

Rail Baltica maavarade proovivõttud ja laborianalüüs

LÕPPARUANNE

Töös osalesid:

Projektijuht ja töövõtja kontaktisik: Henri Prank

Projekti meeskond: Marek Truu, Aleksander Altmäe; Teede Tehnokeskus AS labor
koosseis

SISUKORD

SISUKORD	3
Sissejuhatus	4
Teostatud tööde ülevaade ja nende kattuvus esitatud tööprogrammiga	4
Karjäärade valik ja kaasamine	5
Välitööd	6
Katsetulemuste kajastamine	6
Materjalide omaduste võrdlus	7
Kasutatud dokumendid	15
Lisad	15

Sissejuhatus

„Rail Baltica maavarade proovivõttud ja laborianalüüs“ oli tellitud osaühing Rail Baltic Estonia poolt. Uuringu eesmärgiks oli võrrelda Eestis toodetavate erinevate täitematerjalide omadusi Rail Baltica Projekterimisjuhises (ingl Design Guidelines, edaspidi RB GD), standardis UIC 719R ja Tehniline kirjeldus lisa A ja lisa B kirjeldatud nõuetega. Uuring keskendub raudtee ballasti aluse (ingl subballast), raudtee mulde vahekihi (ingl prepared subgrade) ja raudtee muldkeha rajamiseks kasutatavatele täitematerjalidele. Uuring ei käsitle Eesti karjäärides toodetavate täitematerjalide omaduste võrdlemist ballastikillustiku nõuetega.

Lõpparuande esitati tähtaegselt 07.06.2019 (töö etapp IV). See sisaldab ülevaadet teostatud töödest, nende kattuvust Töövõtja algaruandes esitatud tööprogrammiga, katsetamise progressiaruannet ning esitatud katsetulemuste kokkuvõtet, uuringu raames teostatud tööde kirjeldust. 07.06.2019 ajaks oli teostatud 100% nõutud katsete mahust.

Teostatud tööde ülevaade ja nende kattuvus esitatud tööprogrammiga

Uuringu „Rail Baltica maavarade proovivõttud ja laborianalüüs“ tööprogrammi alguseks saab lugeda lepingu nr. 2019-K001 jõustumise kuupäeva 07.01.19. Lähtuvalt 14.01.2019 Töövõtja ja Tellija vahel toimunud avakoosolekul fikseeritust on lõpparuande esitamise kuupäev 07.06.2019 (töö etapp IV).

Esimese vahearuaruande esitamise tähtajaks määras Töövõtja 01.04.2019 (töö etapp II). 01.04.19 ajaks teostati üle 30% nõutud katsete mahust.

Teise vahearuaruande esitamise tähtajaks määras Töövõtja 06.05.2019 (töö etapp III). 06.05.2019 ajaks teostati üle 60% nõutud katsete mahust.

Karjääride valik ja kaasamine

Karjääride valikul lähtuti „Rail Balticu ehitamiseks vajalike ehitusmaavarade varustuskindluse uuringust“ (Teede Tehnokeskus AS, 2017) ning Maa-ameti geoloogia osakonna nõunikult saadud Eesti aktiivsete liiva, kruusa, lubjakivi, dolokivi ja põlevkivi mäeeraldiste ning nende teenindusmaade andmetest (07.01.2019 seisuga).

Esmaseks karjääride valikuks välistati saartel asuvad karjäärid, RMK ja kohalike omavalitsuste poolt hallatavad karjäärid. Samuti välistati infoküsimise raames selgunud ebasobivad karjäärid. Teiste hulgas olid ebasobivust näitavateks tingimusteks: materjali ebasobiv kvaliteet, karjääri omaniku soovimatus osaleda uuringus, avamata karjääri olek, kaevandatava varu puudumine (ammendatud), puudulikud kaevandamismahud viimastel aastatel. Samuti vähendas potentsiaalsete karjääride arvu teatud karjääride iseäralik lähedane paiknemine, mille tõttu tootja toodab erinevatest karjääridest pärit maavarast täitematerjale, kuid ei suuda eristada toodangu päritolu ning uuringusse saab antud kooslust kaasata vaid ühe karjäärina.

