä, yksityisteillä ja maatalousliittymissä ei tiiviysmäärittämiä yleensä tarvitse tehdä.



Kuva 25. Ympäristäytön rakeisuus-ohjealue.

Ympäristäyttöä jatketaan kunnes minimipeitesyvyys (= 500 mm) on saavutettu. Tiivistäminen tapahtuu putken yläpuolisella osuudella vasta kun peitesyvyys ylittää 300 mm. Jos ympäristäyttö on osa päällysrakennetta, tehdään ympäristäyttö valmiiksi ja tiivistetään. Tämän jälkeen höylätään ylimääräinen ympäristäyttö pois, jos se ei täytä päällysrakenteelle asetettuja vaatimuksia. Jos putken ympäristäyttöön käytetään murskettä tai murskesoraa, on putki suojattava tältä osin suodatinkankaalla.

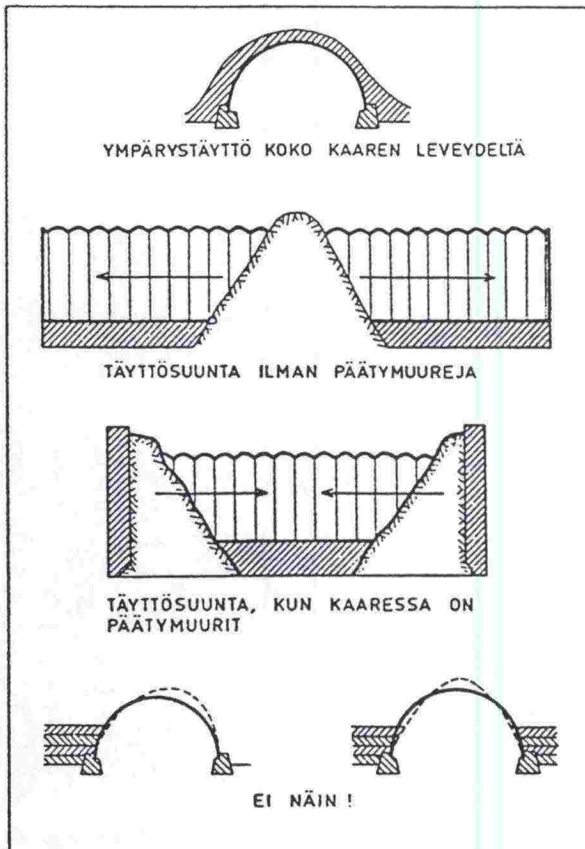
Ympäristäytön epätasainen tai liiallinen tiivistäminen voi aiheuttaa putkessa muodonmuutoksia. Näiden välttämiseksi on putken poikkileikkauksen mitat tarkistettava tiivistästyön edetessä. Jos jännemitassa esiintyy yli 2 % muodonmuutoksia, on tiivistystehoa pienennettävä.

Putken yli ei saa ajaa raskailla työkoneilla tai autoilla, ellei putken yläpuolella ole putkelle määrättyä minimipeitesyvyyttä. Työn aikana voidaan putken yläpuolelle tehdä väliaikainen ylikulkukohta sorasta.

Tarvittavat pengertyöt voidaan tehdä normaalisti, kun esimerkkikuvien mukaiset ympärystäytöt on tehty.

Ympärystäyttö tulee tehdä kuvan 28 mukaisesti myös siinä tapauksessa, että perustamisolosuhteet edellyttävät kevennettyä siirtymäkiilaa tai pengertä.

Kaaret peitetään aluksi noin 300 mm paksuisella ympärystäytöllä, joka tiivistetään varovasti juntalla. Ympärystäyttö aloitetaan kaaren keskikohdalta kaaaren päiden suuntaa, jos kaaren päissä ei ole päätymuureja. Jos käytetään päätymuureja, aloitetaan ympärystäyttö molemmista päätymuureista samanaikaisesti kohti kaaren keskiosaa (kuva 26).



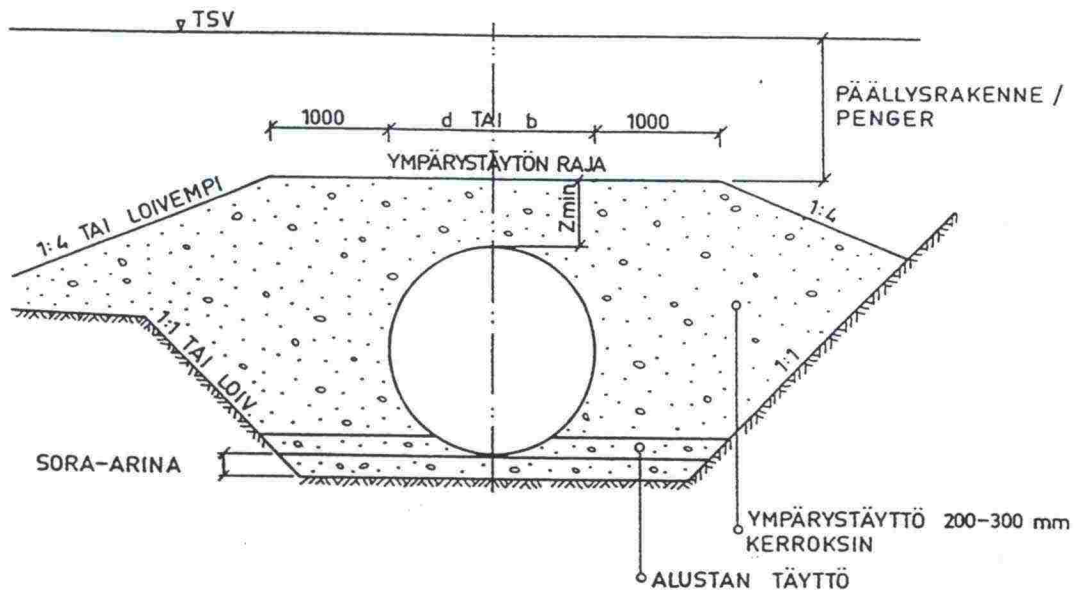
Kuva 26. Kaaren ympärystäyttö.

