



Torma prügila laienduse geotehniline uuring

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Jaanis Tomson 224128LARB

Juhendaja: Peeter Talviste

Praktik-professor - Mäenduse ja maavaratehnoloogia osakond: Geoloogia instituut

Õppekava: LARB17/17 - Maa süsteemid, kliima ja tehnoloogiad

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Jaanis Tomson

[29.05.2023]

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Praktik-professor, Peeter Talviste

[allkiri ja 29.05.2023]

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees:

[allkiri ja 29.05.2023]

Sisukord

Annotatsioon	3
Abstract	4
Kasutatud mõistete ja lühendite loetelu.....	5-6
1. Sissejuhatus	7-8
2. Uuringuala tutvustus.....	9-10
2.1 Uuringu eesmärk ja kasututusala.....	10
2.2 Uuringu aluseks olevad normid.....	11
2.2.1 Prügila aluse ja külgede omadused.....	11
2.2.2 Nõrgvee koguse vähendamise vajaduse arvestamine prügila rajamisel.....	11
2.2.3 Abinõud nõrgvee suunamiseks, kogumiseks ja puhastamiseks.....	11
3. Andmete kogumise meetodid	12
3.1 Seadmed ja agregaadid	12-13
3.2 Välitööde maht	14
3.2.1 Puurimine ja proovide võtmine	14
3.2.2 SLP katsed.....	14-15
3.2.3 Uuringupunktide sidumine.....	15
3.3 Labor	16
4. Andmete kirjeldus.....	17
4.1 Välitööl kogutud andmed.....	17-18
4.2 Laboratoorsete uuringute andmed.....	18-20
5. Pinnasemudeli koostamine	21
5.1. Reljeef ja kraavid.....	22
5.2. Pinnasemudeli koostamine ja iseloomustus	22-25
5.3. Hüdrogeoloogilised tingimused.....	25
6. Arutelu.....	26-27
Kokkuvõte.....	28
Tänuavaldused.....	29
Kirjanduse loetelu.....	30

Annotatsioon

Ehitusgeoloogia on rakendusteadus ehitiste õige rajamise ja häireteta kasutamise geoloogilistest alustest.

Mina osalesin Torma prügila uue ladestusala geotehnilises uuringus, mille käigus koguti objekti projekteerimiseks vajalikud geoloogilised alusandmed pinnase kohta. Käesolev töö käsitleb läbiviidud geotehnilisi uuringuid, et hinnata ehituskoha üldist sobivust antud asukohta prügila laienduse rajamiseks.

Uuringu ülesandeks oli leida vastus küsimusele, kas antud ala savipinnased on oma looduslike omaduste poolest sobivad prügila aluspõhjaks või mitte? Seega, geotehnilise uuringu eesmärgiks oli ala geoloogilise ehituse selgitamine ning pinnaseomaduste määramine. Uuringu käigus uurisin ala üldist geoloogilist ehitust ja osalesin välitöödel, millele järgnes laboriandmete ning kohapeal võetud proovide ja andmete analüüs.

Töö etappideks olid eeltööd, puurimine, suru/löökpenetromeeterkatsed, pinnaseproovide võtmine, uuringupunktide asukoha määramine ja laboratoorsed uuringud. Lõpptulemuse saamiseks teostati kogutud andmete töötlus, mille põhjal toimus järelduste tegemine.

Tulemustest selgub, et planeeritava ladestusala geoloogiline ehitus sarnaneb naaberalade geoloogilise ehitusega, mis on selgitatud varasemate geotehniliste uuringute käigus. Peale mullakihi eemaldamist jääb ladestusala põhjakihiks nõrgem moreen, mis ei sobi iseseisvalt loodusliku ekraanina prügila aluseks. Nõrgem moreeni pinnasekiht oleks sobilik materjal, millest saaks ehitada prügila ladestusalale sobiva ekraani, kui see välja kaevata ja kiht kihi haaval mehaaniliselt tihendada.

Abstract

Construction geology is the applied science of the correct construction and undisturbed use of geological foundations of buildings.

I participated in the geotechnical study of the new storage area for the Torma landfill, during which we collected the necessary geological data for the project. This work contains geotechnical studies that were necessary to assess the overall suitability of the given site for the landfill extension.

The purpose of the study was to find an answer to the question whether the clay soils, due to their natural characteristics, are suitable for the base of the landfill. Therefore, the purpose of the geotechnical study was to explain the geological construction of the site and to determine the characteristics of the soil. During the study I examined the general geological construction of the area and participated in fieldwork which was followed by analysis of laboratory data and samples that were taken on-site.

The stages of the study were preliminary work, drilling, compression/ impact penetrometer tests, soil sampling, determining the location of drilling points and laboratory tests. To obtain the final results, on which the conclusions were drawn on, we processed the collected data.

The results show the geological construction of the planned area is similar to the geological structures of neighboring areas which are explained in the previous geotechnical studies. After removing the soil layer weaker layer of moraine remains as the base of the storage area which is not independently suitable as a natural screen for the basis of the landfill. A weaker moraine soil layer would be suitable if its dug out and mechanically compacted layer by layer.

Kasutatud mõistete ja lühendite loetelu

Mõisted ja lühendid on käesolevas töös kasutatud vastavalt Sedman & Talviste (2021) ja Vilo (1986) definitsioonidele.

GTU - geotehniline uuring. Geotehnilise projekteerimise osa, mis seisneb projekteerimiseks vajalike alusandmete kogumises, ülestähendamises ja tõlgendamises.

Pinnas on mineraalosakeste ja/või orgaanilise aine kogum, mille üksikosi saab vees käega üksteisest eraldada. Pinnas võib olla looduslik ja inimtekkeline.

Aluspinnas käesolevas juhendis on looduslik pinnas või kalju, ümbertöötatud looduslik või tehispinnas, millele rajatakse või millel paikneb tee konstruktsioon või millesse kaevatakse või on kaevatud tee süvend.

Granulomeetriline koostis on erineva suurusega osakeste (granulomeetriliste fraktsioonide) osakaalu näitaja, mida väljendatakse protsentides.

Plastsus – kuju muutumine välisjõu mõjul ilma purunemiseta ja uue kuju säilitamine, iseloomulik savipinnastele. Sõltub pinnase lõimisest mineraalkoostisest ja veesisaldusest.

Veesisaldus W_n % ehk niiskus, pinnases leiduv vaba vesi, mis eraldub kuumutamisel 105° C juures.

Plastsuspiir W_p – veesisaldus %, mis vastab savipinnase üleminekule kõvast olekust plastsesse.

I_p - plastsusarv, $I_p = W_L - W_p$

Voolavuspiir W_L – veesisaldus %, mis vastab savipinnase üleminekule plastsest olekust voolavasse.

I_L - voolavusarv, $I_L = (W - W_p) / (W_L - W_p)$

Filtratsioon ehk imbumine on vee aeglane liikumine pinnases.

k – filtratsioonimoodul m/sek

n – poorsus (pooride mahu suhe pinnase üldmahtu) %

e – poorsustegur, pooride (n) mahu suhe tahke osa mahtu (m). $e = n/m$; $m + n = 1$

ρ – tihedus g/cm³

ρ_d – kuivtihedus g/cm³

S_r – veeküllastusaste, näitab pooride veega täidetust. Tema absoluutväärtuse järgi eristatakse järgmisi pinnaseid: kuiv 0...0,05; niiske 0,06...0,5; märg 0,51...0,8; veeküllastunud > 0,8.

ρ_s – erimass g/cm³

Pinnasemudel - geotehnilise uuringu tulemus, mis on valminud uuringuga hõlmatud ala geoloogiliste, hüdrogeoloogiliste ja geotehniliste tingimuste interpretatsioonil. Pinnasemudel on kasutuses üldmõistena, mis kehtib sõltumata sellest, kas tegemist on kalju või pinnasega. Pinnasemudel koosneb geotehnilistest üksustest (kihtidest), mille geotehnilistele omadustele on tuletatud arväärtused.

Kalju - looduses esinev tihenend, tsementeerunud või muul moel liitunud mineraaliterade, kristallide või mineraalosakeste kogum, mida pole võimalik vees käsitsi koostisosadeks lõhkuda.

Mineraalpinnas - looduslik pinnas, mis koosneb suurel määral või täielikult mineraalsetest (anorgaanilistest) koostisosadest.

