

Leca® kergkruus taristuehituses

Projekteerimine ja ehitamine



LECA® KER GKRUUS

on geotehnikalahendustes suurepärase kergtäite- ja soojustusmaterjal

Sisukord

1	SISSEJUHATUS	3
2	EESKIRJAD JA MÄÄRUSED	3
3	MATERJALI OMADUSED	4
3.1	TIHEDUS	5
3.2	KOKKUSURUTAVUS JA KOORMUSTALUVUS	5
3.3	TUGEVUS- JA ELASTSUSOMADUSED	5
3.4	SOOJUSTEHNILISED OMADUSED	6
3.5	KEEMILISED OMADUSED JA VASTUPIDAVUS	7
3.6	KNIISKUSTEHNILISED OMADUSED	8
3.7	TAASKASUTATAVUS	9
3.8	KERGKRUUSBETONID	9
4	KASUTUSOTSTARBED	10
4.1	VAJUMITE ENNETAMINE	10
4.2	STABIILSUSE PARANDAMINE	12
4.3	PINNASESURVE VÄHENDAMINE	13
4.4	KÜLMAKERKEKAITSE JA DRENAAZI PARENDAMINE	14
5	KASUTUSKOHAD	15
5.1	TEED, TÄNAVAD JA RÖÖBASTEED	15
5.2	SULUNDITE TAGUSED TÄITED	16
5.3	TORUSTIKUD JA TRUUBID	16
5.4	SADAMA-ALAD JA KAIKONSTRUKTSIOONID	17
5.5	MUUD KONSTRUKTSIOONID	17
5.6	LECA®- KERGKRUUSA KASUTAMINE KOOS SÜVASTABILISEERIMISEGA	19
6	PAIGALDAMINE	20
6.1	OBJEKTI ETTEVALMISTAMINE	20
6.2	OBJEKTILE TARNIMINE	23
6.3	KVALITEEDIKONTROLL objektile	23
7	KIRJANDUS	24

LISAD:

Lisa 1 Kergtäite dimensioneerimise põhimõte

Lisa 2 Üleslükkejõu arvutamise põhimõte kergkruusakonstruktsioonile

Lisa 3 Külmerke vastase dimensioneerimise põhimõte

Lisa 4 Katendiarvutus Odemarki järgi maanteed ja tänavate konstruktsioonidele vastavalt Soome nõuetele.

Lisa 5 Tugimüüri pinnasesurve arvutuse põhimõte

Leca® kergkruus on pinnase- ja taristuehitustes kuluefektiivsete lahenduste aluseks



Leca OÜ omab ISO 9001, 14001 standarditele vastavaid kvaliteedi- ja keskkonnanähtimissüsteeme.



Välist kvaliteedikontrolli teostab Teede Tehnokeskus.



Tootel on CE-märgis, millega seotud andmed on kättesaadavad aadressil www.leca.ee

1 Sissejuhatus

Kergkruusa (kaubamärk Leca®) on kasutatud kergtäite- ja külmaisolatsioonimaterjalina kogu Euroopas 1950ndatest aastatest. Soomes võeti kergkruus kasutusele 1951, Eestis hakati seda tootma 1994.

Kergkruusa võib kasutada erinevat tüüpi pinnase- ja taristuehituste geotehnilistes konstruktsioonides. Väike mahukaal koos tugevuse, hea kandevõime ja lihtsa käsitsetavusega teevad kergkruusast konkurentsivõimelise alternatiivi tavatäitematerjalidele.

Kergkruusakonstruktsiooni ehitamine on aluspinna muude tugevdamis- ja ehituslahendustega võrrel-

des kiirem. Leca® kergkruus on vastupidav materjal. Põletatud savi – keraamikat on erinevatel otstarvetel kasutatud tuhandeid aastaid. See talub hästi muutlikke ilmastikuolusid ja kemikaale. Leca® kergkruusa tootmisprotsessis põletatakse looduslik savi kõrgel temperatuuril, mille tulemusena savist moodustub tulekindel keraamiline materjal. Temperatuuri tõustes 950 kraadini algab kergkruusa graanulite paakumine. Graanulite tegelik paisumine toimub põlemistsoonis umbes 1150 °C juures.

2 Eeskirjad ja määrused

Kergkruusakonstruktsioonide projekteerimine ja ehitamine toimub taristu- ja pinnaseehituse tegevusalal kehtivaid eeskirju järgides. Järgitavad eeskirjad sõltuvad konkreetsest ehitusobjektist. Eeskirjade järgimisel tuleb veenduda, et kasutatakse kõige värskemat kehtivat versiooni.

Kergkruusakonstruktsiooni arvutused ja projekteerimine on reguleeritud järgmiste eeskirjadega (kehtiv versioon):

- Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine;
- Transpordiameti Muldkeha ja drenkihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhised;
- Tee projekteerimise normid.

Kasulikke lisainformatsiooni saadakse Soome juhistest (kehtiv versioon):

- Kevennysrakenteiden suunnittelu - Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet;
- Eurokoodin soveltamisohje - Geotekninen suunnittelu - NCCI 7 - Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet;
- RIL 234 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet;
- RIL 261 Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet;
- InfraRYL, 18141 Kevytsojapenkereet ja –rakenteet;
- MaaRYL, 2235 Routaeristäminen.

Kergkruusa ja kergkruusbetooni tootmine ja valmistatav materjal peab vastama Euroopa standarditega kehtestatud nõuetele, mh (kehtiv versioon):

- EN 15732 Kergmaterjalidest täite- ja soojusisolatsioonitooted rajatistes kasutamiseks. Kergkruusast tooted (LWA);
- EN 13055 Kergtäitematerjalid;
- EN 14063-1 Ehituslikud soojusisolatsioonitooted. Kasutuskohas valmistatav kergkruussoojustus. Osa 1: Puistesoojustusmaterjali spetsifikatsioon (enne paigaldamist).

3 Materjali omadused

Leca® kergkruus on kerge, vastupidav ja heade soojusisolatsiooniomadustega materjal, sarnanedes mehaanilistelt omadustelt peenliivale. Kergkruusa kergest kaalus tulenevalt on seda ehitusobjektile lihtne käsitseda ja toimetada kohale ka raskesti ligipääsetavatesse kohtadesse.

Pinnaseehituseks mõeldud kergkruusa kuiv-puistetihedus on umbes 15-20% tavalise mittesiduspinnase kuivpuistetihedusest. Kergkruusa mehaanilised omadused erinevad olenevalt graanulite suurusest ja paisumismäärast. Väiksemad graanulid on reeglina vastupidavamad kui suured.

Leca® kergkruusa geotehnilised omadused on toodud tabelis 3.1 ja muud tehnilised omadused tabelis 3.2. Kõikidel Leca® kruusatoodetel on CE-märgis. Toodete standarditele vastavad toimivusdeklaratsioonid on kättesaadavad aadressil www.leca.fi.

Tabel 3.1 Leca 10-20 mm geotehnilised omadused.

OMADUS	VAHEMIK	OMAVÄÄRTUS	ÜHIK	STANDARD / TESTIMISMEETOD
Fraktsioon	10–20 ⁽¹⁾ –	–	mm	EN 933-1
Minimaalne / maksimaalne suurus	< 15 / < 10	–	kaalu-%	EN 933-1
Tihedus (kuivpuiste)	275 (±15 %)	–	kg/m ³	EN 1097-3
Mahukaal – kuivpuiste – kuiv (w _{max} = 30 kaalu-%) (2) – ajutiselt vee all < 1 aasta – alaliselt vee all > 1 aasta – üleslükkejõu arvutuses		3,0 4,0 6,0 10 3,0	kN/m ³	EN 1097-3
Varisemisnurk – puistena – tihendatuna	33–40°	34° 37°		kolmeteljeline test EN 15732 lisa A
Veejuhtivus	10 ⁻³ –10 ⁻¹	–	m/s	–
E-moodul kandevõime arvutus Odemark	30–80 ⁽²⁾	50	MPa	tagasiarvutatud elastsusmooduli
Soojusjuhtivus	0,10–0,17	0,15	W/mK	EN-15732:2012
Vastavus isolatsiooniomaduste osas, a _i ⁽³⁾ –	–	4	–	–

⁽¹⁾ alaliselt ülalpool veepinda

⁽²⁾ sõltub koormamise iseloomust

⁽³⁾ kergkruusa vastavus isolatsiooniomaduste osas (a_i) 0,7 m sügavusel, kuivtihedus ≤ 400 kg/m³, alla 0,15 m drenaažikiht. Võrdlusmaterjalina liiv (a_i =1). Rasketes tingimustes võib soojusjuhtivus olla suurem.

Tabel 3.2 Leca 10-20 mm tehnilised omadused.

OMADUS	OMAVÄÄRTUS	ÜHIK	STANDARD / TESTIMISMEETOD
Veeimavus – 24 tundi – 28 päeva – 300 päeva	< 20 < 30 < 60	kaalu-%	EN 1097-6
Graanulite tugevus	> 0,7	MPa	EN 13055
Surveroome 10-20 – 2% deformatsiooniga CS(2) – 10% deformatsiooniga CS(10))	250 * 600 * 250 * 600 *	kPa	EN 15732 lisa C
pH	9-10		

3.1 TIHEDUS

Leca® kruusa fraktsiooni 10-20 mm puistetihedus on ehitusobjektile toomisel umbes 275 kg/m^3 . Kergkruusa tihendamisaste on umbes 1,1x ehk materjali tihendamisel väheneb koheva kihi paksus umbes 10%. Tihendamisega suureneb kihi tihedus umbes 300 kg/m^3 juurde. Kergkruusa tegeliku tiheduse hindamisel konstruktsioonis tuleb lisaks arvesse võtta kergkruus-konstruktsioonide absorbeeritavat veehulka, graanulite pinnal olevat vett ja graanulite vahel leiduvat võimaliku vee hulka.

Kergkruusakonstruktsioonis kujunevat tihedust mõjutab kergkruusa:

- graanulite kuivpuistetihedus
- absorbeerunud vee kogus
- graanulite pinna poorsus
- graanulite keskmine suurus
- drenaažitingimused ja
- pinnase- või pinnaveetase kergkruusakihis

Eelmainitud omadusi arvesse võttes on kergkruus-konstruktsiooni mahukaaluks ülalpool põhjaveetaset määratletud $4,0 \text{ kN/m}^3$, mida kasutatakse konstruktsioonide arvutustes tavatingimustes.

3.2 KOKKUSURUTAVUS JA KOORMUSTALUVUS

Staatiline koormuskatse

Tihendatud Leca® kruusa 10-20 suhtes on lubatud 200 kPa ühtlane laiapinnaline koormus (nn „ödomeeteriteim“), mille puhul kihi deformatsioon on umbes 1,0%. Kokkusurutavus koormuskatses määratakse vastavalt standardi EN 15732 lisale C. Kergkruusa 2% ja 10% deformatsiooni põhjustav koormus määratakse vastavalt standardi EN 15732 lisale C. Katses koormatakse kergkruusa-proovi koormust pidevalt suurendades. Leca® kruusa 10-20 erinevate lõimiste deformatsioon ühtlase staatilise koormuse puhul (= koormus-taluvus) on toodud joonisel 3.2. Leca® kruusa 10-20 2% ja 10% deformatsiooni



Kuva 3.1 Leca-sora on loonnon kiviainesta kevyempää.

põhjustavad koormused on u 250 kPa ja 600 kPa .