6.6 Muut rakentamishjeet

Siirtymäkiilat rakennetaan Teiden suunnittelu-ohjeiden mukaisesti (TIEL 722300, kohta IV 3.23).

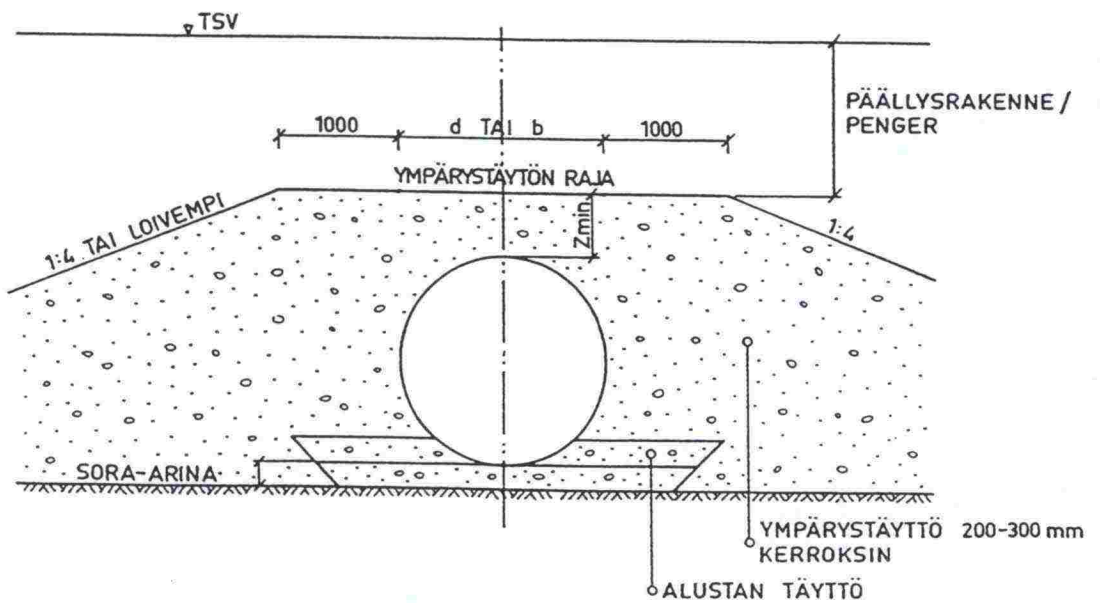
Verhoukset ja tukimuurit tehdään suunnitelman mukaisesta materiaalista. Eryistä huomiota on kiinnitettävä verhousten ja tukimuurien perustamiseen.

YMPÄRYSTÄYTTÖ
 A. YMPÄRYSTÄYTTÖ



Z_{min} = MINIMIPEITESVYVYYS = 500 mm

PUTKEN YLÄPUOLINEN OSUUS
 TIIVISTETÄÄN 300mm PEITESVYVYDELTÄ



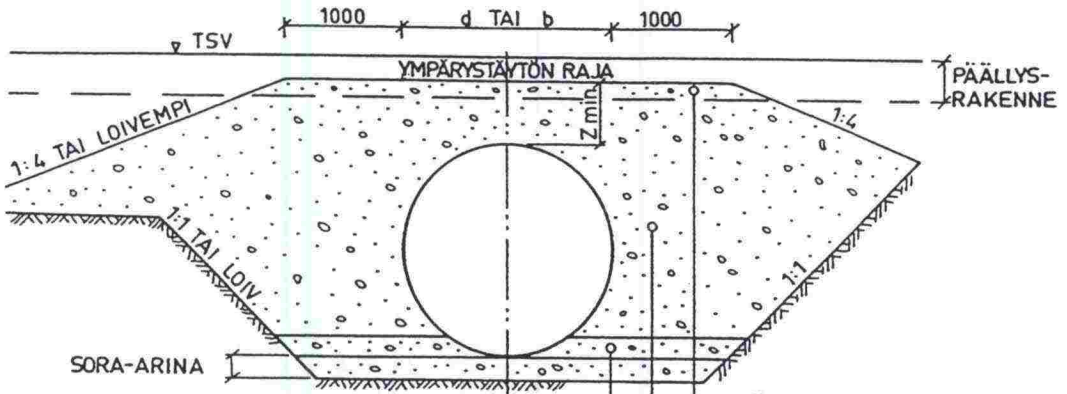
Z_{min} = MINIMIPEITESVYVYYS = 500 mm

PUTKEN YLÄPUOLINEN OSUUS
 TIIVISTETÄÄN 300 mm PEITESVYVYDELTÄ

Kuva 27. Ympärystäyttö. Tien päällysrakenne tulee ympärystäytön päälle.