Orgaaniline on pinnas, milles on suur osakaal orgaanilisel materjalil ja nende materjalide teisenemisproduktidel.

Geotehniline üksus (kiht) on sarnaste omadustega pinnase(kalju)kogum. Geotehnilise üksuse eraldamine võib toimuda erinevate omaduste alusel. Jaotuspriintiivid peavad olema

uuringuaruandes defineeritud.

in situ - kohapeal

Suru/löökenetromeeterkatse - SLP, ka kombipenetromeeterkatse, mis koosneb kahest osast. Surupenetromeeterkatse, kus koonus surutakse varraste abil pinnasesse, mõõdetakse vastupanu koonuse süvitamisele kui ka külghõõret. Kui pinnasetugevus ületab surumisjõu, siis tehakse löökenetromeeterkatse, kus kasutatakse koonuse süvitamiseks kindla massi ja kukkumiskõrgusega vasarat, penetratsioonitugevus määratakse teatud sügavuse saavutamiseks kulunud löökide arvuga.

HDPE kile - vedelikke mitteläbilaskev materjal, valmistatud enamasti polüetüleenist.

PA - puurauk

1. Sissejuhatus

Ehitusgeoloogia on rakendusteadus ehitiste õige rajamise ja häireteta kasutamise geoloogilistest alustest. Põhiliseks ülesandeks on geoloogilise lõike täpne selgitamine ehk pinnasekihtide määramine ja nende visuaalne liigitamine (Vilo, 1986).

Ehitusgeoloogia üheks osaks on geotehniline uuring (GTU), mis seisneb geoloogiliste alusandmete kogumises, ülestähendamises ja nende tõlgendamises. GTU koosneb eeltööst, välitööst, laboratoorsest uuringust, andmete tõlgendamisest ja aruande koostamisest. Eeltöök on varem tehtud uuringutega tutvumine ja standardi kohase välitöö programmi ette valmistamine. Välitöök on standardi kohase uuringu programmi ellu viimine. Enamlevinud ehitusgeoloogilisteks välitöödeks on puurimine, surfimine ja penetratsioonikatsed. Laboratoorseteks uuringuteks on pinnase iseloomustamiseks ja kasutamise üle otsustamiseks vajalike katsete tegemine laboris (Sedman & Talviste, 2021).

GTU käigus leitakse pinnase mehaanilisi omadusi iseloomustavad arvnäitajad, mida kasutatakse projekteerimise faasis ehitiste konstruktsioonide planeerimiseks.

GTU pinnaseuuringute aruanne peab sisaldama vähemalt järgmist informatsiooni (Talviste, 2015):

- uuringu eesmärk, aeg, ehituse iseloomustus;
- väliuuringute meetodid ja mahud;
- laborikatsete meetodid ja mahud;
- pinnasekihtide kirjeldus ja omadused;
- põhjavee tingimuste kirjeldus;
- geoloogiliste tingimuste hinnang ja soovitused;
- normsuurused pinnasekihtidele;
- lisadena andmed: geoloogilised tulbad ja lõiked, katsete andmed, statistilise töötluse andmed.

Prügila, kui jäätmete ladestamisala, mõjutab oma kaasnevate negatiivsete omadustega oluliselt keskkonda. Seega kuulub prügila keskkonnaohtlike ehitiste hulka. Paar olulist keskkonda mõjutavat tegurit on sadevesi ja prügis endas sisalduv vedelik. Sademed, mis läbivad jäätmete kehandid reostuvad ja tekib prügila nõrgvesi (Keskkonnaministeerium, 2021; Maa-ameti Ehitusgeoloogia andmekogu, 2022).

Vältimaks reostunud nõrgvee sattumist loodusesse, tuleb see kokku koguda ja puhastada. Nende funktsioonide täitmiseks tuleb rajada prügila ladestusalale põhi ja sellega koos nõrgvee kogumise süsteem. Nende rajamiseks peavad aluspinnas ja nõlvade barjäärid olema veekindlad.

Torma prügila keskkonnala andmetel paikneb Torma prügila kolmel kõrvuti asetseval kinnistul. Käitise kogupindala on 25,63 ha. Kinnistute sihtotstarve on 100% jäätmeoidla maa. Prügila ühel kinnistul on ladestusalad 1, 2 ja 3 ning jäätmete sortimis- ja ladustusalad. Teisel prügila kinnistul asub ladestusala nr 4 ning kompostimisala, jäätmete käitlusala ja püsijäätmete ladestusala. Kolmandal kinnistul jäätmekäitlustegevusi ei toimu, perspektiivselt on plaanis rajada kinnistule jäätmete käitlus- ja ladustusalad ja ladestamisalad (KKL/317215, 2022) .

Prügilas on kokku neli ladestusala. Prügila kolmandale alale on prügi ladestatud projektis ettenähtud mahus ehk need on täitunud. Praegu on kasutusel neljas ladestusala, mille ammendumisel on vaja uut. Uue ladestusala kasutuselevõtu esimeseks etapiks on rajatise projekteerimine.

Projekteerimiseks on vaja koguda uue ladestusala kohta võimalikult palju infot ja lähteandmeid. Seega on projekteerimise esimeseks etapiks geotehnilised uuringud, mis annavad vajalikud lähteandmed. Käesolevas töös tehakse uue ladestusala projekteerimiseks olulised geotehnilised uuringud, mis aitavad selgitada prügila aluspõhja rajamiseks vajalikud geotehnilised tingimused.

2. Uuringuala tutvustus

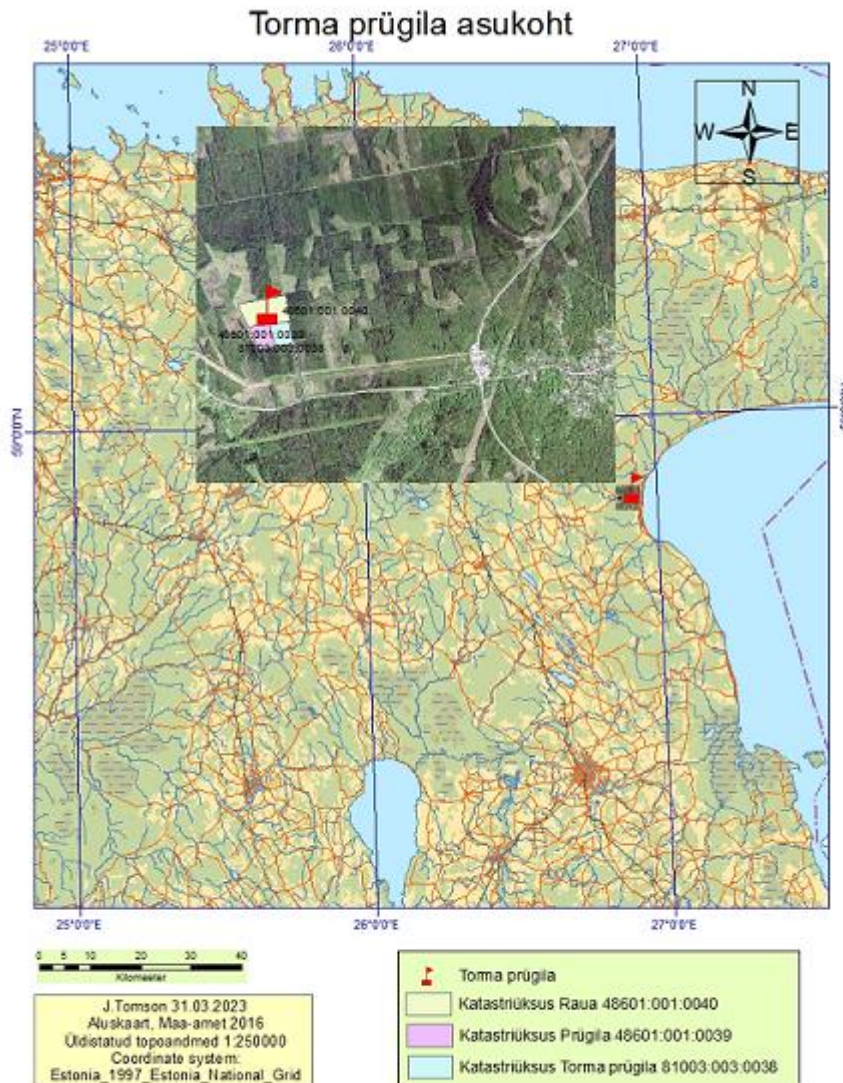
Torma prügila asub Jõgevamaal Mustvee vallas Võtikvere külas. Lähimateks suuremateks asumiteks on Mustvee linn, mis asub prügilast 3 km kaugusel ida pool ning Võtikvere küla keskus, mis asub 2,5 km kaugusel loode suunas. Torma alevik asub prügilast 9 km kaugusel ja Tartu linn 60 km kaugusel.

