**Transpordiamet**

**Ettepanek uuringu „Pinnaste tihendamine ja tiheduse kontroll“ läbiviimiseks**

**Lähteülesanne**

**Tallinn 2024**

**Sisukord**

[1. Olemasolev olukord ja uuringu eesmärk 3](#_Toc158623008)

[2. Uuringu sisu 4](#_Toc158623009)

[2.1. Pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhendi peab sisaldama järgnevat: 4](#_Toc158623010)

[2.1.1. 1. Peatükk: Ülevaade pinnaste geotehnilistest omadustest, mõisted. 4](#_Toc158623011)

[2.1.2. 2. Peatükk: Pinnase tihendamine 5](#_Toc158623012)

[2.1.3. 3. Peatükk: Nõuded tihendatava pinnase niiskusele ja pinnase lõpptihedusele 5](#_Toc158623013)

[2.1.4. 4.Peatükk: Tihendusmasinate käsitlus: 5](#_Toc158623014)

[2.1.5. 5. Peatükk: Tihendamisnõuded 6](#_Toc158623015)

[2.1.6. 6. Peatükk: Pinnase tiheduse määramise meetodid 6](#_Toc158623016)

[2.1.7. 7. Peatükk: Tihendamistehnoloogiad 7](#_Toc158623017)

[2.1.8. 8. Peatükk: Pinnaste tiheduse kontroll. 7](#_Toc158623018)

[2.1.9. 9. Peatükk: Pinnase tihendamisel tekkivad probleemid ja nende kõrvaldamine 7](#_Toc158623019)

[3. Töövõtja ja tellija kohustused 8](#_Toc158623020)

[4. Tööde teostamise etapid 8](#_Toc158623021)

[5. Uuringu tasustamine 9](#_Toc158623022)

[6. Nõuded töövõtjale 9](#_Toc158623023)

# Olemasolev olukord ja uuringu eesmärk

* 1. **Uuringu eesmärk on kontrollida seni rakendatavate pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli meetmete vastavust, leida uusi võimalusi ka paksemate kihtide tihendamiseks ning uute materjalide tihendamise meetodite väljapakkumist. Antud uuringu raames valmib terviklik juhendi kavand, mis käsitleb muldkeha, muldkehaga koos toimivate vihmavee äravoolu lahenduste (truubid, kraavid, drenaa**ž**ivõrgud jms) ning vallide tihendamist. Antud juhend peab lisaks andma juhised ja mõõdetavad parameetrid eelnimetatud rajatiste lõpptihenduse kontrolli kohta.**
	2. Tänane [Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhend](https://transpordiamet.ee/media/17725/download) on koostatud aastal 2006 ning hiljem ei ole antud juhendit täiendatud ega parandatud. Juhendis kirjeldatud meetodid ja põhimõtted on üldjoontes õiged, kuid juhend tervikuna vajaks kaasajastamist ning kehtivate EVS-ide (*EVS-EN 16907-1:2018, EVS-EN 16907-2:2018*, *EVS-EN 16907-5:2018, EVS-EN ISO 14688-1:2018 ja EVS-EN ISO 14688-2:2018 ja jms)* määruste ja Eurokoodeksitega vastavusse viimist.
	3. TalTech on koostanud Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhendile eksperthinnangu (lisa 4), millest selgus järgnev:
		+ *TTÜ uuringuga andmetel ei võimalda tihendatud liiva katsete tulemused leida rahuldava tugevusega seost tihedusnäitaja ja tihendusteguri vahel.*
		+ *TTÜ uuringu järeldusena toodud valemeid katsepunktidel rakendades selgub, et valemiga leitud tihendustegur teatud juhtudel ülehindab tihendustegurit ja teatud juhtudel selgelt alahindab. Põhjuseks on asjaolu, et valemi määravad katsed tihendamata liival.*
		+ *Juhise punktid 2.10.3 ja 2.10.4 tuleb kustutada.*
	4. Töövõtja ülesandeks on teostada uued katsed liivpinnastel, kruuspinnastel, killustikalustel, savikatel pinnastel, kergmaterjalidel ja aherainel, mis oleksid usutavad, annaksid usaldusväärseid tulemusi tihedusnäitaja ja tihedusteguri vahel ja säiliks kergseadmete (Inspector, Dynatest, Saksa nõuetele vastavad kergseadmed ja muud Eestis kasutusel olevad mõõteseadmed) kasutamise võimalus. Lisaks anda ka plaatkoormusseadme tihedusteguri väärtused eelnimetatud materjalide/kihtide kohta (E2/E1 tihedusteguri väärtus).
	5. Uuringuga tuleb uurida võimalusi, kas oleks korraga võimalik tihendada paksemat kihipaksust, kui kehtivas juhendis ette nähtud on. Täna lubame tihendada tapp-masinaga maksimaalselt 600mm paksust kihti.
	6. Tänasest juhendist puudub truupide, kraavidega seotud rajatiste, vallide, drenaaživõrkude jms tihendamise metoodika, uus koostatav juhend vajab nende käsitlust ja suuniseid, kuidas neid tihendada ja nende tihedust kontrollida.
	7. Täna on turul erinevaid tehnoloogiaid, mida me juhendis ei kajasta, ning vajaksid kajastamist (kaasaarvatud plaatkoormuskatse kasutamise võimalused, FWD ja vajadusel muudatusettepanekud vastuvõtukatsetel rakendamiseks).
	8. Pidevad probleemid kandevõime mõõtmisel killustiku kihilt kui liiva ja killustiku vahel on paigaldatud mõni geotekstiil või geovõrk. Uuringuga tuleb leida sobiva kandevõime hindamiseks usutavad väärtused ja nõuded juhendisse, mille põhjal saaks sellises olukorras killustiku kihti vastu võtta ja hinnata selle sobivust.