YMPÄRYSTÄYTTÖ

B. YMPÄRYSTÄYTTÖ ON OSA PÄÄLLYSRAKENNETTA

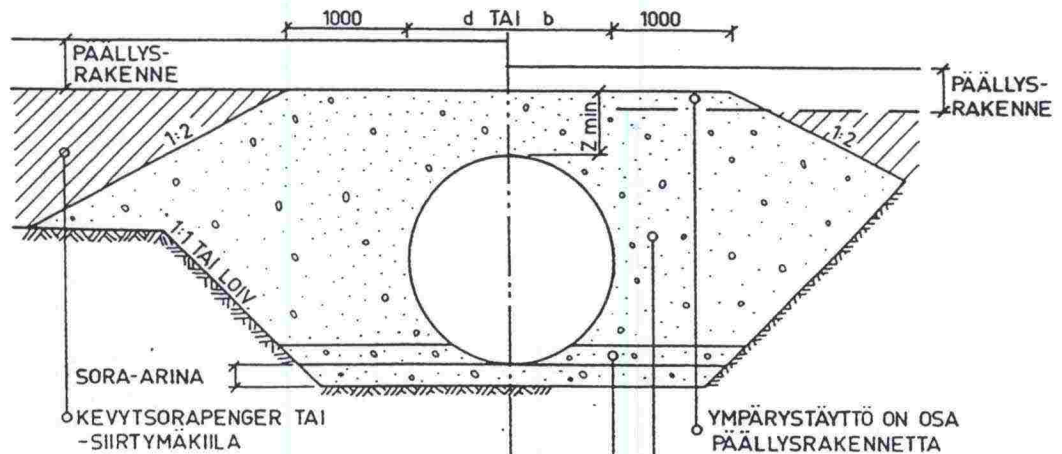


YMPÄRYSTÄYTTÖ ON OSA PÄÄLLYSRAKENNETTA
 YMPÄRYSTÄYTTÖ 200-300mm KERROKSIIN
 ALUSTAN TÄYTTO

Z_{min} = MINIMIPEITESYVYYS = 500mm

PUTKEN YLÄPUOLINEN OSUUS
 TIIVISTETÄÄN 300mm PEITESYVYVYDELTA

C. YMPÄRYSTÄYTTÖ KEVENNETYSSÄ PENKEREESSÄ



SORA-ARINA
 KEVYTSORAPENGER TAI
 -SIIRTYMÄKIILA

Z_{min} = MINIMIPEITESYVYYS = 500mm

YMPÄRYSTÄYTTÖ ON OSA PÄÄLLYSRAKENNETTA
 YMPÄRYSTÄYTTÖ 200-300mm KERROKSIIN
 ALUSTAN TÄYTTO

PUTKEN YLÄPUOLINEN OSUUS
 TIIVISTETÄÄN 300mm PEITESYVYVYDELTA

Kuva 28. Ympäristäyttö osana päällysrakennetta (C) ja ympäristäyttö kevennetyssä penkereessä

6.7 Asennus veteen

Veteen asennus voi tulla kysymykseen mm. seuraavista syistä:

- pengeri tehdään vesistöpenkereenä
- veden virtaus on voimakasta, eikä patoamista voida tehdä
- uoman siirtoa ei voida tehdä tai se tulisi kohtuuttoman kalliiksi.

Veteen asennettaessa noudatetaan soveltuvin osin samoja ohjeita kuin kuivaan kaivantoon asennettaessa. Tarvittaessa sukeltajan tulee varmistaa, että kaikki työt tulevat tehdyiksi oikealla tavalla.

6.7.1 Perustaminen

Arinat tehdään suunnitelman edellyttämällä tavalla. Koska arinan tiivistäminen on veden alla vaikeaa tai mahdotonta tulee arina tehdä murskeesta tai murskesorasta ja pyrkiä muotoilemaan putken pohjan muotoiseksi. Arinan muotoiluun ja tiivistämiseen voidaan käyttää kaivinkoneen kauhaa. Jos sukeltajaa ei käytetä, voidaan arinan korkeus, muotoilu ja korotus tarkistaa esimerkiksi veneestä mittaamalla vedenpinnan ja arinan korkeuserot.

6.7.2 Putken asennus

Kun putki on koottu, suojataan se suodatinkankaalla arinan ja ympärystäytön materiaalina käytettävän murskeen tai murskesoran vuoksi. Murske tai murskesora vaurioittavat sinkitystä ilman suojausta. Putken asentaminen oikealle paikalleen on tehtävä huolellisesti ja on tarkistettava, ettei virtaava vesi ole päässyt kuluttamaan arinaa. Putki lasketaan veteen ylävirran puoleinen pää edellä.

6.7.3 Täyttö

Ympäristäyttömateriaalina käytetään kalliomursketta tai soramursketta, jonka maksimi raekoko on 65 mm.

Ympäristäyttö ja tiivistäminen tehdään samanaikaisesti putken molemmilta puolilta 200...300 mm kerroksin. Vedenalainen tiivistys tehdään käsityönä parrulla tai sauvalla juntaten tai mahdollisuuksien mukaan tärysauvalla. Veden yläpuoliset kerrokset tiivistetään huolellisesti tärylevyä tai sileävalssiyrää käyttäen kohdan 6.5.2 mukaisesti.

6.8 Talvirakentaminen

Putkikaivanto on ennen täyttöä puhdistettava huolellisesti lumesta ja jäästä. Jos kaivanto on tehty routivaan maahan, on myös varmistuttava, etteivät kaivannon pohja, seinämä ja siirtymäkiila ole jäässä. Työn aikana on sopivalla suojaustoimenpiteellä estettävä kaivanto jäätymästä tai työ on tehtävä niin nopeasti, ettei jäätymistä ehdi tapahtua. Routaantuneet maat korvataan putkikaivannon täyttöön käytettävällä kiviaineksella, joka tiivistetään huolellisesti. Tiiviysvaatimus ympärystäytölle on samakuin edellä kohdassa 6.5.2.