Lähimad üksikud elumajad asuvad prügilast 900 meetri kaugusel. Prügila piirneb valdavalt Riigimetsa Majandamise Keskuse haldusalas oleva riigimetsaga. Pinnaveekogudest asuvad lähialal Kivimurru kraav (Võtikvere kraav) ja metsa kuivenduskraavide võrgustik ning Mustvee jõgi. Peipsi järv asub ca 4,2 km kaugusel (Amestop OÜ, 2023).

Torma prügila koosneb järgnevatest kinnistutest:

- Torma prügila, Võtikvere küla, Mustvee vald, Jõgeva maakond (katastritunnus 81003:003:0038, registriosa nr 2670435);
- Prügila, Võtikvere küla, Mustvee vald, Jõgeva maakond (katastritunnus 48601:001:0039, registriosa nr 10573350);
- Raa, Võtikvere küla, Mustvee vald, Jõgeva maakond (katastritunnus 48601:001:0040, registriosa nr 2899635) (Amestop OÜ, 2023).

Uuringu asukoht on Raa kinnistul 2,6 ha suurusel maa-alal. Selle kinnistu territooriumil sai teostatud Torma prügila laienduse ehk viienda ladestusala geotehniline uuring, mille eesmärgiks oli välja selgitada uue ladestusala geoloogilised tingimused. Torma prügila asukohaardi (joonis 1) koostas kasutades Arcmap 10.8.2 programmi ja Maa-ameti aluskaarti.



Joonis 1. Töös uuritud Torma prügila ja selle läheduses asuv Peipsi järv. Uuringuala asukoht Eestis on suuremalt näha väljalõikekaardil (ortofotona).

2.1. Uuringu eesmärk ja kasutusala

Selgitamaks ehitusgeoloogilisi tingimusi planeeritava prügila laienduse alal, kirjeldasime uuringu eesmärgi ja kasutusala järgnevalt:

- koostada vastava maa-ala pinnasemudel;
- määrata eraldatud kihtide geoloogilised omadused ja kasutatavus;
- välja selgitada, kas pinnasest eraldatud kihtide looduslikud geoloogilised omadused vastavad prügila aluspõhja rajamiseks olevatele normidele;
- kas tuleb rakendada abinõusid tehisbarjääri loomisega;

- tuvastada vett sisaldavad kihid ja mõõta pinnasevee tase;
- anda geotehnilised alusandmed prügila viienda ladestusala projekteerimiseks.

2.2. Uuringu aluseks olevad normid

Vastavalt keskkonnaministri määrusele (Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded¹ nr. 38, vastu võetud 29.04.2004) on antud prügila rajamiseks järgmised nõuded:

- prügila aluse ja külgede omaduste nõuded;
- nõrgvee koguse vähendamise nõuded;
- nõrgvee kogumise, suunamise ja puhastamise nõuded.

2.2.1 Prügila aluse ja külgede omadused

Prügila alus ja küljed peavad koosnema sellise paksusega ja filtratsioonimooduliga homogeenest kihist, mis tagab pinnase, pinna- ja põhjavee kaitse. Nõude täitmiseks vajalike meetmete kavandamisel lähtutakse prügila aluse ja ümbruse geoloogilistest ja hüdrogeoloogilistest iseärasustest.

Prügila alus ja küljed peavad tagama vähemalt võrdse kaitse pinnasega, millel on järgmised näitajad:

- filtratsioonimoodul $\leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s ja paksus ≥ 5 m ohtlike jäätmete prügilal;
- filtratsioonimoodul $\leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s ja paksus ≥ 1 m tavajäätmeprügilal;
- filtratsioonimoodul $\leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s ja paksus ≥ 1 m püsijäätmeprügilal.

Kui geoloogiline barjäär ei vasta sätestatule, tuleb rakendada abinõusid nagu tehisbarjääriga tugevdamine, mis koos geoloogilise barjääriga tagab vähemalt samaväärse kaitse. Tehisbarjääri paksus on vähemalt 0,5 meetrit. Tehisbarjääri rajamisel lähtutakse geoloogilise aluspinna stabiilsusest, jäätmelademe eeldatavast kujust ja massist ning rajatakse barjäär nii, et on välistatud geoloogilise aluspinna kahjustumine prügila vajumise tõttu.

2.2.2 Nõrgvee koguse vähendamise vajaduse arvestamine prügila rajamisel

Prügila kasutusajal ja järelhoolduse perioodil:

- vähendatakse võimalikult suures ulatuses jäätmemassi imenduva sademevee kogust;
- välistatakse pinna- ja põhjavee voolamine ladestatud jäätmetesse.

2.2.3 Abinõud nõrgvee suunamiseks, kogumiseks ja puhastamiseks

Nõrgvee kogumiseks ja prügila põhja koguneva nõrgvee koguse võimalikuks vähendamiseks kaetakse prügila põhi ja küljed 2-e vettpidavast tehismaterjalist kihiga. Vettpidavateks tehismaterjalide kihtideks on 2 mm paksune HDPE kile, mis on pealne kiht ja bentoniitmatt, mis on alumine kiht. HDPE kile peale paigaldatakse drenikiht. Vettpidava tehismaterjalist kihi filtratsioonimoodul $\leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s ja paksus ≥ 1 m. Dreenikihi filtratsioonimoodul 1×10^{-3} m/s ja paksus on vähemalt 0,5 m.

Nõrgvesi kogutakse ja puhastatakse Veeseaduse ja selle alusel kehtestatud õigusaktidega heitvee puhastamisele sätestatud nõuete kohaselt kohapeal või juhitakse lähimasse sobivasse reoveepuhastisse (Veeseadus¹, 2019).

3. Andmete kogumise meetodid

Geotehnilise uuringu eesmärgiks on välja selgitada prügila uue ladestusala geoloogiline ehitus, eraldada sarnaste omadustega geotehnilised üksused ja need vajalike normsuurustega iseloomustada. Vajalik informatsioon kogutakse välitööde ja laborikatsetega.

Välitööd toimusid ajavahemikus 21.02 – 22.02.2023.

Tööde ala kattis mets, kuhu töö tellija oli rajanud 3 sihti, mis võimaldasid paremini välitöö tegemist.

Maapinda kattis lumi, sihtidel jäätunud veelombid, õhutemperatuur vahemikus $-5...-15^{\circ}\text{C}$ (joonis 2).



Joonis 2. Keskkonnatingimused välitöö ajal 21.02.2023.

3.1. Seadmed ja agregaadid

1. GPS seade TSC5 – seade uuringupunktide asukohtade määramiseks.



Joonis 4. Välitöö 21.02.2023.

2. Puuragregaat GM65 GTT.

Tigupuur 110 mm, ühe puurvarda pikkus 2 m.

Kombipenetratsiooniseade HfA (Rootsi standard EVN 1997-3:1995).

SLP katse, vasara kaal 63,5 kg, kukkumiskõrgus 0,5 m. Vardad pikkusega 2m, läbimõõt 32 mm ja kaaluga 6 kg. Otsik 90 x 45 mm, koonuse kõrgus 22 mm.



Joonis 5. Välitöö 21.02.2023.

3. Kilekotid ja topsid

Metalltopsid niiskusproovide ja plastkotid pinnaseproovide kogumiseks.



Joonis 6. Välitöö 22.02.2023, kilekotid pinnaseproovidega ja topsid niiskusproovidega.

3.2 Välitööde maht

Tööde maht oli järgmine:

- puuriti 18 uuringupunkti (joonis 3) agregaadiga GM65 GTT (joonis 5);
- koguti 15 pinnaseproovi;
- pinnasevee sügavus mõõdeti 13 puuraugus;
- teostati 15 SLP katsed;
- fikseeriti uuringupunktide kohta koordinaadid;
- fikseeriti suudme absoluutkõrgus ja sügavus;
- mõõdeti proovide sügavus;
- mõõdeti pinnasevee tase ja absoluutkõrgus.

