

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / puurakentaminen ja rakennesuunnittelu

Tommi Pöysä

VAIHTOEHTOJEN VERTAILU MAANRAKENNUSTYÖMAAN PUTKITUSURAKASSA

Insinööritö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

PÖYSÄ, TOMMI	Vaihtoehtojen vertailu maanrakennustyömaan putkitusurakassa
Insinöörityö	46 sivua + 5 liitesivua
Työn ohjaaja	Lehtori Juha Karvonen
Toimeksiantaja	Kuusan Maansiirto Oy
Marraskuu 2009	
Avainsanat	Suuntaporaus, maankaivu, maanrakennus, putkistot, viemärit,

Opinnäytetyössä käsitellään putkijohtojen rakentamista olosuhteiltaan vaativissa kohteissa. Työn tarkoituksena oli löytää paras mahdollinen vaihtoehto Putkituksen toteutukseen esimerkkikohteen kahdessa ongelmakohdassa, joissa maaperä on suurimmaksi osaksi vetistä savea. Vertailukohtina käytettiin rakennusprojekteissa yleisimpiä muuttujia, kuten kustannuksia, olosuhteita, työturvallisuutta ja kalustoa. Työmenetelmistä käsiteltiin luiskattua ja tuettua kaivantoa sekä alitusporauksia.

Työn tekemisessä käytettiin hyväksi alan kirjallisuutta sekä urakoitsijalta, aliurakoitsijalta ja rakennuttajalta saatua informaatiota.

Tulokseksi saatiin kattava vertailu eri työtapojen välillä ja työmaan eri vaatimusten kannalta. Tavoitteena ei ollut löytää kustannuksiltaan edullisinta vaihtoehtoa, vaan kokonaisuudessaan sopivin ratkaisu. Vertailun seurauksena valittiin paras mahdollinen vaihtoehto putkitusurakan suorittamiseen. Tässä kohteessa päädyttiin molemmissa ongelmakohdissa käyttämään alitusporausta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

PÖYSÄ TOMMI Comparison of Alternatives on Landbuilding Work site

Bachelor's Thesis 46 pages + 5 pages of appendices

Supervisor Juha Karvonen, senior Lecturer

Comissioned by Kuusan Maansiirto Oy

November 2009

Keywords Horizontal drilling, excavation, plumbing, sewers,

The objective of this thesis was to find the best possible way to do the plumbing job on two problematic places at an excavation site, where the soil is mostly soft clay. The objective was not, however, to merely find the most economical way, but the overall most suitable solution. Points of comparison on the project were expenses, conditions, work safety and machinery. The methods that were compared were sloped and weathered excavation and horizontal drilling.

Materials used in this thesis included literature of the field, and information received from the contractor, the subcontractor and the developer.

The outcome of this thesis was an all-inclusive comparison of different ways of doing the job and demands of the work site. As result of the comparison, the horizontal drilling proved to be the best solution.

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Kymenlaakson ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa. Valvojana toimi lehtori Juha Karvonen ja työn on tilannut Kuusan Maansiirto Oy.

Kiitokseni kaikille minua tämän työn teossa auttaneille.

Kiitokseni Kuusan Maansiirto Oy:lle ja toimitusjohtaja Markku Saksalle, että sain mahdollisuuden tämän työn tekemiseen. Kiitokset myös Lännen Alituspalvelu Oy:lle, jolta sain tärkeää infoa suuntaporauksesta ja Kymen Vesi Oy:lle joka toimi rakennuttajana tässä hankkeessa.

Kotkassa xx.xx.2009

Tommi Pöysä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1 JOHDANTO	7
1.1 Putkijohtorakentaminen	7
1.2 Esimerkkikohteen esittely	8
1.3 Työn tarkoitus	9
2 KUUSAN MAANSIIRTO OY	9
3 ESIMERKKIKOHDE JA SEN ONGELMAKOHDAT	10
3.1 Esimerkki kohde	10
3.2 Kohde 1 (Paaluväli 0-120)	11
3.3 Kohde 2 (Paaluluku 3400-3600)	13
4. PUTKIJOHTORAKENNUSTYÖT	15
4.1 Vesijohto- ja viemäritöiden yleiset vaatimukset	15
4.2 Putket ja tarvikkeet	16
4.2.1 Betoniputket	16
4.2.2 Muoviputket	17
4.2.3 Valurautaputket	18
4.3 Muoviputkien liitokset	18
4.4 Putkien asennus kaivantoon	19
5 VERTAILTAVIEN TYÖNSUORITUSTAPOJEN ESITTELY	22
5.1 Kaivannon suunnittelu	22
5.2 Kaivantotyypin valintaperusteet	23
5.3 Luiskattu kaivanto	25
5.4 Tukiseinällä tuettu kaivanto	27

5.4.1 Puulankkuseinät	28
5.4.2 Elementtiseinät	29
5.4.3 Teräsponttiseinät	30
5.4.4 Settiseinät	32
5.4.5 Tukiseinien valintaperusteet	33
5.5 Alitusporaukset	34
5.5.1 HDD-ohjattu suuntaporaus	34
5.5.2 Vasaraporaus	40
6 RATKAISUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	41
6.1 Maaperä ja olosuhteet	41
6.2 Kustannukset ja kalusto	42
6.3 Työturvallisuus	43
6.4 Sääolosuhteet	44
6.5 Aikataulu	44
7 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	44
7.1 Kohde 1 (Paaluväli 0-120)	44
7.2 Kohde 2 (Paaluluku 3400)	45
7.3 Arviointi	45
LÄHDELUETTELO	46
LIITTEET	
Liite 1	HDD-ohjattu suuntaporauskalusto
Liite 2	Kuvia suuntaporaustyömailta

1 JOHDANTO

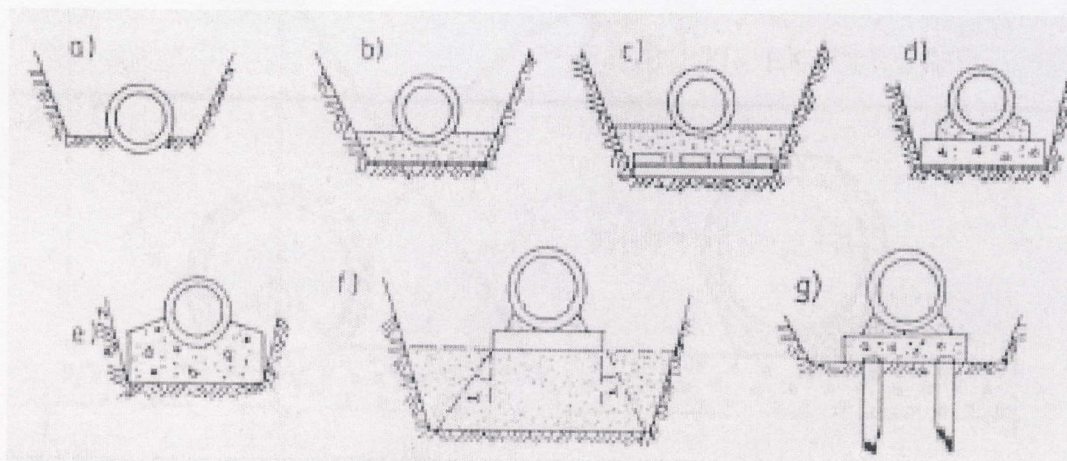
1.1 Putkijohtorakentaminen

Putkijohtorakentamisen perustamistyössä tavoitteet ovat samat kuin kaikissa muissakin perustustöissä. Putkijohdot eivät saa painua liikaa eikä maan routiminen saa aiheuttaa putkijohtojen liikkumista tai haitata niiden toimintaa. Putkijohdot eivät myöskään saa painua liikaa. Putkijohdot tulee sijoittaa roudattomaan syvyyteen tai jäätyminen on estettävä routasuojauksella. (1, s.225)

Putkijohtorakentaminen ei varsinaisesti muuta maaperän kuormitusolosuhteita, ellei rakentamisen yhteydessä käytetty täyttömaa aiheuta maanpinnan nousua yli alkuperäisen korkeuden. Maanpinnan korotus saattaa aiheuttaa pintakuorman nousua.

Putkikaivantojen kaivu ja putkien asennus saattavassa pehmeässä maaperässä aiheuttaa maaperän häiriintymistä ja löyhtymistä. Putkien painumat, taipumat ja muodonmuutoksen sietokyky riippuvat putken materiaalista, koosta, mallista, liitostavasta, käyttötarkoituksesta ja maaperän laadusta. (1, s.225)

Putkijohtojen perustukset voidaan tehdä monella eri tapaa. Putket voidaan asentaa esimerkiksi kourumaiseksi kaivettuun kaivantoon koko pituudeltaan. Kivikkoisessa maassa putket voidaan perustaa vähintään 0,2 metrin paksuiselle sora-arinalle, joka soveltuu myös häiriintyneelle ja pehmeälle maaperälle. Pehmeälle maaperälle perustettaessa joudutaan arinan alle usein asentamaan suodatinkangas. (1, s.225)



Kuva 1. Putkien perustamistapoja. (1, s.228)

1.2. Esimerkkikohteen esittely

Työn kohteena on osa Anjalankoski – Kotka siirtoviemärin ja vesijohdon rinnakkaislinjaa sekä Mussalon jätevedenpuhdistamon saneeraus ja laajennus. Rakennuttajana projektissa toimii Kymen Vesi Oy ja kyseisen kohdan urakoitsijana toimii Kuusan Maansiirto Oy. Työssä tarkasteltava rinnakkaislinjan osa on kuuden kilometrin osuus Anjalankosken Huhdanniemen jätevedenpuhdistamolta Kouvolaan päin. Työssä keskitytään kahteen linjalla sijaitsevaan noin sadan metrin osuuteen, joista toinen kohde sijaitsee paaluluvulla 0-120 ja toinen paaluluvulla 3400-3600. (2.)



Kuva 2. Kartta esimerkkikohteesta; karttaan on piirretty projektin putkilinja.

1.3 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja vertailla mahdollisia kaivu- ja asennustyön tekotapoja kahdessa hankkeen ongelmakohtassa. Tarkasteltavia seikkoja olivat mm. kaluston sopivuus kohteeseen, työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät, maaperän vaikutus työn suorittamiseen, työstä aiheutuvat kustannukset sekä sääolojen mahdollinen vaikutus työntoteutustavan valintaan. Työn tavoitteena on löytää kaikki mahdolliset vaikuttavat tekijät huomioiden paras mahdollinen työn suoritustapa kyseisen kohteen putkitusurakkaan.

2 KUUSAN MAANSIIIRTO OY

Kuusan Maansiirto Oy on perustettu vuonna 1961 jatkamaan Antti Kymäläisen perustamaa louhintaliikettä. Ensimmäisen kerran yrityksen omistajuus vaihtui, kun Juha Merentie osti yrityksen koko osakekannan vuonna 1988. Vuonna 1990 yhtiön omistajaksi tuli rakennus- ja insinööritoimisto Teräsbetoni Oy. Vuosituhannen taitteessa omistajuus vaihtui jälleen, kun Juha Merentie ja Antti Kalkela ostivat Kuusan Maansiirto Oy:n ja vuonna 2002 Juha Merentie myi oman osansa yrityksestä Antti Kalkelalle, Kirsi Kaunissalolle ja Risto Kotirannalle. Nykyisessä omistuksessa yritys on ollut 1.4.2008 lähtien, kun Koneurakointi Markku Saksa osti yhtiön koko liikekannan. (3.)

Kuusan Maansiirto Oy sijaitsee osoitteessa Kiltatie 7, Kuusankoski. Yritys on erikoistunut maanrakennukseen ja louhintaan. Yritys työllistää vuodenajasta ja työmaatilanteesta riippuen 30 – 50 henkilöä, joista suurin määrä usein kesäisin. Yrityksellä on omaa koneistoa seuraavasti: 8 kaivukonetta (pyörä- ja tela-alustaisia), 2 kuormaajaa, 2 kuorma-autoa, 4 poravaunua, 2 dumpperia, jyrä sekä muuta erikoiskalustoa. (3.)

Yritys tarjoaa esimerkiksi seuraavia palveluja:

Maanrakennuksessa:

- kunnallistekniikka
- putkistot
- tie- ja aluerakennustyöt

Louhinnassa:

- avolouhinta
- purkuräjäytykset
- käsinporattavat sisälouhinnat

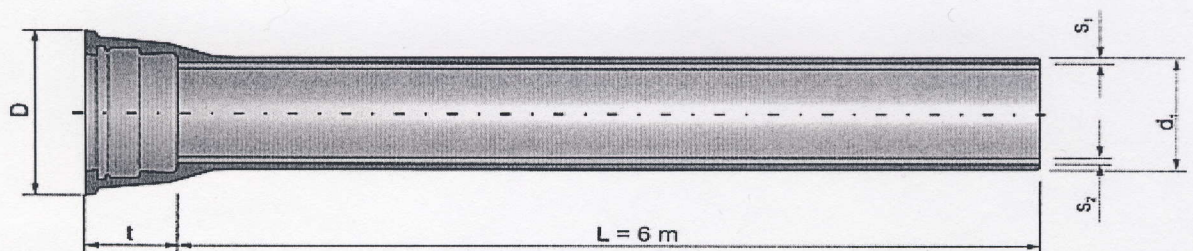
Kuusan Maansiirron viime vuosien referenssikohteita ovat olleet esimerkiksi:

- Prisman laajennus Kotkassa 2009
- Vesihuoltolinja Kouvolassa 2009
- Tullin rekkaparkki Kotkassa 2008
- KauVo-projekti Lappeenrannassa 2008

3 ESIMERKKIKOHDE JA SEN ONGELMAKOHDAT

3.1 Esimerkkikohde

Anjalankoski – Kotka-siirtoviemäriin kuuluu viemäri- ja vesijohtolinjasta. Viemäriin tehdään halkaisijaltaan 350 millimetrin PEH-paineputkesta ja osa viemäriin kuuluu tehdään viettoviemärinä sekä halkaisijaltaan 160 millimetrisestä PEH-putkesta. Vesijohto tehdään kokonaisuudessaan Saint-Gobain Pipe Systemsin halkaisijaltaan 500 millimetrisestä SG-paineputkesta, joka on tehty pallografiittivaluraudasta. Mahdollisissa alitusporauskohdissa rakenteena on halkaisijaltaan 630-millimetrinen PEH-paineputki. Putken suojaavana pinnoitteena on aktiivinen sinkki-alumiinisekoite sekä epoksimaali ja putken sisäpuoli on betonoitu.



Kuva 3. Leikkauskuva, SG-paineputki natural DN 500. (4.)

Linjan valmistuttua aloitetaan koekäyttöjakso, jonka jälkeen vanhojen jätevedenpuhdistamoiden alasajo aloitetaan joulukuussa 2009. Mussalon puhdistamosta tulisi näin ollen ainoa toiminnassa oleva jätevedenpuhdistamo. Putkilinjan valmistuessa vedenjakeluvarmuus paranee suuressa osassa Kymen Vesi Oy:n toiminta-aluetta, jätevedenkäsittelystä tulee tehokkaampaa sekä viemärikapasiteetti lisääntyy siirtolinjan alueella.