Tsükliline koormamine

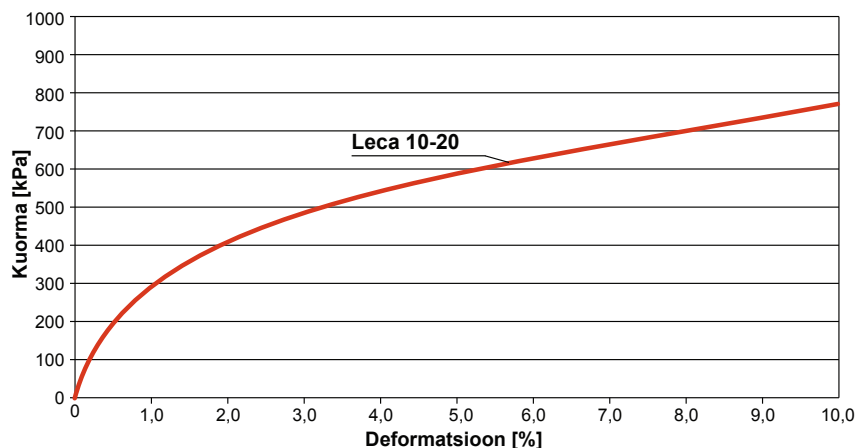
Kergkruus talub tsüklilist koormamist hästi. Leca® kruusa 10-20 suhteline deformatsioon on kahe miljoni koormamistsükli järel 120 kPa vertikaalse koormamisega alla 0,5%. Aastatel 2008-2015 teostatud kontrolliuuringutes oli kergkruusa 10-20 deformatsioon 120 kPa vertikaalse koormamisega 0,4-0,5%. Tsüklilise koormamise deformatsioon määratletakse vastavalt standardi EN 15732 lisale B.

3.3 TUGEVUS- JA ELASTSUSOMADUSED

Leca® kruusa 10-20 varikaldenurk (varisemisnurk) tihendatud konstruktsioonides on 37° .

E-moodul

Leca® kergkruusa kandevõime (E-moodul korduval koormamisel, E2) sõltub liiklusega koormatud konstruktsioonis pingeseisundist ja jääb vahemikku $30\text{--}80 \text{ MPa}$. Katendi arvutustes kasutatakse kergkruusa E-moodulina 50 MPa omaväärtust (Odemark).



Joonis 3.2 Leca® kruusa deformatsioon laiapinnalise staatilise koormuse puhul standardi EN 15732 lisale C vastavas koormuskatses.

3.4 SOOJUSTEHNILISED OMADUSED

Soojusjuhtivus

Leca® kergkruusa soojusjuhtivust mõjutavad muuhulgas puistetihedus, osakese tihedus, fraktsioon, veesisaldus ja temperatuur. Veesisalduse suurenedes soojusjuhtivus kasvab. Leca® kruusa 10-20 soojusjuhtivus jääb erineva veesisalduse puhul vahemikku 0,10–0,17 W/mk (tabel 3.3). Arvutamisel kasutatakse soojusjuhtivuse väärtusena 0,15 W/mk (veesisaldus u 30 kaalu-%).

Kui torustike täitekihina kasutatakse kergkruusa, saab nende tavapärasest rajamissügavust (1,5 m) oluliselt vähendada tänu kergkruusa tõhusale soojustusomadusele. Liigeldavatel aladel peab kergkruusakiht asuma vähemalt 0,5 m sügavusel (või sügavamal, kui liigeldava ala kandevõime peab olema suurem). Liikluseta alade alla jäävatel torustikel võib kergkruusakihi peal olev täitekiht olla

õhem, olenedes objekti tingimustest. Tabelis 3.4 on orineteeruva võrreldud kergkruusa ja EPS-plaadist soojusisolatsioonikihi paksusi (objektipõhisel dimensioneerimisel tuleb kontrollida soojuskihi paksusi). Kergkruusa soojusjuhtivus sõltub materjali veesisaldusest, mistõttu tuleb soojustuse dimensionimisel arvestada pinnasevee tasemega. Kergkruusa alla ei ole vaja eraldi drenimist või tasanduskihti, sest küllaldase kergkruusa kihipaksuse korral toimib kihi alumine osa drenkihina. Kui ei saa eeldada, et kergkruusakihi alaosa toimib drenkihina tuleb üldpaksusele lisada ligikaudu 150 mm. Kergkruus talub lokaalseid deformatsioone (külmakerge, vajumid, põrutused jne) paremini kui plaatmaterjalist külmaisolatsioon, mis võib nende mõjul kergesti puruneda. Plaatmaterjalist soojustuse alla tuleb rajada ka väga

tasane ja külmakindlast peeneteralist täitematerjalist paigalduspind.

Kasutamine põhjaveeladel

Kergkruusa võib põhjaveeladel kasutada ka ilma eraldi uuringute või loamenetlusega. Katsetustega on tõestatud, et Leca kergkruusa leostuvused jäävad alla põhjaveeladele nõutavate piirväärtuste ja vastavad nõutavatele kriteeriumidele.

Tabel 3.3 Kergkruusa soojusjuhtivuse sõltuvus niiskusest (EN 15732:2012).

VEESISALDUS	KUIV	1	5	16	22	32	44
Soojusjuhtivus, W/mk	0,10	0,12	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17

Tabel 3.4 Kergkruusast ehitatava soojustuse soovitatav paksus sõltuvalt tingimustest.

OBJEKT	ALUSPINNAS	EPS -SOOJUSTUSE PAKSUS	KERGKRUUSA KIHIPAKSUS
Õueala ja -teed	Külmuv moreen	25 mm	125 mm *
Õueala ja -teed	Savi, saviliiv	55 mm	270 mm
Tänavala	Külmuv moreen	65 mm	320 mm
Tänavala	Savi, saviliiv	40 mm	200 mm
Torustikusoojustus	Külmuv pinnas	100 mm	490 mm

* praktiliselt ≥ 200 mm kiht

Tabel on EPS-kihi peale arvestatud vähemalt 0,3 m ja kergkruusa peale vähemalt 0,5 m täitekiht (0,17 W/mk).

3.5 KEEMILISED OMADUSED JA VASTUPIDAVUS

Leostuvus, lahustuvus ja pH

Leca® kergkruus on anorgaaniline keraamiline materjal ja inertne teiste materjalide suhtes. Keraamilise materjalina talub see hästi ehitusobjektidel kasutatavate kemikaalide, hapete, soolade, leeliste ja orgaaniliste ainete toimet. Keemiliselt on Leca® kergkruus kergelt leeliseline. Selle pH on umbes 9-10. Kergkruusa pH võib aastate lõikes kõikuda sõltuvalt muuhulgas tootmisel kasutatavast savist. Kergkruus sisaldab samu metalle ja teisi keemilisi elemente, mida tootmisel kasutatud savi. Tootmisprotsessi käigus ühinevad need oksiidideks. Kergkruusast ei eraldu keskkonda kahjulikke aineid.

Leostuvusomadustelt võib kergkruusa võrrelda tavaliste pinnasematerjalidega. Kindlakstehtud leostumise määrad ja kontsentratsioonid ei kujuta endast tervise- ega keskkonnariske.

Elektrijuhtivus ja metallist ebapuhtused

Kergkruusa elektrijuhtivus on vastavalt fraktsioonile 7–12 mS/m piires. Kergkruus ei sega kaabli- või metalliotsimis-seadmete tööd kaablite ja torustike asukoha väljaselgitamisel.



Korrosioon

Leca® kergkruus on metallide või plastide korrosioonikeskkonnana võrreldav jämedateralise vett hästi läbi laskva pinnasega, milles ei ole orgaanilist ainet ega ka muud ebapuhtust. Jämedateralises materjalis on ülalpool põhjaveetasel korrosioonioht tavaliselt väike.

Elektrijuhtivuselt sarnaneb Leca® kergkruus enim peenliivale. Kergkruusast ei eraldu kahjulikke ega korrosiooni kiirendavaid aineid. Kergkruusa kloriidisisaldus on tavaliselt alla 0,01 % ja väävli-sisaldus alla 0,02 %. Kergkruusa kindlakstehtud leostuvuse määrad ja kontsentratsioonid ei kiirenda korrosiooni.

Kuivades tingimustes on kergkruusakihi toimuv korrosioon väga aeglane. Märjaks saades tekitab kergkruus graanulite kaju tõttu metalli pinnale punktitaolisi piirkondi, mille happe- ja veesisaldus erinevad ümbritsevast keskkonnast ja see võib viia korrosioonipaari moodustumiseni. Tõkestades niiskuse pääsu kergkruusakihti, võib korrosiooni tekkimist vältida. Metallitorude jms kasutusea pikendamiseks nii kergkruusas kui tavalistes pinnasematerjalides tasub teha korrosioonikaitse, välistades teralise materjali ja metallipinna omavahealise kokkupuute näiteks kile, geotekstiili või metallkonstruktsiooni kattekihiga (värvimine, epoksiidkihiga katmine, bituumeniga vööpamine jms) vastavalt iga materjali kasutusjuhistele.

Vastupidavus

Leca® kergkruus on väga vastupidav erinevate kütuste, teesoola ja teiste liiklust pärinevate keemiliste ainete suhtes. Lisaks talub kergkruus hästi jäätumise- ja sulamistsükleid ning normaalsetes tingimustes seda jäätumine ei kahjusta. Kergkruus talub hästi kõrget temperatuuri ja see kuulub mittesüttivasse tuleohutusklassi (A1).

Foto 3.3 Leca® kergkruustäide Helsingi välimise ringtee Kehä III ehitusobjektidel



3.6 NIISKUSTEHNILISED OMADUSED

Kapillaartõusu kõrgus

Vee kapillaartõusu kõrgust kergkruusas mõjutavad materjali lõimis, peenosiste sisaldus, tihedus ja graanulites olevad õhupoorid. Fraktsiooni suurenedes ja tiheduse vähenedes kihi poorsus kasvab ning kapillaarjõud nõrgenevad.

Vee kapillaartõusu tõhusalt tõkestav kergkruus on 10-20 KAP. Seda kergkruusa töödeldakse tehases lisainega, mis tagab, et kapillaartõusu kõrgus jääb alla 100 mm ehk oluliselt väiksemaks kui kruusa või killustiku puhul. Töötlusaine ei sisalda kahjulikke aineid ega muuda aja jooksul oma omadusi. Kergkruusa 10-20 KAP fraktsioon on 10-20 mm ja väikseim tarnekogus 35 m³.

Vee- ja aurujuhtivus

Veejuhtivust mõjutab materjali lõimis. Leca® kergkruusa fraktsioon on sarnane loodusliku kruusa omale, mistõttu kergkruusa veejuhtivus on suur, 10-3–10-1 m/s. Kergkruusa suure veejuhtivuse tõttu toimib materjal konstruktsiooni dreniiva ja kapillaartõusu tõkestava kihina.

Kergkruusa aurujuhtivus on drenaažikruusast suurem, olles 7 x 10⁻⁶ m²/s (drenaažikruusa aurujuhtivus on 4 x 10⁻⁶ m²/s). Sarnaselt teistele samalaadsetele materjalidele mõjutab kergkruusa aurujuhtivust oluliselt selle veesisaldus.

Veesisaldus ja tasakaaluniiskus

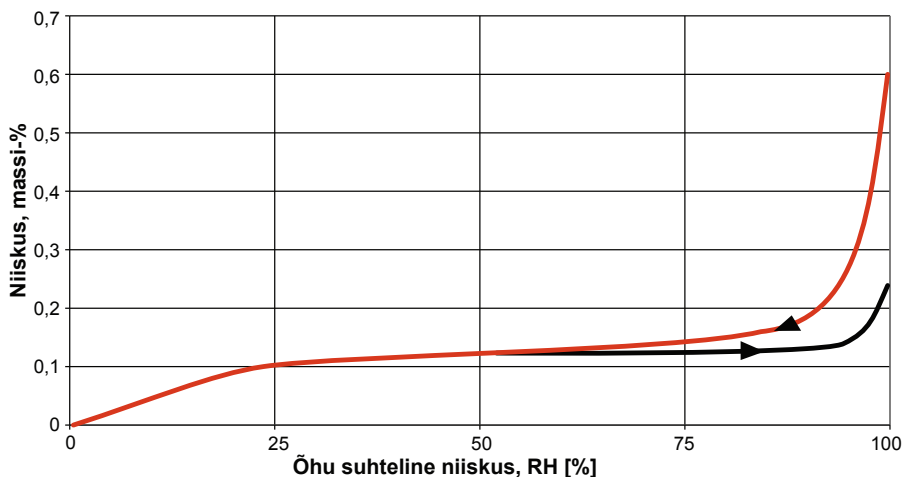
Peale tootmist on kergkruus täiesti kuiv ja tolumise vältimiseks tuleb seda kasta. Kergkruusas võib olla vett õhupoorides või graanulite pinnal. Peale selle võib vett imenduda graanulites olevatesse pooridesse.