3.2.1 Puurimine ja proovide võtmine

Puurimine teostati tigupuurimismeetodil diameetriga 110 mm, puuriti 18 puurauku sügavusega 2,0...3,05 m. Puurimisel võeti proovid ja mõõdeti veetase. Proovide võtmine toimus väljatõstetud puurvarda küljest, proovi võttes mõõdeti selle sügavus ja kirjeldati selle koostist. Kokku võeti puuraukudest 15 proovi, pinnase lõimiskoostise ja füüsikaliste omaduste määramiseks. Niiskusproovid koguti spetsiaalsetesse metalltopsidesse ja ülejäänud proovid plastkottidesse (joonis 6). Pinnasevee tase mõõdeti mõõdulindiga puuraugu suudmest.

3.2.2 SLP katsed

Kombipenetratsioonikatse (SLP) teostati 15-s uuringupunktis sügavusega 2,5...5,3 m. SLP katse koosneb kahest osast, esiteks kus võimalik surutakse koonus pinnasesse ja mõõdetakse surumisjõudu elektrooniliselt iga 4 cm tagant. Surumisjõust arvutatakse koonuse eritakistus. Teiseks, kui pinnas ületab surumisjõu, siis tehakse löökpenetratsioonikatse, kus mõõdetakse 20 cm läbimiseks kulunud löökide arvu.

Katsete interpreteerimisel on kasutatud järgmiseid mõisteid:

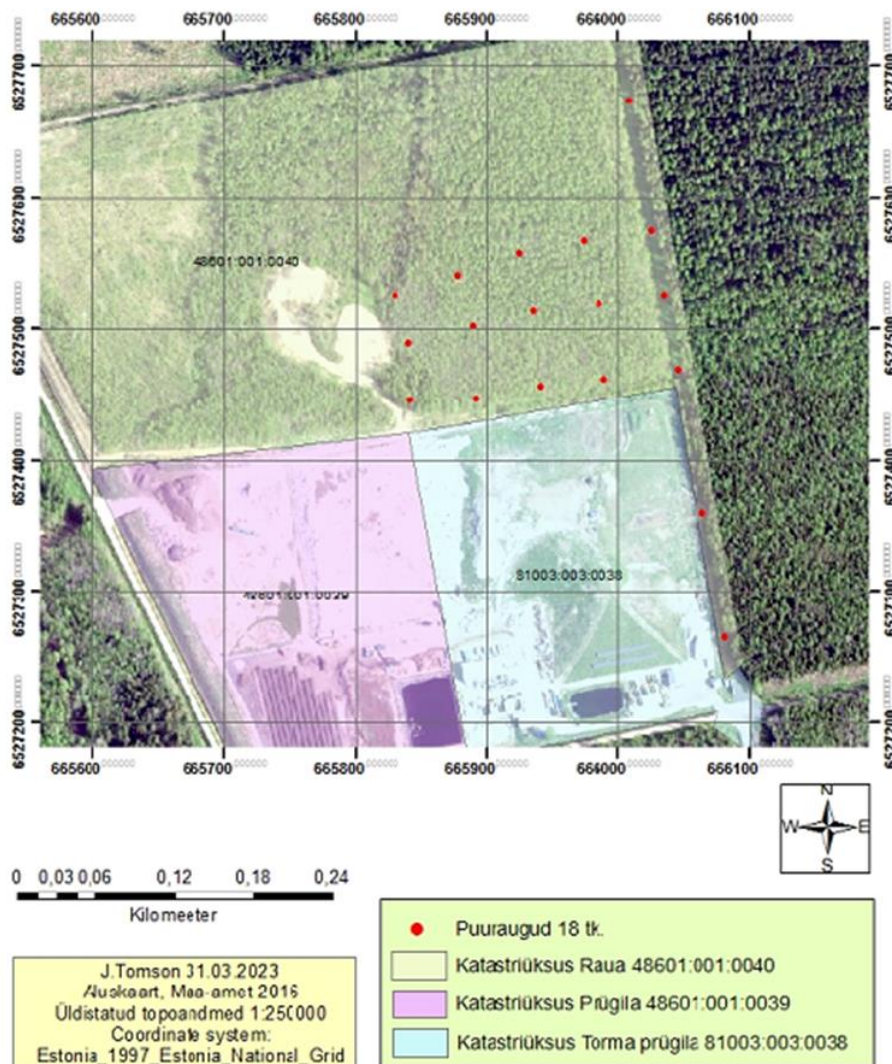
1. Löökkide arv (n)
2. Dünaamiline eritakistus P_d on leitud GOST 19912-74 toodud meetodika järgi.
3. Redutseeritud löökide arv N_{20} leiti katse käigus registreeritud löökide arvust arvestades kasvavat varraste kaalu ja seeläbi kahanevat löögienergiat. Valem redigeerimiseks on kujul $N_{ef}=N*a$, kus
 - N - registreeritud löökide arv 0,2 m läbimiseks
 - N_{ef} - korrigeeritud löökide arv 0,2 m läbimiseks
 - $a=K_d/K_0$
 - K_d - energia kadu registreeritud sügavusel
 - K_0 - energia kadusügavusel 0-1,5 m
4. Energia kadu (K_d ja K_0) arvutati valemist $K=(M_h+(e^2*M_e))/(M_h+M_e)$, kus
 - M_h - vasara kaal
 - M_e - seadme kaal- varraste kaal ja varrastega ühendatud seadme osad
 - E - vasara efektiivsus ca 0,56
5. Varraste hõõret arvestatud ei ole. Rootsi standard nõuab varraste keeramist katse ajal, mis hõõrde mõju vähendab.

6. Koonuse otsa eritakistus kombipenetratsioonil (q_c) leiti, kui pinnasetugevus ületas surumisjõu, tehti löökpenetratsioonikatse ning mõõdeti 20 cm läbimiseks kulunud löökide arvu (Melander, 1989) toodud meetodika järgi.

3.2.3 Uuringupunktide sidumine

Plaanilis-kõrguslikult seoti uuringupunktide asukohad ja märgiti välja GPS seadmega TSC5. Koordinaadid L-Est süsteemis ja kõrgused Euroopa kõrgussüsteemis EH2000 (joonis 3 ja tabel 1). Kasutades uuringupunktide koordinaate koostas kaardi kasutades Arcmap programmi 10.8.2 ja Maa-ameti aluskaarti ning planeeritavale ladestusalale märkis puuraukude asukohad.

Uue ladestusala puuraugud



Joonis 3. Ladestusala puuraukude asukohad.

3.3 Labor

Laboratoorsed uuringud on vajalikud pinnase ja kalju identifitseerimiseks, klassifitseerimiseks ja omaduste määramiseks. Proovivõtt ja pinnasevee mõõtmised peavad toimuma vastavalt standardile EN ISO 22475. Pinnaselõike avamisel puurimisega eemaldatakse materjal looduslikust lasumusest, see võimaldab võtta nii rikutud kui rikkumata struktuuriga proove ja mõõta pinnasevee taset. Rikutud struktuuriga proovid võetakse kottidesse, rikkumata struktuuriga proovid spetsiaalsetesse kestadesse. Reaalselt tuleb arvestada, et täiesti rikkumata struktuuriga proove ei ole pinnasest võimalik võtta, kuna proovi eemaldamisel looduslikust lasundist, muutub pingeolukord. Samuti võib toimuda pinnaseosakeste mõningane nihkumine ja/või tihenemine. Rikkumata struktuuriga proove on võimalik küllaltki edukalt võtta pehme konsistentsiga savipinnastest, tugevast savist või monoliitset kaljust. Veeküllastunud möllpinnasest ja liivast võetud proovid võivad transpordi käigus tiheneda, eriti tundlikud on kohevad möllpinnased (Sedman & Talviste, 2021).

Proovid (joonis 6) võeti puuraukude erinevatelt sügavustelt ja erinevatest pinnasekihtidest. Välitöödelt saadud pinnase- ja niiskusproovid toimetati laborisse analüüsimiseks. Pinnaseproovid teimiti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnika laboris.