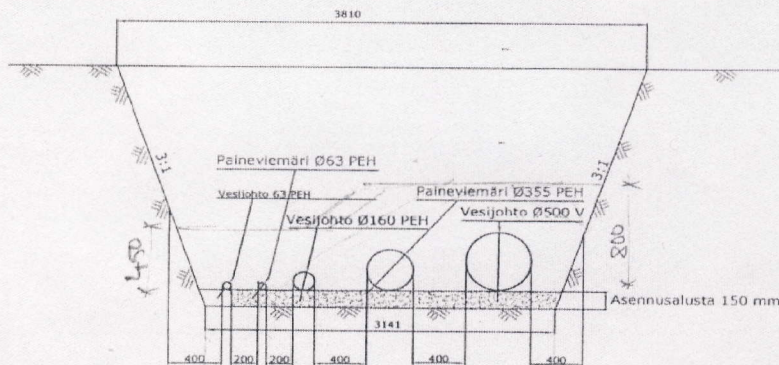
(2.)

3.2 Kohde 1 (paaluväli 0 – 120)

Linjaosuuden alun 120 metrin pituinen osuus sijaitsee yksityisen omistamalla pellolla. Maaperä tässä kohdassa on pintamaita lukuun ottamatta huonosti kantavaa savimaata. Kaivannon tulisi sijaita 15 metrin päässä vieressä kulkevasta Anjalantiestä. Kaivantoon tulee 5 eri putkea, halkaisijaltaan 500-millimetrinen valurautainen SG-paineputki (mahdollisissa alitusporauskohdissa halkaisijaltaan 630 millimetrinen PEH-paineputki) vesijohdoksi, halkaisijaltaan 355-millimetrinen PEH-paineputki viemäriksi ja halkaisijaltaan 160 PEH-paineputki. Päälinjan putkien lisäksi kaivantoon sijoitetaan kaksi halkaisijaltaan 63-millimetristä PEH-paineputkea paikallisia liittymiä varten, toinen puhtaalle vedelle ja toinen jätevedelle. 160-millimetrinen PEH-putki ja isommat putket liitetään toisiinsa hitsaamalla ja 63-millimetriset ovat 100 metrin rullia, jotka liitetään joko pisto- tai hitsiliitoksilla toisiinsa.

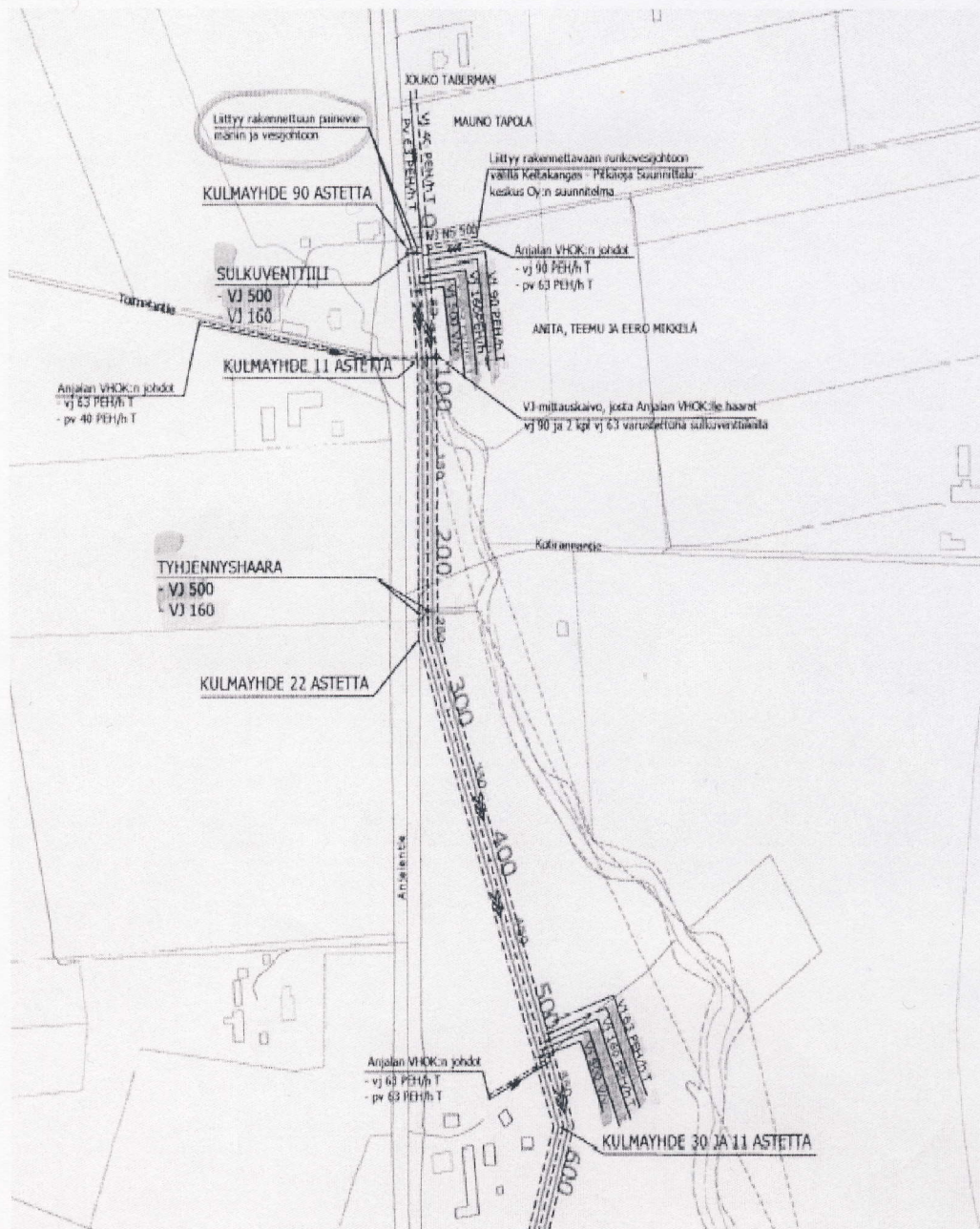
SIIRTOVIEMÄRI JA VESIJOHTO VÄLILLÄ HALKONIEMI - HUHDANNIEMI

PAALUVÄLI 0 - 1406

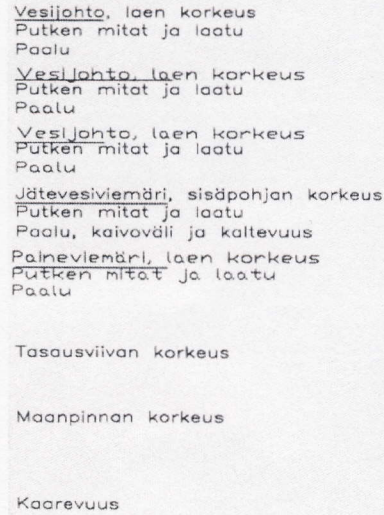


Kuva 4. Leikkaus kaivannosta paaluvälillä 0 – 1406.

Putket vaativat työvaroineen noin 3 metriä leveän kaivannon. Kaivannon tulisi olla 2,8 metriä syvä. Putkien päällä tulee olla täyttömaata 2 metrin verran. Paksuin putki on halkaisijaltaan 0,5 metriä. Tähän tulee vielä lisätä putkien alustäyttö, joka vaatii noin 0,2 metriä mursketta. Täyttömaaksi käytetään putkien ympärille hiekkaa ja lopputäyttö tehdään murskeella, jossa ei kuitenkaan saa olla halkaisijaltaan yli 200-millimetrisiä kiviä.



Kuva 5. Työmaapiirustus paaluväliltä 0 – 600.



Kuva 6. Pituusleikkaus paaluväliltä 0 – 120.

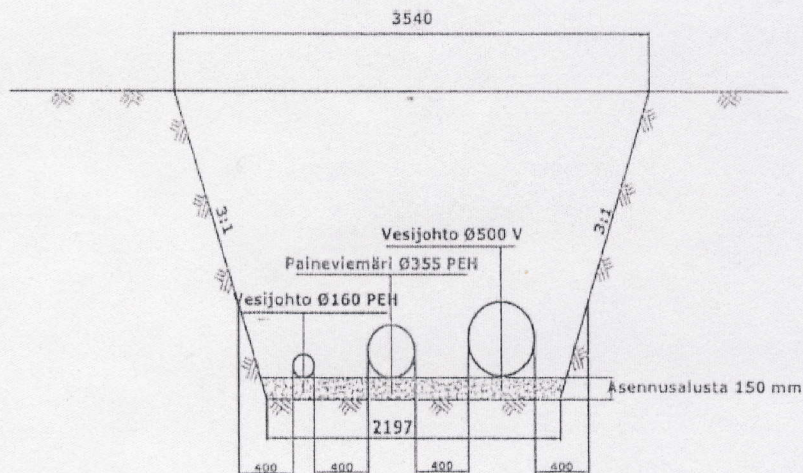
3.3 Kohde 2 (paaluväli 3400-3600)

Paalulukku 3400 sijaitsee Anjalan maatalousoppilaitoksen pellolla. Tässä kohdassa on-
gelmana on pellon keskelle suunniteltu Pekinojan alitus. Tässä kohdassa maaperä on
eloperäistä pintamateriaalia lukuun ottamatta huonosti kantavaa savimaata. Ongel-
maksi nousee myös ojan syvyys, joka on noin 3 metriä. Täyttöö putkien päälle tulee
laittaa 2 metrin paksuudelta, joten kaivannon pohjan olisi oltava vielä 3 metriä ojan
pohjan alapuolella, jolloin kaivussyvyys kokonaisuudessaan olisi noin 6 metriä.

SIIRTOVIEMÄRI JA VESIJOHTO VÄLILLÄ HALKONIEMI - HUHDANNIEMI

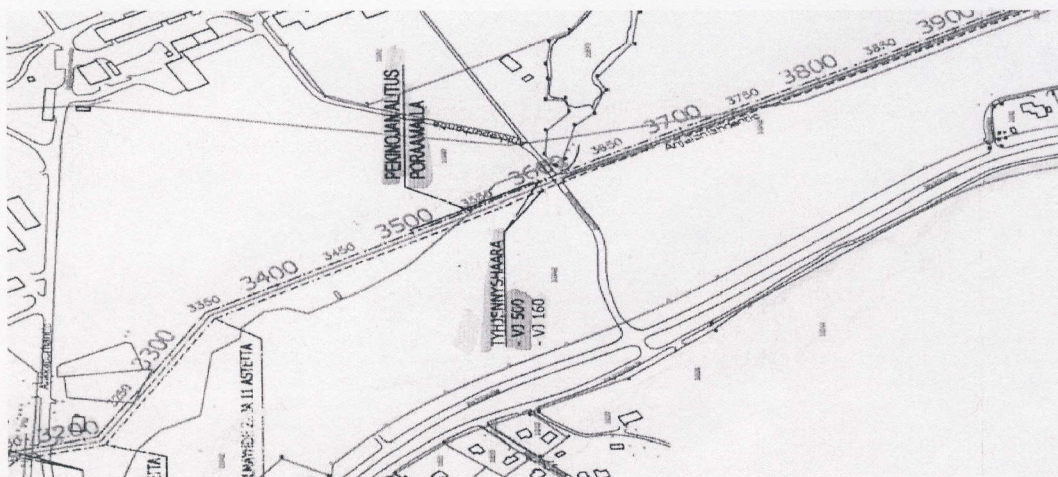
PAALUVÄLI 2462 - 4220

1:50

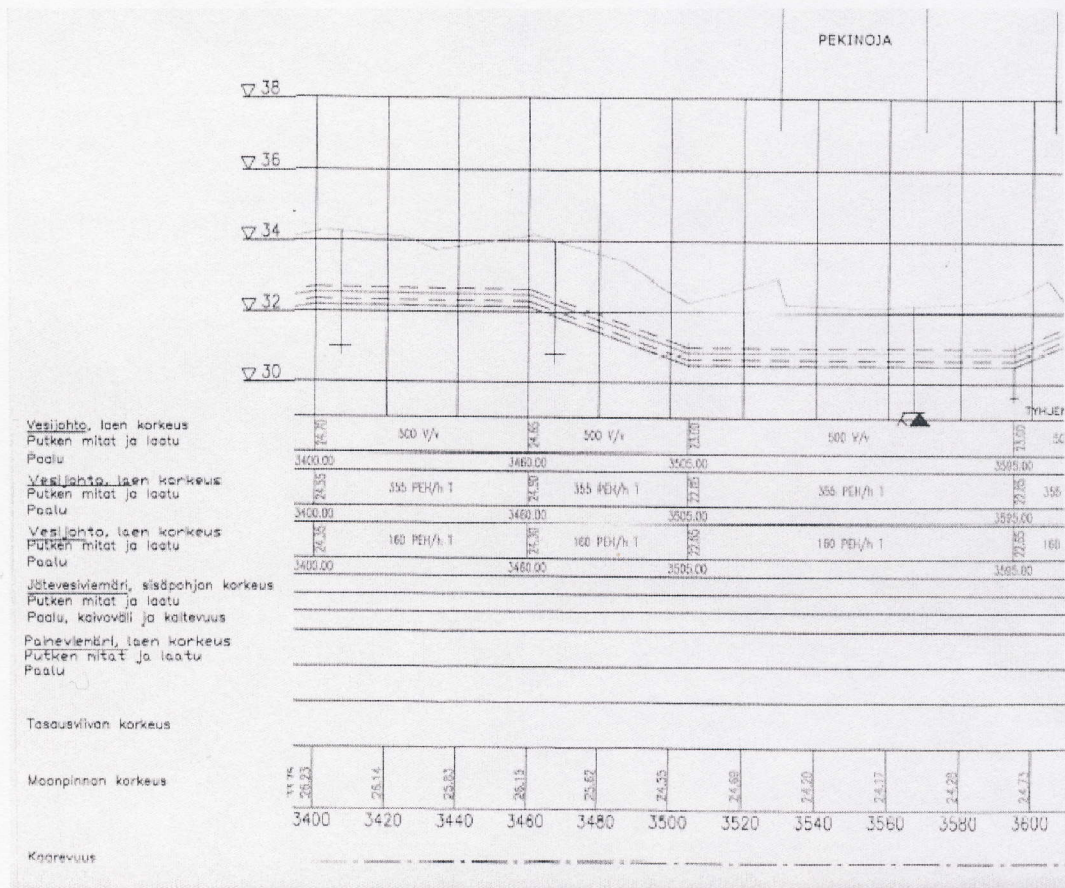


Kuva 7. Leikkaus kaivannosta paaluvälillä 2462 – 4220.

Pekinojan alituksella on pituutta 70 metriä. Alitukseen tulee kolme erilaista putkea: halkaisijaltaan 500-millimetrinen valurautainen SG-paineputki (mahdollisissa alitussporauskohdissa halkaisijaltaan 630-millimetrinen PEH-paineputki), halkaisijaltaan 355-millimetrinen PEH-paineputki sekä 160-millimetrinen PEH-paineputki. Putkien jatkokset tehdään hitsaamalla.



Kuva 8. Työmaapiirustus paaluväliltä 3200 – 3900.



Kuva 9. Pituusleikkaus paaluväliltä 3400 – 3600.

4 PUTKIJOHTORAKENNUSTYÖT

Putki- ja vesijohtorakentamisen suunnittelussa tulee varmistaa, että rakenne kestää maanpaineesta, rakenteista ja liikenteestä aiheutuvat kuormitukset ja muodonmuutokset. Rakenteiden painumien tulee pysyä sallituissa rajoissa. Putkien liitoksien tulee kestää painumista ja routanousuista johtuvat liikkeet. Putkirakenteen päälle tulevan täytön rakeisuuden ja tiiviyn on oltava sellainen, että tuenta on putken ympärillä tasainen eikä putkeen synny haitallisia muodonmuutoksia. Putkirakenteen täytyy säilyttää vaadittu toimintakyky myös kylmänä vuoden aikana.