Kergkruusa niiskuskäitumist mõjutavad oluliselt poorsus ja eripind. Peenema koostisega kergkruusa eripind on graanulite põletamise käigus paakunud pinna tõttu enamasti väiksem. Kergkruusa purustamisel selle eripind suureneb. Kergkruusa graanulites olevate pooride mahutavus on küllalt suur ja graanulid võivad absorbeerida märkimisväärsel hulgal vett. Veega kokkupuutes olev kergkruus võib imada endasse vett isegi kuni 80% kuivkaalust. Imendunud veekogus ei

mõjuta kuigivõrd kergkruusa mehaanilisi omadusi, kuid soojusjuhtivusele on sellel otsene mõju.

Kergkruusa tasakaaluniiskus on +20°C juures alla 0,2%. Tasakaaluniiskus on niiskustase, mille materjal ümbritsevates tingimustes omandab. Kergkruusa hügrokoopiline tasakaaluniiskus, kui suhteline õhuniiskus RH on 100%, moodustab alla 0,5-0,6 kaalu-%, mis vastab umbes 1,5 kg/m³ veekogusele. See tähendab, et ker-

gkruusas tohib olla maksimaalselt 0,5 kaalu-% ehk 1,5 kg/m³ vett, et graanuleid ümbritseva õhu suhteline niiskus (RH) ei tõuseks 100%-ni. Vastava terajämedusega pinnasematerjali hügrokoopiline niiskusesisaldus 100%-lise RH puhul on 0,5-1 kaalu-% ehk 10-20 kg/m³. Hügrokoopne niiskus väljendab veehulka, mille poorne aine imab endasse õhust teatud suhtelise niiskuse puhul.



Joonis 3.4 Kergkruusa tasakaaluniiskus. Ülemine kõver kujutab tasakaaluniiskust Leca® kruusa kuivades ja alumine Leca® kruusa märgudes



3.7 TAASKASUTATAVUS

Leca® kergkruus peab pinnases muutumatuks vastu aastasadu. Kergkruusa võib vanadest konstruktsioonidest välja kaevata ja kasutada uuesti näiteks kergtäitena, soojusisolatsioonina, pinnaseehituses või isegi maaparanduses. Konstruktsioonist väljakaevatava kergkruusa kasutamine kergtäitena või soojustusena on võimalik sama ehitusobjekti piires.

Kergkruusa taaskasutamine eeldab üldiselt hoolikat eelplaneerimist ja uurin-gute abil materjali omaduste kontrolli-mist, et veenduda selle vastavuses uue konstruktsiooni materjalidele esitatava-tele nõuetele. Üldiselt nõutakse ehitusob-jehtidel CE-märgisega materjali kasuta-mist, mis võib olla takistuseks taaskasutu-sele objektidel väljaspool väljakaevamis-kohta.

3.8 KER GKRUUSBETOONID

Kergkruusakonstruktsiooni kandevõimet võib suurendada stabiliseerides seda näi-teks hüdrauliliste või bituumenipõhiste sideainetega. Tsemendiga sidumine võib toimuda nt konstruktsiooni ülaosa tse-mendiga stabiliseerides või pumbates tehases valmistatud kergbetooni tihenda-tud kergkruusakihi peale.

Kergbetoon on betoon, mille valmista-misel kasutatakse jämedamaterjalise kivi-materjali asemel kergkruusa, mis sega-takse tsemendi ja veega. Kergkruusa graa-nulite suuruse tõttu on valmistamisel vaja lisaks peenematerjalist täiteainet, näiteks kruusa või liiva. Kergbetooni võib valmis-tada ka kergkruusa puhuragregaadiga, lisades sellele puhumise ajal spetsiaalse pumbaga tsemendi vesilahust. Tavali-selt kasutatakse tsementi (CEM II 42,5 R) umbes 150 kg ühe kuupmeetri kergbe-tooni kohta. Kergbetooni tugevus sõltub tsemendi ja sidusaine kogusest. Tabelis 3.4 on toodud orienteeruvad survetuge-vused erinevate tsemendikoguste puhul. Kergbetoonile esitatavad nõuded on täp-semalt kirjeldatud InfraRYL-is. Kergbe-tooni valmistamise kohta saab vajadusel lisateavet Leca käest.



Foto 3.5 Helsingi sisemisse ringtee Kehä I remondi- ja laiendustöödel kaevati Leca® kruus vanast konstruktsioonist välja ja võeti taaskasutusse.

Tabel 3.4 Kergbetooni tsemendisisalduse mõju survetugevusele ja mahukaalule (InfraRYL)

KLASS	QS 50	QS 100	QS 200	QS 300
Arvutuslik mahukaal ⁽¹⁾ , kN/m ³	5,0	5,5	7,0	9,0
Tsemendi kogus, kg/m ³	50	100	200	300
Survetugevus, MPa (orienteeruv)	0,5	1,0	2,5	4,5

⁽¹⁾ alaliselt ülalpool veepinda (wmax= 30 p-%)

Koormust jaotav sarrustatud kergbetoo-nist plaat, LLP

LLP (ingl. Light Load distributing Plate with LWA) on kohapeal valatud sarrus-tatud hüdrauliliselt seotud kergkruuspla-at, mis jaotab tõhusalt pealmiste kih-tide koormust. LLP valatakse tsemendiga seotud kergkruusast, mille üla- ja alapind tugevdatakse armatuurvõrkudega. Selle tavapärane paksus tee-konstruktsioo-nis on 0,3-0,5 m. LLP-l on taristuehituses palju kasutusvõimalusi, muu hulgas teede ja rööbastee konstruktsioonides, kui üksnes kergtäitest ei piisa selleks, et saada ebaühtlasest koormusest või mittehomo-

geensetest pinnase-tingimustest tingitud ebaühtlasi vajumeid kontrolli alla.

LLP on pakkunud häid kogemusi Root-sis ja Norras. Esimene LLP teekonstrukt-sioon avati liiklusele 1994. aastal ja esi-mene rööbastee konstruktsioon 2004. aastal. Kergbetoonist plaat on välja töö-tatud, seda on uuritud ja kasutatud laial-dasemalt Rootsis ning selle kasutamist ja nõudeid on üksikasjalikumalt käsitle-tud Leca – Last-spridande lätt platta med Leca® lätt klinker -juhises.

4 Kasutusotstarbed

Kergkruusa kasutatakse peamiselt kergtäitena, et vähendada või ühtlustada vajumisi või neid üldse vältida, parandada teemulde või ala stabiilsust ja vähendada täite tekitatavat survet tugikonstruktsioonidele. Lisaks võib kergkruus sellisel kasutatuna toimida drenaazi tõhustava kihina ja külmakaitsekihina.

Kergkruusakihi projekteerimine eeldab objekti hindamist tervikuna. Enne arvutusi kaardistatakse objekti geotehnilised erinõuded ja tehakse kindlaks kriitilised tegurid.

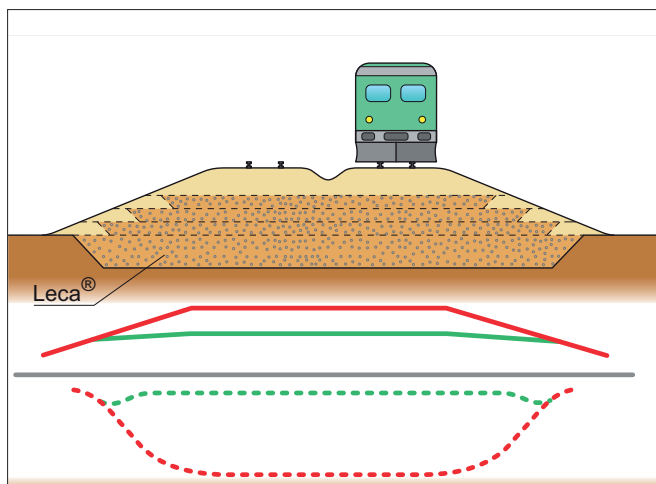
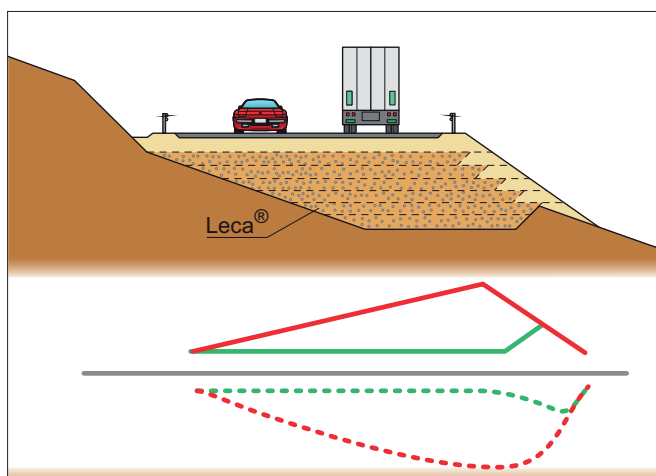
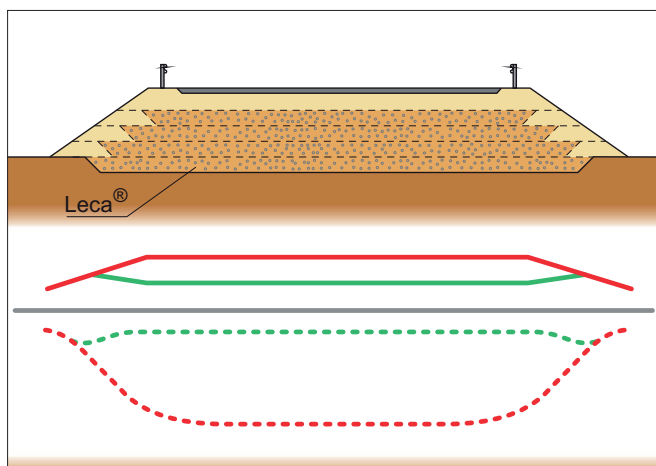
4.1 VAJUMITE ENNETAMINE

4.1.1 Kergem muldkeha

Nõrgale aluspinnale ehitades tekitavad pinnasekonstruktsioonid lisakoormuse, mille suurus sõltub materjali tihedusest ja kihi paksusest. Lisakoormus põhjustab kestvaid vajumeid. Koormuse suurus mõjutab vajuval aluspinnal otseselt vajumi ulatust ja vajumierinevuste tekkimist nii piki- kui põikisuunas.

Kasutades kergtäitematerjalina Leca® kruusa, võib pinnasekonstruktsioonide poolt aluspinnale tekitatavat lisakoormust ja ehitusjärgseid vajumeid oluliselt vähendada. Pealesõidu- konstruktsiooni abil ühtlustatakse koormuste või aluspinna seisukorra mõjul tekkivaid ebaühtlasi vajumeid.

Kergtäite arvutused teostatakse geotehniliste arvutustega, kus pinnase omadused ja koormused on määratud objektipõhiselt. Kergtäite eesmärk on kompenseerida täielikult lisakoormus, mille konstruktsiooni mass aluspinnale põhjustab või nii, et koormus jääb algsest väiksemaks (osaline kergemaks muutmise). Osaline kergtäide võib olla põhjendatud juhtudel, kui vajumid on suures osas juba tekkinud, tekitavad suhteliselt kiiresti pärast ehitamist või eksploatatsiooniaegsed kontrollitud vajumid on lubatud piirides. Põhjavee või pinnavee kõrge tase võib samuti olla põhjuseks osalise kergtäite kasutamisele. Kergkruusakonstruktsiooni arvutustes tuleb arvesse võtta üleslükkejõudu, kui veepind võib tõusta konstruktsioonini, näiteks veekogude läheduses või üleujutuse piirkonnas.