Tehtud teimid:

- veesisaldus 18 teimi;
- plastsuspiirid 10 teimi;
- filtratsioon 3 teimi.

Teimimeetod: CEN ISO/TS 17892-1,12.

4. Andmete kirjeldus

Planeeritava ladestusala välikatsete ja laboratoorsete katsete käigus kogutud uuringupunktide andmed.

4.1 Välitööl kogutud andmed

Välitööde ajal fikseeriti uuringupunktide kohta koordinaadid, puuraugu suudme absoluutkõrgus, puuraugu sügavus, võetud proovide sügavus, pinnasevee tase ja absoluutkõrgus. Andmed on koondatud tabelisse 1 ja 2.

Tabel 1. Välitöödel fikseeritud andmed.

Uuringu- punkti tähis	Koordinaat L-Est97		Suudme abs. kõrgus EH2000	Uuringu- punkti sügavus		Pinnasevee sügavus	Pinnasevee abs. kõrgus
	X	Y	m	PA, m	SLP, m	m	m
PA13	6 527 265,8	666 082,3	40,60	2,00			
PA14	6 527 360,0	666 065,5	40,50	2,00			
PA18	6 527 674,0	666 009,1	40,40	2,00			
PA/SLP1	6 527 446,5	665 842,5	41,00	3,00	4,65	0,15	40,85
PA/SLP2	6 527 447,2	665 892,8	40,75	2,60	3,80		
PA/SLP3	6 527 456,5	665 942,0	40,55	2,95	5,20	0,05	40,50
PA/SLP4	6 527 461,9	665 990,3	40,30	2,70	5,50	0,25	40,05
PA/SLP5	6 527 489,5	665 842,1	41,00	2,30	5,05	0,10	40,90
PA/SLP6	6 527 501,9	665 890,3	40,60	2,80	4,35	0,10	40,50
PA/SLP7	6 527 514,1	665 937,0	40,50	2,00	4,75	0,10	40,40
PA/SLP8	6 527 519,1	665 986,0	40,55	2,00	4,55		
PA/SLP9	6 527 526,0	665 830,8	41,10	3,05	5,25	0,20	40,90
PA/SLP10	6 527 540,9	665 878,6	40,95	2,00	3,90	0,15	40,80
PA/SLP11	6 527 558,0	665 926,3	40,55	2,00	4,15	0,20	40,35
PA/SLP12	6 527 567,2	665 975,2	40,30	2,00	2,50	0,00	40,30
PA/SLP15	6 527 469,7	666 046,7	40,30	2,00	5,30	0,90	39,40
PA/SLP16	6 527 526,5	666 035,8	40,40	2,40	5,15	2,20	38,20
PA/SLP17	6 527 575,0	666 026,0	40,45	2,00	3,75	0,60	39,85

Tabel 2. Välitöödel fikseeritud proovide sügavused.

Uuringu- punkti tähis	Proovi sügavus, m			Kuupäev
	Plastsuspiirid	Veesisaldus	Filtratsioon	
PA13				22.02.2023
PA14				22.02.2023
PA18				22.02.2023
PA/SLP1	2,40-2,90	2,40; 2,90	2,40-2,90	21.02.2023
PA/SLP2	1,20-1,80	1,20; 1,80		21.02.2023
PA/SLP3				21.02.2023
PA/SLP4	1,40-1,90	1,40; 1,90	1,40-1,90	21.02.2023
PA/SLP5				21.02.2023
PA/SLP6	0,85-1,25 1,30-1,80	0,85; 1,25		21.02.2023
PA/SLP7				21.02.2023
PA/SLP8				21.02.2023
PA/SLP9	1,20-1,70	1,20; 1,70	1,20-1,70	22.02.2023
PA/SLP10	1,10-1,70	1,10; 1,70		22.02.2023
PA/SLP11	1,20-1,60 1,70-2,00	1,20; 1,60 1,70; 2,00		22.02.2023
PA/SLP12				22.02.2023
PA/SLP15				22.02.2023
PA/SLP16	1,20-1,70	1,20; 1,70		22.02.2023
PA/SLP17				22.02.2023

4.2. Laboratoorsete uuringute andmed

Välitöödel võetud pinnaseproovidest määrati:

- veesisaldus ehk niiskus, W_n , %;
- voolavuspiir, W_L , %;
- plastsuspiir, W_p , %;
- filtratsioon, k , m/sek;
- tihedus, ρ , g/cm³;
- kuivtihedus, ρ_d , g/cm³.

Allpool olevates tabelites 3 ja 4, on koondatud labori poolt saadud tulemused.

Tabel 3. Pinnase füüsikalised omadused (Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalabori andmed).

PA nr.	Proov		Pinnas EVS 1997-1:2003 plastsuskaart	w_n %	\bar{w}_n %	Rootsi koonus			
	Sügavus m	Abs. kõrgus m				w_L^s %	w_p %	I_p^s %	I_L
1	2,40	41,00	väheplastne savi või möll	13,2	13,0	18,8	12,7	6,1	0,05
1	2,90	41,00		12,8					
2	1,20	40,75	väheplastne savi või möll	10,6	10,6	18,9	12,6	6,3	-0,32
2	1,80	40,75		10,6					
4	1,40	40,30	väheplastne savi või möll	10,9	11,1	17,7	12,1	5,6	-0,19
4	1,90	40,30		11,2					
6	0,85	40,60	väheplastne möll	11,7	12,6	19,9	16,3	3,6	-1,04
6	1,25	40,60		13,4					
6	1,30- 1,80	40,60	väheplastne savi või möll			16,8	11,2	5,6	
9	1,20	41,10	väheplastne savi või möll	15,8	14,9	18,0	12,4	5,6	0,44
9	1,70	41,10		13,9					
10	1,10	40,95	väheplastne savi või möll	22,9	16,5	17,9	11,3	6,6	0,78
10	1,70	40,95		10,0					
11	1,20	40,55	väheplastne savi või möll	11,8	11,7	18,0	11,8	6,2	-0,02
11	1,60	40,55		11,6					
11	1,70	40,55	väheplastne savi või möll	10,3	10,7	18,4	12,0	6,4	-0,21
11	2,00	40,55		11,0					
16	1,20	40,40	väheplastne savi või möll	13,4	12,4	19,4	12,5	6,9	-0,02
16	1,70	40,40		11,3					

Tabel 4. Tihendatud pinnase veejuhtivuse määramine survekambris, katse tingimused ja filtratsioonimoodul k (Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalabori andmed).