4.1 Vesijohto- ja viemäritöiden yleiset vaatimukset

Rakentamisessa tulee käyttää uusia, laadultaan hyviä ja luotettavilta valmistajilta hankittuja putkia ja tarvikkeita. Niiden tulee myös olla voimassa olevien standardien ja määräysten mukaisia. Ellei suunnitelmissa tai muissa työkohteen asiakirjoissa ole toi-

sin määrätty on vesijohtotöissä käytettävä vähintään nimellispaineelle PN 10 tarkoitettuja vesijohtotarvikkeita. (5, s.114)

Materiaaleista, jotka joutuvat yhteyteen vesijohtoveden kanssa, ei saa irrota tai liueta terveydelle haitallisia aineita. Vesijohtoveden kanssa kosketuksiin joutuvista tarvikkeista ei myöskään saa aiheutua hajua, makua tai väriä eikä muutakaan veden laadun huonontumista. Rakentajan on vaadittaessa esitettävä laatutodistukset käyttämistään tuotteista. Todistusten tulee olla joko valmistajan tai virallisen tutkimuslaitoksen oikeiksi varmistamia. (5, s.114)

Putkien ja muiden tarvikkeiden kuljetus, käsittely ja varastointi tulee suorittaa noudattaen puhtautta sekä riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta, ettei mikään vahingoitu. Lisäksi tulee noudattaa toimittajan antamia varastointi- ja muita ohjeita. Työmaalla putkien päissä tulee käyttää suojatulppia, jotta putkiin ei pääse epäpuhtauksia. Pinnoitteiden ja eristysten säilyvyyteen on myös kiinnitettävä erityistä huomiota. Purku- ja nostotöissä tulee käyttää kumipäällysteisiä tai vastaavia nostoliinoja ja varoa mahdollisia kolhiintumisia. (5, s.114)

Tarvikkeiden saavuttua työmaalle tulee ne tarkistaa välittömästi. Vioittuneet tai muuten tarpeita vastaamattomat tarvikkeet tulee merkitä selkeästi ja ne on poistettava välittömästi työmaalta, ettei niitä vahingossa käytetä. Asentamisessa noudatetaan valmistajan tuoteselostuksessa antamia ohjeita. Asennusta ei saa esimerkiksi suorittaa, mikäli sääolot eivät vastaa annettuja ohjeita. (5, s.114)

4.2 Putket ja materiaalit

4.2.1 Betoniputket

Betoniputket soveltuvat hyvin varsinkin halkaisijaltaan suuriin viemäritöihin. Betoniputkina käytetään Suomen Kunnallisteknisen Yhdistyksen ”Betoninormit 2001” mukaisia betoniputkia ja niiden liitososia. Ellei putken kestävyysluokkaa ole suunnitelmissa esitetty, käytetään betoninormien perusteella valittua luokkaa. (5, s.101)

4.2.2. Muoviputket

Jätevesiputkituksissa käytetään seuraavien standardien mukaisia polyvinyylikloridi-putkia (PVC) ja polyeteeniputkia (PE-putkia) sekä näiden yhteitä:

- SFS 5102 Muoviputket, paineettomat PVC-viemäriputket ja putkiyhteet
- SFS 5103 Muoviputket, paineettomat PE-viemäriputket ja putkiyhteet
- SFS 3443 Muoviputket; paineettomat, kevennetyt maahan asennettavat PVC-viemäriputket ja putkiyhteet. (5, s.101)

Kaikissa putkissa tulee olla standardin mukaiset merkinnät. Ellei suunnitelmissa ole esitetty muoviputken luokkaa, tulee käyttää vähintään M-luokan putkia ja katualueilla T-luokan putkia. Viettoviemäreissä putkien liitostapoina käytetään kumitiivisteistä muhviiliitosta tai puskuhitsausliitosta. (5, s.102)

Vesijohtotöissä käytetään myös PVC- ja PE-putkia, joko vietto- tai paineviemärinä. PVC-putkien liitokset tehdään kumitiivistemuhviiliitoksella ja PE-putkien liitokset puskuhitsaus-, laippahitsaus tai liitinliitosmenetelmällä. Putkina tulee käyttää seuraavat standardit täyttäviä putkia:

- SFS 2332 Muoviputket. PVC-paineputket. Laskentajännitys 10 N/mm². Mitat ja yleiset ominaisuudet.
- SFS 2333 Muoviputket. PVC-paineputket. Laatuvaatimukset.
- SFS 2334 Muoviputket. PEL 32 -paineputket. Mitat ja yleiset ominaisuudet.
- SFS 2335 Muoviputket. PE-paineputket. Laatuvaatimukset.
- SFS 2336 Muoviputket. PEH 50 -paineputket. Mitat ja yleiset ominaisuudet.
- SFS 3421 Muoviputket. PEM 50 -paineputket. Mitat ja yleiset ominaisuudet.
- SFS 3461 Muoviputket. PVC-paineputket. Laskentajännitys 12,5 N/mm². Mitat ja yleiset ominaisuudet.
- SFS 3465 Muoviputket. PVC-paineputket. Putkiyhteet. Mitat ja laatuvaatimukset.
- SFS 4231 Muoviputket. PEH 63 -paineputket. Mitat ja yleiset ominaisuudet. (5, s.115)

4.2.3 Valurautaputket

Valurautaputkina käytetään pallografiittivalurautaputkia. Liitoksina valurautaputkissa putkissa käytetään kumitiivistemuhviliitosta. Venttiilien ja muiden tarvikkeiden liitoksissa voidaan käyttää myös laippaliitosta. Mikäli putkien sisäpuolien pintavuorauksena käytetään betonia, sen paksuus määräytyy putken nimellispaksuuden mukaan seuraavasti:

- | | |
|-------------------------|-------------|
| - Putkikoko DN 80-300 | 3,5 – 8 mm |
| - Putkikoko DN 400-600 | 5 – 9 mm |
| - Putkikoko DN 700-1200 | 6,5 – 15 mm |

Ulkopuolella pintakäsittelyksi kelpaa vähimmäisvaatimuksen mukaisesti tehtaalla tehty kuumabitumikäsittely. (5, s.115)

4.3 Muoviputkien liitokset

Hitsaus- ja sähkömuhviliitokset tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaisella tavalla. Liitoslämpötilan ja puristusvoiman tulee olla sopiva kullekin putkityypille, myös vaadittuja jäähtymislämpötiloja tulee noudattaa tarkasti. Hitsausliitoksia tehdessä pyritään välttämään putken sisäpintaan mahdollisesti tulevia kohoumia, jotka saattavat häiritä virtausta putkessa. Mahdolliset leikkausjätteet ja muut epäpuhtaudet tulee puhdistaa huolellisesti. (5, s.116)

Kumitiivisteliitokset asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tiivisteet voidaan tarvittaessa puhdistaa vedellä tai jollakin miedolla liuoksella, joka ei sisällä haitallisia aineksia. Asennettaessa tiivisteeseen voi käyttää kyseiseen tarkoitukseen tehtyä voidetta. (5, s.116)

Laippaliitoksissa käytetään teräksistä irtolaippaa, joka kiinnitetään syöpymistä vastaan suojatuilla teräksisillä ruuveilla ja muttereilla. Laipan poraus tulee suunnitella niin, että se soveltuu liitettäviin osiin. Liitinliitokset tehdään käyttäen korroosion kestäviä

metallisia tai muovisia liittimiä. Putkien asennuksessa ja tukemisessa pyritään siihen, ettei liitoskohtiin aiheudu ylimääraistä ja haitallista vetorasitusta. (5, s.116)

4.4 Putkien asennus kaivantoon

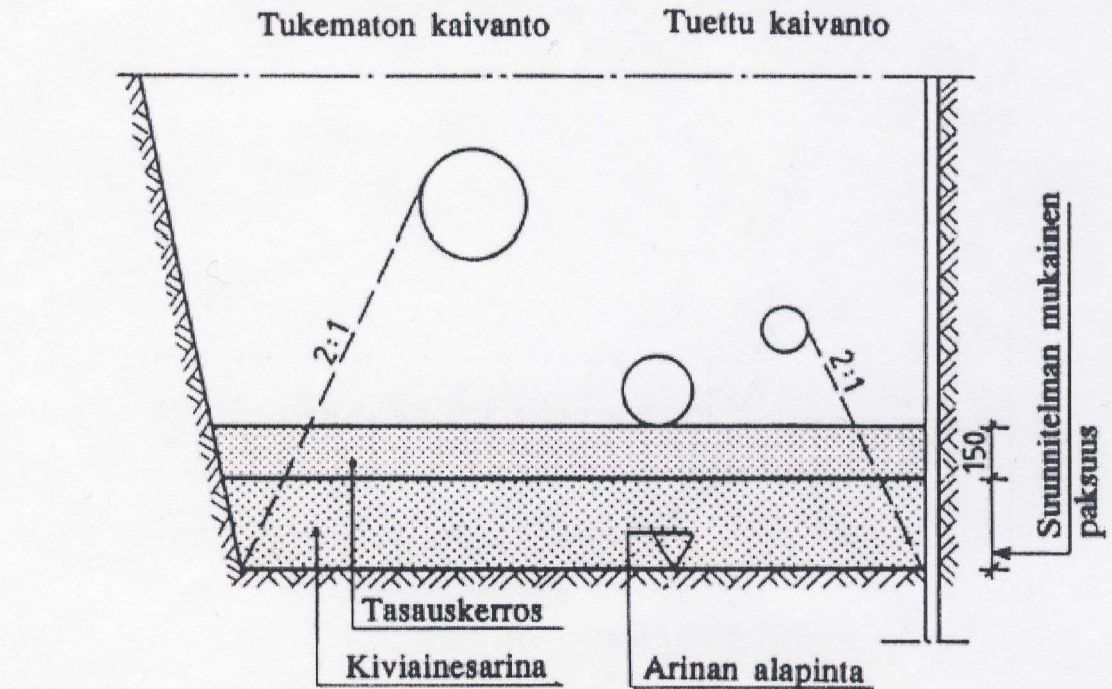
Asennusta edeltävissä tarkastuksissa kuuluu katsoa, että putkikaivanto ja asennusaluksa ovat tarkoituksenmukaisia. Talvityössä tulee ottaa huomioon, että putkia ei saa asentaa jäätyneelle alustalle. Asennuksen aikana tulee huolehtia, että putket ja muut tarvikkeet ovat virheettömiä. Tarvikkeiden vaurioituessa asennuksen aikana ne tulee vaihtaa vastaaviin kunnossa oleviin tarvikkeisiin. Vioittuneet tarvikkeet on poistettava työmaalta heti, kun virheellisyys on huomattu. Asennusta ennen osien tulee olla puhdaita ja putkien päissä on pidettävä vesitiivistä suojatulppaa, joka estää epäpuhtauksien pääsyn putkeen. (5, s.117)

Putkien asennuksessa putken tulee tukeutua koko pituudeltaan tiivistettyyn tasauskerrokseen, esim. kiviainesarinaan tai muuhun maa-alustaan. Muhveja ja muita laippoja varten tulee tasauskerroksessa olla syvennys, ettei putki joudu kannatukselle niiden kohdalla. Vesijohtoa asennettaessa putken vaakasuora vapaa etäisyys muista rakenteista, kuten putkista ja kaivoista, tulee olla vähintään 200 millimetriä. Etäisyys saa olla pienempi muhvien ja laippojen kohdalla. (5, s.117)

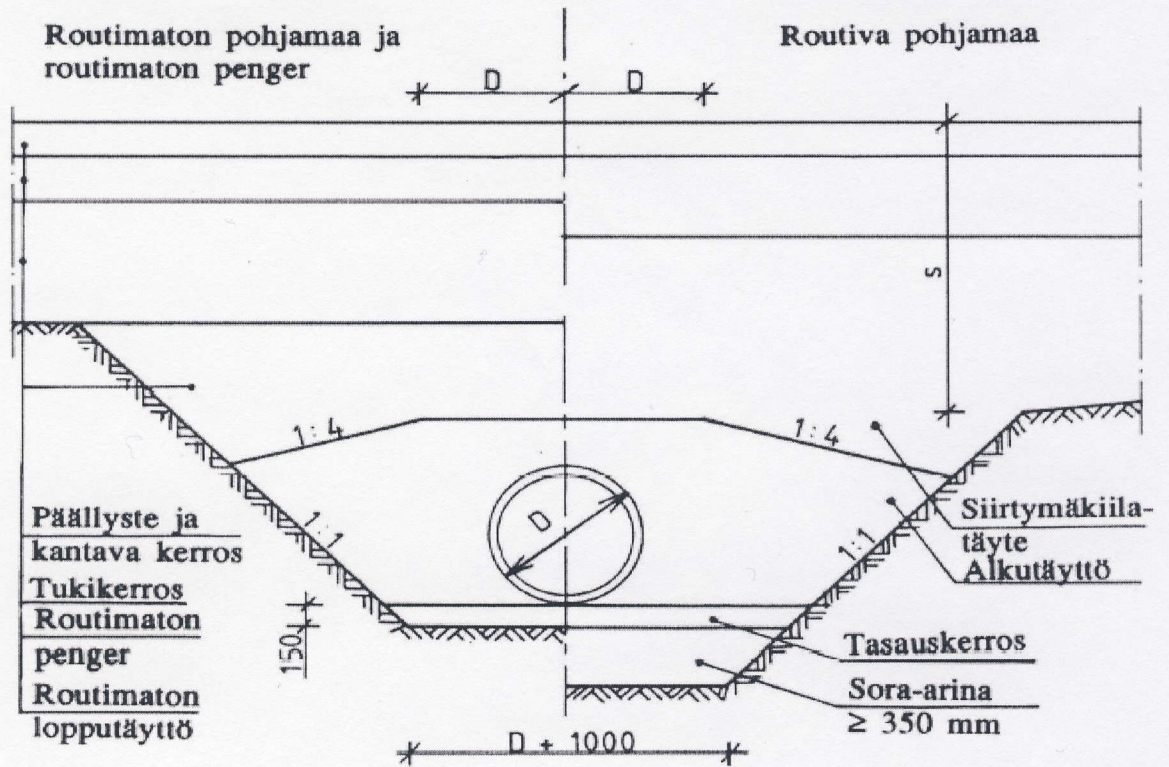
Kumitiivisteliitoksella liitettyyn putkeen, jonka halkaisija on alle 300 millimetriä, on sallittua tehdä mutka tarkastuskaivon kohdalla siten, että kulma on enintään puolet sallitusta kulmamutoksesta. Sallittu muutos ilmoitetaan valmistajan ohjeissa ja standardeissa. Yli 300 millimetriä halkaisijaltaan olevat putket asennetaan suoraan kaivon ohi. Hitsiliitoksella liitettyyn putkeen tehdään kaivon kohdalla mutka taivuttamalla putkea. Taivutussäde riippuu putken ulkohalkaisijasta ja putken tyypistä. Esimerkiksi PEH-putkilla taivutussäteen tulee olla vähintään 50 kertaa ulkohalkaisija. (5, s.117)

