

Töö nr 16-02-1262

UULU-PÄRNU KERGLIIKLUSTEE ÜLEMINEK
UULU KANALIST (URA JÕGI)

PÄRNUMAA, TAHKURANNA VALD, MEREKÜLA JA UULU KÜLA

GEOTEHNILISED PINNASEUURINGUD JA
KALLASTE STABIILSUSE KONTROLLARVUTUSED

8. märts 2016

Juhataja

Peeter Talviste

Autorid

Helve Luht

Peeter Talviste

Tallinn 2016

AUTORIÕIGUS © OÜ IPT PROJEKTIJUHTIMINE

Kõik õigused kaitstud. Töö ja selle ülesehitus on kaitstud Eesti Vabariigi autoriõigusseaduse kohaselt. Seda dokumenti või selle osa ei tohi kopeerida ega paljundada mis tahes viisil – graafiliselt, elektrooniliselt või mehaaniliselt (valguskopeerimine, helisalvestus, fotografeerimine) ilma OÜ IPT Projektijuhtimine antud kirjaliku loata.

SISUKORD

TEKST

1. Üldosa
2. Geoloogiline ehitus
3. Nõlva stabiilsus

TABELID

Tabel 1	Uuringupunktide kataloog
Tabel 2	Normsuurused

JOONISED

Joonis 1	Uuringupunktide asendiskeem M 1:5000
Joonis 2	Geoloogiline profiil M 1:200/1:100
Joonis 3	Puurauk M 1:50
Joonis 4.1...4.2	Kombipenetratsioonikatse M 1:100

1. ÜLDOSA

Asukoht ja ehitise iseloomustus

Uuritud ala asub Pärnumaal Tahkuranna vallas Merekülas ja Uulu külas.

Projekteeritakse kergliiklustee sild üle Uulu kanali (Ura jõgi).

Tellijä

Tahkuranna Vallavalitsus

Tööde eesmärk ja maht

Tööde eesmärgiks oli ala geoloogilise ehituse selgitamine, pinnaseomaduste määramine ja Uulu kanali kallaste stabiilsuse ja maalihkeohu hindamine.

Välitööd tehti 2016. a 12. veebruaril. Puuriti 1 puurauk (PA) ja tehti 2 kombipenetratsioonikatset (SLP) agregaadiga GM 65 GTT. Maksimaalne uurimissügavus oli 14,9 m.

Puuraugud rajati tigupuurimismeetodil diameetriga 110 mm.

Kombipenetratsioonikatsed (suru-löökpenetratsioonikatsed) tehti vastavalt meetodikale, mis on toodud alljärgnevas publikatsioonis: *Melander, K. 1989. Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmänä. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto, tiedote 48. Helsinki. 99 s. ISBN 951-771-873-X.*

Katse koosneb kahest osast: sügavusintervallides kus see on võimalik, koonus suruti pinnasesse ning mõõdeti surumisjõud elektrooniliselt iga 4 cm tagant. Surumisjõust arvutati eritakistus. Kui pinnasetugevus ületas surumisjõu, siis tehti löökpenetratsioonikatsed ning mõõdeti 20 cm läbimiseks kulunud löökide arvu. Löökpeneratsioonikatsel kasutati Rootsi standardile ENV 1997-3; 1995. vastavat löökpenetratsioonikatsed seadet: 63,5 kg löögivasarat langetuskõrgusel 0,5 m, vardaid kaaluga 6 kg, koonuse otsikut pindalaga 16 cm². Kasutatud seade erineb EPN-ENV 7.3 kirjeldatud seadest vasara väiksema langetuskõrguse poolest (0,75 m Eesti standardis) ja vastab Rootsi standardi ENV 1997-3; 1995 seadmele HfA.

Katsetulemuste interpreteerimisel on kasutatud järgmisi mõisteid:

Löökid arv (n) on saadud ülaltoodud meetodika põhjal (katse käigus registreeritud löökide arvu on korrigeeritud väändemomendiga).