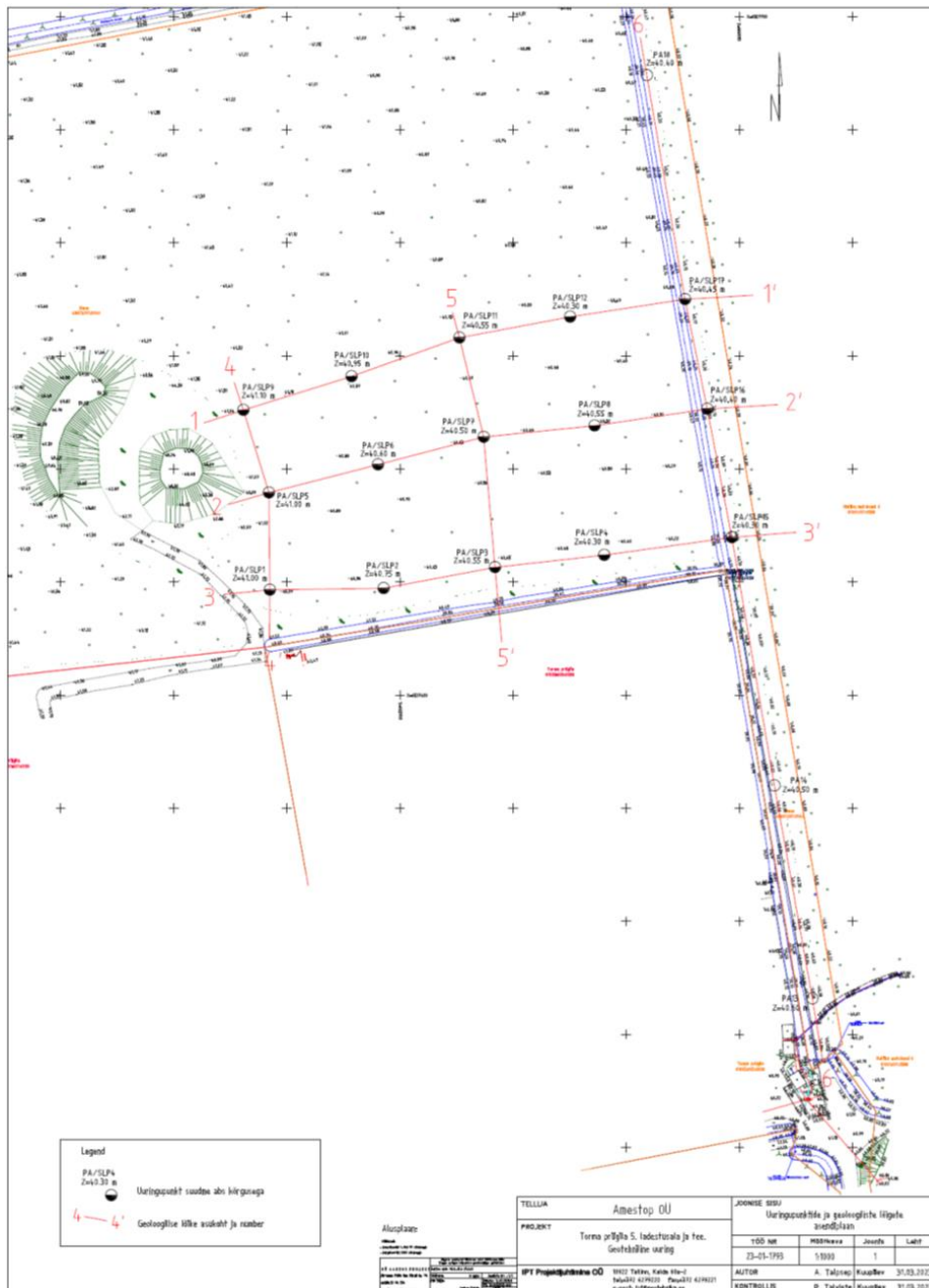
Proov			Survekamber												
PA nr.	Sügavus m.	Pinnas plastuskaart	$w_1, \%$	$w_2, \%$	$r_n, \text{g/cm}^3$	$r_n, \text{g/cm}^3$	$r_s, \text{g/cm}^3$	$n, \%$	e_n	S_r	$k, 10^\circ\text{C}$ $\text{m/sek} \times 10^{-10}$	$k, 10^\circ\text{C}$ $\text{m/ööp.} \times 10^{-5}$	Gradient l	Teimik	
														d mm	h mm
1	2,40 - 2,90	vähe- plastne savi või möll	13,8	12,3	2,26	1,99	2,70	26,3	0,36	1,04	1,90	1,64	65,4	50,0	30,0
4	1,40 - 1,90	vähe- plastne savi või möll	12,9	10,9	2,30	2,04	2,70	24,4	0,32	1,09	3,60	3,63	65,4	50,0	30,0
9	1,20 - 1,70	vähe- plastne savi või möll	16,6	11,8	2,23	1,91	2,70	29,3	0,41	1,09	10,74	9,28	65,4	50,0	30,0

Keskmine filtratsioonimoodul on $0,54 \times 10^{-9}$ m/sek.

5. Pinnasemudeli koostamine

Uuringuala jääb Peipsi tasandikule. Mulla all lamavad jääjärvelise tekkega möllpinnased, nende all liustikulise tekkega moreenpinnased.

Koostati uuringupunktide ja geoloogiliste lõigete asendiplaan (joonis 9), kuhu märgiti puuraukude asukohad lõigetena, et paremini iseloomustada uuritava ala geoloogilisi omadusi tervikuna. Kokku koostati kuus lõiget 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5' ja 6-6'.



Joonis 9. Puuraukude lõiked.

5.1. Reljeef ja kraavid

Uuritud ala on tasane, puuraukude suudmete absoluutkõrgused jäävad 40,3 kuni 41,1 m vahele. Maapinnalähedases pinnasekihis on välja kujunenud suurema veejuhtivusega voolutsoonid, ilmselt külmumis- ja sulamistsüklite tagajärjel. Veetaset mõjutavad ka kraavid, mis paiknevad ala ida ja lõuna küljel. Kraavidesse toimub looduslik vee äravool, mis reljeefi vaadates on aeglane. Kraavid suubuvad Mustjõe jõkke.

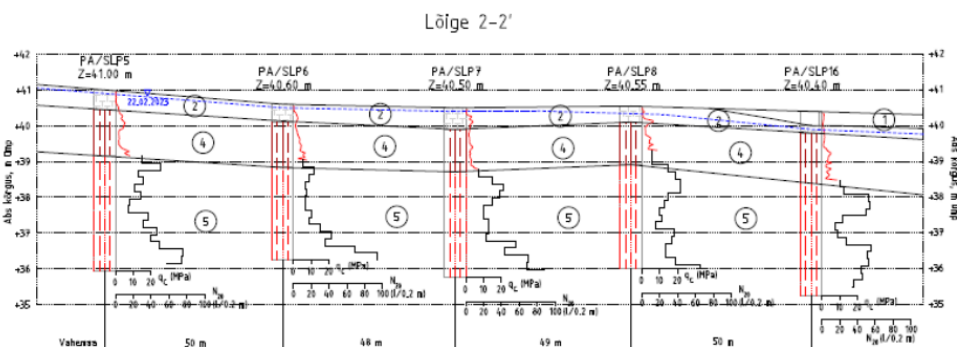
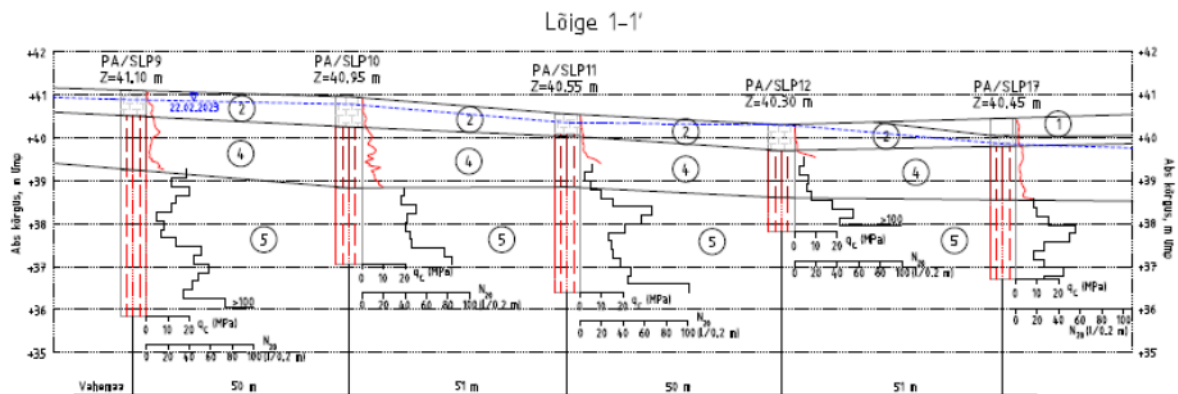
5.2 Pinnasemudeli koostamine ja iseloomustus