- Tavalisest täitematerjalist muldkeha tekitatav koormus
- Leca® kruusast kergtäitega muldkeha tekitatav koormus
- - - Aluspinna vajumine muldkeha koormuse tõttu tavamaterjalist muldkeha puhul
- - - Aluspinna vajumine muldkeha koormuse tõttu Leca® kergkruusast kergtäitega muldkeha puhul

Joonis 4.1 Vajumite vältimise põhimõtte teede ja rööbasteede muldkehades.

Kasutades Leca® kergkruusa vajumite vähendamiseks, tuleb arvestada muuhulgas järgmiste asjaoludega:

- Aluspinna omadused ja koormusajalugu
- Vajumi lubatud suurus ja vajumierinevused
- Konstruktsiooni eluiga
- Pinnasevee ja võimaliku pinnavee tase
- Konstruktsiooni pinna ja maapinna vaheline erinevus (muldkeha kõrgus)
- Kõrvalolevad konstruktsioonid

Kergkruusa arvutuspõhimõtted kergemaks muutmisele ja üleslükkejõule on toodud lisades 1 ja 2. Näidisarvutus kergkruusa kasutamisest vajumite vältimiseks on toodud aadressil: www.leca.ee

Põhimõttelised lahendused Leca® kergkruusa kasutamiseks vajumeid vähendada konstruktsioonina on toodud joonisel 4.1. Joonisel on näidatud maanteed ja rööbastee pinnasekonstruktsioonidest aluspinnale põhjustatavad koormused ja nende tekitatavad vajumid kasutamisel. Joonisel on punasega näidatud tavalise pinnasematerjaliga ja rohelisega Leca® kergkruusaga teostatud konstruktsioonide koormus. Katkendjoonega on näidatud aluspinnase vajumine/konsolideerumine selle peal olevate pinnasekonstruktsioonide tõttu.

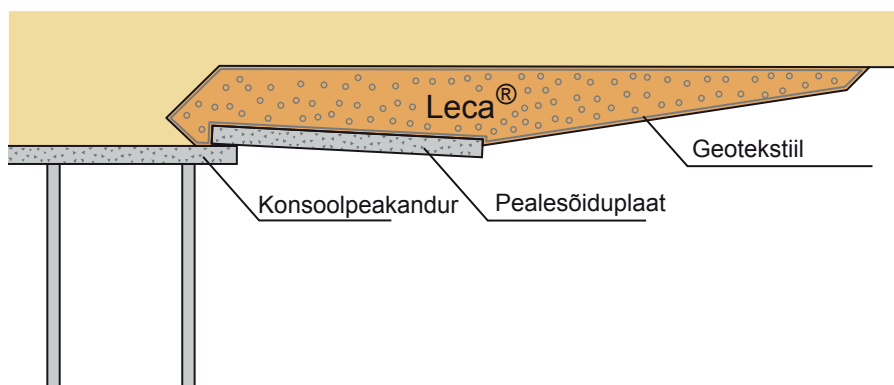
4.1.2 Pealesõidukonstruktsioonid

Aluspinnale mõjuv ebaühtlane koormus ja koormuse või aluspinna seisundi ootamatud muutused lühikesel alal võivad põhjustada konstruktsioonides ebaühtlast vajumist ja vajumierinevusi, halvendades

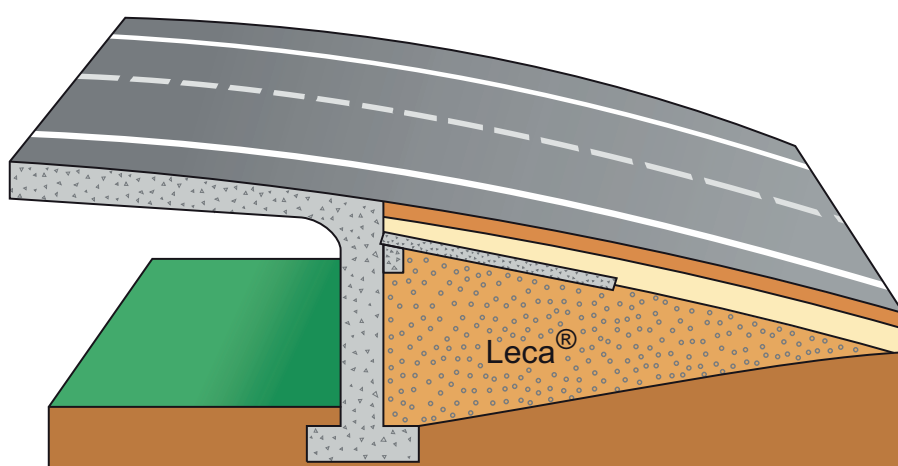
konstruktsiooni kasutamist ja vastupidavust. Suured vajumierinevused võivad tekkida näiteks pehmel pinnasel või tugevdatud aluspinna servades, uue ja vana konstruktsiooni üleminekul ning sildade, truupide ja trasside kohal.

Pealesõidukonstruktsioon ühtlustab ebaühtlasi vajumeid. Pealesõidukonstruktsioon on kiilukujuline kergtäide, mis peab ühtlustama vajumierinevused kiilu ulatuses.

Pealesõidukonstruktsioon arvestatakse selliselt, et kiilu õhemas otsas oleks vajum sama suur kui kergemaks muutmata muldkehal ja paksema otsa vajum vastaks konstruktsiooni vajumile (kontrollitult vajuv/mittevajuv). Pealesõidukonstruktsioonis kasutatakse sageli ka pealesõiduplaati, et vältida kiilu teise otsa vajumist. Siirdekiilu pikkus ja laius määratakse juhtumipõhiselt ja selle pikkus jääb tavaliselt 5-30 m vahemikku (joonised 4.2 ja 4.3).



Joonis 4.2 Leca® kergkruus pealesõidukonstruktsioonis konsoolpeakandurilt vajuvale konstruktsioonile siirdumisel.



Joonis 4.3 Pealesõidukonstruktsiooni põhimõtte silla sulundi taguse täite osas. Kergkruus vähendab samaaegselt silla kaldasambale mõjuvat pinnasesurvet.

4.2 STABIILSUSE PARANDAMINE

Pinnasekonstruktsioonid koormavad aluspõhja, mille tagajärjel maapinna püsivus ehk stabiilsus võib nõrgeneda. Ebapiisava stabiilsuse korral tekib aluspinna murdumisoht, mille tagajärjel võib konstruktsioon puruneda või konstruktsioonis ja kõrvalasuvates konstruktsioonides võib tuvastada lubatust suuremaid siirdeid.

Leca® kergkruus sobib suurepäraselt stabiilsusprobleemide lahendamiseks. Stabiilsus on sageli probleemiks piirkondades, kus aluspinna tugevus on väike.

Leca® kergkruus vähendab lisakoormust nõrgale aluspinnale, parandades seeläbi stabiilsust.

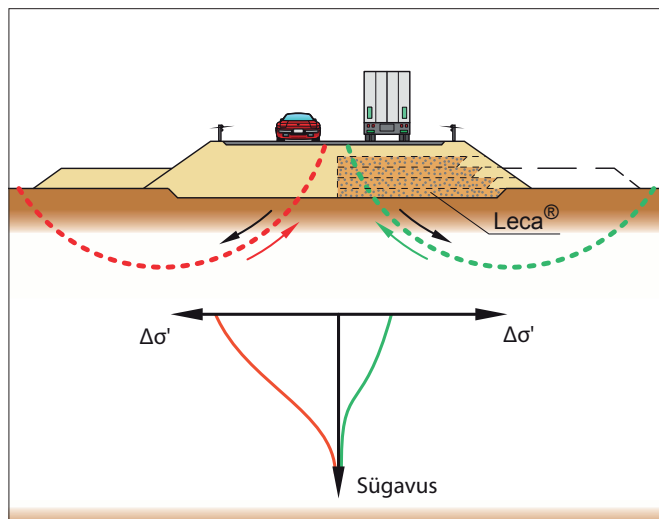
Kasutades Leca® kergkruusa stabiilsuse parandamiseks, tuleb arvestada muuhulgas järgmiste asjaoludega:

- Aluspinna omadused ja koormusajalugu
- Poorivee rõhk aluspinnas
- Pinnasevee ning võimaliku pinnavee tase
- Maapinna ja pinnasekihtide kalle ning voolusängid konstruktsiooni kõrval
- Konstruktsiooni nõutav varutegur
- Alalised ja muutuvad koormused
- Kõrvalolevad konstruktsioonid ja vundamendid

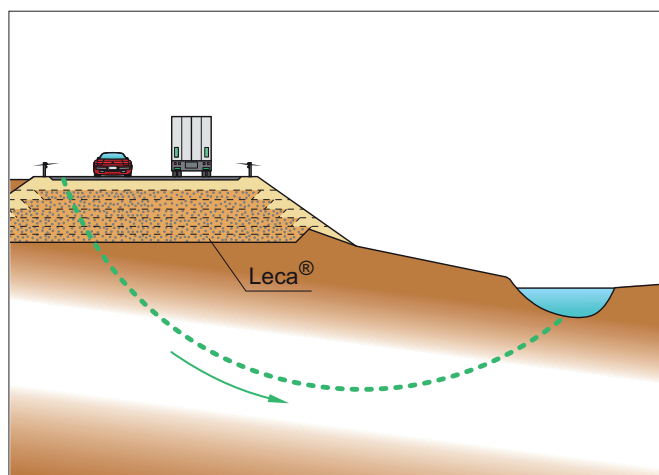
Põhimõtteline lahendus Leca® kergkruusa kasutamiseks stabiilsuse parandamisel on toodud joonistel 4.4 ja 4.5. Joonistel on näidatud maantee muldkehale tekkiv kõige ohtlikum lihkepind ja aluspinnale mõjuv pinge kivimaterjalist muldkeha ja kergtäitega muldkeha all. Joonistel on näidatud punasega tavalise pinnasega ja rohelisega Leca® kergkruusaga teostatud konstruktsiooni lihkepind ja aluspinnale mõjuva surve suurenemine.

Nii maapinna kui pinnasekonstruktsiooni stabiilsust tuleb geotehniliste arvutustega kontrollida, et olla veendunud konstruktsiooni stabiilsus ehitamise ajal ja pärast valmimist.

Stabiilsuse arvutusnäide kergkruusa kasutamisest tee-konstruktsioonis on toodud aadressil: www.leca.ee



Joonis 4.4 Kergkruusatäide stabiilsuse parandamiseks. Aluspinnale mõjuv koormus kivimaterjalist muldkeha puhul tähistatud punase ja kergkruusatäitega muldkeha puhul rohelise joonega.



Joonis 4.5 Kergkruusatäitega muldkeha jõesängi läheduses, kus raske kivimaterjalist muldkeha ei oleks olnud võimalik ilma aluspinda täiendavalt tugevdamata.

4.3 PINNASESURVE VÄHENDAMINE

Pinnasekonstruktsioonide kaalu ja pinnase koormuse põhjustatud pinnase-surve on suunatud tugikonstruktsioonile pinnase ja rajatise piiril. Pinnasesurve poolt koormatud tugikonstruktsioonideks on näiteks tugimüürid, vaiseinad, sildade suluste tagused täited ja vundamendid.