Pystysuoran vapaan etäisyyden risteävään putkeen tulee olla vähintään 100 millimetriä. Suunnitelmissa on kuitenkin voitu ilmoittaa suurempi mitta, jolloin käytetään suunnitelmissa ilmoitettua mitta. Asennettaessa tulee huomioda, että esimerkiksi maakaasuputkilla saattaa olla edellä mainittuja suurempia etäisyysvaatimuksia. (5, s.117)

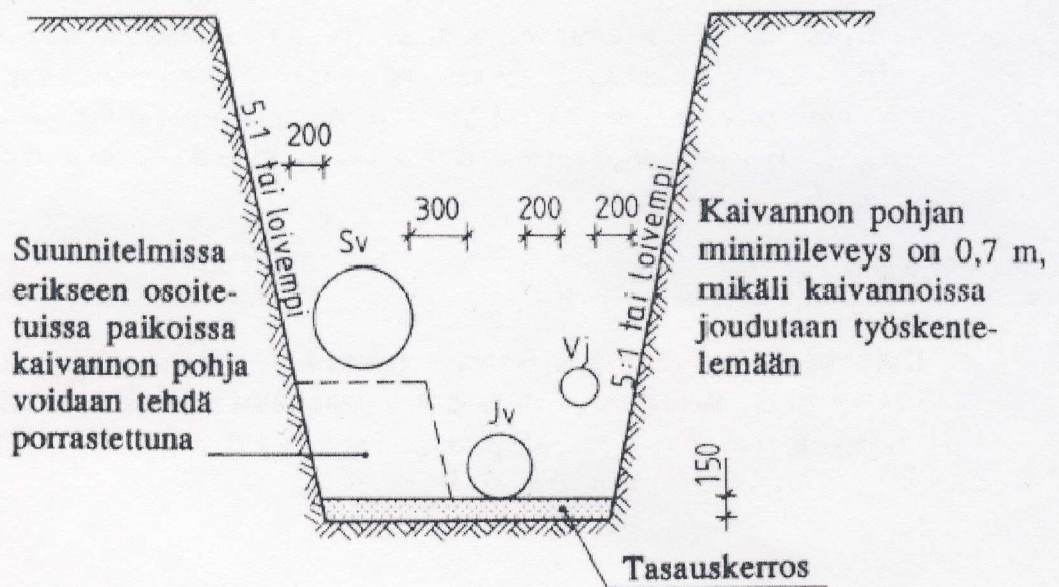
Rakennettaessa voi tulla tilanne, jolloin vesijohtoa ei välittömästi jatketa. Tällaisessa tapauksessa vesijohdon päät tulpataan ja tuetaan. Rakennusvaiheessa kaivannossa mahdollisesti oleva vesi pidetään riittävän alhaalla, jotta veden aiheuttamana noste ei kohota putkea eikä vesi pääse vahingoittamaan vesijohtoa tai täyttöä. (5, s.117)



Kuva 10. Perustaminen kiviainesarinalle. (5, s.93)



Kuva 11. Rumpukaivanto maapohjalla. (5, s.29)



Kuva 12. Putkien sijainti kaivannossa. (5, s.84)

Vesijohdot tulee myös tarkastaa asennuksen jälkeen ennen varsinaista käyttöönottoa. Ensin putki huuhdellaan käytössä olevasta verkosta otetulla vedellä ja vesi johdetaan huuhtelun jälkeen sadevesiviemäriin tai maastoon. Huuhtelussa virtaamaa lisätään asteittain aina sen maksimiarvoon. Huuhtelun suuruutta säätelee vesilähde tai viemärijärjestelmän kapasiteetti. Huuhtelu kestää maksimissaan 15 minuuttia. Sen voi kuitenkin lopettaa, kun huuhdeltava vesi on silmin nähden kirkasta. Halkaisijaltaan suurissa putkissa käytetään paineellista huuhtelua. Huuhtelun jälkeen putki jätetään täyteen vettä painekoetta varten. (5, s.118)

Painekokeessa pidetään vedenpaineena 1,3 kertaa kyseessä olevan vesijohtolinjan nimellispainetta. Painekokeen alussa paine pidetään 10 kPa varsinaista koepainetta suurempana, jotta mahdolliset muodonmuutokset saadaan aikaan ennen varsinaista koetta. Paineen annetaan tämän jälkeen laskea valittuun koepaineeseen jolloin aloitetaan varsinainen tarkkailu. Paineen alenemaa seurataan 30 minuutin ajan ja painemuutoksista pidetään pöytäkirjaa. Mikäli paine vakiintuu enintään 20 kPa koepaineen alle, koe on hyväksytty. Paineen aleneman ollessa suurempi koetta jatketaan tai se uusitaan. (5, s.118)

Painekokeen jälkeen putkijohtolinja desinfioidaan. Käytettävät klooriyhdisteet ovat myrkyllisiä, joten niiden käsittelyssä tulee noudattaa huolellisuutta ja varovaisuutta. Putki täytetään vesijohtoverkosta otetulla vedellä ja kloorikemikaalipitoisuuden tulee olla 50 mg/l. Klooriliuos jätetään putkeen vähintään vuorokaudeksi, jona aikana klooripitoisuuden tulee olla vähintään puolet alkuperäisestä. Desinfioinnin jälkeen putkea huuhdotaan vedellä ainakin 10 minuuttia sen jälkeen, kun kloori on poistunut putkistosta. Desinfioinnin aikana kyseinen johto-osa ei saa olla yhteydessä käytössä olevaan vesijohtoverkkoon. (5, s.118)

5 VERTAILTAVIEN TYÖNSUORITUSTAPOJEN ESITTELY

5.1 Kaivannon suunnittelu

Kaivantosuunnitelmaa tehtäessä tulee ottaa huomioon koko rakennushankkeen ja varsinaisen johtosuunnitelman asettamat vaatimukset. Kaivantotyöt tehdään erilaisissa

olosuhteissa. Joidenkin töiden suunnittelu on erittäin laajaa ja hyvin dokumentoitua, kun taas toiset työt, esimerkiksi johtorikkojen yhteydessä, ovat vaikeita suunnitella etukäteen. On tärkeää, että jo suunnitteluvaiheessa otetaan määräykset ja yleisohjeet huomioon. Tällä tavalla urakoitsija voi täyttää määräyksien ja ohjeiden asettamat vaatimukset. Suunniteltaessa työympäristön rakenteita, työtiloja, työmenetelmiä sekä työssä käytettäviä koneita ja työvälineitä on huolehdittava siitä, että työ voidaan suorittaa turvallisesti ja aiheuttamatta haittaa työntekijän ruumiilliselle tai henkiselle terveydelle. (6, s.12)

Johtosuunnitelmaa tehtäessä tulee pyrkiä laatimaan myös kaivantosuunnitelma. Siinä tulee esittää, mitkä kaivanto-osuudet tehdään luiskattuna, mitkä tuettuna ja mitkä vaativat muita toimenpiteitä, kuten esimerkiksi pohjavedenpinnan alennusta ja räjäytystöistä johtuvia erityistoimenpiteitä. (6, s.17)

5.2 Kaivantotyypin valintaperusteet

Kaivantotyyppiä valittaessa on lähinnä kaksi vaihtoehtoa luiskattu kaivanto tai tuettu kaivanto. Kaivantotapaa valittaessa kiinnitetään etupäässä huomiota kustannuksiin, mutta myös maaperän geotekniset ominaisuudet ja pohjavesiolosuhteet otetaan huomioon. (1, s.104)

Luiskattu kaivanto vaatii enemmän tilaa kuin tuettu kaivanto, jos käytettävissä on runsaasti tilaa on luiskattu kaivanto usein kustannuksiltaan edullisempi. Toisaalta mitä syvempi kaivannosta tulee, sitä suuremmat kulut aiheutuvat ylimääräisten kaivu- ja täyttömassojen siirtelystä. Syvä kaivanto saattaa jo tästä syystä olla tuettuna kokonaiskustannuksiltaan edullisempi vaihtoehto. Lahirakennusten, liikenneväylien, johtojen ym. rakenteiden vuoksi työalue on usein rajallinen ja kaivanto joudutaan toteuttamaan tuettuna. (1, s.104)

Pohjaveden puolesta luiskattu kaivanto on mahdollinen ainakin silloin, kun pohjaveden pinta on alempana kuin kaivannon pohja. Huonosti vettä läpäisevässä maassa voidaan luiskattu kaivanto ulottaa hieman pohjaveden pinnan alapuolelle. Maaperän ollessa karkearakeista on kaivannot tehtävä aina tuettuina eroosioriskin takia, ellei poh-

javeden pintaa alenneta keinotekoisesti. Vetelään hienorakeiseen maahan tehtävät kaivannot on tuettava luiskien sortumisen ja luiskien liukumisen varalta. (1, s.105)

Luiskakaivannot voidaan tehdä tehokkaammin, pienemmillä kokonaiskustannuksilla ja yksinkertaisemmin menetelmin kuin vastaavat tuetut kaivannot, joissa tukiseinät rajoittavat työkoneiden liikkuvuutta ja tästä syystä vaativat usein erikoiskalustoa. Hyvänä esimerkkinä tästä mm. avovedessäkin esimerkiksi siltaperustusten kaivannot tehdään usein aluksi luiskakaivantoina. Käytettävät luiskat ovat loivia ja kaivetut peruskaivannot muutetaan vasta perustusten valutöitä varten tuetuiksi kaivannoiksi, kun niissä ei tarvitse enää kaivaa. (1, s.105)

Kaivannon tyyppiä valittaessa tulee ottaa huomioon myös kaivuajankohta sekä käyttöaika. Sään ja vuodenajan merkitys tulee erityisen selvästi esille siltti- ja silttimoreenimaihin tehtävissä kaivannoissa. Tällaisissa maaperissä varsinkin sade ja roudan sulaminen aiheuttavat ongelmia. Maaperä muuttuu kyseisissä olosuhteissa helposti veteläksi tai jopa juoksevaksi. Tällaisissa olosuhteissa kaivannot kannattaakin tehdä tuetuina. (1, s.105)

Viime aikoina tärkeäksi kaivantotyyppin valintakriteeriksi on noussut työturvallisuus. Erityisesti huomioidaan kaivannoissa aina piilevä sortumavaara ja sen seurauksena työntekijöille aiheutuva tapaturmavaara, ja pahimmillaan jopa hengenvaara. Suurimman osan kaivantosortumista on todettu tapahtuvan tukemattomissa, jyrkkäliuskaisissa 2-5 metrin syvyisissä kaivannoissa. Tällaiset kaivannot on lisäksi tehty helposti sortuvalla maaperälle ja ne ovat myös usein alttiina tärinävaikutukselle. Kaivantojen tekemiselle on olemassa lainsäädännön tapaisia määräyksiä, joista tärkeimmät sisältyvät valtioneuvoston päätöksellä (no 274/1969) annettuihin ohjeisiin, rakennustyössä noudatettavaan järjestysohjeisiin. Ohjeissa on mm. seuraavat kaivantotyyppin valintaan vaikuttavat säännökset: (1, s.106)

”Erityisiin toimenpiteisiin sortumisen aiheuttaman tapaturman vaaran välttämiseksi on tarvittaessa ryhdyttävä sateen, kuivumisen tai roudan sulamisen johdosta. Samoin on toimittava silloin, kun kaivetaan löysää maata tai 2,0 metriä syvempää kapeaa kaivantoa tahi kun kaivannon yhteydessä tai läheisyydessä suoritetaan tärinää aiheuttavaa työtä taikka kun kaivantoon vaikuttaa raskas ajoliikenne. Suoritettaessa kaivutyö-

tä rakennuksen tai muun rakennelman alla tai vieressä on samoin erityisesti ryhdyttävä ennalta riittäviin tukitoimenpiteisiin sortumisen estämiseksi.” (7, §49.)

Yllä olevissa varsin yleisluontoisissa määräyksissä siis edellytetään erityistoimenpiteitä kaivantosortumien estämiseksi. Toimenpiteillä tarkoitetaan kaivannon tukemista tai luiskatun kaivannon tekoa erittäin loivilla luiskilla. (1, s.106)

5.3 Luiskattu kaivanto

Luiskatussa kaivannossa luiskan kaltevuus tulee mitoittaa niin, että saavutetaan riittävä varmuus luiskien sortumista vastaan. Ongelmaksi nousee kuitenkin usein tilan puute sekä maaperän ominaisuudet. (1, s.109)

Karkearakeisissa maalajeissa ja moreeneissa suurin sallittu luiskakaltevuus riippuu enimmäkseen maan kitkakulmasta, johon puolestaan vaikuttavat maan rakeisuus ja kyseisen maakerroksen tiiviys. Tavanomaisten kaivantoluiskien kaltevuus voidaan mitoittaa kuvan 13. taulukkoa käyttäen, jolloin maaperän tiiviys voidaan arvioida kuiva-tilavuuspainon tai kairausvastuksen perusteella. Taulukossa esiintyvät luiskakertoimet on asetettu kokonaisvarmuuskertoimen $F=1,3$ mukaan. Edellytyksenä on myös, ettei kaivumaita ole läjitetty kaivannon läheisyyteen. Korkeaa, pitkäaikaista tai pysyväksi jäävää kaivantoa mitoittaessa saa luiskan kaltevuus olla korkeintaan maan sisäisen kitkakulman suuruinen. (1, s.110)

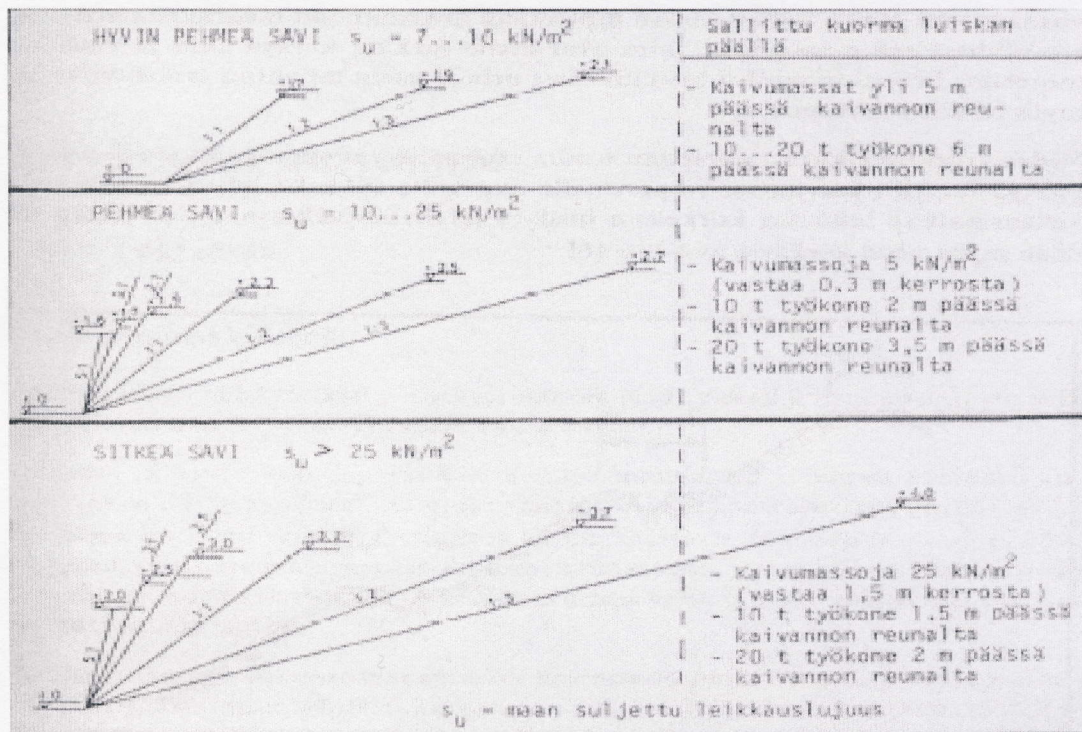
Luokka	Maapohja	Kaivannon syvyys		
		H<1,2 m	H = 1,2...2,0 m	H>2,0 m
		Luiskan kaltevuus		
I	Löyhä ja keskitiivis siltti Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	Pysty-suora	20°...45° riippuen maa-aineksen laadusta ja ominaisuuksista	
II	Tiivis siltti*) Tiivis hiekka*) Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni*)	Pysty-suora	< 2:1	< 1:1
III	Tiivis sora Tiivis moreeni	Pysty-suora	< 4:1	< 2:1