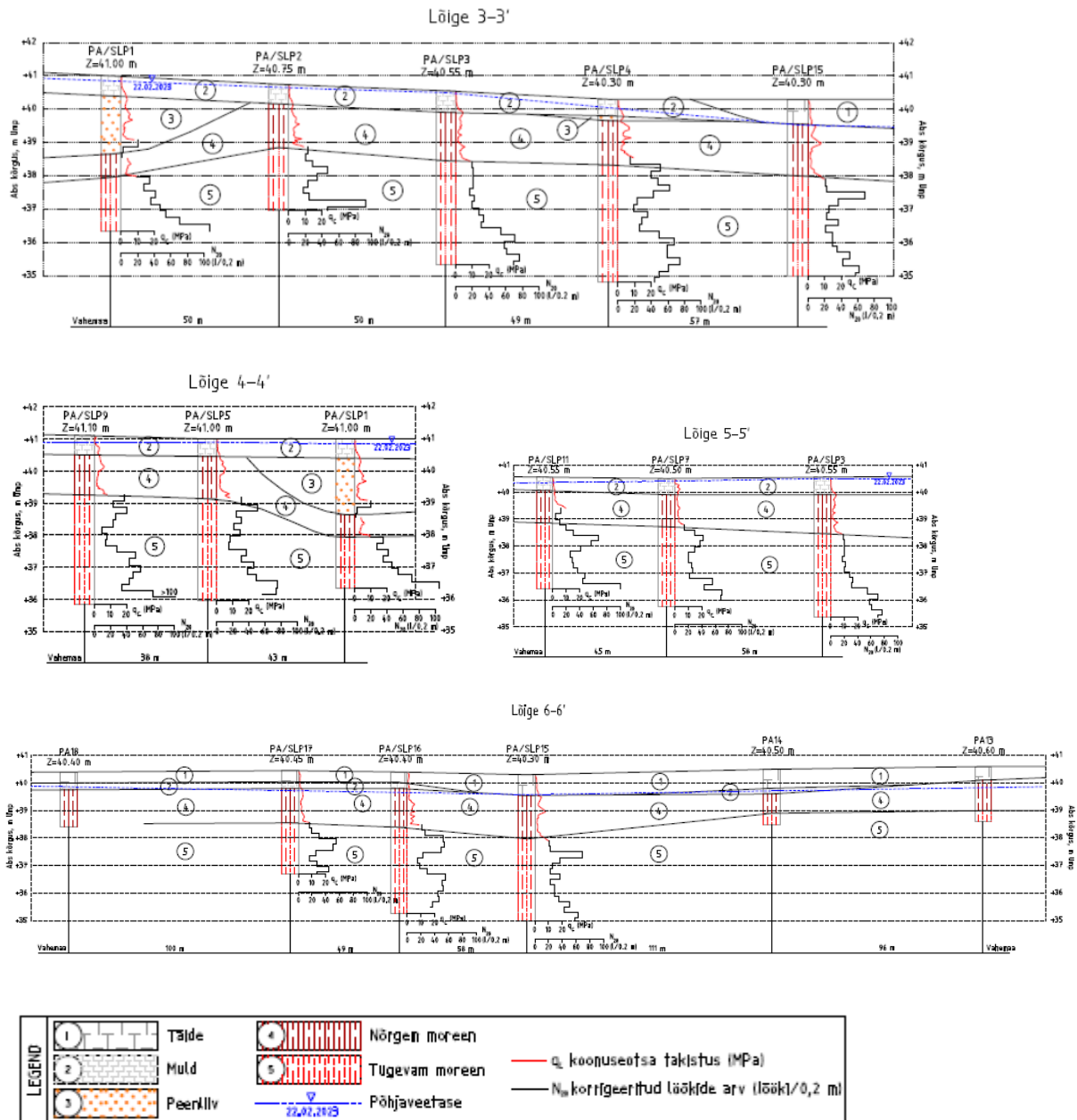
Puurimisel saadud andmetest koostati geoloogiline tulp igale puuraugule eraldi, mida on näha ka geoloogilistel lõigetel (joonis 10).

Kasutatud andmed:

- puurangu suudme absoluutkõrgus ja sügavus;
- pinnasevee tase ja absoluutkõrgus;
- proovide sügavus ja kirjeldatud koostis;
- SLP katse tulemused.

Geotulpade alusel konstrueeriti geolõiked (joonis 10).





Veetase lõigetal antud nende üüringupunktide põhjal, kus tase jõudis enne mõõtmist stabiliseeruda.

Joonis 10. Lõige 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5' ja 6-6'

Sarnaste omaduste alusel eraldati mudelisse 5 geotehnilist üksust ehk pinnasekihti. Eraldatud pinnasekihid on:

- kiht 1 Täide;
- kiht 2 Muld;
- kiht 3 Peenliiv;
- kiht 4 Nõrgem moreen;
- kiht 5 Tugevam moreen.

Geotehniliste üksuste iseloomustus:

Täide- inimtekkeline, savimöll, kruus, überpööratud pinnas. Täidet esines puuraukudes PA13...PA18, sest antud alal oli varasemalt rajatud metsatee siht, millel mõlemal pool kraav ja tõenäoliselt tugevdatud metsa väljaveoks. Täite paksus oli 0,4...0,75m ja koosnes enamasti mullast, savist, kruusast.

Muld- orgaaniline pinnas, kihi paksus 0,2...0,7 m. Kõige väiksem kihi paksus on lõikel 6-6' (joonis 9;11), 0...0,25 m. Teistes lõigetel on kihi paksus 0,45...0,7 m.

Peenliiv- kollakaspruun, alates 1,0 m sügavuselt sisaldab keskliiva, mölli ja kruusaterasid. Liiva esines ainult kahes puuraugus PA 1 - 1,75 m ja PA 4 - 0,15 m.

Nõrgem moreen- savimöll kruusaga, sisaldab jämeperdu 5...25 %, kollakaspruun, kohati savikas, väheplastne. Kihi paksus 0,7...1,55 m. Kihi keskmised füüsikalised omadused: $W_n = 12,9 \%$; $W_L = 20,6 \%$; $W_P = 14,1 \%$.

Tugevam moreen- savimöll kruusaga, sisaldab jämeperdu 15...25 % allpool 25...40 %, ülemine osa kollakaspruun, alaosa hallikaspruun ja tihedam, väheplastne. Kihi keskmised füüsikalised omadused: $W_n = 10,7 \%$; $W_L = 18,4 \%$; $W_P = 12 \%$.

Uuringuala piires puurimisel saadud andmete põhjal arvatud pinnasekihtide keskmine paksus (tabel 5).

Tabel 5. Pinnasekihtide keskmised paksused.

Kiht	Keskmine paksus	Ladestusala PA/SLP 1 - PA/SLP 12	Metsatee PA 13 - PA 18
Täide	m	0	0,63
Muld	m	0,57	0,18
Peenliiv	m	0,15	0
Nõrgem moreen	m	1,22	1,47
Tugevam moreen	m	2,52	1,76
Pinnasevee keskmine sügavus, m		0,13	0,75

SLP välikatsete tulemustest selgub, et ülevalpool asub nõrgem moreenikiht ja selle all tugevam moreenikiht. Nõrgemas moreenis toimus SLP katse käigus valdavalt koonuse pinnasesse surumine, tugevamas moreenis aga koonuse pinnasesse löömine. Järgnevas tabelis 6 on kajastatud SLP katsete käigus määratud eritakistuse ja löökide arvu keskmised väärtused pinnasekihtide piires.

Tabel 6. Välikatsetel määratud SLP keskmised väärtused.

Normsuurused	Kihi nr:	1	2	3	4	5
	Kihi nimetus:	Täide	Muld	Peenliiv	Nõrgem moreen	Tugevam moreen
Näitaja, lühend, ühik						
Koonuse otsiku eritakistus	q_k	1,2	1,0	3,1	3,3	
Korrigeeritud löökide arv	N_{20}					39
Dünaamiline eritakistus	P_d					32

5.3. Hüdrogeoloogilised tingimused

Uuringualal esineb vabapinnaline veekihind, mis paikneb mullas, möllis ja moreeni liivakamates osades ja vahekihtides. Pinnasevee tase oli välitööde ajal puuraukudes maapinnast 0...0,9 meetri sügavusel. Peaaegu kõik puuraugud täitusid peale puurimist pinnaseveega, välja arvatud PA 16, kus pinnasevee tase oli 2,2 meetri sügavusel. Sademete rohkel ajal võib pinnasevesi ulatuda madalamates kohtades maapinnani. Veetaset mõjutavad kraavid, kuhu toimub looduslik vee äravool.

Moreenikihtide all lamab varasemate uuringute andmetel lubjakivi, milles asuv põhjavesi on survealine. Survetaset käesoleva uuringu raames ei mõõdetud. IV ladestusala ehituse ajal ulatus survetase ette valmistatud prügila aluse tasemeni (Talviste, P. 2020).

6. Arutelu

Käesolev töö käsitleb geotehnilisi uuringuid, et hinnata ehituskoha üldist sobivust antud asukohta prügila laienduse rajamiseks.

Uuringu maht peab olema optimaalne, kasutatavad meetodid peavad tagama vajaliku informatsiooni ning sobima konkreetsetesse tingimustesse. Uuringute maht ja koosseis tuleb planeerida vastavalt projekteerimise staadiumi nõuetele, rajatise geotehnilisele kategooriale (EN 1997-2 jaotis 2) ja looduslikel tingimustel (Sedman & Talviste, 2021).