Täyttöön käytettävä maa-aines ei saa olla jäässä, eikä se saa sisältää lunta tai jäätä.

Putkisiltojen perustaminen veteen on helpointa talvella, koska veden pinta on silloin alhaisimmillaan. Veteen tehdyt perustukset eivät myöskään jäädy. Sen sijaan veden ja kuivan rajakohta on tehtävä niin nopeasti, ettei jäätymistä ehdi tapahtua.

7 KUNNOSSAPITO

7.1 Yleistä

Vesistöputkien kunnossapidon tarkoituksena on pitää putket sellaisessa kunnossa, että pintavedet virtaavat esteettömästi putken läpi. Alikulku-käytävän kunnossapidon tarkoituksena on pitää tie liikennöitävässä kunnossa. Putki vaatii usein enemmän huoltoa kuin muut tien rakenteet. Kuntotarkastukset luovat edellytykset oikea-aikaisille kunnossapito- ja korjaustoimenpiteille.

7.2 Kuntotarkastukset

7.2.1 Tarkastusmenettely

Silloiksi luettavien putkien ($d \geq 2$ m) tarkastukset suoritetaan ja tarkastusselostukset laaditaan kuten silloilla yleensä noudattaen soveltuvin osin Sillantarkastusohjetta, TIEL 2232219.

Kuntotarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin:

- liettyminen ja roskaisuus
- putkimateriaalin vauriot: painumat, repeämät, korroosiosuojauksen kunto, syöpymät, naarmut, hankautumat yms.
- perustamisvauriot: painumat, sivuttaisliikkeet, kallistumat, yms.
- verhouksien ja tukimuurin kunto
- alikulkukäytävän kuivatuksen toimivuus
- alikulkukäytävän valaistuksen kunto.

Kuntotarkastuksista tehdään ohjeiden edellyttämät raportit.

7.2.2 Mittaukset

Teräsputken korroosio voi olla tietyissä olosuhteissa erityisen voimakasta. Jos tällaista havaitaan kuntotarkastuksen yhteydessä, on syytä suorittaa uusintatutkimus mahdollisesti muuttuneiden vesiolosuhteiden selvittämiseksi. Esimerkiksi teollisuuden jätevedet voivat nopeasti syövyttää putken. Vesinäytteet tutkitaan kuten edellä kohdassa 3.4.3 on esitetty.

Sinkityksen paksuus mitataan kohdan 5.3 mukaisesti.

7.3 Kunnossapitotoimet

7.3.2 Kuivatus

Alikulkukäytävän käytön kannalta on välttämätöntä huolehtia sen kuivatukselta. Käytävän pohjalla ei saa seisoa vettä. Tämän vuoksi on tärkeää, että alikulkukäytävän kunnossapitovastuu on yksiselitteisesti määrätty myös yksityisteiden osalta. Kuivatuksen toimivuus on yleensä riittävä, jos huolehditaan alikulkevan tien kunnossapidosta. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. seuraavat:

- Alikulkevan tien sivuojat pidetään avoinna.
- Jäätynyt tai tukkeutunut sadevesikaivot avataan. Myös sadevesijärjestelmän toimivuus pitää tarkastaa määräajoin.
- Alikulkevan tien aurauksessa, harjauksessa tms. ei jätetä "kynnystä" alikulun suulle.
- Painumat ja kohoumat tasoitetaan, ts. pituus- ja sivukaltevuudet pidetään kuivatuksen edellyttämässä kunnossa.

7.3.3 Muita toimenpiteitä

Vesistöputkien päätteet tulee puhdistaa kasvillisuudesta, joka voi kerätä lietettä tai roskaa ja hidastaa veden virtausta sekä rikkoa päätteet.

Verhousien ja tukimuurien vauriot voivat aiheuttaa eroosioita tien luiskassa, tukkia uoman tai olla vaaraksi alikulkevalle liikenteelle. Verhousien ja tukimuurien kuntoa tulee tarkkailla säännöllisesti ja niiden vauriot tulee korjata välittömästi.

7.4 Sinkityksen korjaus

7.4.1 Pinnan puhdistus

Vaurioituneet sinkkipinnat tulee puhdistaa huolellisesti ennen korjausta. Puhdistukseen käytetään vaurioalueen pinta-alasta ja syöpymisasteesta riippuen:

- hiekkapuhallusta
- kemiallista tai biologista ruosteenpoistajaa

Hiekkapuhallusta käytetään tavallisimmin silloin kun sinkitys korjataan ruiskusinkityksellä. Yleensä menetelmä on taloudellinen, kun vaurioalue on suurehko ja sopiva kalusto on saatavilla.

Kemiallinen ja biologinen ruosteenpoistomenetelmä soveltuu pinta-alaltaan pienehköiden vaurioiden puhdistukseen. Ennen ruosteenpoistajan levitystä vaurioituneelle pinnalle, puhdistetaan vaurio-kohta teräsharjalla irtonaisesta ruosteesta ja liasta. Kemiallinen ruosteenpoistaja levitetään joko siveltimellä tai ruiskulla. Käsittely uusitaan noin tunnin välein, kunnes pinta on väriltään musta tai harmaa. Kuivunut pinta maalataan joko akryylilateksilla tai epoksimaalilla. Biologisen ruosteenpoistajan levityksen jälkeen annetaan sen vaikuttaa noin 12...24 tunnin ajan, jonka jälkeen pinta pestään huolellisesti vedellä ja annetaan kuivua. Sen

jälkeen se maalataan esimerkiksi sinkkipöly- tai epoksimaalilla.