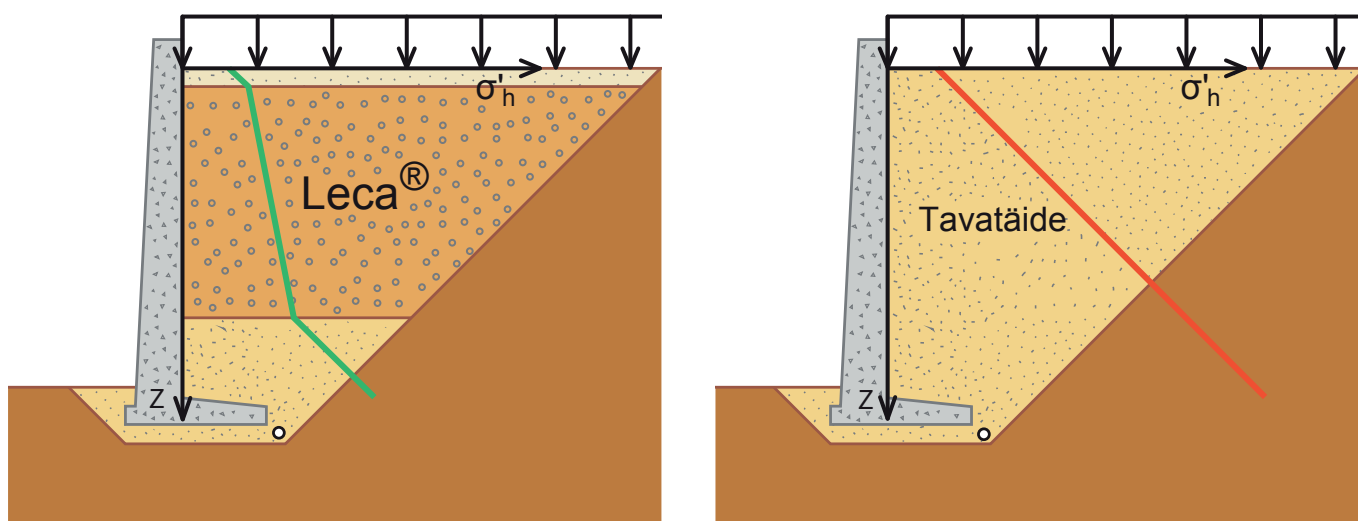
Leca® kergkruus sobib täitematerjalina hästi pinnasesurve vähendamiseks. Kerguse tõttu väheneb vertikaalne pinnasesurve konstruktsioonile loodusliku pinnasetäitega võrreldes kuni 80 protsenti. Väiksem pinnasesurve võimaldab optimeerida pinnast toetavaid konstruktsioone ja on seetõttu sageli kuluefektiivne valik.

Näide sulundi taguse kergemaks muudetud täite pinnasesurve arvutamisest on toodud aadressil: www.leca.ee.

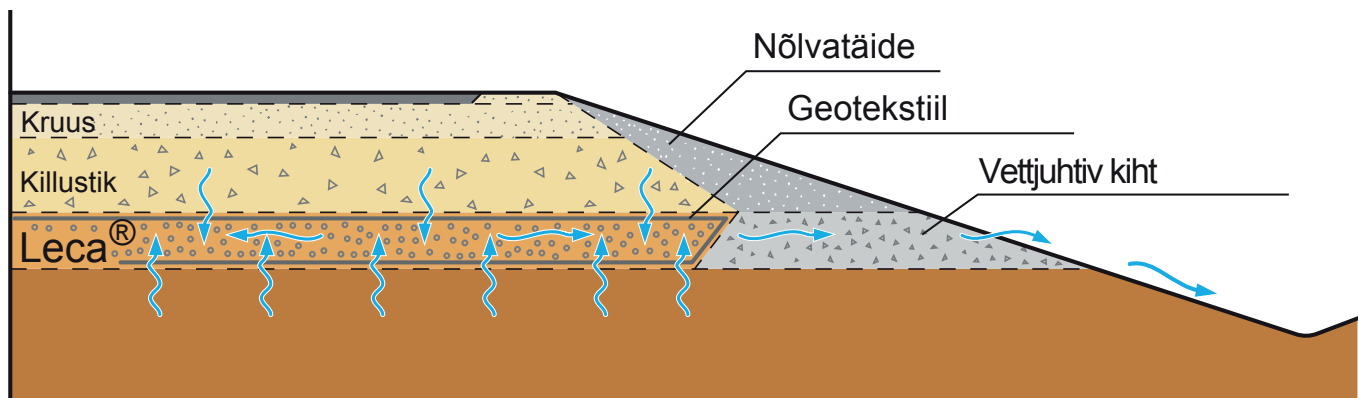
Põhimõttelised lahendused Leca® kergkruusa kasutamiseks pinnasesurve vähendamisel on toodud joonisel 4.6. Joonisel on näidatud Leca® kergkruusa ja tavalise kivimaterjalist täite tugimüürile mõjuva horisontaalse pinnasesurve kõver olenevalt sügavusest.

Kasutades Leca® kergkruusa pinnasesurve vähendamiseks, tuleb arvesse võtta muuhulgas:

- Aluspinna omadused ja koormusajalugu
- Pooriveerõhk aluspinnas
- Pinnasevee ja võimaliku pinnavee tase
- Lubatud vajumid ja deformatsioonid konstruktsioonis ja selle läheduses
- Kõrvalolevad konstruktsioonid ja vundamendid
- Alalised ja ajutised koormused
- Konstruktsiooni teostatavus.



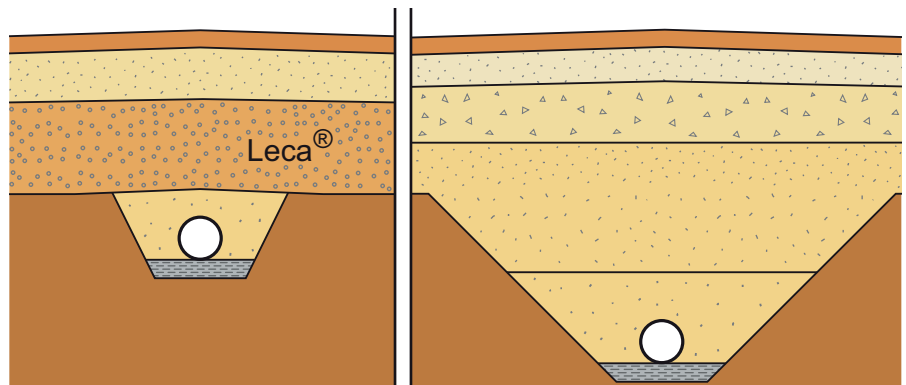
Joonis 4.6 Tugimüüri tagusele mõjuva horisontaalse pinnasesurve suurus olenevalt sügavusest. Vasakpoolsel joonisel Leca® kergkruusaga teostatud sulundi tagune täide. Paremal tavalise pinnasematerjaliga teostatud sulundi tagune täide



Joonis 4.7 Kergkruus tee külmaisolatsioonina ja drenaažikonstruktsioonina. Kasutades isolatsioonikihis kergkruusa, võib vältida või vähendada aluspinna külmumist.

4.4 KÜLMAKERKEKAITSE JA DRENAAŽI PARENDAMINE

Kergkruusa kasutamine on kõige kuluefektiivsem siis, kui see täidab ühes ja samas konstruktsioonis mitut otstarvet. Üldiselt kasutatakse Leca® kergkruusa põhiliselt konstruktsiooni kergtäitena. Piisavalt paks kergkruusakiht toimib lisaks külmaisolatsioonile kapillaartõusu tõkestava ja pealmisi kihte dreniiva kihina, mille tulemusena ülalpool paiknevate konstruktsioonikihtide kandevõime suureneb. Tee või tänava aluspinna ebaühtlane külmumine põhjustab külmakahjustusi, mis väljenduvad tee- või tänavapinna ebatasasustena ja katendi kahjustustena. Kahjustused tekivad ka külmunud kihi sulamisel, kui sulamisveed põhjustavad aluspinna ja konstruktsioonikihtide kandevõime vähenemise. Kergkruusast soojustusega, mis takistab aluspinna külmumist, on võimalik külmakahjustusi vältida. Külmaisolatsiooniga konstruktsiooni kaevesügavus on väiksem kui tavalise külmumispiirist allapoole ulatuva konstruktsiooni puhul, millega on võimalik vähendada oluliselt kaevetööde hulka, suurte kivide eemaldamist ning kulukaid töid paepinnases.



Joonis 4.8 Vasakul kattekonstruktsioon ja kaevis torule, mille puhul on kaalu vähendava kihina, torustiku ja tee/tänav külmaisolatsioonina ning konstruktsiooni dreniiva kihina kasutatud kergkruusa. Paremal tavaline lahendus, kus toru on paigaldatud külmumispiirist allapoole ja kasutatud laia kaevist.

Maapinna külmumispiir 0,9-1,5 m, millest sügavamale võib veetorustikud paigaldada ilma isolatsioonita külmumise vastu. Isolatsiooni kasutades võib veetorustiku ja mõnel juhul ka muud torustikud paigaldada maapinnale lähemale, mille tulemusena väheneb kaevamis-sügavus ja eemaldatava pinnase kogus. Eriti kuluefektiivne on see pehme pinnase puhul siis, kui torustikke maapinnale lähemale paigaldades on võimalik vältida (või teostada kergematena) sügavamatele kaevanditele vajalikku toetust. Lisaks on võimalik vältida teisi aluspinda tugevdavaid meetmeid.

Põhimõtteline lahendus Leca® kergkruusa kasutamiseks külmumise vastu kaitsmisel on toodud joonistel 4.7 ja 4.8. Lisaks külmaisolatsioonile toimib kergkruus kõnealuste konstruktsioonide drenaažikihtina.

Tee- ja tänavakonstruktsioonides kasutatavad materjalid ja konstruktsiooni kogupaksus selgitatakse külmumis- ja koormustaluvuse arvutuste alusel. Lisas 3 on toodud maanteekonstruktsioonide külmumise arvutuse põhimõte.

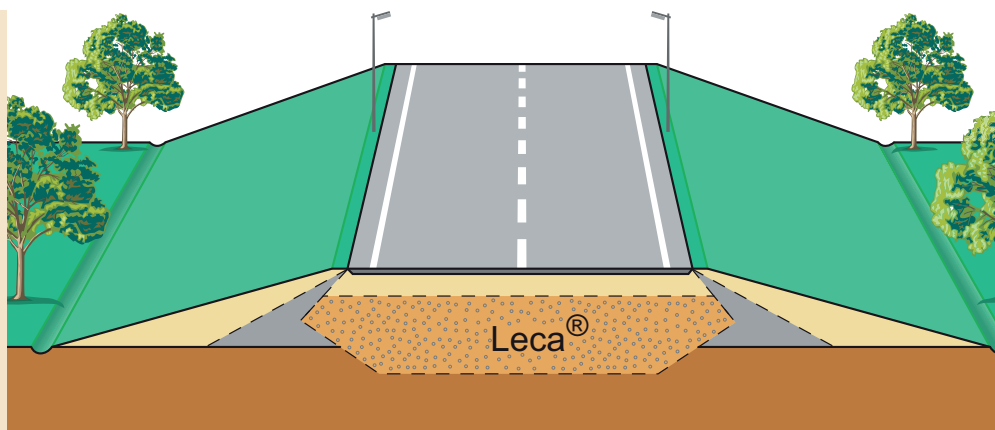
Lisas 4 on toodud koormustaluvuse arvutus kandevõime arvutusena.

5 Kasutuskohad

Leca® kergkruusal on taristuehituses hulgaliselt kasutusvõimalusi. Pehmele, nõrga kandevõimega pinnasele ehitades teeb kergkruusa kergus koos hea kandvuse ja soojusisolatsiooniomadustega sellest kuluefektiivse materjali looduslike pinnasematerjalidega võrreldes. Põletatud savist valmistatud keraamiline kergkruus on mehaaniliselt ja keemiliselt vastupidav materjal, mille omadused säilivad konstruktsiooni kogu kasutusea jooksul.