Kuva 13. Luiskatun kaivannon mitoitusaulukko. (1, s.110)

Koheesiomaalajeissa luiskan pysyvyys riippuu suurimmaksi osaksi maan leikkauslujuudesta. Koheesiomaat ryhmitellään konsistenssinsa mukaan, joka ilmentää kunkin maalajin lujuutta. Tällöin käytetään seuraavia leikkauslujuuden mukaisia konsistenssi-ilmaisuja:

- vetelä lieju/savi	$S_u < 7 \text{ kN/m}^2$
- hyvin pehmeä savi	$S_u = 7...10 \text{ kN/m}^2$
- pehmeä savi	$S_u = 10...25 \text{ kN/m}^2$
- sitkeä savi	$S_u > 25 \text{ kN/m}^2$ (1, s.110)

Luiskattua kaivantoa ei voida ollenkaan tehdä, jos maaperä koostuu vetelästä savesta. Vetelän saven lujuus on alhainen. Savimaan mahdollinen sortuminen kaivantoon aiheuttaa työturvallisuusriskin ohella myös kaivumaiden lisääntymistä ja ympäröivän maaperän liiallista painumista. Hyvin pehmeän ja pehmeän saven luiskan kaltevuudet voidaan mitoittaa kuvan 14 mukaan. Tällöin leikkauslujuutena käytetään yläpuolella olevan maaperän leikkauslujuutta. Luiskan kaltevuuden ollessa alle 53° on huomioitava myös kaivutasoa alempana olevien kerrosten leikkauslujuus niin syvälle, kuin murto- ja kupinnan oletetaan ulottuvan. (1, s.111)



Kuva 14. Luiskan kaltevuus ja suurin kaivussyvyys koheesiomaalajeissa. (1, s.111)

Luiskattuja kaivantoja tehtäessä on myös huomioitava rakennustyössä noudatettavia työturvallisuusohjeita:

"Jollei kaivannon seinää tarvitse tukea, on sen reunan oltava puolen metrin leveydeltä vapaa irtomaasta, kivistä ja muista vierivistä ja tai kaivannon reunan sortumisvaaran aiheuttavista esineistä. Tästä määräyksestä voidaan kuitenkin poiketa, jos on kysymys 1,0 metriä matalammasta kaivannosta

Ajoneuvot, maanrakennuskoneet sekä nosto- ja muut laitteet on sijoitettava turvallisen etäisyyden päähän kaivannon reunasta huomioon ottaen maan laatu ja kaivannon syvyys. Liikenne on ohjattava riittävän kauaksi kaivannon reunasta sopivin ohjauspuomein ja estein." (7, §52)

5.4 Tukiseinällä tuettu kaivanto

Tukiseinällä tuettu kaivanto vaatii maalajista riippuen jopa useita metrejä vähemmän leveyttä työalueelta. Hienojakoisimmille maalajeille tuettu kaivanto on usein jopa ainoa ratkaisu, kun maaperän leikkauslujuus on niin heikko, että sortumavaara on suuri

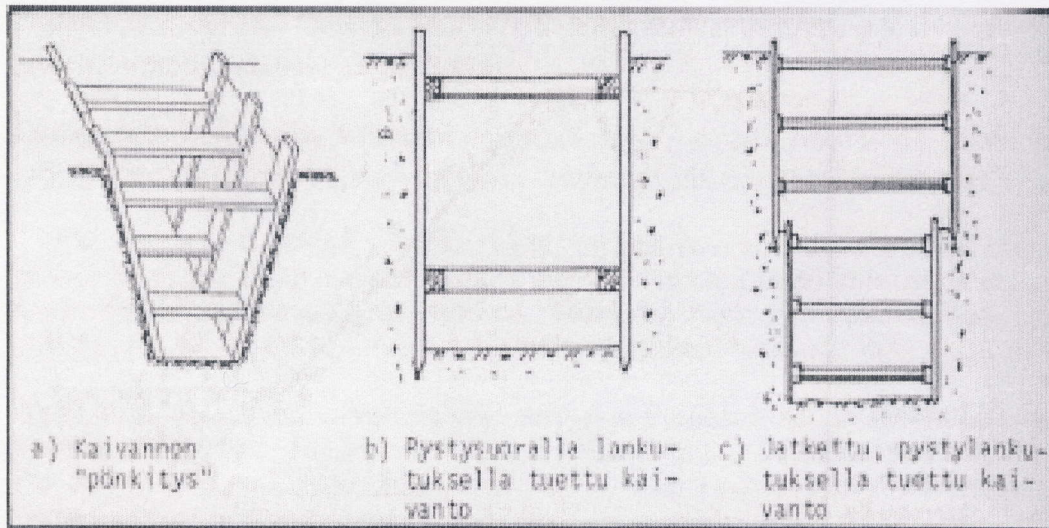
vaikka luiskat olisivat kaltevuudeltaan vaadittavan loiva. Tuetuissa kaivannoissa huonona puolena on suurempi määrä erityisjärjestelyjä, työsuorituksia ja kalustoa kuin luiskatuissa kaivannoissa. Tuetut kaivannot on ovat usein myös kustannuksiltaan kalliimpia. Seuraavassa esitellään muutamia tukiseinätyyppejä. (1.)

5.4.1 Puulankkuseinät

Puulankkuseiniä käytetään yleensä peruskaivantojen ja erityisesti johtokaivantojen yhteydessä. Kaivannon syvyys saa olla enintään 3 – 4 metriä. Kuivassa ja hyvin koossa pysyvässä maassa oleva matala kaivanto voidaan tukea eli ”pönkittää” harvalla pystytai vaakalaudoituksella (ks. kuva 15a). Pönkitystä tulee käyttää, kun voidaan kokemuksen mukaan perustella, että on olemassa sortumavaara vaikka vaaraa ei teoreettisesti voitaisikaan perustella. (1, s.113)

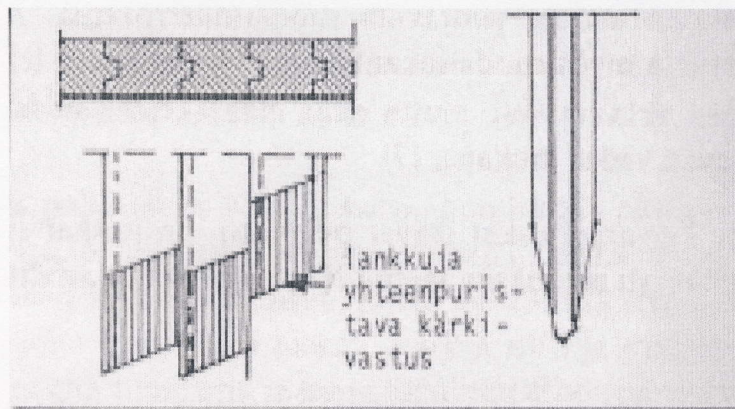
Tavallisin puinen tukiseinärakenne on kaivannon poikki tuettu pystysuora lankutus (ks. kuva 15b). Lankutus voidaan tehdä särmälankutuksena tai uralankutuksena. Uralankutusta käytetään, kun tukiseinästä halutaan vesitiivis ja kun lankkuja joudutaan lyömään maahan ennen kaivua. Uralankutuksia on käytetty esimerkiksi vesistösiltojen perustuskaivannoissa. (1, s.113)

Maan kovuus tai lankkaushankaus rakenteita vasten sekä lankkujen käyristyminen saattavat estää lankkujen lyömisen syvemmälle. Kaivanto voidaan tällöin syventää niin, että rakennetaan toinen lankkuseinä jo rakennetun sisäpuolelle (ks. kuva 15c). Tämä menetelmä kuitenkin aiheuttaa kaivannon supistumista, mikä vaatii kaivannon yläosalta riittävästi väljyyttä. (1, s.114)



Kuva 15. Puulankkuseinän eri tyyppejä. (1, s.114)

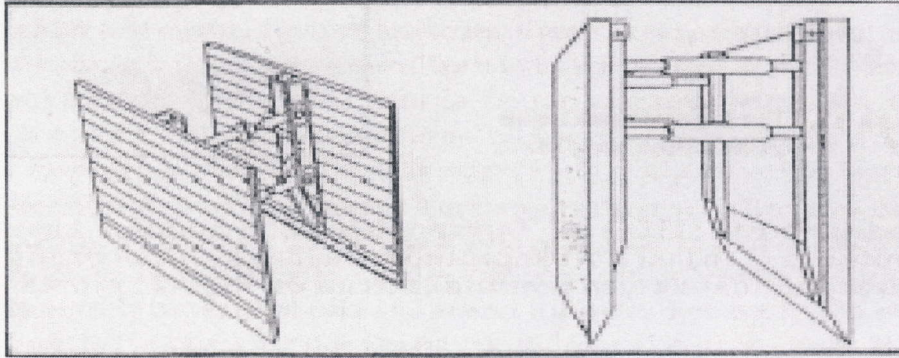
Puulankkuseinien lankkupaksuudet ovat nykyisin välillä 38 – 75 millimetriä. Ennen lankkujen asennusta on rakennettava ohjauskehys, jonka avulla lankut lyödään maahan paineilmavasaralla yksitellen tai ryhmissä. Maahan painumista helpotetaan teroitamalla lankkujen päät. Vierekkäisten lankkujen painautuminen vesitiiviisti toisiaan vasten varmistetaan viistämällä lankut toispuoleisesti (ks. kuva 16.). (1, s.114)



Kuva 16. Lankkujen alapään muotoilu. (1, s.114)

5.4.2 Elementtiseinät

Kapeat kaivannot voidaan tehdä myös käyttämällä valmiita 2 – 4 metriä korkeita teräs- tai osittain puurakenteisia seinäelementtejä (ks. kuva 17.). Rakenne asennetaan kaivannon pohjalle ja tuet kiristetään. Elementtiseiniä käytettäessä säästetään kustannuksissa, koska elementtiseiniä voidaan käyttää toistuvasti. (1, s.114)

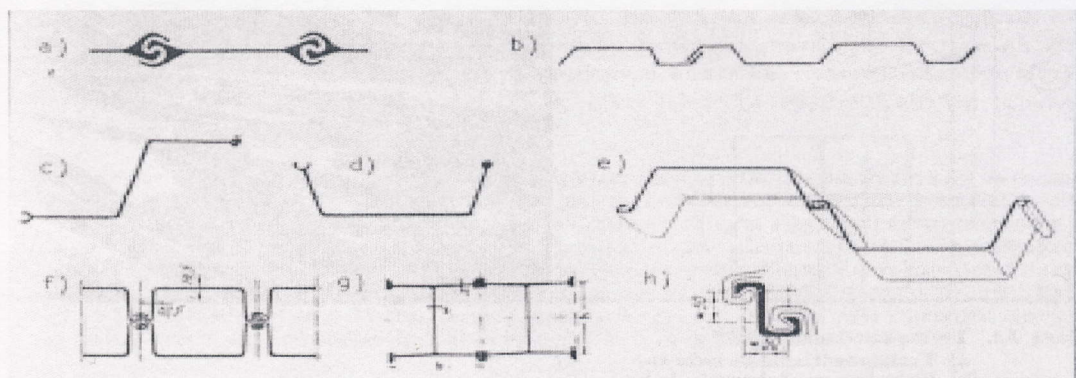


Kuva 17. Esimerkkejä elementtitukiseinistä. (1, s.115)

5.4.3 Teräsponttiseinät

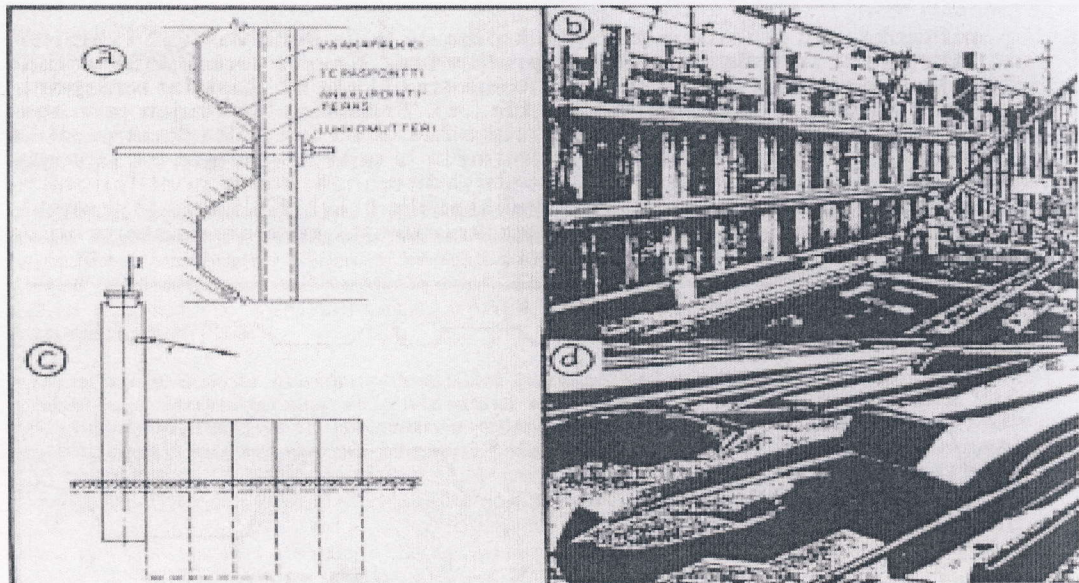
Teräsponttiseinät ovat maailmalla yleisimmin käytetty tukiseinätyyppi, ja niiden käyttö on yleistynyt myös Suomessa viime vuosina. Teräsponttiseinä koostuu pystysuorista teräsponttilankuista, joista rakennetaan vesitiivis rakenne. Teräsponttilankkujen koko- ja muotovalikoima on erittäin laaja. Tyypit ryhmitellään yleensä kevyihin, raskaisiin ja erikoisprofiileihin. Kevyet ovat usein tasolevymäisiä ja hieman aaltomaisia. Raskaat ovat muodoltaan yleensä Z- tai U-profiileja. Lankkujen taivutusvastus on suuri, joten tukiväli voi olla melkoisen suuri. (1, s.115)

Raskaat ponttiprofiilit ovat Suomessa käytetyistä tukiseinätyypeistä suosituimpia. Eri-tyisen paljon käytetään kahdesta U-profiilista koostuvaa teräsponttiseinäyhdistelmää, jossa ponttilukko sijoittuu seinän poikkileikkauksen neutraaliakselille. Jäykimmät teräsponttiseinät saadaan käyttämällä erikoisprofiileja, esimerkiksi koottavista kotelo- maisista profiiliyhdistelmistä. (1, s.115)