7.4.2 Pinnan korjaus

Sinkitys voidaan korjata seuraavia menetelmiä käyttäen:

- ruiskusinkitys
- maalaus
- korjauspuikot.

R u i s k u s i n k i t y k s e l l ä saadaan tulos, joka vastaa lähes alkupe-
räistä korroosiokestävyyttä. Ruiskusinkitystä käytetään hiekkapuhalta-
malla puhdistetulle pinnalle. Välittömästi ruiskutuksen jälkeen suoritetaan
kalvopakisuuden mittaaminen. Jos ohuita kohtia löytyy, tehdään lisäruiskutus.
Ruiskusinkitty pinta käsitellään vinyyli- tai epoksilakalla pinnan tiivistämi-
seksi.

M a a l a u s t a käytetään kaikenlaisten sinkitysvaurioiden korjauksessa.
Vaurioalue tulee yleensä puhdistaa jollakin edellisessä kohdassa esitetyllä
tavalla. Maaleina tulee käyttää kulloinkin sopivaa maalia. Kemiallisella
ruosteestoainella puhdistetun pinnan maalaukseen ei saa käyttää sinkki-
rikkaita maaleja, jotka muissa tapauksissa ovat käyttökelpoisin korjaus-
menetelmä. Maalaus tehdään joko siveltimellä, yleensä kahteen kertaan,
tai ruiskumaalauksena. Värien yhteensopivuutta kirkkaan sinkkipinnan
kanssa voidaan parantaa maalaamalla päällimmäinen kerros alumiinirikkaal-
la maalilla.

K o r j a u s p u i k o t ovat sinkki-lyijy-tina-seosta. Korjattava pinta
puhdistetaan huolellisesti, kuumennetaan kaasuliekillä n. 320 ° C:een. Tä-
män jälkeen hangataan pintaan juote, joka sulaa ja levittäytyy pinnalle.
Korjauspuikkojen käyttö on hankalampaa kuin maalien, mutta päällysteen
korroosiokestävyys ja ulkonäkö on samaa luokkaa kuin kuumasinkityn
levyn.

7.5 Putken uusinta

Putki joudutaan aikanaan uusimaan rakenteen kunnan heikkenemisen
vuoksi. Jos putken kunto on erittäin huono, voidaan se tukea väliaikaisesti
sopivilla tuilla.

Putken uusiminen on suunniteltava huolellisesti. On tutkittava, mitkä syyt
ovat aiheuttaneet kunnan heikkenemisen ja tehtävä tarpeelliset raken-
nemuutokset tai suojaustoimenpiteet. Jos perustuksessa on tapahtunut
huomattavia painumia, on perustamistapaa tarvittaessa muutettava.
Lisäsuojaustarpeen selvittämiseksi otetaan vesinäytteet uomasta.

Kuivatusolosuhteissa tapahtuneet muutokset tarkistetaan ennen putken
uusimista. Suuremmista vesistöputkista hankitaan ympäristökeskuksen
lausunto.

Putki voidaan uusia myös siten, että uusi, poikkileikkaukseltaan hieman pienempi putki vedetään vanhan putken sisään. Putkilevyjen välinen tila täytetään mahdollisuuksien mukaan, esim. betonilla. Uusimiseen voidaan varautua tekemällä vaikeasti korvattava putki aukkomitoiltaan minimivaatimusta suuremmaksi. Menetelmän onnistuminen edellyttää, että vanha putki ei ole painunut tai käyristynyt kovin pahasti.

Joissakin tapauksissa voidaan putken alaosa korvata uudella rakenteella, joka liitetään ruuveilla vanhaan rakenteeseen. Vanhan ja uuden rakenteen väli täytetään esim. sementtilaastilla. Putken korjaustapana voi tulla kysymykseen myös ruiskubetonoimalla tehtävä teräsbetoniputki vanhan putken sisään.

LIITE A. AALLOTETTUJEN PUTKIEN PERUSTIETOJA, MINIMILEVYPAKSUUDET TIESILLOISSA

A1 Rakenteiden tunnuksset ja poikkileikkaukset

Eri rakenteet, jotka tulevat yleisimmin kysymykseen halkaisijaltaan yli 2 m:n teräsputkissa, ja niiden kirjaintunnuksset on esitetty taulukossa A1.

Taulukko A1. Tunnuksset putkirakenteille ja niiden aallotuksille

Rakenne	Aallotus ¹⁾
A11 Monilevy rakenne	150 x 50 (vakioprofiili) ²⁾
A12 Monilevy rakenne	150 x 50 (Gävle) ²⁾
A2 Monilevy rakenne	200 x 55
C3 Kierresaumattu rakenne	125 x 26, 260 x 20/90
C4 Kierresaumattu rakenne	160 x 36/45
C5 Kierresaumattu rakenne	210 x 50/70

1) Merkinnässä ilmoitetaan profiilin aallon pituus ja aallon korkeus sekä aallon harjan leveys, jos profiili on tasaharjainen.

2) Aallotusta 150 x 50 on kahta lajia, joille on erikseen levypaksuudet taulukoissa A4 ja A5.

Rakenteiden poikkileikkausarvot ja aallotuksen periaatepiirros on esitetty kohdassa A2. Uusi profiili voidaan sijoittaa luokkiin A tai C taivutusvastuksen perusteella, jolloin taulukon A3 arvoja pidetään luokan alarajana.