Uuringusse kaasati ainult need karjäärid, mis jäävad Rail Baltica eeldatavast trassist kuni 80 km kaugusele. Kaasatud karjääridel oli olemas tehase tootmisohje ja täitematerjali toimivus- ja/või vastavusdeklaratsioon. Ühest karjäärist kaasati uuringusse üks materjal ning karjääre valides arvestati, et karjäär toodaks Eesti täitematerjalide turu suhtes keskmiste ja laialdaselt levinud omadustega täitematerjale.

Käesoleva uuringu eesmärgiks ei olnud võrrelda täitematerjalide tootjate poolt väljastatud toodete deklaratsioonidel esitatavate andmete ja täitematerjalide deklareeritud omaduste õigsust, mistõttu koostati lõpparuanne viisil, mis ei võimaldaks aruande lugejal katsete tulemusi siduda konkreetsete täitematerjalide tootjatega.

Välitööd

Teede Tehnokeskus AS kontakteerus karjääridega, informeeris neid planeeritavatest katsetustest ning küsis luba proovide võtmiseks. Samuti edastati uuringu Tellijale proovide võtmise ajakava ja valituks osutunud karjääre puudutav informatsioon (kontaktandmed, asukoht, tooted jne), sh proovide võtmise kuupäevad ja kellaajad. Tellija esindaja viibis soovi korral proovide võtmise juures ning võis anda juhiseid proovide võtmiseks. Karjääri omanik/haldaja näitas kätte võetava toote asukoha. Katsetatavad materjali proovivõttul lähtuti EVS-EN 932-1 „Täitematerjalide üldiste omaduste katsetamine. Osa 1: Proovivõttumeetodid“ nõuetest. Peale välitööd transporditi enamus võetud proovid katsetamiseks Teede tehnikeskus AS laborisse ning osaliselt ka Tallinna Tehnikaülikooli Teede ja liikluse teadus- ja katselaboratooriumi. Kõik proovivõttud olid nii Tellija kui ka karjääri omanike/haldajate hinnangul võetud korrektselt.

Kokku tehti välitööd 21 päeval ajavahemikul 18.01.19-02.05.19.

Katsetulemuste kajastamine

Uuringus osalemiseks pidi liivast ja kruusast või lubjakivist/dolomiidist toodetavate peentäitematerjalide, fraktsioneerimata täitematerjalide ja sidumata segude korral olema deklareeritav maksimaalne peenosiste sisaldus f_{15} või väiksem (EN 13242 kohasel tootel) või UF15 või väiksem (EN 13285 kohasel tootel). Kruusast ja lubjakivist või dolomiidist toodetud täitematerjalidel pidi deklareeritav purunemiskindlus olema LA₃₀, LA₃₅ või LA₄₀ vastavalt tootestandardile EN 13242. Lubjakivist või dolomiidist toodetavate sidumata segude ülemine teramõõt peab olema $D \geq 31,5$ mm.

Katsetulemused on kajastatud failis: LISA 1 Rail Baltica maavarade proovivõttud ja laborianalüüs- katsetulemused.xlsm

LISA 1-s kajastatavad katsed :

- Terastikuline koostis ja peenosiste sisaldus ning pinnase liigitus- EN 933-1; EN 14688-2 Lisa B
- Metüleensinise arv MB_F - EN 933-9 Lisa A
- California kandevõimetegur (CBR)- EN 13286-47
- Maksimaalne tihedus modif. Proctor meetodil- EN 13286-2
- Veeimavus- EN 1097-6
- Plaatsustegur- EN 933-3
- Lihtsustatud petrograafiline kirjeldus- EN 932-3
- Külmaskindlus- EN 1367-1
- Purunemiskindlus (Los Angeles)- EN 1097-2
- Kulumiskindlus (Micro-Deval)- EN 1097-1

Lisaks kajastab LISA 1:

- Pinnase lõimisetegur C_u
- Pinnaste külmakerkelisuse hindamise kriteeriumid (RB DG)
- Casagrande-i külmakerkelisuse hindamise kriteeriumid
- Külmakerkelisuse hindamine terakoostise alusel (Allikas: Artikkel "Determination of Frost-Susceptibility of Soils", Slunga, E., Saarelainen, S., 1989)

Materjalide omaduste võrdlus

Liiva proove kaasati uuringusse 47 tk, kruusa proove 35 tk ja lubjakivist või dolomiidist sidumata segu proove 20 tk. Liiva proovi võeti igast uuringusse kaasatud karjäärast ca 200 kg, et teostada kõik vajalikud katsed. Kruusa oli iga karjääri kohta vaja ca 350 kg ja lubjakivist või dolomiidist sidumata segu ca 250 kg. LISA 1-s on ära toodud kõigi proovide laboratoorsete katsetuste tulemused ning Tabel 1-s on kokkuvõtlikult tähtsamate katsete tulemused.