Leca® kergkruusa kasutuskohad taristuehituses on muuhulgas:

- Teed, tänavad ja rööbasteed
- Sulundite tagused täited
- Torustikud ja truubid
- Sadamaalad ja kaide sulundite tagused täited
- Aiakujundus, rohealad ja sajuvee sujuva ärajuhtimise lahendused
- Spordiväljakud
- Müravallid
- Kergbetoonid



5.1 Kergkruus teede ja tänavate muldkeha kergtäitena.

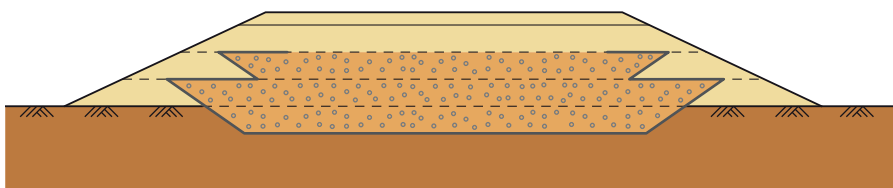
5.1 TEED, TÄNAVAD JA RÖÖBASTEED

Leca® kergkruusa kasutatakse teedel, tänavatel ja rööbasteedel peamiselt kerge täitematerjalina, mis vähendab aluspinna vajumeid ja parandab konstruktsiooni ja piirkonna stabiilsust. Kergkruusa kasutatakse ka kergliiklusteedel, rööbasteedel ja erinevatel platsidel.

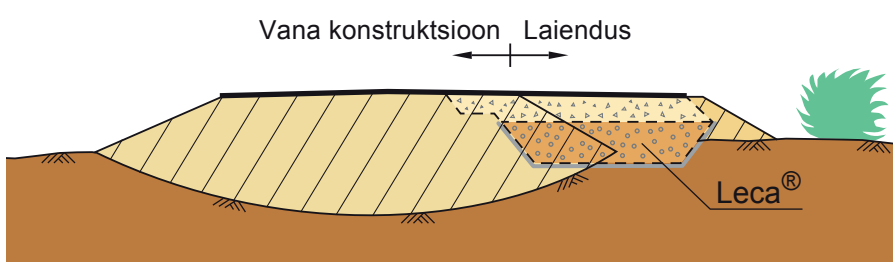
Teede, tänavate ja rööbasteede remontimisel võib Leca® kergkruusa kasutada vajumiskahjustuste parandamiseks, tasapinna kergitamiseks ja kandevõime parandamiseks. Lisaks võib vanu maantee ja tänavate muldkehade laiendusi teostada kontrollitult kergkruusaga. Kergkruusakihti võib objekti eritingimusi arvesse võttes kasutada ka külmaisolatsioonina ja kapillaartõusu takistava kihina ning drenaažina konstruktsiooni pealmistele kihtidele.

Tee, tänava ja rööbastee muldkeha

Joonisel 5.1 on toodud kergkruusaga kergemaks muudetud tee muldkeha ristlõige. Rööbastee kergtäite ehituspõhimõte on toodud InraRYL-is. Hoolikalt tasandatud ja tihendatud kergkruusakiht on praktiliselt deformeerumatu. Kergkruusakonstruktsiooni suurim oodatav roomedeformatsioon on alla 2%.



Joonis 5.2 Tee muldkeha kergtäite ristlõige. Kergkruus ümbritsetakse filterkangaga alt, külgedelt ja ülalt.



Joonis 5.3 Tee laiendamine Leca kergkruusaga.

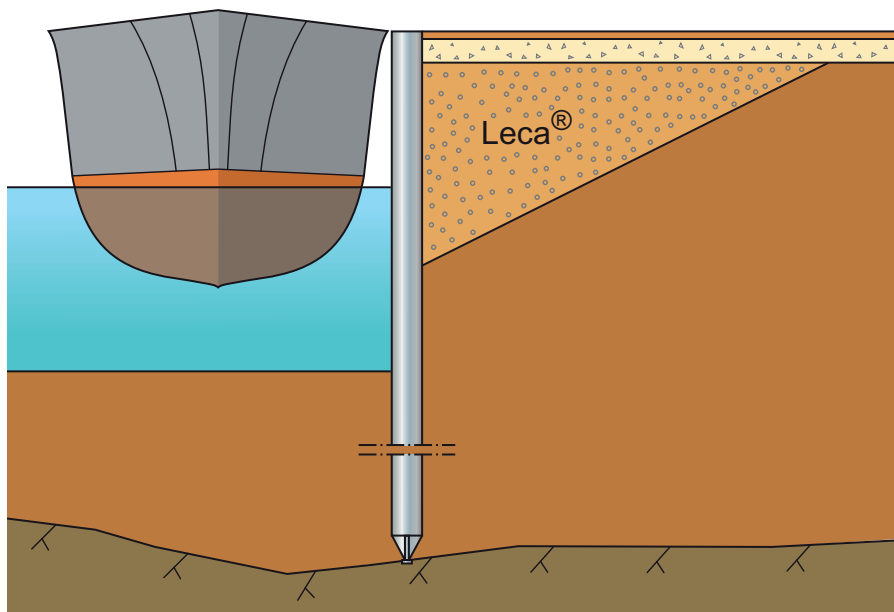
Maantee ja tänava muldkeha laiendamine otse maapinnale rajatud vana muldkeha laienduse ehitamine pehmele pinnasele rasket kivimaterjali kasutades põhjustab lisakoormuse tõttu vajumis-kahjustusi vanale muldkehale ja/või laiendusele. Laiendusmulde ehitamisest tingitud kahjulikke vajumeid võib vähendada või täielikult vältida, kasutades muldkeha täitematerjalina Leca® kergkruusa.

Tee muldkeha laiendamine eeldab hoolikat projekteerimist, et vana ja uue konstruktsiooni ühinemiskohas ei tekiks kahjulikke vajumierinevusi ja katend tõmbepingete tõttu ei mõraneks. Tee muldkeha laiendamise põhimõtte Leca® kergkruusa kasutades on toodud joonisel 5.3. Maantee muldkeha laiendamise põhimõtteid võib rakendada ka näiteks ristmike ja ühistranspordi peatuste ühendamisel vanade maantee ja tänava muldkehadega.

5.1.1 Geotekstiilide ja -võrkude kasutamine

Geotekstiiliga ümbritsetud kergkruus-konstruktsioon säilib muutumatuna ja on tulevikus ehitustel taaskasutatav. Geotekstiili tüüp täpsustatakse projektis. Eraldavad geotekstiilid valitakse vastavalt NorGeoSpec juhisteile.

Armeerivaid geosünteeete võrke võib koos kergkruusaga kasutada näiteks teede ehitamisel ja laiendamisel või järs-kude geosünteediga tugevdatud nõlvade või vallide ehitamisel. Geosünteeetide abil on võimalik vähendada tee-laienduse horisontaalseid siirdeid ning suurenda teekonstruktsiooni kandevõimet ja vähendada liikluskoormusest põhjustatud püsivat deformatsiooni. Geosünteeetidega võib ka suurendada kergtäitega muldkeha stabiilsust pinnaselihtede suhtes.



Joonis 5.4 Kergkruus kaikonstruktsiooni sulundi taguse täitena

5.2 SULUNDITE TAGUSED TÄITED

Pinnasesurvet tuleb arvesse võtta konstruktsioonides, mille tagune täide on kaldega, mis on suurem sellest, mille puhul täitepinnas püsib loomulikul viisil. Sellised taristukonstruktsioonid on näiteks tugimüürid, vaiseinad, sildade sulundite tagused täited, kaldasambad ja vundamendid. Leca® kergkruus on loomulik valik sulundite taguseks täitematerjaliks, kuna on kerge, isoleerib külmumise vastu ja on hea veejuhtivusega. Tänu kergkruusale väheneb märgatavalt konstruktsioonile mõjuv pinnasesurve, mistõttu on võimalik vastupidavaid konstruktsioone optimeerida. Kergkruusa kasutamine ehitamisel on kuluefektiivne alternatiiv masiivsetele tugikonstruktsioonidele.

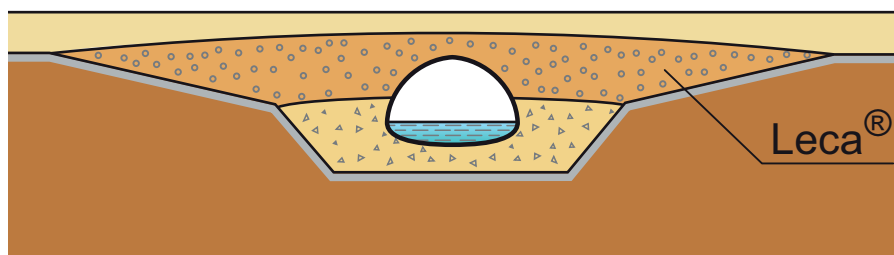
5.3 TORUSTIKUD JA TRUUBID

Leca® kergkruus sobib hästi torustike vajumite ärahoidmiseks ja külmaisolatsiooniks. Pehmesse pinnasesse rajatavate torustike vajumist on võimalik vältida, kasutades piisavat kergtäidet. Lisaks võib ebaühtlasi vajumeid vältida kergkruusast ehitatud siirdekiilude abil. Torustike puhul ühtlustab siirdekiil vajumierinevusi vajuva ja mittevajuva või külmumis-kerkeerinevusi külmuva ja mittekylmuva konstruktsiooni vahel. Siirdekiilu pikkus peab olema selline, et kalde kõikumised püsivad lubatud piirides.

Leca® kergkruusa kasutamise kohta torustike ehitamisel leiab täiendavat teavet Leca aiaehituse brošüürist.

Truubid ja terastorusillad

Leca® kergkruusa abil võib vähendada oluliselt truupide ja terastorusildade horisontaalset ja vertikaalset koormust. Lisaks konstruktsiooni kergemaks muutmisele toimib paks kergkruusakihit külmaisolatsioonina ja võimaldab rajada tavalisest õhemad konstruktsioonid. Terastorusillad projekteeritakse Transpordiameti juhisele Torusillad. Riigiteedel terasprofiilist truupide ja sildade projekteerimise ja ehitamise juhise.



Joonis 5.5 Leca® kergkruus terastorusilla sulundite taguse täitena.

Kergkruusa eelised torustikuehituses

- Kergtäitematerjaliga saab asendada muid täite- ja kattekihtide materjale.
- Kergtäitematerjal töötab soojusisolatsioonina ja võimaldab näiteks kasutada torude väiksemat paigaldussügavust.
- Soojustusena töötav kergkruusakiht võimaldab ka tee-ehitusel kasutada väiksema paksusega kattekihte. Kergem, vähem kaevetöid.
- Ehitamine on kiire, näiteks ei ole vaja oodata kivistumist, mistõttu saab tööd teha pausideta.
- Kergtäitekihiga torustik käitub muu tänavatarindiga sarnasemalt. Ei moodustu kühmusid, nagu vai-aluste kasutamisel.
- Aluspinnases olevaid ja kergtäitekihi alla jäävaid varasemaid tarindeid (näiteks palkparved-vaiad betoontarindid, torud jms) ei ole tingimata vaja lammutada, nagu näiteks süvastabiliseerimise korral.
- Varasemad vanad vaiad jms tarindid ei sega kergkruusakihi ehitamist.
- Kergkruusakiht töötab ka drenikihina.
- Kergtäitekihi ehitamiseks ei ole vaja erimasinaid, töö on tehtav tavavahenditega.
- Ehitamiseks võib vajaduse korral kasutada kergeid töömasinaid, näiteks kitsastes või vibratsioonitundlikes paikades.
- Kergkruusa on lihtne paigaldada ebastandardse kujuga kohtadesse ja selle alla ei ole vaja tasanduskihti.
- Kergkruusakiht kohandub aluspinnase võimalike vajumite ebaühtlustega ja moodustab lihtsalt torustiku ümber ühtlase isolatsioonikihi.
- Kergtäitematerjal vähendab naaberehitistele mõjuvat pinnasesurvet.

- Kergtäitelahendusi on lihtne kasutada koos muude pinnaseehituslahendustega, näitaks kõrguserinevuste tasandamisel.
- Kergtäitematerjal on taaskasutatav.
- Materjali saab vajadusel paigaldada linttransportööri või puhurseadmega.

Kergkruusa kasutamist kergtäitena võivad piirata järgmised tingimused.