A2 Aallotettujen putkien poikkileikkausarvot

Taulukko A2. Profiilin poikkileikkauksen pinta-ala

Levypaksuus [mm]	Pinta-ala [cm ² /m]					
	Rakenne					
	A11	A12	A2	C3	C4	C5
2,5	30,5	31,5	29,6	27,7	37,9	37,2
3	36,5	37,7	35,5	33,2	46,4	44,6
3,5	42,4	44,0	41,4	38,8	55,7	52,0
4	49,1	50,4	47,3	44,3		59,4
4,5	55,5	56,7	53,3			
5	61,6	63,0	59,2			
5,5	67,7	69,4	65,1			
6	74,6	75,7	71,1			
6,5	81,0	82,1	77,0			
7	87,1	88,5	82,9			

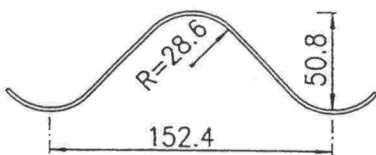
Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti

Taulukko A3. Profiilin poikkileikkauksen taivutusvastus

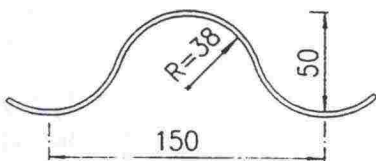
Levyepäksuus [mm]	Taivutusvastus [cm ³ /m]					
	Rakenne					
	A11	A12	A2	C3	C4	C5
2,5	34,5	37,2	39,7	16,7	35,2	48,0
3	41,0	44,4	46,8	19,7	41,4	57,0
3,5	47,2	51,5	54,0	23,0	48,6	66,1
4	54,4	58,6	61,4	26,3		75,5
4,5	61,2	65,6	68,6			
5	67,6	72,6	75,7			
5,5	74,0	79,5	82,8			
6	81,2	86,3	89,7			
6,5	87,9	93,2	96,6			
7	94,1	100,0	103,5			

Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti

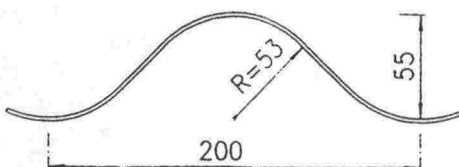
A11 , 150x50 (vakioprofiili)



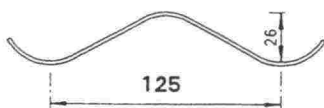
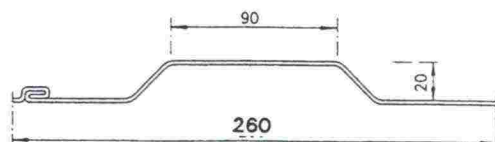
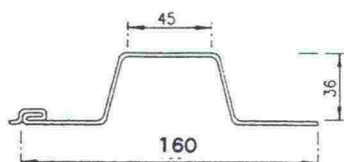
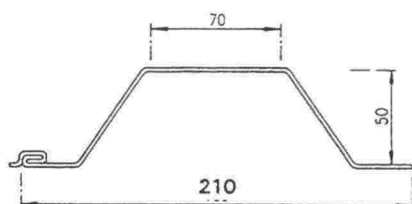
A12, 150x50 (Gävle)



A2, 200x55



Kuva A1. Käytössä olevia aallotuksia monilevyrakenteessa (rakenne-tunnus A).

C3, 125x26**C3, 260x20/90****C4, 160x36/45****C5, 210x50/70**

Kuva A2. Käytössä olevia aallotuksia kierresaumatussa rakenteessa (rakennetunnus C).

A3. Levypaksuudet

Teräsputkien levypaksuudet määräytyvät rakenteellisen mitoituksen ja käyttöikämitoituksen perusteella. Yleisimmille teräsputkityypeille on laskettu rakenteellisen mitoituksen vaatimat levypaksuudet valmiiksi taulukoissa A4 ja A5. Putken käyttöikä voidaan lisätä taloudellisimmin lisäsuojauksella. Levypaksuuden merkitys siinä on vähäisempi. Tätä koskevat tarkastelut voidaan tehdä kohdan 4.2 mukaan. Suunnitelmassa ilmoitetaan putken levypaksuuden yhteydessä profiilin rakennetunnus ja myötörajavaatimus teräkselle (esim. levypaksuus 3 mm, rakenne A11, A12, A2 tai C5, myötöraja ≥ 220 N/mm²).

Taulukoissa A4 ja A5 on ilmoitettu rakenteellisen kantavuuden turvaavat minimilevypaksuudet yleisten teiden ajoneuvokuormille mitoitetuille putkille. Mitoitusperusteet ovat kohdan 4.1 mukaiset. Pienimpänä levypaksuutena on kuitenkin käytetty 0,0008 x halkaisija tai 3 mm, kun putken halkaisija $\geq 2,5$ m ja 2,5 mm, kun putken halkaisija $< 2,5$ m.

Yksityisteillä, joiden rakentamista valtio avustaa, sekä kevyen liikenteen teillä voidaan käyttää 0,75-kertaisia yleisten ajoneuvoliikenteen teiden putkien levypaksuuksia. Pienempää arvoa kuin 2,0 mm ei kuitenkaan käytetä.

Taulukko A4. Minimilevypaksuudet ajoneuvoliikenteen kuormalle yleisillä teillä. Peitesyvyys 0,5...6 m. Teräksen myötöraja ≥ 220 N/mm².