Materjalide katsetulemusi tuli võrrelda ballasti aluse ja mulde vahekihi rajamiseks kasutatavate täitematerjalide nõuetega ja külmakerkelisuses hindamise kriteeriumitega . Võrdlusesse ei ole otstarbekas kaasata materjali terastikulise koostise kategooriat ega ka ülemõõdulisi terasid, sest need omadused on kergesti muudetavad väga lihtsa sõelumisega karjääris.

Katsetulemuste järgi oli alla 5% peenosiste nõue tagatud kruusa puhul 49% proovidest, liival 79% ja lubjakivist või dolomiidist sidumata segu puhul 15 % proovidest. Purunemiskindluse LA_{30} saavutas kruusadest 77% ja lubjakivist või dolomiidist sidumata segu puhul 30% proovidest. Metüleensinise arv oli ≤ 10 g/kg tagatud kõikidel liiva ja kruusa proovidel ning 95% lubjakivist või dolomiidist sidumata segu proovidel. Külmaskindlus F_2 oli tagatud 55% lubjakivist või dolomiidist sidumata segu proovidel ning 89% kruusadest. Külmaskindlus F_4 oli tagatud 85% lubjakivist või dolomiidist sidumata segu proovidel ning 94% kruusadest.

Table 1. Tähtsamad materjali omadused (min...max (keskmine))

Omadus	Liiv	Kruus	Lubjakivist või dolomiidist sidumata segu
Peenosiste sisaldus, %	0,2...30,5 (3,5)	1,2...13,9 (6,0)	3,3...23,2 (9,9)
Purunemiskindlus, %		23...44 (28,5)	25...42 (34)
Metüleensinise arv, g/kg	1,7...8,3 (3,4)	3,3...10,0 (5,1)	3,3...11,7 (5,9)
Külmakindlus, %		0,2...4,8 (0,9)	0,8...9,1 (2,6)
Plaatsustegur, %			6...21 (13)
Kulumiskindlus, %		15,5...38,9 (22,6)	19,1...46,2 (31,7)

Külmakerkelisust hinnati kolme meetodi järgi. Vastavad tulemused on kokkuvõtlikult kirjeldatud Tabel 4-s.

RB DG tulenevad kriteeriumid baseeruvad pinnase klassifikatsioonile standardite EN 14688-1 ja -2 järgi (Tabel 2).