- Väga vajumisalt aluspinnase korral tuleb asendada paks aluspinnase kiht, mistõttu tuleb arvestada ülejääva pinnase ärapaigutamisega.
- Kergtäitekihi suure paksusega kaevetööde puhul tuleb arvestada lähedal asuvate ehitiste stabiilsus-, surve- või lihtkeriskiga.
- Üleujutusaladel võib üleslükkejõud seada piiri kergtäitekihi võimalikule paksusele.
- Kõrgema klassi teedel on kandevõime tagamiseks vaja paksemat pealisehitust.
- Arvestada tuleb tarindi pinna võimalikke jäikus- või tasapindsusnõudeid.

Suurima kompenseeriva mõju saamiseks tuleb maksimeerida kergkruusakihi paksus kaevandis, kasutades tagasitäitena võimalikult palju kergkruusa (arvestama peab toru materjali, objekti tingimuste ja kaevandi ristlõikega).

Alustäide soovitatakse alati teha tavamaterjalist. Kanalisatsioonitorustiku ehitamisel on võimalik alustäite ülemised kihid toru ülapinnast kõrgemal asendada kergkruusaga. Paigaldusala ümber alustäide toru ülapinnani tehakse alati tavatäitematerjalist.



5.4 SADAMA-ALAD JA KAIKONSTRUKTSIOONID

Sadamaalade ja kaikonstruktsioonide ehitusel tuleb sageli töötada väga pehmel aluspinnal veepinna lähedal. Kergkruusa kasutades saab parandada konstruktsioonide püsivust ja vähendada statsionaarsetele kaikonstruktsioonidele avalduvat pinnasesurvet. Viimastel aastatel on kogu maailmas ehitatud hulgaliselt kaikonstruktsioone, kasutades sulundite taguseks täiteks Leca® kergkruusa. Looduslikust savist valmistatud Leca® kergkruus on täiesti inertne materjal ja sellest ei satu veekogudesse kahjulikke aineid, mistõttu on kergkruus sadamaaladel ja kaikonstruktsioonides alternatiiv, mis ei koorma objekti keskkonda.

5.5 MUUD KONSTRUKTSIOONID

Aedade rajamine

Leca® kergkruusa kasutades on võimalik vältida aiapinna vajumeid või vähendada vajumiste mõju. Kergkruusa kasutatakse ka aia külmakaitseks, siirdekonstruktsioonides, torustike paigalduses ning aia-kujunduses ja taimede istutamisel. Kergkruusa kasutamine vajumite vältimiseks on eriti oluline pehmele aluspinnale ehitades. Leca® kergkruusa kasutamist aedade rajamisel on tutvustatud Leca aia-ehituse brošüüris.



Foto 5.6 Leca® Lahti Toriparkki kattekonstruktsioonis.

Spordiväljakud

Leca® kergkruusa on kasutatud erinevate spordi- ja mänguväljakute, näiteks kergejõustiku-, jalgpalli-, pesapalli- ja golfiväljakute, soojendusega spordiväljakute ja -hallide aluskonstruktsioonides alates 1960-ndatest aastatest. Kergkruusa eelised spordiväljakute ehitamisel on selle kergus ja paigaldamise lihtsus aastaajast sõltumata. Leca® kergkruusa on kasutatud paljudel erinevatel otstarvetel - kergtäitena, külmaisolatsioonina ning pealmisi kihte dreniiva ja vett juhtiva konstruktsioonina. Spordiväljakute ja -hallide ehitamist Leca® kergkruusa kasutades on tutvustatud põhjalikumalt brošüüris Leca®- spordiväljakud ja -hallid.

Müravallid

Müravalle ehitatakse tavaliselt tiheda liiklusega teede äärde, et takistada müra- ja saaste levimist ümbruskonda ja elurajoonidesse.

Müravallid, mis ehitatakse tavaliselt mitme meetri kõrguseks, põhjustavad ilma kaalu vähendavate meetmeteta aluspinna suuri vajumeid ja lähedal paiknevate konstruktsioonide lihkeid. Leca® kergkruus sobib oma omadustelt müravalli täitematerjaliks ja müratõkke taguseks täiteks.

Kergkruusataitega kivi- või müratõkke võib ehitada nõrgale ja vähese kandevõimega aluspinnasele olulisi erimeetmeid rakendamata. Aluspinnase kergtäitekiht arvutatakse pinnasest ja lubatud vajumist lähtudes.

Aluspinnase püsivust ja läbivajumist müratõkke all tuleb vähese kandevõimega aluspinnase (savi, liivmuld jms) korral alati kontrollida objekti kohaselt. Projekteerimisel tuleb arvesse võtta ka aluspinnase külmumissügavust. Kivi- või müratõkke alaosa kasutatud kergkruusakiht töötab ka külmaisolatsiooni osana või asendab seda täielikult.

Foto 5.7 Leca® kruus Klaukkala üritusväljaku aluskonstruktsioonis.



Foto 5.8 Klaukkala mitmeotstarbelise hoone üritusväljak sai valmis 2017.



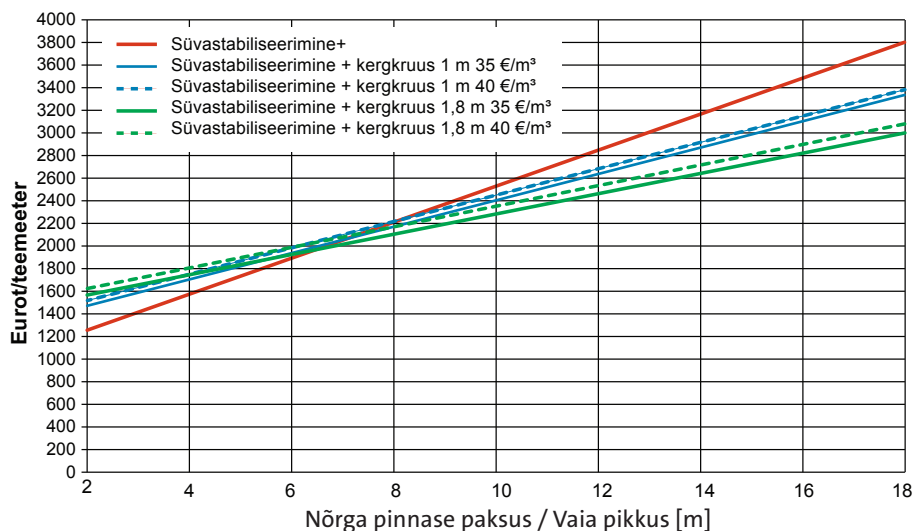
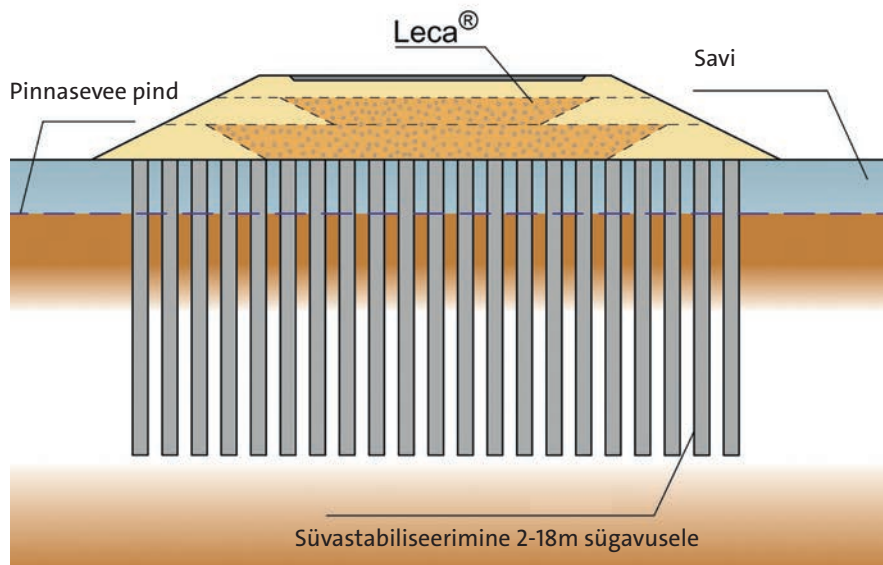
5.6 LECA® KER GKRUUSA KASUTAMINE KOOS SÜVASTABILISEERIMISEGA

Leca kergkruusast osaline kergtäitelahendus osutub kulutõhusaimaks vähese kandevõimega paksu aluspinnase korral - võrreldes vaiade tavasügavusele rajamise kuludega. Kergtäitekihi ja süvastabiliseerimise kombineerimisega saab asendada oluliselt kallimaid ja raskemaid vai-plaattarindeid.

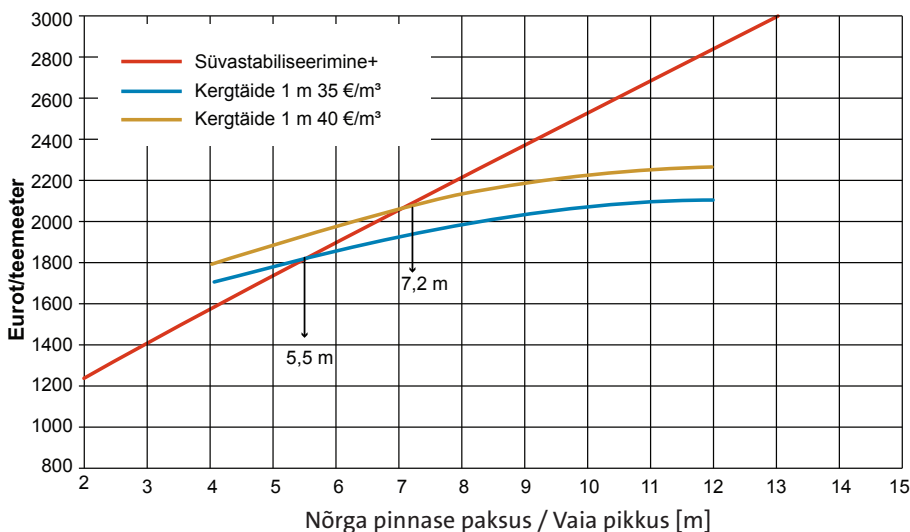
Kõrge muldkeha koormust vaiadele saab vähendada, asendades raske täitematerjali kerge Leca kergkruusaga, mis võimaldab suurendada vaiade vahekaugusi. Leca kergkruusa ja süvastabiliseerimise kombineerimisel valminud tarindid on tehniliselt toimivad ja kulutõhusamad alternatiivid kohtades, kus stabiilsus on eriti oluline (näiteks veekogu läheduses või vähese kandevõimega paksu aluspinnase korral), kus ainult süvastabiliseerimisega on piisavat stabiilsust tehniliselt raske (või võimatu) saavutada või kus kombineeritud tarind on kulutõhusam.

Täpsem kuluvõrdlus ja põhjendused: leca.ee

Joonis 5.9 Süvastabiliseerimise ja kombineeritud lahenduse kulude võrdlus, mis on tehtud kahe Leca kergkruusa hinnaklassiga ja näidatud nõrga pinnase paksuse (vaiapikkuse) suhtes. Üle 6,5 m vaiapikkuse puhul osutub soodsamaks osalise kergtäitega lahendus.



Joonis 5.10 Süvastabiliseerimise ja täielikult kergtäitega lahenduse kulude võrdlus, mis on tehtud kahe Leca kergkruusa hinnaklassiga ja näidatud nõrga pinnase paksuse (vaiapikkuse) suhtes. Üle 5,5 m vaiapikkuse puhul osutub soodsamaks kergtäitega lahendus.