Halkaisija ¹⁾ [m]	Minimilevypaksuus [mm]					
	A11	A12	Rakenne			
			A2	C3	C4	C5
2,0	2,5	2,5	2,5	2,75	2,5	2,5
2,1	2,5	2,5	2,5	3	2,5	2,5
2,2	2,5	2,5	2,5	3,25	2,5	2,5
2,3	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	2,5
2,4	2,5	2,5	2,5	3,75	2,5	2,5
2,5	3	3	3	4	3	3
2,6	3	3	3	-	3	3
2,8	3	3	3		3	3
2,9	3	3	3		3	3
3,0	3	3	3		3	3
3,1	3	3	3		3	3
3,2	3	3	3		3	3
3,3	3,25	3	3		3,25	3
3,4	3,25	3	3		3,25	3
3,5	3,5	3,25	3,25		3,5	3
3,6	3,75	3,5	3,5		-	3
3,7	3,75	3,5	3,5			3
3,8	4	3,75	3,75			3,25
3,9	4,25	4	4			3,25
4,0	4,25	4	4			3,5
4,1	4,5	4,25	4,25			3,5
4,2	4,75	4,5	4,5			3,75
4,3	4,75	4,5	4,5			4
4,4	5	4,75	4,75			4
4,5	5,25	5	5			-
4,6	5,5	5,25	5,25			
4,7	5,75	5,5	5,5			
4,8	5,75	5,5	5,5			
4,9	6	5,75	5,75			
5,0	6,25	6	6			
5,1	6,5	6,25	6,25			
5,2	6,5	6,25	6,25			

1) Jos rakenteen säde (R) lakialueella on suurempi kuin puolet putken leveydestä (mm. elliptinen putki), käytetään halkaisijan arvona 2 x R.

Taulukko A5. Minimilevypaksuudet ajoneuvoliikenteen kuormalle yleisillä teillä. Peitesyvyys 0,5...6 m. Teräksen myötöraja ≥ 275 N/mm².

Halkaisija ¹⁾ [m]	Minimilevypaksuus [mm]					
	A11	Rakenne			C4	C5
	A11	A12	A2	C3	C4	C5
2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
2,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
2,2	2,5	2,5	2,5	2,75	2,5	2,5
2,3	2,5	2,5	2,5	3	2,5	2,5
2,4	2,5	2,5	2,5	3,25	2,5	2,5
2,5	3	3	3	3,25	3	3
2,6	3	3	3	3,5	3	3
2,7	3	3	3	3,75	3	3
2,8	3	3	3	4	3	3
2,9	3	3	3		3	3
3,0	3	3	3		3	3
3,1	3	3	3		3	3
3,2	3	3	3		3	3
3,4	3	3	3		3	3
3,5	3	3	3		3	3
3,6	3,25	3	3		3,25	3
3,7	3,25	3	3		3,25	3
3,8	3,5	3,25	3,25		3,5	3,25
3,9	3,5	3,25	3,25		3,5	3,25
4,0	3,75	3,5	3,5		-	3,25
4,1	4	3,5	3,5			3,5
4,2	4	3,75	3,75			3,5
4,3	4,25	4	4			3,5
4,4	4,25	4	4			3,75
4,5	4,5	4,25	4,25			3,75
4,6	4,5	4,25	4,25			3,75
4,7	4,75	4,5	4,5			4
4,8	5	4,75	4,75			4
4,9	5	4,75	4,75			4
5,0	5,25	5	5			4
5,1	5,5	5,25	5,25			-
5,2	5,75	5,5	5,5			-

1) Jos rakenteen säde (R) lakialueella on suurempi kuin puolet putken leveydestä (mm. elliptinen putki), käytetään halkaisijan arvona $2 \times R$.

A4. Ruuviliitosten ruuvien määrä

Monilevylevyrakenteilla (A11, A12 ja A2) vaakasuorien ruuviliitosten ruuvimäärä on valittava siten, että ruuvien poikkipinta-ala täyttää seuraavat vaatimukset.

Taulukko A6. Ruuviliitosten poikkipinta-ala eri peitesyvyyksillä.

Rakenne	Peitesyvyys [m]	Ruuviliitos [cm ² /m]
A11, A12	0,5...6	40
	> 6	60
A2	0,5...4	30
	4...6	45
	> 6	60

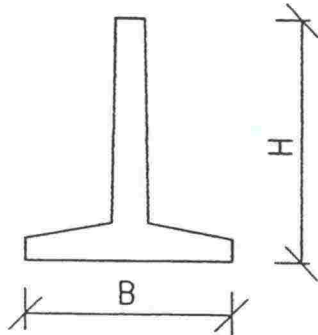
LIITE B. TERÄSLEVYKAAREN PERUSTAMINEN ALIKULKUKÄYTÄVÄNÄ

B1. Yleistä

Teräslevykaaren perustamiseen käytetään teräsbetonista anturaa, jonka periaatteellinen muoto ja päämitat (korkeus H ja leveys B) on esitetty kuvassa B1. Anturan rakennesuunnitelman on oltava tielaitoksen hyväksymä.

Anturan korkeus ja leveys voi vaihdella tapauksen mukaan. Taulukoissa B1, B2 ja B3 on esitetty vaadittava anturan leveys maan kitkakulman ja anturan korkeuden perusteella eri jännemitoilla ja peitesyvyyksillä. Taulukossa B4 on esitetty routaeristetyn perustuksen täyttökerrosten paksuus. Taulukkojen antamilla arvoilla saavutetaan rakenteelle Tielaitoksen ohjeiden mukainen geotekninen kantavuus. Perustaminen ja siihen liittyvät täytöt ja massanvaihdot esitetään siltasuunnitelmassa.