Tabel 2. Pinnaste külmakerkelisuse hindamise kriteeriumid RB DG järgi

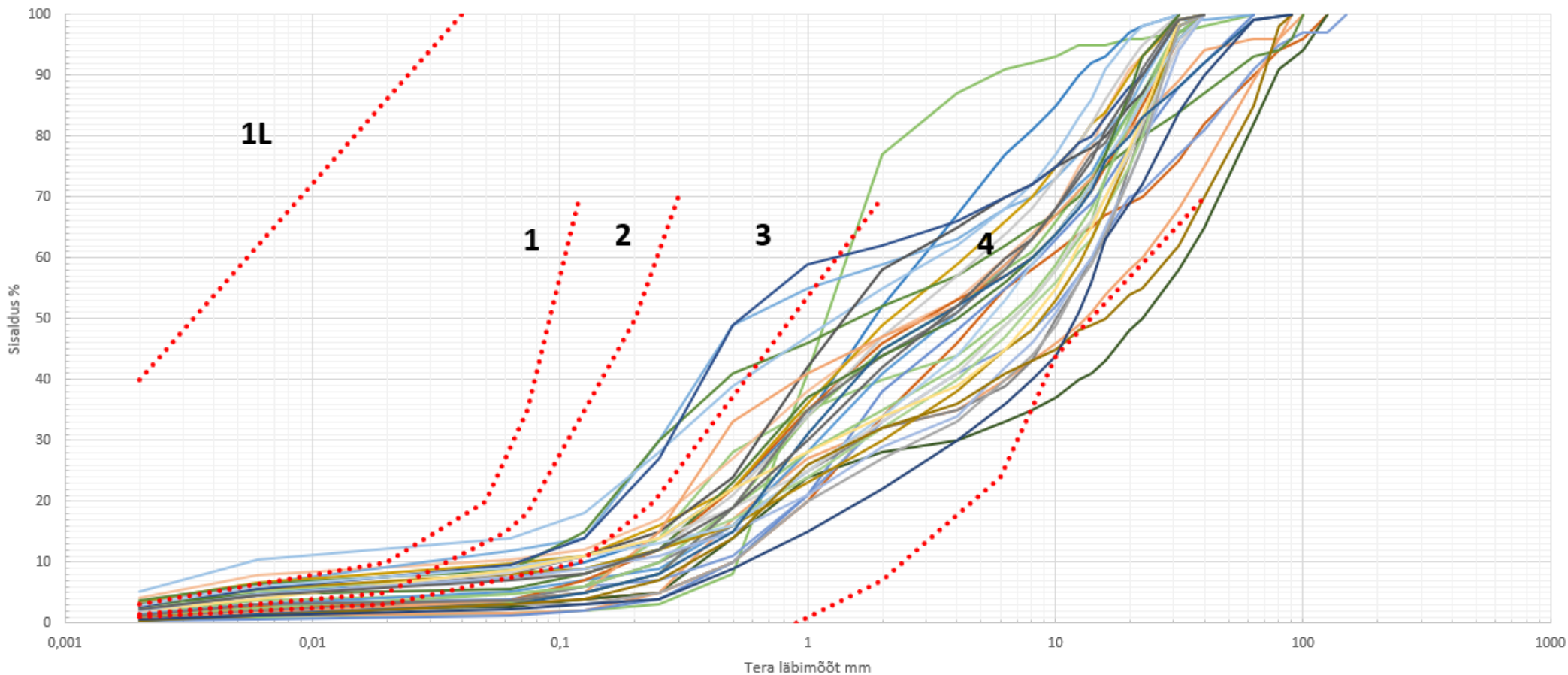
Külmakerkelisus	Pinnase klassifikatsioon vastavalt standardile EN 14688-1 ja -2
Külmakerkeohutu	sand, gravel
Nõrgalt külmakerkeline	silty sand, silty gravel
Külmakerkeline	clay, clayey moraine
Väga külmakerkeline	silt, clayey silt, silty clay, silty moraine

Casagrande külmakerkelisuse hindamise kriteeriumid lähtuvad pinnase lõimisetegurist C_u ja alla 0,02 mm osakeste osakaalust (Tabel 3).