Dünaamiline eritakistus (p_d) on leitud GOST 19912-74 toodud meetodika järgi.

Korrigeeritud löökide arv (N_{20}) leiti katse käigus registreeritud löökide arvust arvestades kasvavat varraste kaalu ja seeläbi kahanevat löögienergiat. Valem redigeerimiseks on kujul $N_{ef} = N \cdot a$, kus

- N – registreeritud löökide arv 0,2 m läbimiseks
- N_{ef} – korrigeeritud löökide arv 0,2 m läbimiseks
- $a = K_d / K_o$
- K_d – energia kadu registreeritud sügavusel
- K_o – energia kadu sügavusel 0-1,5 m

Energia kadu (K_d ja K_o) arvutati valemist – $K = (M_h + (e^2 \cdot M_e)) / (M_h + M_e)$,

- M_h – vasara kaal
- M_e – seadme kaal – varraste kaal ja varrastega ühendatud seadme osad
- e – vasara efektiivsus ~0,56

Varraste hõõret redigeerimisel arvestatud ei ole. Rootsi standard nõuab varraste keeramist katse ajal, mis hõõrde mõju vähendab.

Koonuse otsa eritakistus (q_k) leiti *Melander, K.1989. Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmänä. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto, tiedote 48. Helsinki. 99 s. ISBN 951-771-873-X* toodud metoodika järgi.

Uuringupunktide asukohtade koordinaadid määrati GPS-seadme Garmin Oregon abil. Välitööde käigus profileeriti instrumentaalselt kanali nõlvad, mõõdeti vee sügavus kanalis. Töö tulemuste alusel koostati Uulu kanali oru profiil. Profileerimine tehti suvalises kõrgussüsteemis kuna töödeks ei olnud kasutada värsket topo-alust. Uuringupunkti puurauk PA1 asukoha suhteliseks kõrguseks võeti 50 m, teised uuringupunktid seoti instrumentaalselt PA1 suhtes.

Välitöödel osalesid geoloog Aivo Averin ja puurmeister Alo-Pekka Kivi. Aruande koostasid Helve Luht ja Peeter Talviste. Stabiilsuse kontrollarvutused tegi Peeter Talviste.

2. GEOLOOGILINE EHITUS

Reljeef

Uuringuala asub ida-lääne suunalise Uulu kanali orus, mis suubub ca 200 m kaugusel läänes merre, Pärnu lahte. Reljeef on kaldu põhja ja lõunasse, kanali poole. Maapinna kõrgused jäävad vahemikku 51...40 m (suvalises süsteemis), oru sügavus on ca 11 m. Oru sängis voolava vee sügavus oli välitööde ajal kuni 1,90 m.

Geoloogiline ehitus

Uuritud ala asub Pärnu jääjärvetekkelise viirsavibasseini alal.

Pinnakatte moodustavad liustikulise tekkega moreen, jääjärvelised savid ning mere- ja tuuletekkelised peenliivad.

Geotehnilised kihid

Kihid eraldati välja puurimisandmete ja penetratsioonikatsete tulemuste järgi.

Kiht 1 PEENLIIV

Kiht koosneb valdavalt beeži kuni pruuni värvusega möllisest peeneteralisest liivast, sisaldab ülemises osas paiguti orgaanilist ainet hajusalt. Sügavusel 1,00...1,20 m sisaldab turbase ja liivase mulla vahekihti, sügavusel 1,20...1,60 m kesk- ja jämeliiva. Penetratsioonikatsete tulemuste järgi on kiht kesktihe. Kihi paksus on 4,80...5,30 m, paksus on suurem oru lõunanõlval.

Kihi keskmine koonuse otsa eritakistus kombipenetratsioonil on $q_k = 6,0$ MPa.

Kiht 2 PEENLIIV

Kiht koosneb beeži kuni beežikashalli värvusega möllisest peeneteralisest liivast. Penetratsioonikatsete tulemuste järgi on kiht kesktihe. Kiht paikneb 4,80...5,30 m sügavusel maapinnast, kiht paljandub oru nõlval. Kihi paksus uuringupunktide asukohtades on 3,30...4,05 m.