Taulukot B1...B4 on tarkoitettu alikulkukäytäviä varten, jotka kuivatetaan tasolta, joka on 0,4...0,5 m anturan alapinnan alapuolella. Tienpinnan on otaksuttu olevan 0,2 m anturan alapintaa ylempänä. Vesistösiltoihin taulukkojen antamat arvot ovat epävarmalla puolella, joten niihin niitä ei voi käyttää.



Kuva B1. Teräskaaren perusanturan periaatepiirros

B2. Perustaminen routimattomalle perusmaalle tai massanvaihdon varaan.

Jos luonnollinen pohjamaa on routimatonta ja sen kitkakulma on riittävä geoteknisen kantavuuden kannalta, perustaminen voidaan tehdä sen varaan tekemällä anturoiden alle 0,2 m:n paksuinen sora-arina kohdan 4.6.1 mukaan.

Jos huonosti kantava tai routiva pohjamaa korvataan täyttömaalla, massanvaihto tehdään Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten (SYL 2 Maa- ja pohjarakenteet) mukaan.

Taulukko B1. Alikulkukäytävä. Kaaren jännemitta 3,5-4,2 m. Tarvittava anturan leveys B. Anturoiden välillä ei käytetä välipölkkyä.

Maan kitkakuilma ϕ	Anturan korkeus H [m]	Anturan leveys B [mm]	
		Peitesyvyys $z \leq 1$ m	Peitesyvyys $1 < z \leq 2,5$ m
36°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1600
	1,6	-	-
	2,0	-	-
38°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1600	-
	2,0	-	-
40°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1600
	2,0	1600	-
42°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1400
	2,0	1600	1600

Taulukko B2. Alikulkukäytävä. Kaaren jännemitta 4,3-5,0 m. Tarvittava anturan leveys B. Anturoiden välillä ei käytetä välipölkkyä.

Maan kitkakuilma ϕ	Anturan korkeus H [m]	Anturan leveys B [mm]	
		Peitesyvyys $z \leq 1$ m	Peitesyvyys $1 < z \leq 2,5$ m
36°	1,0	1400	1400
	1,3	1600	-
	1,6	-	-
	2,0	-	-
38°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1600
	1,6	1600	-
	2,0	-	-
40°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1600
	2,0	1600	-

Taulukko B2 jatkuu

Maan kitkakulma ϕ	Anturan korkeus H [m]	Anturan leveys B [mm]	
		Peitesyvyys $z \leq 1$ m	Peitesyvyys $1 < z \leq 2,5$ m
42°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1400
	2,0	1600	1600

Taulukko B3. Alikulkukäytävä. Kaaren jännemitta 4,3-5,0 m. Tarvittava anturan leveys B. Anturoiden välillä käytetään välipölkkyä.

Maan kitkakulma ϕ	Anturan korkeus H [m]	Anturan leveys B [mm]	
		Peitesyvyys $z \leq 1$ m	Peitesyvyys $1 < z \leq 2,5$ m
36°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1400
	2,0	1600	1600
38°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1400
	2,0	1600	1600
40°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1400
	2,0	1600	1600
42°	1,0	1400	1400
	1,3	1400	1400
	1,6	1400	1400
	2,0	1600	1600

B3. Perustaminen routivalle maalle

Pohjamaan ollessa routivaa, tehdään perustukset joko massanvaihdon varaan tai estetään routiminen peruslaatan alla lämpöeristeillä (ks. kohta 4.6.2). Koska rakenteen geotekninen kantavuus vaatii täyttökerroksia, joiden paksuus on merkittävä, on usein taloudellisempaa tehdä massanvaihto riittävän syvälle ja välttyä lämpöeristeiden käytöltä kuin käyttää lämpöeristeitä ja siihen liittyvää vähän pienempää massanvaihtoa.

Routaeristetyn perustuksen suunnittelussa noudatetaan ohjeen Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa kohdan 8.7 mukaisia ohjeita. Routaeristeen paksuus määritetään mitoittavan pakkasmäärän perusteella kyseisen ohjeen taulukosta 6.

Taulukosta B4 saadaan geoteknisen kantavuuden vaatima routaeristeen yläpuolisen ja alapuolisen täytön yhteenlaskettu paksuus täytön alapuolisen pohjamaan kitkakulman eri arvoilla. Täytöstä vähintään 0,2 m on oltava routaeristeen päällä anturan alapinnan tasosta laskien. Täyttökerrokset tehdään sorasta tai murskeesta, joka vastaa jakavan kerroksen kiviainesta. Täyttökerroksen materiaalin kitkakulmaksi on otaksuttu 40°.

Taulukko B4. Alikulkukäytävä. Routaeristetty perustustus, täyttökerrosten yhteenlaskettu paksuus. Anturoiden välillä ei käytetä välipölkkyä. (Arvot soveltuvat kaaren jännemitoille 3,5 - 5 m.)

Pohjamaan kitkakulma ϕ	Täyttökerrosten yhteenlaskettu paksuus [mm]			
	H=1 m B=1,4 m	H=1,3 m B=1,4 m	H=1,6 m B=1,4 m	H=2,0 m B=1,6 m

Peitesyvyys ≤ 1 m

28°	600	650	750	850
30°	500	550	650	750
32°	500	500	500	650
34°	500	500	500	500

Peitesyvyys $1 < z \leq 2,5$ m

28°	700	800	900	1000
30°	600	700	800	900
32°	500	500	700	800
34°	500	500	500	700

H= Anturan korkeus kuvan B1 mukaan

B= Anturan leveys kuvan B1 mukaan