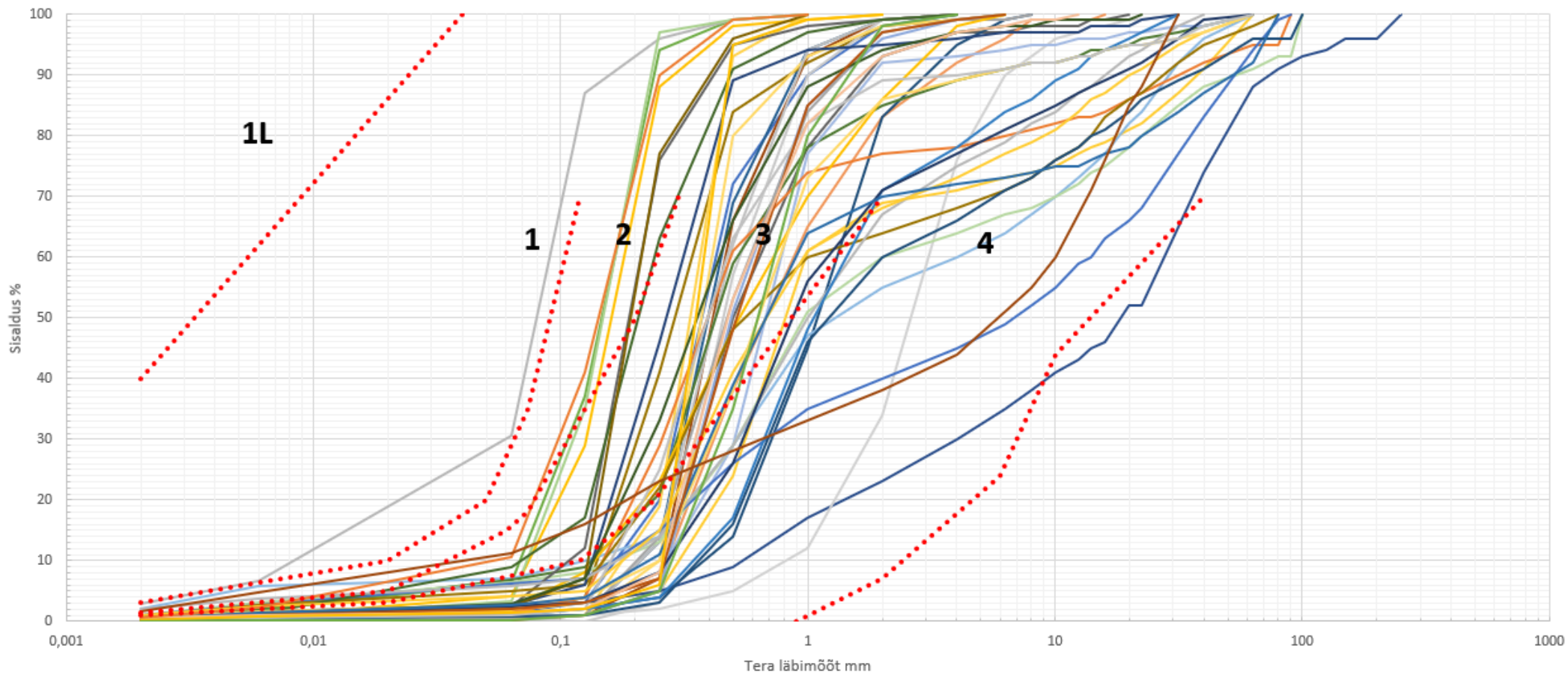
Tabel 3. Casagrande-i külmakerkelisuse hindamise kriteeriumid

Pinnase lõimisetegur C_u	Maksimaalne <0,02 mm osiste sisaldus, %
5	10
15	3
<i>Märkus: Teistele lõimiseteguri C_u väärtustele vastavad maksimaalsed peenosiste sisaldused interpoleeritakse</i>	