Löökpenetratsiooniga määratud kihi keskmine korregeeritud löökide arv 20 cm läbimiseks $N_{20} = 11$, keskmine statistiline dünaamiline eritakistus $P_d = 9$ MPa.

Kiht 3 SAVI

Kiht koosneb sinakashalli värvusega voolavast kuni pehmest savist. Kiht lasub uuringupunktide asukohtades 8,10...9,35 m sügavusel maapinnast, kiht paljandub oru põhjas. Kihi paksus on 4,35...4,80 m.

Kihi keskmine koonuse otsa eritakistus kombipenetratsioonil on $q_k = 2,2$ MPa.

Kiht 4 MOREEN

Alumiseks uuritud kihiks on tõenäoliselt moreen, kihti puurimisega ei avatud. Penetratsioonikatsed lõpetati kivil või tugeval vahekihil/läätsel.

Löökpeneratsiooniga määratud kihi keskmine korrigeeritud löökide arv 20 cm läbimiseks $N_{20} = 31$, keskmine statistiline dünaamiline eritakistus $P_d = 24$ MPa.

Kihtide lasumus on näidatud geoloogilisel profiilil *Joonisel 2*, lõike asukoht on toodud *Joonisel 1*. Üksikute uuringupunktide kirjeldused on toodud *Joonistel 3* ja *4.1...4.2*. Uuringupunktide asukohad on näidatud *Joonisel 1*, koordinaadid on toodud *Tabelis 1*.

Pinnasevesi

Pinnasevett välitööde käigus (17.02.2016) puurimissügavuses (5,90 m) ei esinenud. Pidev pinnasevee tase paikneb uurimissügavusest sügavamal liivades, savi on lokaalseks veepidemeks. Veehorisont toitub sademetest ja on vabapindne. Looduslik vee äravool toimub kanali oru poole ja läände, mere poole.

3. NÕLVA STABIILSUS

Geotehnilised tingimused

Geotehnilised tingimused silla rajamiseks on rahuldavad. Oru nõlvad koosnevad liivpinnastest, oru põhjas paljanduvad savipinnased.

Pinnasevee tase paikneb uurimissügavusest (5,9 m) sügavamal liivades, savi on lokaalseks veepidemeks. Veehorisont toitub sademetest ja on vabapindne. Looduslik vee äravool toimub kanali oru poole ja läände, mere poole.

Pinnaste normsuurused

Pinnaste normsuurused vastavalt EPN-ENV 7.1 on toodud aruande lisas *Tabelis 2*.

Pinnaste tugevust ja kokkusurutavust iseloomustavad parameetrid on antud kombipentratsioonikatsete (SLP) tulemuste järgi.

Pinnaste kaevetööde kategooriad on toodud SNiP IV-2-82 tabel 1-1 positsioonidest lähtudes.

Vastavalt EPN-7 1.osa, ptk. 2.4.3 tuleb pinnaseomaduste **arvutussuurused** (X_d) määrata normsuuruse (X_k) kaudu valemiga:

$$X_d = X_k / \gamma_m, \text{ kus } \gamma_m \text{ on pinnase omaduse osavarutegur.}$$

Arvutusmudel

Uulu kanali ja kallaste ristlõige stabiilsusarvutuse tegemiseks koostati käesoleva töö käigus tehtud oru profileerimise alusel. Geoloogilised kihid eraldati puurimisandmetel.

Jõe veetase arvutusskeemis on vastavalt 12.02.2016.a mõõdetud seisule PA1 suhtes.

Kontrollarvutus tehti programmiga SLIDE (Rocscience Inc., Kanada). Arvutusmetoditest kasutati nelja üldtunnustatud meetodit – Janbu corrected, Bishop, Spencer, Morgenstein-Proce (*Skeemidel 1 ja 2* – Janbu corrected).

Olemaoleva nõlva stabiilsus

Vastavalt EVS-EN 1997-1:2006 nõuetele peab aga rajatise stabiilsus olema tagatud arvutussuurustega arvutamisel. Arvutussuurused saadakse normsuurustele (*Tabel 2*) varutegureid rakendades.