Kuva 18. Esimerkkejä teräsponttiseinän profiileista. (1, s.115)

Teräsponttilankut lyödään maahan useimmiten paalutuskoneistolla, joista sopivimpia ovat järkälejunta, kaksitoiminen paineilmavasara, räjähdysjunta, täryvasara tai hydraulinen tunkki. Erityisen tehokkaaksi työvälineeksi on osoittautunut täryvasara, jota voidaan käyttää lankkujen asennuksen lisäksi myös niiden ylös vetämiseen. Teräsponttilankkujen asentamista varten rakennetaan ohjauskehys, aivan kuten puulankkuseinien asennuksessa, joka varmistaa lankkujen pysymisen oikeassa suunnassa. Lankut asennetaan asteittain useamman lankun sarjoissa. Maahan lyötäessä lankku pyrkii kallistumaan etenemissuuntaan, mikä estetään tukemalla lankkua seinän suuntaisella kiristetyllä vaijerilla. Teräsponttiseinä tuetaan vaakasuorilla teräspalkeilla, jotka edelleen tuetaan terästukirakenteilla, jotka usein ankkuroidaan seinän takana oleviin maakerroksiin tai kallioon. (1, s.116)



Kuva 19. Teräsponttiseinän rakenteita ja esimerkkikuva. (1, s.116)

Teräsponttiseinä soveltuu erityisesti syviin kaivantoihin. Teräsponttilankkuja voidaan lyödä melko kovaankin maahan ilman ongelmia. Suuria kiviä sisältävään maahan teräsponttiseinä ei sovellu, koska kärjen osuessa kiveen se saattaa vääntyä ja haljeta. Teräslankkujen käytön soveltuvuus tuleekin varmistaa koelankutuksilla, mikäli epäillään maaperän olevan kivistä tai epäsopivaa. Teräsponttirakenteita voidaan käyttää myös pysyvinä rakenteina, kuten satamalaitureissa. (1, s.117)

niin, että työn edistymisen mukaan asennetaan settilankkuja paikoilleen ja kiilataan ne taustamaata vasten pystytukien väliin. Kaivun ja settilankkujen asennuksen edetessä ankkuroimissyvyyteen seinä tuetaan ankkureilla kaivannon ulkopuolelle. (1, s.118)

Settiseinä ei ole rakenteena vesitiivis, ja tämän takia sitä voidaan käyttää ainoastaan pohjaveden yläpuolisissa kaivannoissa. Tarvittaessa pohjaveden pintaa voidaan alen-
taa, mutta parempi vaihtoehto olisi käyttää jotain toista tukiseinätyyppiä, mikäli mah-
dollista. Settiseinä vaatii koossa pysyvää maaperää, koska seinälankulle tulee voida
kaivaa seinän alareunaan lankun asentamista vaativa tila. Toisinaan settiseinien asen-
tamisessa tapahtuu osittaisia maan sortumisia ennen lankkujen asennusta. Sortumista
johtuen seinän taakse jää tyhjää tilaa, mikä aiheuttaa löyhtymistä ja jonkin asteista
painumista, joka rajoittaa settiseinien käyttöä. (1, s.118)

5.4.5 Tukiseinien valintaperusteet

Tukiseinää valittaessa usein tärkein ominaisuus on kustannukset, mutta kustannuksia
vertailtaessa on tarkasteltava koko rakennushankkeen kustannuksia. Tukiseinätyypin
valinta voi vaikuttaa koko hankkeen aikatauluun suurestikin. Tukiseinä saattaa toimia
myös esimerkiksi pysyvänä rakenteena. Usein rajoittavana tekijänä ovat monet olo-
suhdetekijät, kuten esimerkiksi (1, s.121)

- kaivannon syvyys
- maaperän laatu
- tukiseinän toimivuus avovesiolosuhteissa
- tukiseinän vesitiiviys
- seinän takaisen maaperän vaatimukset
- seinän käyttöaika ja mahdollinen pysyvänä rakenteena toimiminen (1, s.121)

Vaatimus tai olosuhdetekijä	Puulankkuseinä		Teräs-pontti-seinä	Setti-seinä	Pato-seinä	Uppo-kaivo
	Tavalli-nen lank-kuseinä	Ura-lankku-seinä				
Kestoikä — pysyvä tukiseinä — tilapäinen tukiseinä	X	X	(X) X	X	X	X
Kaivannon syvyys < 4 m > 4 m	X	X	(X) X	(X) X	(X) X	(X) X
Vesiolosuhteet — avovesiolosuhteet — vesitiivis seinä		X X	X X		X	X
Kaivantomaaperä — pehmeä tai vetelä — kiinteä, kivetön — kova, kivinen	X	X X	X X	X (X)	X X X	X X X
Ympäristö ei saa liik-kua-tai painua					X	
Tukiseinästä tulee osa lopullista rakennetta					X	X

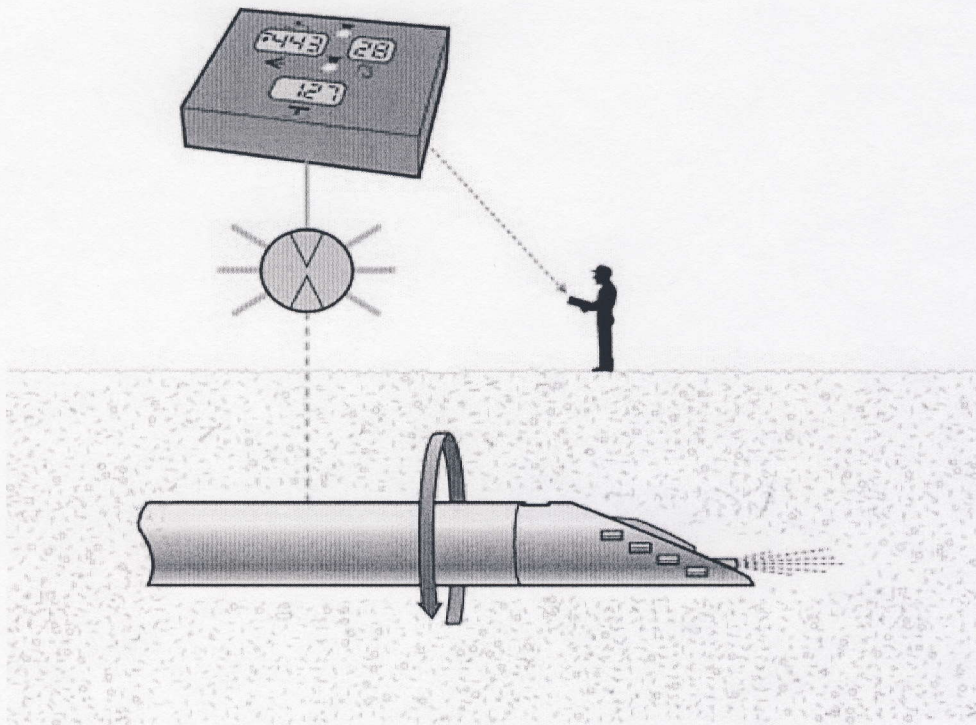
Kuva 21. Taulukko tukiseinän soveltumisesta eri olosuhteisiin. (1, s.122)

5.5 Alitusporaukset

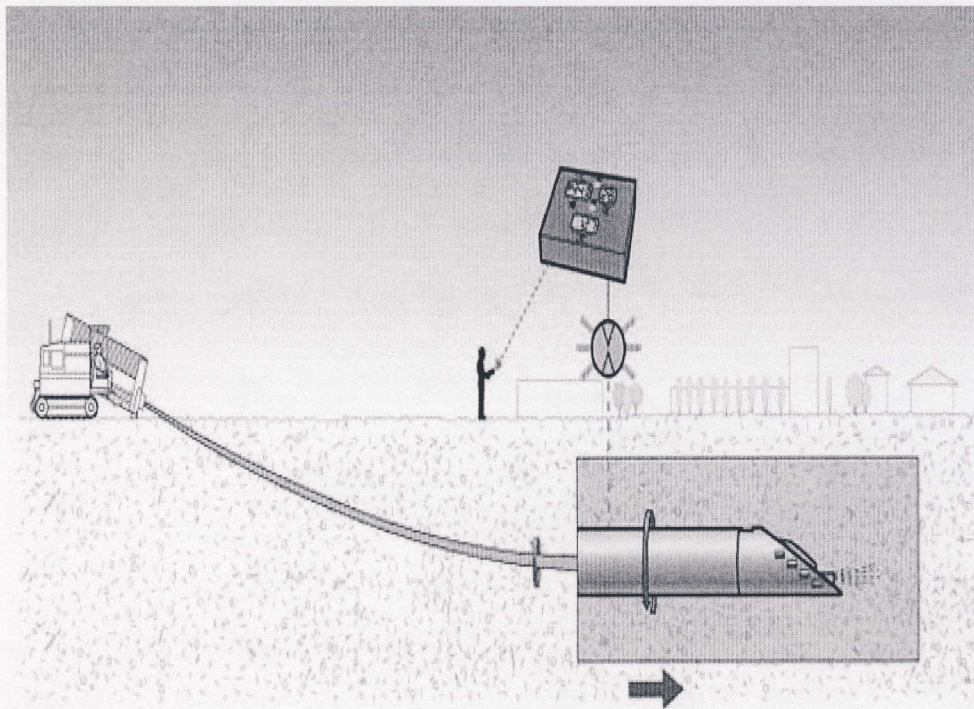
Alitusporaukset ovat hyvä ja toimiva vaihtoehto perinteisille kaivannoille. Poraukset ovat parhaimmillaan työkohteissa, joissa maaperän leikkauslujuus on alhainen. Esimerkiksi vetelä ja pehmeä savimaa. Alitusporauksia tehtäessä normaalia kaivutyötä ei tehdä juuri laisinkaan, vaan koko työ tapahtuu maan alla. Tässä työssä esitellään HDD-ohjattu suuntaporaus- ja vasaporausmenetelmät.

5.5.1 HDD-ohjattu suuntaporaus

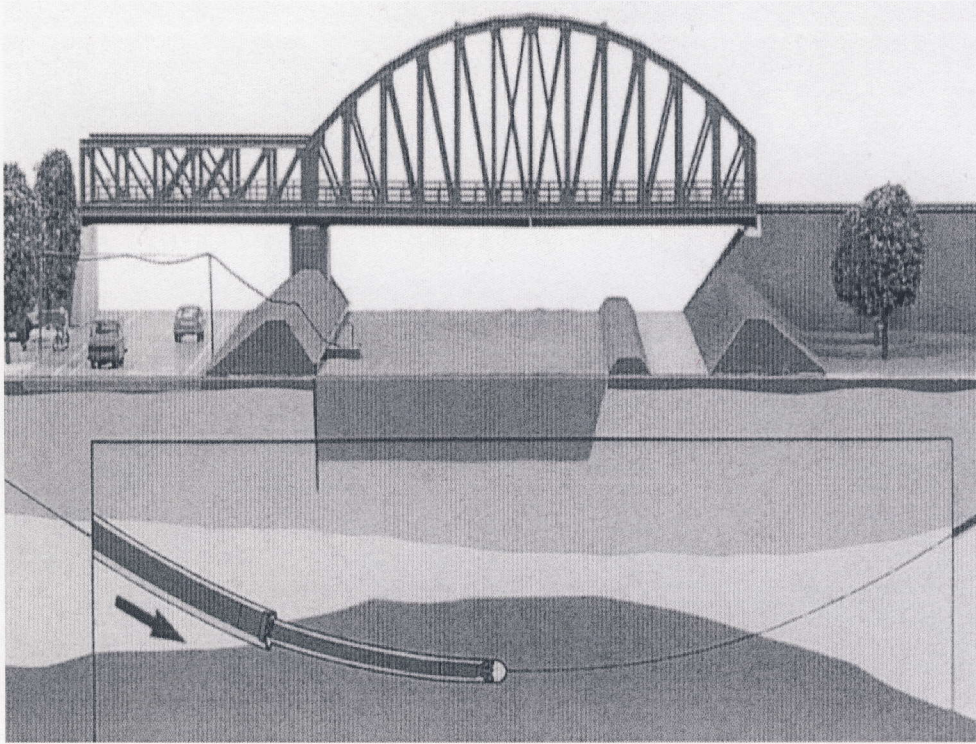
HDD-ohjatun suuntaporausmenetelmän ohjauksessa käytetään heti reikää poraavan kärjen taakse sijoitettua mitta-anturia, joka kommunikoi itse poralaitteen kanssa. Suuntaporausmenetelmässä on käytössä tekniikka, jossa halkaisijaltaan pieni pilottireikä porataan ennalta suunniteltua reittiä pitkin poravaunulta vedettävän putken puolelle. Pehmeissä maissa pilottireikä porataan käyttäen korkeapainehuuhtelua, kun vastaavasti kovassa maaperässä käytetään niin sanottua mutamoottoria avuksi. (8.)



Kuva 22. Porakärki, mitta-anturi ja poran ohjauslaite. (8.)

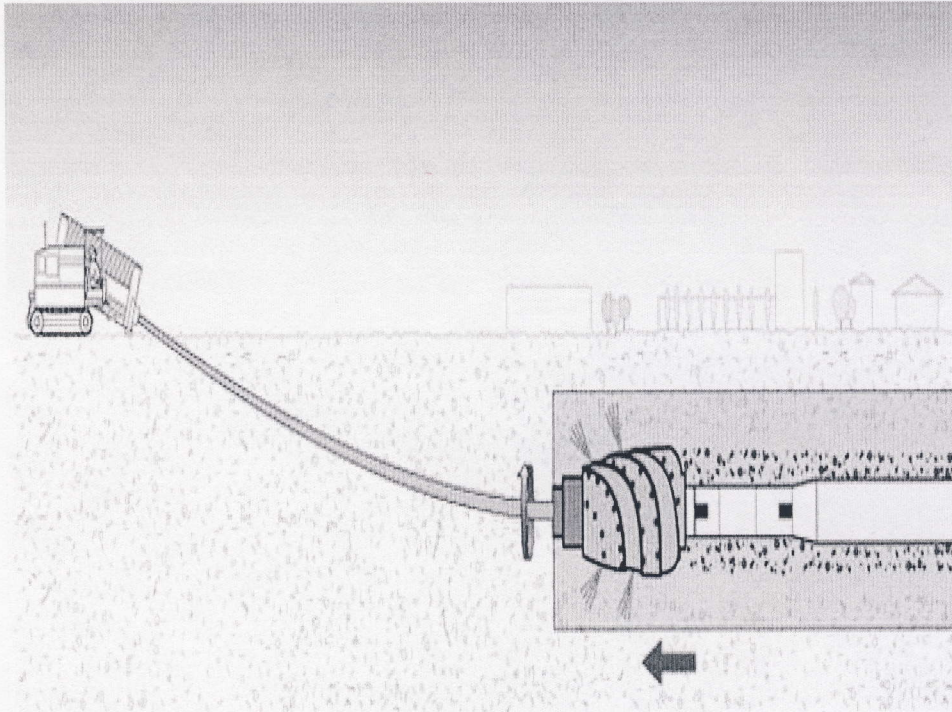


Kuva 23. Pilottireiän poraus kuivan alueen alituksessa. (8.)