# Uuringu sisu

# Pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhendi peab sisaldama järgnevat:

# 1. Peatükk: Ülevaade pinnaste geotehnilistest omadustest, mõisted.

1. **Pinnaste identifitseerimine ja liigitamise põhimõtted:**
2. Seletada lahti ja koostada juhised, milline mõju on pinnase:
* Suurusel ja kujul: Lisada pinnaserühmade liigitused (*EVS-EN ISO 14688-1:2018 ja EVS-EN ISO 14688-2:2018*)
* Niiskusel (veesisaldusel) pinnase koostisosana, plastsuspiiride ja voolavuspiiride seletus/graafikud.
* Õhu mõju pinnases (kehtiva juhendi[[[1]](#footnote-2)](https://transpordiamet.ee/media/17725/download) joonis 1 ja gaasi esinemisvormi käsitlus[[[2]](#footnote-3)](https://digikogu.taltech.ee/en/Download/006e276a-8792-4084-9733-fa7b13d5d43f))
* Pinnase struktuuri käsitlus – lisada juurde selgitavad pildid erinevate struktuuride kohta.
* Nidususel
1. Terminid ja määratlused (*termineid ei pea eraldi alapealkirjana välja tooma kui need seletatakse koheselt peale terminoloogia kasutamist lahti*):
	* Elastsusmooduli mõiste – arvutusvalemid
	* Voolavuspiir – lühend, tähendused
	* Granulomeetriline koostis (lõimis)
	* Granulomeetrilised fraktsioonid
	* Proctorteim
	* CMV (Compaction Meter Value)
	* Tihendustegur
	* Muldkeha mõiste
	* Pinnase kokkusurutavus – mõiste vajab juhendis välja toomist ja käsitlust.
	* Kõik muud, mis juhendis käsitletakse.

# 2. Peatükk: Pinnase tihendamine

Antud peatükis:

* Seletada lahti, muldkeha mõiste.
* Anda ülevaade ja juhised, mis eeldustel ja mida peab tegema, et tagada muldkeha püsivus, tugevus ning eeldatav eluiga.
* Anda ülevaade ja juhised, mis on pinnase tihendamise eesmärkideks ning millistest mõjuteguritest sõltub pinnase lõplik tihedus.
* Anda ülevaade ja juhised pinnase tihendamise olemusest (õhk surutakse raskuse all pinnasest välja ja pinnase mahukaal suureneb, pilt juurde)

# 3. Peatükk: Nõuded tihendatava pinnase niiskusele ja pinnase lõpptihedusele

* Tihendusteguri (Kt) mõiste lahti selgitamine ja valemid, kuidas selleni jõutakse.
* Määrata tihendustegurite väärtused katenditele ja kihi sügavusele teekatte pinnast (analoogselt kehtiva juhendi tabel 4 põhjal).
* Muu lõpptiheduse saavutamise käsitlus.