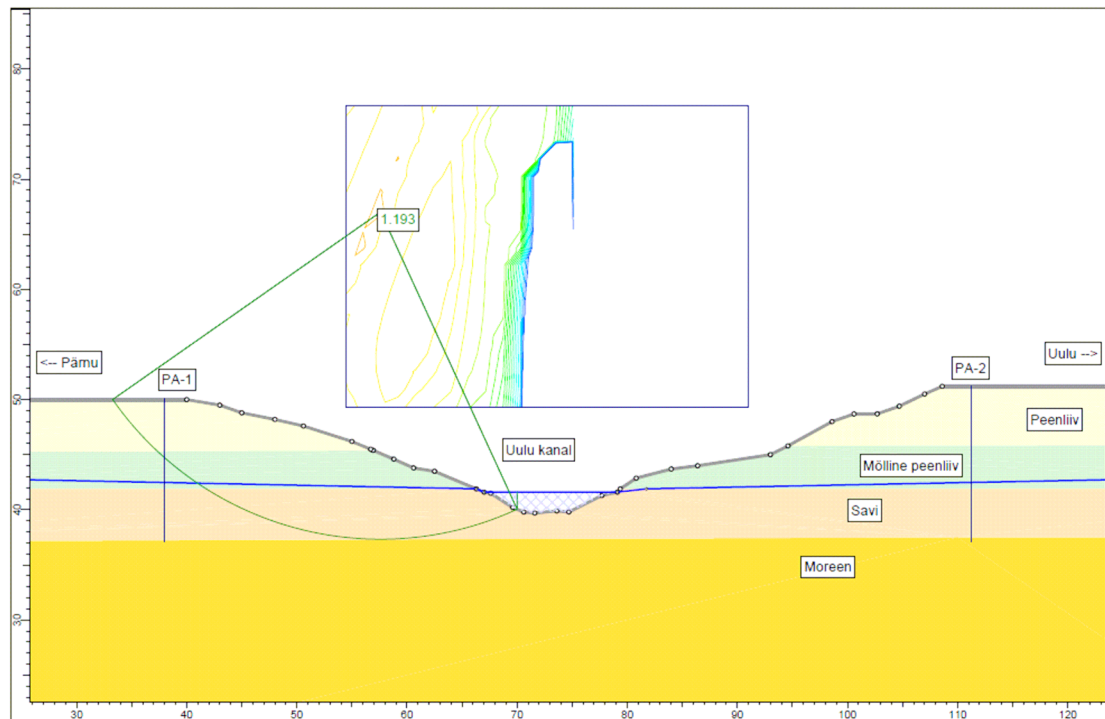
Vastavalt EVS-EN 1997-1:2006 soovitudele rakendati maalihkearvutuses (STR) ja (GEO) arvutusvarianti 1 kombinatsiooniga 2 (Lisa NA „Eesti standardi rahvuslik lisa“ NA

2.4.7.3.4.1). Osavaruteguritena rakendati sama teatmelisa tabelites NA A.3 ja NA A.4 toodud osavarutegurite γ_E ja γ_M kombinatsiooni 2. Vastavalt EVS-EN 1997-1:2006 p.2.4.7.3.1 peab piiriseisundi (STR ja GEO) käsitlemisel kontrollima, et $E_d \leq R_d$. Stabiilseks loetakse nõlva, millel see tingimus on täidetud.