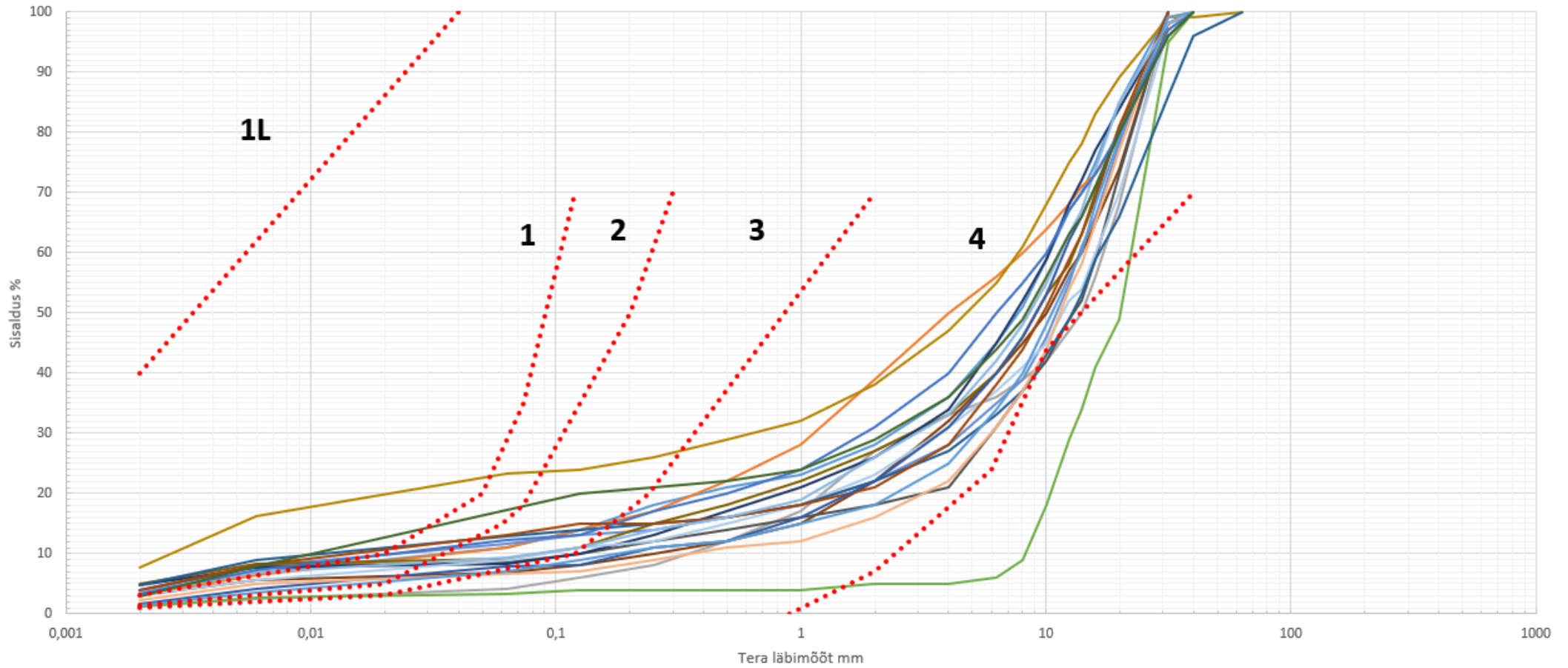
Kolmas meetod (Slunga, E 1989) vaatleb terastikulistise kõverat ja selle paiknemist erinevates kindlaks määratud tsoonides, mis on kujutatud punase punktiirina Joonis 1-3 peal. Kui pinnase terastikuline koostis jääb tervenisti ala 1 piiridesse, on pinnas alati külmakerkeohtlik. Kui pinnase terastikuline koostis jääb alasse 1L, on materjal nõrgalt külmakerkeline. Kui pinnase terastikuline koostis jääb tervenisti ala 2, 3 või 4 piiridesse, on materjal külmakerkeohutu ning kui pinnase terastikulise koostise alumine osa väljub püsivalt madalama ala piiridesse (nt 3-st 2-te), on pinnas külmakerkeohtlik.



Joonis 1. Kruusade terastikulised koostised ja külmakerkelisuse hindamise piirid



Joonis 2. Liivade terastikulised koostised ja külmakerkelisuse hindamise piirid



Joonis 3. Lubjakivist või dolomiidist sidumata segu terastikulised koostised ja külmakerkelisuse hindamise piirid

Table 4. Külmakerkelisuse hindamine kokkuvõtvalt

Külmakerkelisuse kriteerium	Külmakerke hinnang
Rail Baltica Design Guidelines	<p>100% kruusadest on külmakerkeohutud</p> <p>90% lubjakivist või dolomiidist sidumata segudest on külmakerkeohutud, 10 % on nõrgalt külmakerkelised</p> <p>98% liivadest on külmakerkeohutud ja 2% nõrgalt külmakerkelised</p>
Casagrande	<p>43% kruusadest on külmakerkeohutud, 57% on külmakerkelised</p> <p>90% lubjakivist või dolomiidist sidumata segudest on külmakerkelised, 10% külmakerkeohutud</p> <p>4% liivadest on külmakerkelised ja 96% külmakerkeohutud</p>
"DETERMINATION OF FROST-SUSCEPTIBILITY OF SOILS" Slunga, E., Saarelainen, S. 1989	<p>94% liivadest on külmakerkeohutud ja 6% külmakerkeohtlikud</p> <p>100% lubjakivist või dolomiidist sidumata segudest külmakerkeohtlikud</p> <p>63% kruusadest on külmakerkeohutud ja 37% külmakerkeohtlikud</p>

Kasutatud dokumendid

- E. Slunga and S. Saarelainen, Determination of frost-susceptibility of soils, 1989.
- „Rail Baltica Design Guidelines. Railway Substructure Part 1, Embankments and Earthworks“, 2018.
- UIC CODE 719R "Earthworks and track bed for railway lines", 3rd edition, 2008.
- RAIL BALTICA MAAVARADE PROOVIVÕTUD JA LABORIANALÜÜS- Tehniline kirjeldus

Lisad

- LISA 1 Rail Baltica maavarade proovivõttud ja laborianalüüs-katsetulemused.xlsm