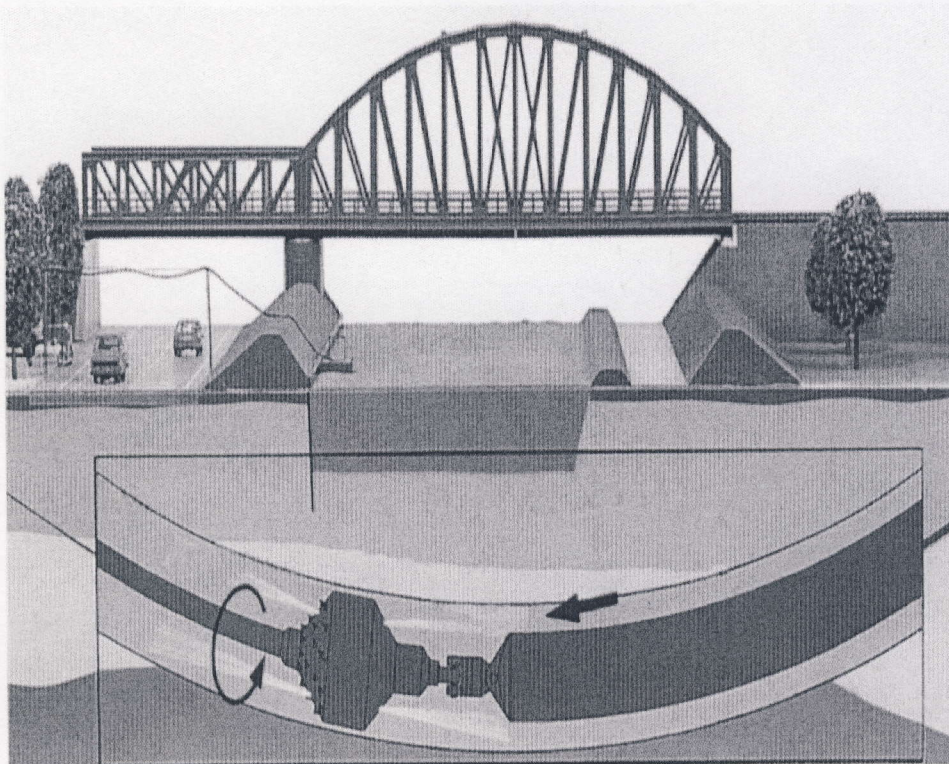


Kuva 24. Pilottireiän poraus vesialueen alituksessa. (8.)

Porankärjen saavutettua vastaanottokaivannon, joka on kaivettu valmiiksi, poistetaan varresta mitta-anturi ja porauskärki. Porausvälineiden poiston jälkeen varteen asennetaan avarrintyökalu ja pyörimään pystyvä liekakytkentä, joka puolestaan kytketään vedettävän putken päähän. Putkea maan alle vedettäessä reikään ruiskutetaan betoniliettä, joka voitelee ja suojaa putken ulkohalkaisijaa. Betonilietteen suihkutusta takaa myös sen, että putki ajan mittaan asettuu savipatjaan. (8.)



Kuva 25. Putken vetäminen alueen alituksessa. (8.)



Kuva 26. Putken vetäminen vesialueen alituksessa. (8.)

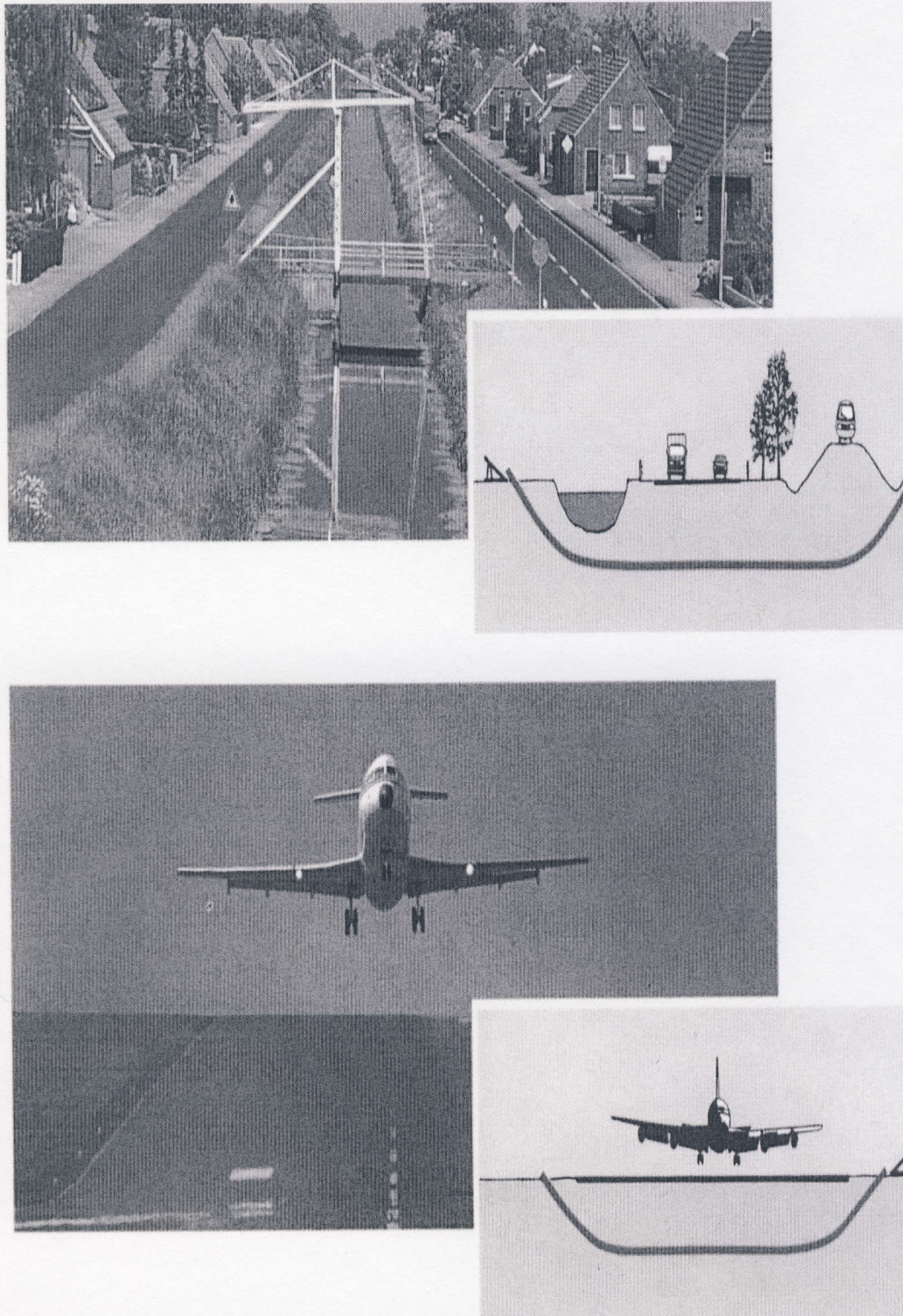
Alitusporauksia voidaan suorittaa jopa 1500 metrin pituisissa alituksissa. Porauksen pituus riippuu kuitenkin putken materiaalista ja laitteistosta siten, että maksimissaan

500 metrin alitukset ovat edullisimpia suorittaa. Poraukset voidaan suorittaa ilman tai hyvin minimaalisilla aloituskaivannoilla. Mitä syvemmälle asennus tapahtuu, sitä edullisempi se on muihin menetelmiin verrattuna. Menetelmä soveltuu hyvin monen kokoisille putkille halkisijaltaan 50 millimetristä aina 1200 millimetriin. Menetelmä soveltuu parhaiten pehmeisiin maalajeihin, kuten saveen, silttiin ja hiekkaan. Ongelmallisia maaperiä toteutuksen kannalta ovat karkeat maalajit, kuten moreeni ja kallio.

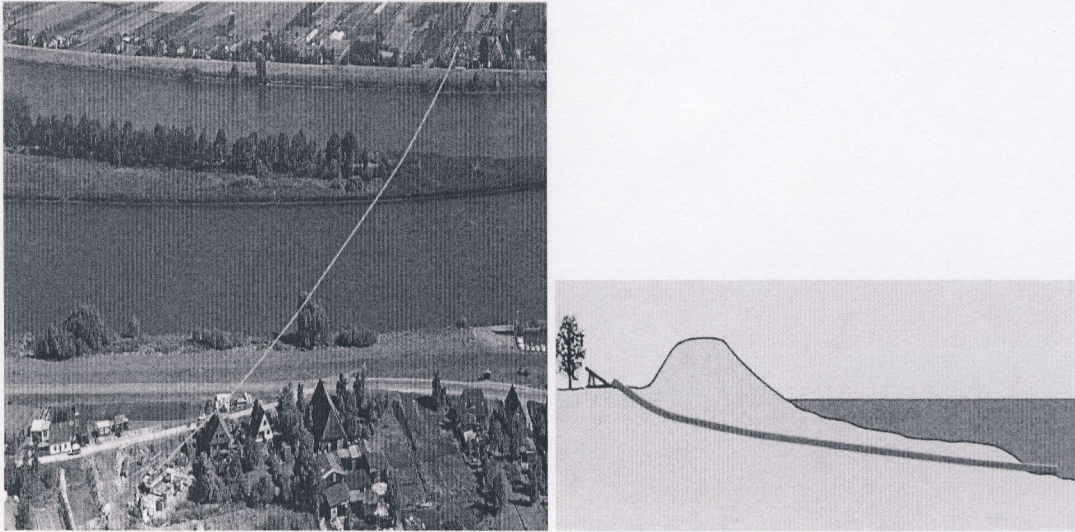
(8.)

HDD-ohjatulle suuntaporaukselle sopivia käyttökohteita ovat

- vesi- ja viemäriputkistot
- öljy- ja kaasulinjat
- viettoviemärit
- salaojat kaatopaikoille ja muihin tarkoituksiin
- teiden ym. alitukset



Kuva 27. Teiden ja kiitoratojen alitukset. (8.)



Kuva 28. Pitkät etäisyydet ja luonnon esteet. (8.)

5.5.2 Vasaraporaus

Iskevä vaakaporaus eli LAP-porausmenetelmä soveltuu erityisen hyvin ongelmalliseen sekamaahan. Ongelmallinen sekamaa sisältää mm. louhetta, suuria kiviä, savea ja soraa. LAP-menetelmä on Lännen Alituspalvelu Oy:n kehittämä porausmenetelmä. Menetelmä soveltuu myös umpikallioon ja järjestelmällä voidaan putkittaa reikä teräsputkella samanaikaisesti. Suojaputket, jotka jäävät alitukseen yhdistetään toisiinsa hitsaamalla. Poraus umpikallioon voidaan suorittaa myös ilman teräsputkea. (9.)

Menetelmä soveltuu halkisijaltaan 219-millimetrisistä aina 1220-millimetriin putkiin. Parhaiten menetelmä toimii halkaisijaltaan suurissa putkituksissa, joissa sen etuja muihin tunnelointilaitteisiin verrattuna ovat mm. nopea siirrettävyys ja purku, järjestelmä läpäisee kaikkia maa-aineksia, minimaaliset häiriöt maa-aineksessa sekä hyvä suuntatarkkuus. (9.)

Vasaraporausmenetelmän tavanomaisia käyttökohteita:

- öljy- ja kaasuputkilinjat
- vesiputkistot
- paine- ja viettoviemärit
- sähkö- ja tietoliikenneputket

6 RATKAISUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

6.1 Maaperä ja olosuhteet

Maaperä molemmissa ongelmakohdissa on eloperäisen pintakerroksen jälkeen savea. Ensimmäisessä kohteessa työn suorittaminen onnistuisi luiskatulla kaivannolla, mutta rajoittavana tekijänä on lähellä kulkeva tie. Kaivannon syvyys vaatisi luiskalta kaltevuuden 1:3, jolloin kaivannon reuna tulisi erittäin lähelle tietä. Romahduksen sattuessa myös viereinen tie olisi vaarassa ja samoin liikenne kyseisellä väylällä. Savimaa on myös erittäin herkkää ympärillä tapahtuvalle liikenteelle, työkoneiden liikkeille sekä muulle lähialueella tapahtuvalla tärinälle.

Työn suorittaminen onnistuisi myös käyttämällä tukiseinää, jonka tulisi kuitenkin olla vesitiivis rakenne. Parhaat vaihtoehdot olisivat puulankkuseinä, teräsponttiseinä tai elementtiseinä. Tukiseinää käyttämällä minimoitaisiin riskit mm. tien vaurioitumiselle, eikä kaivannon toisella puolella olevalle pellolle tarvitse ulottaa niin pitkää luiskaa kuin luiskatussa kaivannossa. Alitusporauksista kysymykseen tulisi suuntaporaus, koska maaperä on pehmeää savea eikä esimerkiksi vasaraporaukselle sopivaa seka- maata.

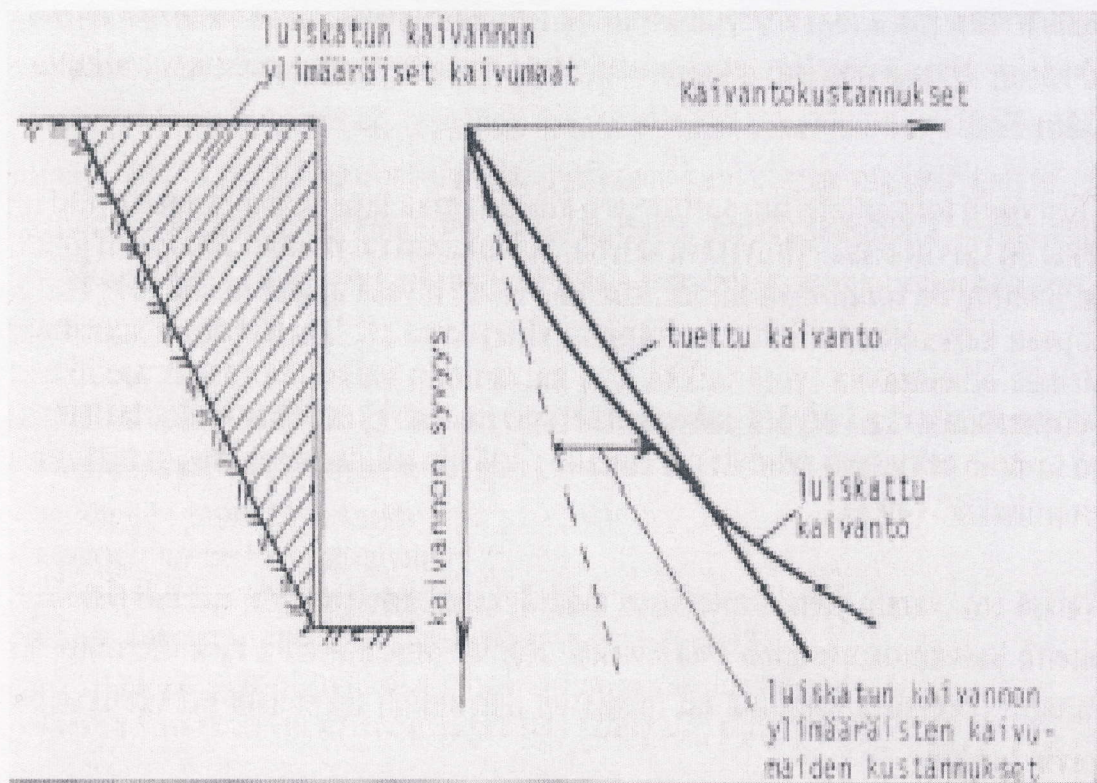
Toisessa kohteessa luiskatun kaivannon suurimmat rajoitukset ovat pehmeä maaperä, kaivannon syvyys ja putkilinjan poikki kulkeva oja. Toisin sanoen luiskattu kaivos on kohteessa kaksi mahdoton vaihtoehto.