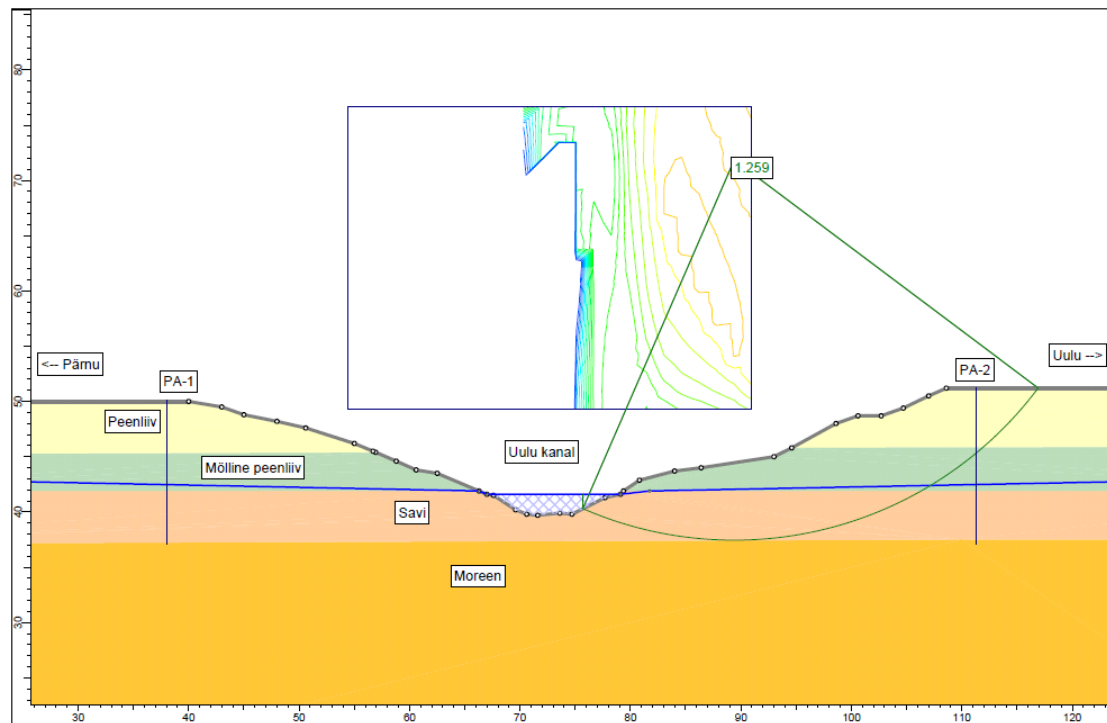
Olemasoleva nõlva stabiilsus kontrolliti profiilil A-B nii parem, kui vasakkaldale. Profiili asukoht on toodud *Joonisel 1*.

Uulu kanali vasak ja paremkalda (*Skeemid 1 ja 2*) stabiilsus tulevase kergliiklustee silla asukohas on vajaliku varuga tagatud ($F = R_d / E_d > 1$).

Silla projekteerimisel tuleb arvestada asjaoluga, et Uulu kanal on savisse erodeeritud voolusängis. Savikihi paksuseks määrati oru veergudel 4,3...4,8 m.



Skeem 1. Uulu kanali paremkalda stabiilsus.