# 4.Peatükk: Tihendusmasinate käsitlus:

1. Lahti seletada ja anda juhised, mis on rullide eripära, tööpõhimõte ja milliste tööde teostamisel antud tüüpi tihendusmasinaid kasutatakse (igale rullile ja tihendusmasina tüübile lisada juurde pildid, et oleks ära tuntav):
* staatilised rullid;
* pneumorullid;
* tapprullid;
* vibrorullid;
* muud seadmed tihendamiseks kitsastes oludes
* muud seadmed, mida eelnevas nimistus ei olnud *(ainult juhul kui tööturul on kasutusel muid seadmeid, kui ei ole, siis eirata antud punkti*).
1. Seos erinevate pinnaserühmade, tihendusmasinate ja tihendatavuse vahel (pinnaserühmade liigitused *EVS-EN ISO 14688-1:2018 ja EVS-EN ISO 14688-2:2018* järgselt, fraktsioonide põhjal lisada pildid juurde. V.t. kehtiv juhend joonis 6.).
* *Jämepinnased* – millist rulli valida, juhised kuidas ettenähtud tihedust saavutada ja erinõuded mida pinnase tihendamisel tuleks jälgida.
* *Kruus ja liiv pinnased* – millist rulli valida, juhised kuidas ettenähtud tihedust saavutada ja erinõuded mida pinnase tihendamisel tuleks jälgida.
* *Möll ja savipinnased* – millist rulli valida, juhised kuidas ettenähtud tihedust saavutada ja erinõuded mida pinnase tihendamisel tuleks jälgida.
* *Looduslik ja stabiliseeritud pinnas* – millist rulli valida, juhised kuidas ettenähtud tihedust saavutada ja erinõuded mida pinnase tihendamisel tuleks jälgida.
* *Kergmaterjali tihendamine* – käsitleda ja anda juhised klaasvahtkillustiku, kergkruusa jms kergmaterjalide tihendamisele.
* *Aheraine tihendamine* – käsitleda ja anda juhised aheraine tihendamisele.
1. Pideva tiheduse kontrolli meetmed
* Käsitleda ja anda juhised pideva tiheduse kontrolli kohta rullidel.
* Käsitleda ja anda juhised tiheduse tulemuste kuvamise ja selle võimaliku dokumenteerimise kohta hilisemaks väljavõtuks.
* Kalibreerimine (CMV väärtuse saamiseks).
* Muud meetmed pideva tiheduse kontrolliks.

# 5. Peatükk: Tihendamisnõuded

1. Koostada tabel iga tihendusmasina ja tihendusseadme kohta, mida juhendis käsitletakse. Tabelis määrata pinnase omaduste põhjal maksimaalne tihendatav kihi paksus (käesoleva juhendi Tabel 2 kaasajastamine Eesti turul reaalselt kasutusel olevate seadmetega).
2. Uurida võimalusi ning teostada katseid või otsida meie kliimavööndile sarnastest riikidest andmeid ja luua tulemid nende baasil ülevaatlik hinnang kas tihendatavad kihipaksused võiksid olla uues loodavas juhendis paksemad kui tänases kehtivas juhendis on lubatud.

# 6. Peatükk: Pinnase tiheduse määramise meetodid

Kirjeldada lahti ja käsitleda eraldi kõiki allolevaid meetodeid tiheduse määramisel. Lisaks selgitada lahti iga meetodi kohta eraldi, mis on antud meetodi tööpõhimõte, millistel juhtudel meetodit kasutatakse, kuidas väärtusi arvutatakse (koos valemitega), kuidas tihedust kontrollitakse jms.