Tuetun kaivannon käyttöä työn suorituksessa rajoittaa myös kaivannon syvyys, joka johtuu putkilinjalla kulkevasta noin 3 metriä syvästä ojasta, ja maaperän kosteus. Puulankkuseinillä työ voidaan tehokkaasti tehdä ainoastaan 2 – 4 metrin syvyisessä kaivannossa. Teräsponttiseinä ja elementtiseinä toimisivat periaatteessa, koska näillä voidaan tehdä syviäkin kaivantoja ja molemmista saadaan myös vesitiiviitä rakenteita. Ongelmaksi muodostuukin tässä kaivumaan suuri määrä ja vastaavasti suuri täyttömaan tarve, joka olisi suuri tuetuksi kaivannoksi, mutta silti pienempi kuin luiskatun kaivannon maansiirtomäärät.

Tässä kohteessa optimaalisin työn suoritustapa olisi alitusporaus. Vasaraporaus ei tule kysymykseen, pehmeän savimaan takia. Suuntaporaus olisi tähän kohteeseen oivallinen vaihtoehto. Porauksen soveltuvuus pehmeisiin maa-aineksiin on eduksi valintaa tehtäessä. Vaadittu syvyys saavutetaan minimaalisella kaivutyöllä, eikä ympäröivä maaperä häiriinny, kuten normaalissa kaivutyössä.

6.2 Kustannukset ja kalusto

Luiskattu kaivanto olisi yksinkertaisin työtapa ja periaatteessa jopa mahdollinen ensimmäisessä kohteessa. Toisessa kohteessa kaivannon syvyys aiheuttaisi kaltevuudeltaan niin loivat luiskat, että ylimääräisen kaivumaan kustannukset nousisivat erittäin korkeiksi. Kaluston puolesta yrityksellä on erinomaiset valmiudet suorittaa työ. Pitkäpuomisella kaivinkoneella päästään kaivamaan kauempaakin, jolla vähennetään maaperän häiriintymistä ja sortumavaaraa.



Kuva 29. Luiskatun ja tuetun kaivannon kustannusvertailu. (1. s.105)

Tuettu kaivanto sopisi ensimmäiseen kohteeseen hyvin, mutta yrityksellä ei ole omaa paalutuskoneistoa, jota esimerkiksi teräsponttiseinä vaatii. Oman paalutuskoneiston

hankkiminen yhtä työmaata varten ei olisi kannattavaa, joten olisi palkattava ulkopuolinen aliurakoitsija. Teräsponttilankkujen hankkiminenkaan ei olisi taloudellisesti kannattavaa, koska ei ole tietoa, tarvitaanko niitä tulevaisuuden työkohteissa, joten uudelleen käytön mahdollisuus ei olisi varmaa. Tuettu kaivanto vaatisi myös enemmän työvoimaa, koska se sisältää monimutkaisempia ja useampia työvaiheita kuin luiskattu kaivanto.

Suuntaporaukseen jouduttaisiin myös palkkaamaan ulkopuolinen aliurakoitsija. Poraukskaluston kuljetus ja siirrot tulisivat maksamaan enemmän kuin omien kaivinkoneiden käyttö. Suuntaporauksen hyvänä puolena on, ettei tarvitse tehdä lainkaan tai korkeintaan hyvin minimaalisesti kaivutyötä. Tarvitaan ainoastaan pienet aloituskaivannot. Säästöä syntyy myös, kun ei tarvitse kuljettaa kaivumaita pois eikä tuoda täyttömaata tilalle.

Toiseen kohteeseen suuntaporaus sopii loistavasti, koska kohteessa on alitettava vesialue. Avokaivantoa tehtäessä vesialueen alitus tuottaisi paljon hankalia ja monimutkaisia lisätoimia, jotka nostavat avokaivannon kustannuksia verrattaessa suuntaporaukseen.

6.3 Työturvallisuus

Molemmissa kohteissa maaperä on pehmeää savea, jolloin luiskatun kaivannon tekeminen aiheuttaa työntekijöille ja konekuljettajille turvallisuusriskin, koska kaivannon seinämien sortumavaara on suuri. Sortumavaaran riskiä nostaa työalueella tilan puute, joka puolestaan rajoittaa luiskien kaltevuusastetta. Mikäli luiska ensimmäisessä kohteessa tehtäisiin tarpeeksi loivaksi, vaara työntekijöille vähentyisi, mutta viereisen tien sortumisriski kasvaisi ja näin ollen vaarantaisi muiden turvallisuuden.

Suuntaporauksessa työturvallisuusriskit ovat vähäisiä, koska ei ole pitkiä ja syviä avonaisia kaivantoja. Ainoa vakava turvallisuusriski on varomaton liikkuminen työssä olevien koneiden läheisyydessä ja puutteellinen varustus, mutta samat vaaratekijät ovat olemassa avonaisissa kaivannoissa.

6.4 Sääolosuhteet

Sääolosuhteiden puolesta molempien kohteiden savinen maaperä on ongelmallinen. Vesisateella savimaan leikkauslujuus muuttuu entisestään huonommaksi, ja näin ollen sortumisen riski suurenee. Kuumalla ja kuivalla säällä savimaa kovettuu ja saattaa halkeilla, mikä aiheuttaa sortumavaaran.

6.5 Aikataulu

Työmaa alkoi keväällä 2009 ja työn on valmistunut lokakuun 2009 lopussa. Kohde kaksi sijaitsee keskellä peltoa, joten ojan alituksen tekeminen viivästyy peltotöiden takia. Työ siirtyi elokuun ja syyskuun vaihteeseen, kun pellon omistava osapuoli oli saanut sadon korjattua ja pellolle pääsi ajamaan maanrakennuskoneilla. Työn suorittamisen siirtyminen näin myöhäiseen vaiheeseen rajoittaa työhön käytettävää aikaa.

7 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

7.1 Kohde 1 (Paaluluku 0-120)

Ensimmäisessä kohteessa päädyttiin HDD-ohjattuun suuntaporaukseen. Alun perin kaivantoa alettiin tehdä luiskattuna kaivantona, mutta noin 15 metrin kaivamisen jälkeen kaivanto sortui, ja kun sortunut maa-aines kaivettiin pois, sortui kaivanto uudelleen, jolloin päädyttiin harkitsemaan muita vaihtoehtoja..

Jäljellä olevista vaihtoehtoista sekä tuettu kaivanto että suuntaporaus olisivat hyviä ratkaisuja. Suuntaporauksessa säästytään kuitenkin tuetun kaivannon monilta työvaiheilta sekä säästetään maasiirtelystä aiheutuvilta lisäkustannuksilta. Suuntaporauksella vältetään myös mahdolliset sortumat ja vauriot viereiselle tieosuudelle.

7.2 Kohde 2 (Paaluluku 3400)

Toisessa kohteessa ei ollut mahdollista tehdä luiskattua kaivantoa. Suurimmat syyt luiskatun kaivannon hylkäämiseen olivat kaivannon suuri syvyys, maaperän koostumus ja sekä vesialueen alitus. Tuetun kaivannon toteuttaminen olisi periaatteessa mahdollista, mutta kaivannon syvyys ja erityisesti linjan poikki kulkeva vesialue olisivat voineet aiheuttaa ongelmia. Peltotöiden viivästyttämänä olisi myös saattanut tulla aikataulullisia ongelmia, jolloin taas kustannukset olisivat kohonneet liian suuriksi.

HDD-ohjattu suuntaporaus oli ratkaisu myös tämän kohteen toteutukseen. Suuntaporaus soveltuu kyseiseen kohteeseen erittäin hyvin. Kustannukset eivät pääse nousemaan liian korkeiksi, koska alueella on tehty maaperätutkimukset ja ongelmallisia paikkoja ei löytynyt. Maaperä on pehmeää savea, jossa suuntaporaus on omimmillaan. Syvyydestäkään ei tule ongelmaa, koska suuntaporaus tehdessä ei tarvita minkäänlaisia luiskia tai tukiseiniä ja silti saavutetaan haluttu syvyys ongelmitta. Putkilinjan poikki kulkeva ojakin voidaan alittaa ilman ylimääräisiä toimenpiteitä, kuten patoamisia ja muita. Tapaturmariskit ovat myös minimaaliset, koska työmaalla ei ole avonaisia kaivantoja ja tarvitaan ainoastaan yksi kaivinkone siirtelemään putkia.

7.3 Arviointi

Työmaan onnistumisen kannalta on aina tärkeää olla hyvät ja riittävät suunnitelmat, joita tulee päivittää sitä mukaa, kun tarvetta ilmenee. Myös kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja on syytä vertailla huolellisesti, eikä aina katsoa pelkkiä kustannuksia. Kyseisistä kohteista jälkimmäisen työn suoritustapa on ylivoimaisesti parhaiten sopiva ratkaisu, teki vertailua sitten minkä asian suhteen tahansa.

Ensimmäisessä kohteessa olisi voitu aivan yhtä hyvin päätyä myös tuettuun kaivantoon. Kustannuksiltaan suuntaporaus on hieman kalliimpi, mutta tapaturmariskit ovat pienemmät ja hankalien työvaiheiden määrä vähäisempi. Ratkaisuun vaikutti myös se, että suuntaporauskalusto joudutaan joka tapauksessa tuomaan työmaalle toisen kohteen tekoa varten.

LÄHDELUETTELO

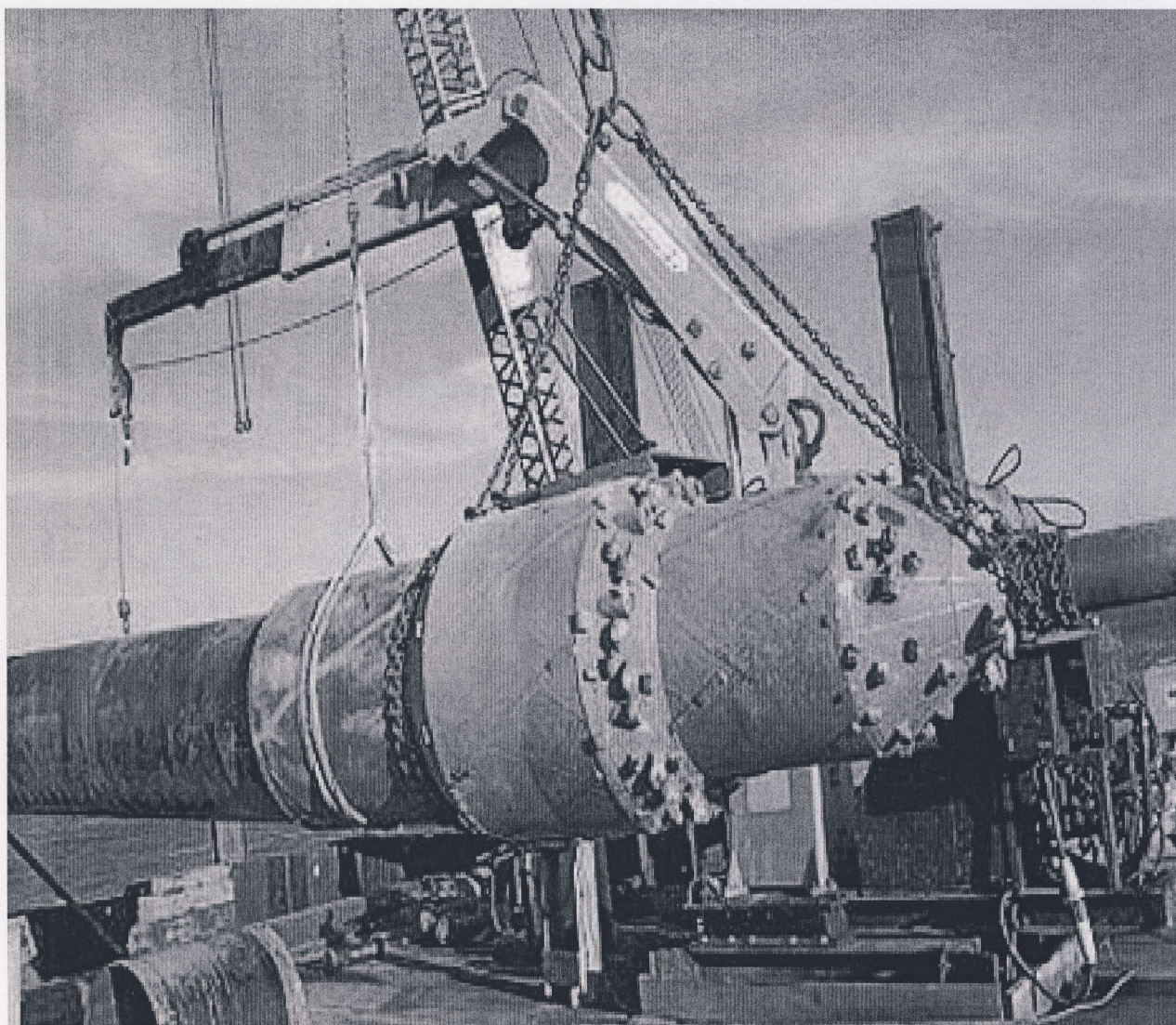
1. Rantamäki, Tamminrinne. 1979. Pohjarakennus. Helsinki. Otatieto.
2. Kymen Vesi Oy:n internetsivut. Saatavissa:
<http://www.kymenvesi.fi/Ajankohtaista?id=69&start=0> (viitattu 18.10.2009)
3. Kuusan Maansiirto Oy:n internetsivut. Saatavissa:
<http://www.kuusanmaansiirto.fi/kuusanmaansiirto.htm#alku> (viitattu 18.10.2009)
4. Saint-Gobain Pipe Systemsin internetsivut. Saatavissa:
<http://www.sgps.fi/tuoteryhmakuvat/4/iso245.jpg> (viitattu 20.10.2009)
5. Suomen Kaupunkiliitto. 1991. Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 90. Helsinki. Kaupunkientalon painatuskeskus
6. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. 1992. RIL 194-1992: Putkikaivanto-ohje. Lahti. Lahden Kirjapaino ja Sanomalehti Oy.
7. Valtioneuvosto. 1969. Päättös no 274/1969. Helsinki.
8. Lännen Alituspalvelu Oy. HDD-ohjattu suuntaporaus esite. Pori.
9. Lännen Alituspalvelu Oy:n internetsivut. Saatavissa:
<http://www.lannenalitus.com/hdd-ohjattu-suuntaporaus> (viitattu 20.10.2009)



HHD-ohjattu suuntaporausvaunu.



HDD-ohjattu suuntaporausvaunu.



Gasum DN700 kaasuputki Mäntsälä. Kokonaispituus 320 metriä.



Kirkkonummi PEH560 & PEH225. Paineviemäri ja vesijohto. Kokonaispituus 660 metriä.



Lahti vesi PEH220 vesijohto. Kokonaispituus 1200 metriä.