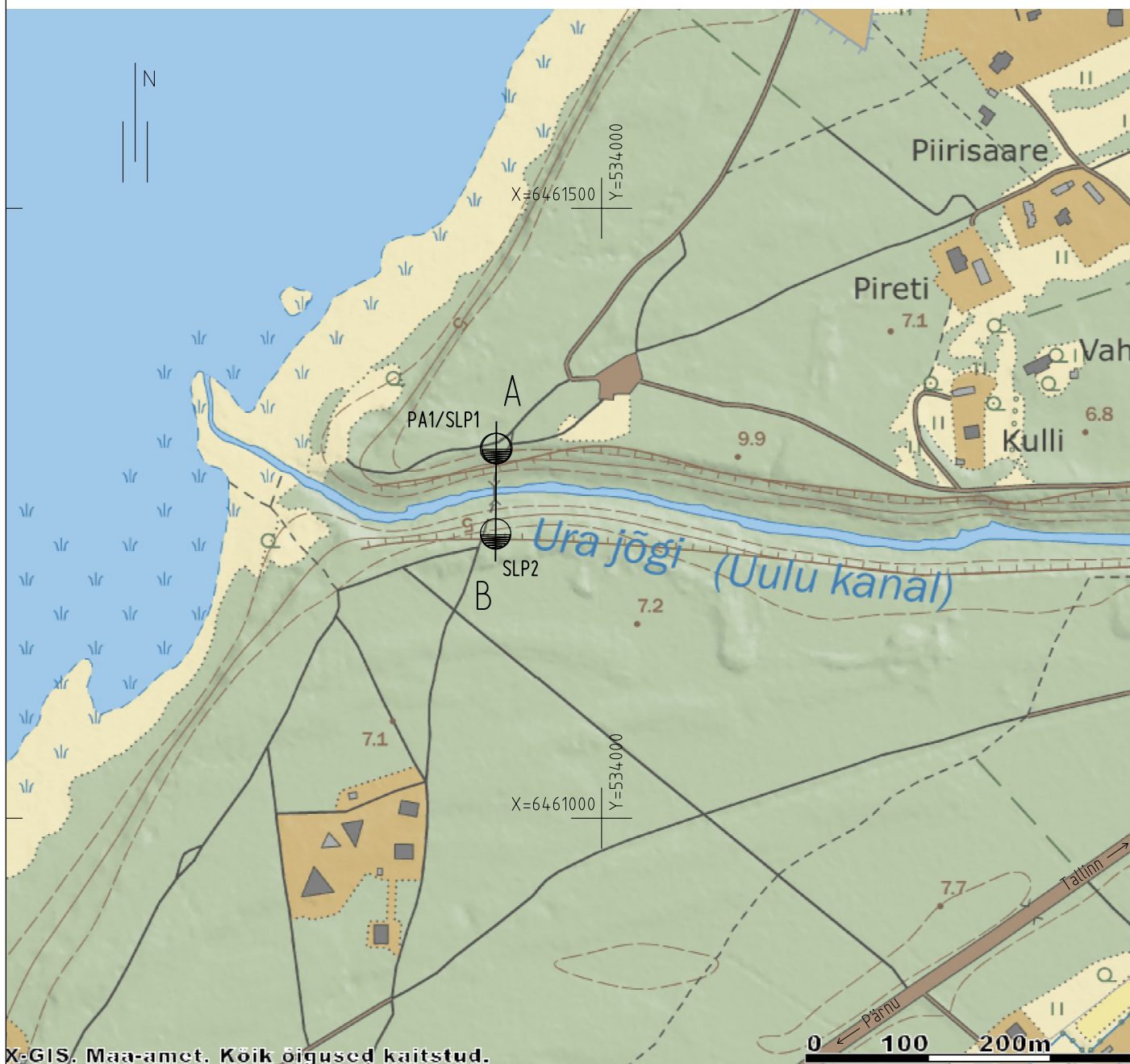
Skeem 2. Uulu kanali vasakkalda stabiilsus.

TABEL 1
UURINGUPUNKTIDE KATALOOG

Uuringu- punkti tähis	Koordinaat		Suudme suhteline kõrgus	Uuringu- punkti sügavus	Pinnasevee sügavus
	X	Y	m	m	m
PA1	6 461 303	533 913	50,00	5,90	-
SLP1	6 461 303	533 914	50,00	13,15	
SLP2	6 461 233	533 913	51,20	14,90	

TABEL 2
NORMSUURUSED

Kihi nr.			1	2	3	4
Nimetus			PEENLIIV	PEENLIIV	SAVI	MOREEN
Kaevetööde kategooria	SNIIP IV-2-82, tabel 1-1 järgi		27a	27a	8a	10v/10ž
Mahukaal	γ	kN/m ³	19	19	17	21
Efektiivsisehõõrdenurk	ϕ'	°	35	36	20	38
Efektiivnidusus	c'	kPa	0	0	17	15
Dreenimata nihketugevus	c_u	kPa			35	
Ülddeformatsiooni moodul	E_o	MPa	17	27		70
Koonuse otsiku eritakistus	q_k	MPa	6,0		2,2	
Korrigeeritud löökide arv	N_{20}			11		31
Dünaamiline eritakistus	P_d	MPa		9		24