* Liivakoonuse meetod
* Kummiballooni meetod
* Radioaktiivse isotoobiga tihedusmõõtja
* Penetratsiooni meetod
* Lõikerõngas või –silinder
* Dünaamilise koormamise meetod.
* Plaatkoormuskatse. Lisaks: plaatkoormuskatse miinimumnäitajad tuleks üle täpsustada. (Töövõtja kasutada on ka plaatkoormust käsitlev uurimistöö, mis on poolik *"Riigimaanteedel 2017 teostatud plaatkoormuskatsetuste praktika analüüs ja teiste riikide kogemused plaatkoormuskatse rakendamisel*[*[[3]](#footnote-4)*](https://transpordiamet.ee/media/3163/download)*"* )
* Muud kasutusel olevad meetodid

# 7. Peatükk: Tihendamistehnoloogiad

Käsitleda pinnase tihendamise tehnoloogiaid, ehk:

* Milline tähtsus on pinnase niiskusel ja pinnasekihi paksustel (optimaalne niiskus).

Samuti anda juhised, kuidas viiakse läbi pinnase optimaalse niiksuse ja maksimaalse tiheduse määramine (Proctori katse, mida kujutab endast standard Proctor ja modifitseeritud Proctor seade, seadmete põhiparameetrid vastavalt EVS-EN 13286‑2

* Millised on kobeda pinnase tihendamise meetodid.
* Millised on pinnase tiheduse suurendamise meetodid.
* Kuidas pinnaseid tihendatakse rullimisega (kõik rullid eraldi käsitletud koos tööpõhimõtete skeemidega, k.a. pinnaste tihendamine eritingimustes) – siia alla liigituvad meetodid, ja rullimise tööpõhimõtted (läbikute järjekorrad, läbikute asukoha valikud, rullitavad laiused jms).
* Kaevetööde ja avariikaevetööde järgne pinnaste tagasitäide/tihendamine.
* Muud tehnoloogiad (*kui on*)

# 8. Peatükk: Pinnaste tiheduse kontroll.

* Käsitleda, kuidas kontrollitakse pinnaste tihedust. Viited nõuetele ja määrustele, mis seavad ette nõuded pinnaste tihendamisele.
* Luua usaldusväärne tabel (analoogne tabel nagu on kehtivas Pinnaste ja tihendamise kontrolli juhises *Tabel 5*), kus on käsitlus Muldkeha liivpinnaste vähimate tihendustegurite (Kt) ja tihedusnäitajate (T) vahel. Viia katsed läbi punktis 1.3.1. nimetatud seadmetega.
* Anda juhised teedeehituslikult kasutatavate materjalide ja pinnaste (kruuspinnased, killustikalused, savikad pinnased, kergmaterjalid ja aheraine) tiheduse saavutamise ning lõpliku tiheduse kontrollimise kohta (anda mõõdetavad väärtusted punktis 1.3.1. nimetatud mõõteseadmetega).
* Koostada nõuded ja kontrollmeetmed, kuidas mõõta kandevõimet killustiku kihilt punktis 1.3.1. nimetatud mõõteseadmetega (kui saab) kui liiva ja killustiku vahele on paigaldatud geotekstiil või geovõrk. Uuringuga tuleb leida sobiva kandevõime hindamiseks usutavad väärtused ja nõuded (kontrollmeetmed), mille põhjal saaks sellises olukorras killustiku kihti vastu võtta ja hinnata selle sobivust.
* Kui on tegemist nö kogemusliku tiheduse hindamisega (kui on materjalid mille puhul ei saa tihedustegurit mõõta), siis öelda ette antud materjalile number, mis on kogemuslikult piisav hindamaks saavutatud tihedust (Saksa koolkonna lähenemine).