Arvestades geoloogilisi tingimusi, rajatise keskkonnaohtlikust ja uurimismetoodika mitmetahulisust kuulub objekt geotehnilisse kategooriasse GC3. Selle kategooria töö peab koosnema vähemalt järgmistest osadest:

- kameraaltöö, võrdleva kogemuse läbivaatus;
- objekti ülevaatus;
- uuringud määratlemaks geotehnilised üksused mõjutsoonis;
- vastavate omaduste määramine kohapeal ja laboris ning seire;
- küllaldased uuringud pinnasetingimuste varieeruvuse kohta;
- küllaldased uuringud geotehniliste üksuste omaduste kohta kasutades rohkem kui ühte uurimismeetodit;
- küllaldased uuringud geotehniliste üksuste omaduste hajuvuse kohta.

Uuringupiirkond asub Vooremaa servaalal, Peipsi madaliku vahetus läheduses. Planeeritav laiendus jääb tasasele moreenmaastikule, kus maapinna absoluutkõrguste erinevused jäävad 1 m piiresse. Geoloogilised tingimused antud piirkonnas on keerulised ja seda kahel põhjusel. Esiteks pole nõrgem moreenikiht päris homogeenne, selles on tihedamaid ja hõredamaid tsoone ning savikamaid ja liivakamaid tsoone. Kihi paksus on kohati ebaühtlane. Teiseks on antud piirkonnas moreeni all põhjavesi survealine, mis ulatub prügila aluspõhjast kõrgemale. Just survealise vee taseme tõttu on ehitusgeoloogilised tingimused raskendatud.

Ladestusala aluskihiks on looduslik savimoreen, mille paksuseks on vähemalt 4 kuni 5 m. Varasemate antud piirkonnas tehtud uuringute kohaselt on moreenikihi paksus > 10 m (Talviste, P. 2019).

Kuna moreenikihi paksus võib olla kuni 10 meetrit, siis vastavalt veeseaduses toodud jaotusele on põhjavesi nõrgalt kaitstud, kui põhjaveekihi paksus on 2-10 meetri paksune moreenikiht (Veeseadus¹, 2019).

Probleemiks võib osutuda pinnasevee kõrge tase. Looduslikus moreenis, toimub vee voolamine ebaühtlasest tihedusest tingituna, mööda parema veejuhtivusega tsoone ja seetõttu ei saa looduslikku moreeni käsitleda loodusliku savibarjäärina. Pinnasevee liikumisega piki moreeni väiksema tihedusega tsoone või peenliiva kihti, mille veejuhtivus on > 10⁻⁹ m/s, leviks reostus kraavidesse koos prügilast lekkiva nõrgveega kiiresti. Selle vältimiseks on soovitatav rajada tehisekraan.

Kolmest proovist on määratud filtratsioonimoodul k , mis annab meile vajalikku infot selle kohta, kas saame kasutada seda pinnast loodusliku põhjana ja kas on võimalik rajada sellest ka kaitsenõlvasid.

Prügila rajamiseks on vajalik pinnase filtratsioonimoodul väärtusega $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, aluspõhja paksus ≥ 1 m ning kaitsenõlvade paksus vähemalt 0,5 m.

Laboris tehtud filtratsioonikatsed näitavad, et kihtidest 4 ja 5, saab vajadusel ehitada saviekraani veejuhtivusega $< 10^{-9}$ m/s, ainult viimases katses ehk PA 9 võetud proovi tulemus on piiripealne ehk filtratsioonimoodul on $1,07 \times 10^{-9}$ m/s. Väikese veejuhtivuse tagab moreeni terasuuruste jaotumine, mis võimaldab moreeni tihendamist suure tiheduseni. Järeldan, et antud uuringuala moreenist saab ehitada prügila ladestusalale põhja ja kaitsenõlvad.

Antud uuringus selgus, et liivakiht esines ainult uuringuala kahes puuraugus, PA 1 - 1 m ja PA 4 - 0,15 m, mis jäävad lõigule 3 -3', prügilat rajades võiks sellele tähelepanu pöörata, näiteks eemaldada alusest liivakiht ja asendada tihendatud moreenikihiga.

Moreen on leondamisohtlik pinnas, mis vee mõjul kaotab tunduvalt oma kandevõimes.

Planeeritava ladestusala geoloogiline ehitus on esitatud geoloogilistel tulpadel ja profiilidel.

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada:

- uue planeeritava ladestusala geoloogilised tingimused;
- võrrelda neid olemasoleva ladestusala tingimustega;
- anda geotehnilised alusandmed prügilala 5-nda ladestusala projekteerimiseks.

Uuringu käigus välja selgitatud ladestusala geoloogilisi tingimusi vaadates võib järeldada, et antud uuringualal paikneb looduslik moreenikiht, mis ei ole loodusliku lasundina sobilik prügilala põhjaks ja kaitsenõlvaks. Moreenikiht sobiks barjääriks peale mehaanilist tihendamist, kui lisada vettpidavad lisakihid, näiteks bentoniitmatt koos HDPE kilega, prügilala ladestusala aluseks. Vettpidavaid lisakihte on vaja eelkõige prügilast valguva nõrgvee kokku kogumiseks ja ära juhtimiseks.

Kokkuvõtteks võib öelda, et geotehniline uuring annab hea ülevaate edasisteks projekteerimistöödeks. Korrektne projekt aitab vältida prügilala rajamisel tehtavaid vigu ja tagab hilisema häireteta kasutamise.

Tänuavaldused

Täna enda lõputöö juhendajat praktik-professor Peeter Talvistet asjalike nõuannete ja abivalmiduse eest. Pinnaseuuringuid teostav ettevõtte IPT Projektijuhtimine OÜ pakkus uuringuprobleemi ja -materjali ning head töötingimused uuringu läbiviimiseks. Pinnaseproovid analüüsis Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalabor. Kaarte aitas koostada vanemteadur Jüri Vassiljev. Olle Hints aitas töö vormistamise üldisestes küsimustes.

Kirjanduse loetelu

Sedman, P. & Talviste, P. 2021. *Pinnasemudel teede projekteerimiseks, Geotehnilise uuringu ja pinnasemudelisse normsuuruste määramise juhis.*

Keskkonnaministri määrus nr. 38, vastu võetud 29.04.2004. *Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded^d.*

<https://www.riigiteataja.ee/akt/118122020005>

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse geotehnikalabor

<https://klab.ee/teenused/geotehnikalabor/>

Maa-ameti Ehitusgeoloogia andmekogu, 07.03.2022.

<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geoloogilised-andmed/Ehitusgeoloogia-andmekogu-p357.html>

Amestop OÜ, 2023 Torma prügila.

<https://www.tormaprugila.ee/>

Torma prügila Keskkonnakompleksluba KKL/317215, 2022.

https://media.voog.com/0000/0050/5978/files/kompleksluba_nr_kkl_317215_09.11.2022.pdf

Melander, K. 1989. *Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmänä. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto, tiedote 48. Helsinki. 99 s. ISBN 951-771-873-X.*

<https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Julkaisut/julkaisu48.pdf>

Vilo, A. 1986. *Ehitusgeoloogia õpik.*

Talviste, P. 2015. *Geotehnilised pinnaseuuringud, miks ja milleks?*

<https://www.geotehnika.ee/geotehnilised-pinnaseuuringud-ka-ehitusgeoloogilised-uuringud-miks-ja-milleks/>

Veeseadus¹, 30.01.2019. § 68. *Põhjaveekihi kaitstus.*

<https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001>

Keskkonnaministeerium, 05.07.2021. *Prügilasse jäätmete vastuvõtmise kriteeriumid ja kord. Juhised jäätmete prügilakõlblikkuse hindamiseks.*

<https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed/prugilad>

Talviste, P. 2020. *Torma prügila IV ladestusala järelevalve aruanne.*

Talviste, P. 2019. *Torma prügila laienduse geotehnika aruanne.*

Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina Jaanis Tomson (sünnikuupäev: 18.08.1978)

Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Torma prügila laienduse geotehniline uuring“,

mille juhendaja on: Peeter Talviste

reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

[allkirjastatud digitaalselt]

allkiri

29.05.2023

kuupäev