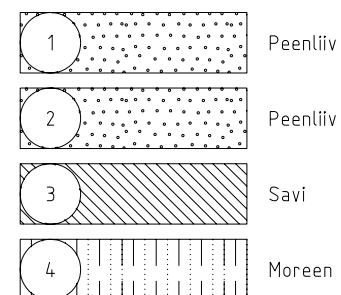



 PA1/SLP1 Uuringupunkt

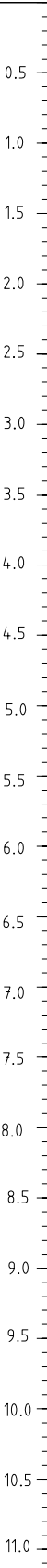
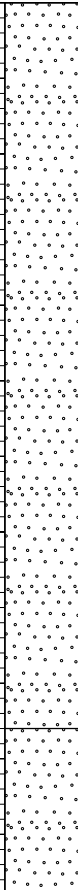
A — B Profiil

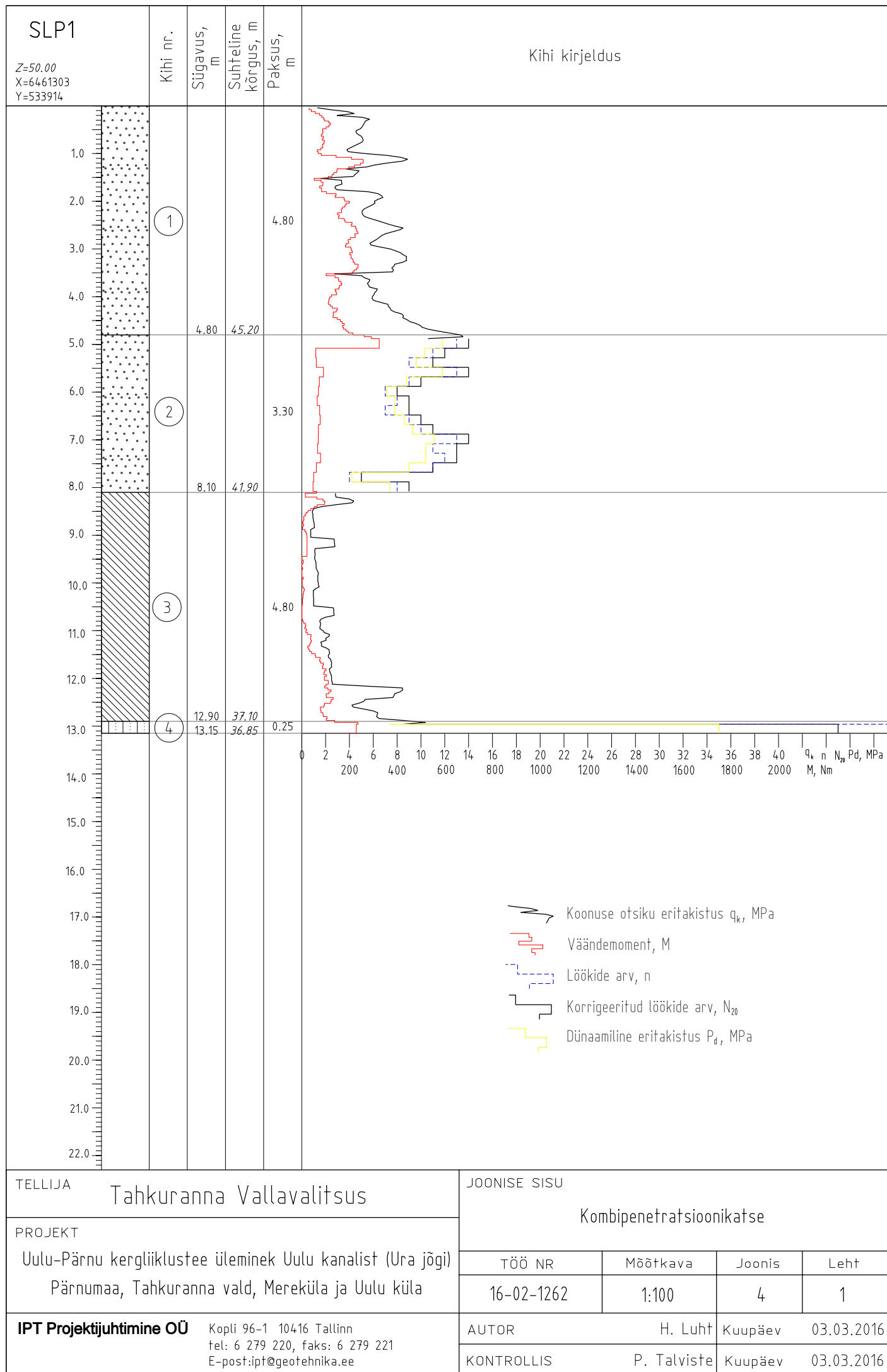
TELLIJAJahkuranna Vallavalitsus	JOONISE SISU Uuringupunktide asendiskeem			
PROJEKT Uulu-Pärnu kergliiklustee üleminek Uulu kanalist (Ura jõgi) Pärnumaa, Tahkuranna vald, Mereküla ja Uulu küla	TÖÖ NR	Mõõtkava	Joonis	Leht
	16-02-1262	1:5000	1	
IPT Projektijuhtimine OÜ Kopli 96-1 10416 Tallinn tel: 6 279 220, faks: 6 279 221 E-post: ipt@geotehnika.ee	AUTOR		H. Luht	Kuupäev 02.03.2016
	KONTROLLIS		P. Talviste	Kuupäev 02.03.2016