# 9. Peatükk: Pinnase tihendamisel tekkivad probleemid ja nende kõrvaldamine

Käsitleda järgmiste probleemide olemust ja kuidas neid probleeme vältida või lahendada:

* ületihendamine;
* alatihendamine;
* pinnas on liiga märg;
* pinnas on liiga kuiv.
* Viadukti tiibade tagused täited jms raskesti ligipääsetavad kohad (vt punasega nool, alt täide kui betoon varem tehtud kui mulle):

~~~~

* Muud (kui on).

# Töövõtja ja tellija kohustused

* 1. Töövõtja kohustub:
	+ Esitama tellijale õigeaegselt peatükis 2 nõutud tööd eesti keeles vastavalt peatükis 4 toodud tähtaegadele.
	+ Organiseerima kõik tööks vajalikud inimesed, seadmed, materjalid, tõlketööd jm, mis on vajalikud uuringu ja juhendi kavandi edukaks läbiviimiseks.
	+ Uurimistulemused, sh teadustöö analüüsimaterjal jmt esitatakse Töövõtja aruande formaadis ja juhendi kavand esitatakse Tellijale Tellija poolt etteantud juhendi malli doc formaadis.
	+ Korraldama tellijaga regulaarseid töökoosolekuid vähemalt 1 kord kuus, täpsem ajakava ja koosolekute toimumise kord lepitakse kokku peale lepingu sõlmimist.
	+ Tutvustama uuringu tulemusi ja juhendi kavandit eesti keeles tellija poolt kokku kutsutud üritusel.
	+ Artikkel ajakirja ,,Teejuht’’ 3-4lk
	1. Tellija kohustub:
* Jagama töövõtjale dokumente, millele antud lähteülesandes viidatakse.
* Tasuma töövõtjale vastavalt lähteülesande punktile 6.

# Tööde teostamise etapid

1. **I Etapp –** I etapis tuleb töövõtjal koostada vastavuses kehtivatele standarditele, määrustele ja muudele nõuetele juhendina kasutatavad juhised. Antud etapis teostatakse tööd, mis ei eelda katsete läbi viimist, I etapp lõppeb II etapi katseplaani esitamisega. I etapi jooksul teostatakse tööd, mis on loetletud peatükkides:

2.1.1. (1. Peatükk: Ülevaade pinnaste geotehnilistest omadustest, mõisted.)

2.1.2. (2. Peatükk: Pinnase tihendamine)

2.1.4. (4.Peatükk: Tihendusmasinate käsitlus)

2.1.7. (7. Peatükk: Tihendamistehnoloogiad)

2.1.9. (9. Peatükk: Pinnase tihendamisel tekkivad probleemid ja nende kõrvaldamine)

Töö vahearuande (etapp I) esitamise tähtaeg on hiljemalt **kolm kuud peale lepingu sõlmimist.**

1. **II Etapp** – II Etapis tuleb tööandjal viia läbi katsetused. Katsetulemuste põhjal saadakse usutavad väärtused ja selle alusel tuleb koostada juhendisse reaalsed (kontroll)nõuded.

Antud etapis teostatakse tööd, mis on loetletud peatükkides:

2.1.3. (3. Peatükk: Nõuded tihendatava pinnase niiskusele ja pinnase lõpptihedusele)

2.1.5. (5. Peatükk: Tihendamisnõuded)

2.1.6. (6. Peatükk: Pinnase tiheduse määramise meetodid – vajalikud katsete tulemused)

2.1.8. (8. Peatükk: Pinnaste tiheduse kontroll)

Töö lõpparuande (etapp II) esitamise tähtaeg on hiljemalt **31.10.2024.**

# Uuringu tasustamine

Uuringu eest tasutakse kahes osas:

* Etapp I töö vastuvõtmisel tellija poolt on tasu 40% kogu lepingu summast;
* Lõpparuande tööde vastuvõtmisel tellija poolt on tasu 60% kogu lepingu summast;

# Nõuded töövõtjale

Töövõtja meeskonnale on järgmised nõuded:

* Töövõtja peab olema **teadus-arendusasutus** vastavalt „Teadus- ja arendustegevuse korralduse seaduse“ §3.
* Meeskonnas peab minimaalselt olema:
	+ - * Volitatud ehitusinsener, tase 8, spetsialiseerumisega teedeehitusele, valdkonna teadus-arendustööde/uuringute läbiviimise kogemus vähemalt 4 aastat.
1. <https://transpordiamet.ee/media/17725/download> [↑](#footnote-ref-2)
2. <https://digikogu.taltech.ee/en/Download/006e276a-8792-4084-9733-fa7b13d5d43f> [↑](#footnote-ref-3)
3. <https://transpordiamet.ee/media/3163/download> [↑](#footnote-ref-4)