Profiel A-B



TELLIJA	Tahkuranna Vallavalitsus	JOONISE SISU			
PROJEKT	Uulu-Pärnu kergliiklustee üleminek Uulu kanalist (Ura jõgi) Pärnumaa, Tahkuranna vald, Mereküla ja Uulu küla	Geoloogiline profiil A-B			
		TÖÖ NR	Mõõtkava	Joonis	Leht
		16-02-1262	1:200/1:100	2	
IPT Projektijuhtimine OÜ	Kopli 96-1 10416 Tallinn tel: 6 279 220, faks: 6 279 221 E-post: ipt@geotehnika.ee	AUTOR		H. Luht	Kuupäev 03.03.2016
		KONTROLLIS		P. Talviste	Kuupäev 03.03.2016

PA1		Kihi nr.	Sügavus, m	Suhteline kõrgus, m	Paksus, m	Kihi kirjeldus
Z=50.00 X=6461303 Y=533913						
		1			4.80	Peenliiv, mölline, sügavusel 0,00–1,00 m beež kuni pruun, ülemises osas sisaldab orgaanilist ainet hajusalt (tõenäoliselt kanali kaevamisel ladustatud liiv), sügavusel 1,00–1,20 turbane muld liivaga, sügavusel 1,20–1,60 m sisaldab kesk- ja jämeliiva ning vähesel hulgal orgaanilist ainet hajusalt, sügavusel 1,60–4,80 m pruun kuni beež mölline peenliiv
			4.80	45.20		
		2			1.10	Peenliiv, mölline, beež kuni beežikashall
			5.90	44.10		
				</		



TELLIJA	Tahkuranna Vallavalitsus			JOONISE SISU			
PROJEKT	Uulu-Pärnu kergliiklustee üleminek Uulu kanalist (Ura jõgi) Pärnumaa, Tahkuranna vald, Mereküla ja Uulu küla			Kombipenetratsioonikatse			
				TÖÖ NR	Mõõtkava	Joonis	Leht
				16-02-1262	1:100	4	1
IPT Projektijuhtimine OÜ	Kopli 96-1 10416 Tallinn tel: 6 279 220, faks: 6 279 221 E-post: ipt@geotehnika.ee			AUTOR	H. Luht	Kuupäev	03.03.2016
				KONTROLLIS	P. Talviste	Kuupäev	03.03.2016