6 Paigaldamine

6.1 OBJEKTI ETTEVALMISTAMINE

Enne kergkruusa kohaletoimetamist tuleb kaevata vajalik süvend/kaevand ja rajada alumine berm. Kui kaevist ei kaevata, tuleb eemaldada maapind, kändud, juured jne. Turbaaladel tuleb kändude ja juurte eemaldamist hoolikalt kaaluda, sest turba-pinnal liikumine on pärast juurte jne eemaldamist eriti keeruline. Talvel tuleb lumi ja jää enne kergkruusakihi paigaldamist eemaldada. Kergkruusa tohib paigaldada külmunud aluspinnale ainult juhul, kui ehitusprojekti on eraldi välja toodud külmunud pinnase kandevõime ärakasutamine eriti pehmele pinnasele ehitades. Geotekstiil paigaldatakse vastavalt kehtivatele eeskirjadele ülekattega (ülekate tavaliselt $\geq 0,5$ m). Kergtäite rajamine muldkehadega piirnevasse või süvendis olevasse vette ei ole soovitatav. Kergtäidet ei tohi rajada lahtisesse vette, mis ei ole ümbritsetud muldkehadega. Kui vee sügavus on suurem poolest kergkruusakihi paksusest, on oht, et kergkruus kerkib veepinnale hõljuma. Kui vee pind kergkruusakihi on liiga kõrge, võib

konstruktsioon tunduda kandvana, ehkki selle kandevõime on tegelikult väga väike.

Kergkruusakihi paksus

Maantee või tänava muldkeha kergtäitekihi ehitamine on näidatud joonisel 6.1. Joonisel on näidatud teepeenarde ja kergtäite paigaldamise järjekord ning suuri-mad nõlvakalded. Kui kergkruusast nõlv on laugem, võib teepeenra ehitada ilma kivimaterjali kasutamata vastavalt projektile. Enne kergkruusa laialiajamist tuleb kergtäite servadesse rajada tugipeenrad ja laotada kergkruusa paigalduskohale geotekstiil. Kergkruusakihi peale rajatava konstruktsiooni paksus peab vastama projektile. Kattekonstruktsioon ei tohi olla ettenähtust õhem, sest soovitud kandevõime saavutamine on sel juhul raske, aga see ei tohi olla ka ettenähtust paksem. Ettenähtust paksem kattekonstruktsioon tähendab praktikas seda, et kergtäitekiht on rajatud ettenähtust õhemana ja konstruktsiooni kergemaks muutmine ei vasta projektile. Kergkruusakiht tasandatakse ekskavaatori või buldooseriga. Näiteid ehitamisest on toodud fotodel 6.1, 6.2, 6.3

Tihendamine

Tihendamine toimub vahetult kergkruusa või killustikukihi pinnalt roomikmasinatega, vibroplaadi või vibrorulliga. Tihendamise suureneb ülesõitude arvuga ja tihendamisviisil on otsustav mõju kergkruusatarindi kvaliteedile.

Suurtel pindadel on tihendamiseks alati soovitatav kasutada roomikmasinaid. Roomikmasina maksimaalne surve pinnasele ei tohiks ületada 50 kPa. Üldreeglina on kergkruusakihti soovitatav tihendada maksimaalselt 0,6 m paksuste kihtidena. Materjali algtihendamine tehakse roomikmasinaga vahetult kergkruusakihi sõites.

Algtihendamisel on vaja teha vähemalt 6 tulesõitu kihi kohta. Töö käigus tuleb jälgida tihendamisastet ja jätkata algtihendamist masinaga üle sõites seni, kuni kergkruusakihti ei jää enam masina sõidujälge. Järgmiste kihtide (kihipaksus max 0,6 m) algtihendamine tuleb teha samamoodi. Kui kergtäitekiht paigaldatakse aluspinnasele, mille struktuuri kergtäite tavatihendusviis võib rikkuda, tuleb tihendada paksemate kihtidena (0,6–1,0 m). Neil juhtudel annab projekteerija täpsemad objekti kohased tihendamisjuhised.

Foto 6.1 Leca® kergkruusast kergtäite tihendatuna Soome Riigitee 4 Zatielliitti eritasandilise ristmiku ehitusel.





Foto 6.2 Leca® kergkruusa täite paigaldamine buldooseri ja ekskavaatoriga planeerides ja eeltihendades.



Foto 6.3 Leca® kergkruusa täide süvendisse planeerituna ja eeltihendatuna.

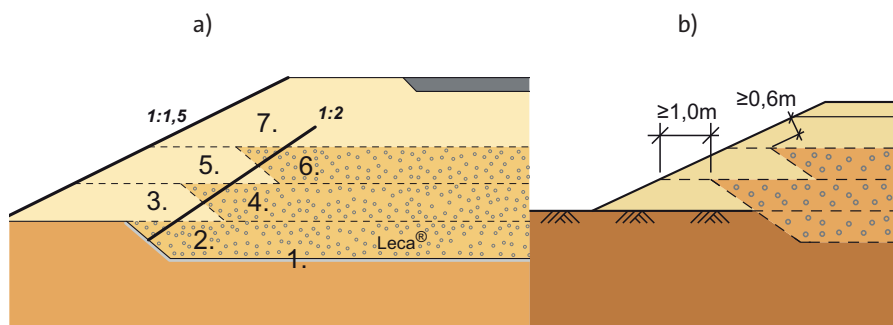
Lõplik tihendamine tehakse kergkruusatarindi ülemise, maksimaalselt 150–300 mm paksuse killustiku pealt 1- või 2-rullilise vibrorulliga. Tihendamise tulemusena väheneb sõreda kergkruusakihi maht umbes 10% ja sellega tuleb arvestada materjali koguse planeerimisel. Projektis on alati märgitud valmis kergkruusakihi paksus tihendatult ja selle järgimiseks

tuleb laotada paksem tihendamata kergkruusakiht. Objektile tuleb tihendatud kergkruusakihi pinnalt tehtavate kontrollmõõtmistega kindlaks määrata vajalik kihipaksus enne tihendamist ja veenduda kergkruusa nõuetekohases tihendumises. Kui tihendatav pind on väike või tihendatav kergkruusakiht on olemasoleva ehitise läheduses, on tihendamiseks soovita-

tav kasutada võimalikult suure plaadiga vibraatorit. Tihendamisel tuleb kasutada võimalikult suurt tihendamisvõimsust, mida graanulid purunemata kannatavad e vältida graanulite purunemist dünaamilise koormuse tõttu.

Kergkruusast kergtäitekihi nõlvakalle

Kergkruusa sisse kaevatava ohutu kraavi nõlvakalle oleneb olukorrast (muuhulgas kaevandi sügavusest, pinnaseveetaseme kõrgusest, torulekke vooluhulgast). Heades tingimustes ja madala kaevandi korral, kus töötatakse ainult masinatega, võib nõuetekohaselt tihendatud kergkruusakihi nõlv lühiajaliste tööde korral olla isegi vertikaalne. Kaevetööde juhendi (RIL 263-2014) põhjal on torukraavi ohutu nõlvakalde maksimaalne väärtus 2:1, millest võib teha erandeid objektikohase täpsema arvutuse alusel. Üle 2 meetri sügavuse kaevandi korral tuleb teha kaevetööde projekt, milles suurim võimalik kaevesügavus ja nõlvakalle on kindlaks määratud vastavalt objektikohaste tingimustele. Kaevandid dimensioneeritakse objektist ja tellijast olenevalt Eurokoodeksi (Kaevetööde juhend RIL 263-2014) või riiklike juhendi



Joonis 6.4. Bermide paigaldamise järjekord ning kergtäite ja bermide maksimaalsed nõlvakalded (a). Teepeenra harja laius ja kaitsekihi paksus (b).

dite (Aluse ehitusjuhend RIL 121-2004) kohaselt. InfraRYL 2017 tabelis 16200:T1 on esitatud toestamata lühiajalise kaevandi soovituslikud nõlvakalded sõltuvalt sügavusest eri pinnasetüüpides. Nõlva püsivus oleneb ka kergkruusakihi all oleva loodusliku pinnase omadus-

test. Kergkruusa sisse kaevatud kuiva kaevandi soovituslikud nõlvakalded eri pinnaste korral on esitatud tabelis 4. Muul juhul kasutatakse nõlvakaldeid, mis on esitatud kaevetööde juhendis ja juhendis InfraRYL 2017 või kindlaks määratud objektikohase arvutusega.

Tabel 6.5. Hästi tihendatud/tihenenud kergkruusa sisse kaevatud kuiva kaevandi soovituslik nõlvakalle, kui kergkruusakihi aluspinnaseks on siduspinnas või purdpinnas

ALUSPINNAS	KAEVANDI SÜGAVUS	SOOVITUSLIK NÕLVAKALLE	LIIKLUSKOORMUSE KAUGUS KAEVANDI SERVAST
siduspinnas $s_u < 10$ kPa	$\leq 1,5$	$\leq 1:1$	$\geq 1,5$ m
siduspinnas $s_u \leq 20$ kPa	$\leq 2,1$	$\leq 1:1$	$\geq 1,5$ m
siduspinnas $s_u \geq 20$ kPa	$\leq 2,5$	$\leq 1:1$	$\geq 1,5$ m
purdpinnas	$\leq 1,8$	$\leq 2:1$	$\geq 1,5$ m
purdpinnas	$\leq 2,5$	$\leq 1:1$	$\geq 1,5$ m

Tabelis 6.1 esitatud kaevandi sügavused ja nõlvakalded on arvatud järgmistel eeltingimustel:

- Pikk kaevand (lühikeses kaevandis on varutegur suurem).
- Normaalne 10 kPa teeliikluskoormus $\geq 1,5$ m kaugusel kaevandi servast.
- Pindmiste kihtide paksus 0,5–0,7 m, nende all u 1 m paksune kergkruusakiht.
- Väljakaevatud pinnast ei paigutata kaevandi lähedusse.
- Töötamine 20 t raskuse töömasinaga kaevandi otsast.
- Kaevand ei ulatu pinnaseveetasemest sügavamale ja puudub üleslükkerisk.
- Kaevandi mõjupiirkonnas ei ole deformatsioonitundlikke tarindeid.
- Kergkruusa nihketugevus moodustub oletuslikult ainult hõõrdumisest.

Kergkruusakiht tihendub ja graanulid „lukustuvad“ omavahel tsüklilise liikluskoormuse toimel ja niiskusesisalduse kasvades, mistõttu äsjaehitatud kergkruusakihi nõlvad võiksid olla tabelis 6.1 näidatust laugemad. Kaevandi serva koormamine nõrgendab nõlva püsivust. Kaevandi nõlva kohaliku deformatsiooni vältimiseks peab töömasin paiknema nõlva servast kaugemal. Kaevamistöö on ohutum, kui seda tehakse kitsa kaevandi otsast.

Toestamine

Sügavad kaevandid tuleb tööohutuse tagamiseks toestada. Tugikonstruktsioone saab kasutada kaevesügavuseni kuni u 3 m. Sügavamad kaevandid tuleb toestada näiteks terrassulunditega. Kergkruusa väike mahukaal ja suur hõõrdenurk vähendavad

pinnasekihi koormust sulundile või tugikonstruktsioonile. Töötamisel põhjustatud koormus tuleb arvesse võtta toetuse arvutamisel. Terrassulundid läbistavad kergkruusakihi samuti kui tavalise kruusakihi (või kergemini). Külmunud kergkruus püsib sõredana, kui tarindis graanulite ümber ei ole külmunud vett või pinnast. Tugikonstruktsiooni kasutamisel võib kaevata nõlvakaldega 2:1 või järsemaga kuni peaaegu lõpliku kaevesügavuseni ning seejärel paigaldada kaevandisse tugikonstruktsioon. Nõlva ja tugikonstruktsiooni vahe täidetakse tagasitäiteks sobiva pinnasega (talvistes tingimustes killustikuga) või kergkruusaga, kui projektis on lõplikult tagasitäiteks ette nähtud kasutada kergkruusa.

6.2 OBJEKTILE TARNIMINE

Tarne puistena

Lahtine Leca® kergkruus tuuakse ehitusobjektile tavaliselt kallurautoga. Ühte täishaagisega kallurautosse mahub Leca® kergkruusa kuni 100 m³. Koorem kallutatakse maha ja planeeritakse buldooseri või ekskavaatoriga.

Suure mahuga kergtäitetööde puhul on mõistlik tarnida kasutuskohale võimalikult lähedale, et vältida materjali tarbetut ümbertõstmist ja roomik-masinate liigsest kasutamisest põhjustatud materjali purunemist. Kergkruusa mahalaadimiseks ja säilitamiseks sobivad kohad planeeritakse ette.

Eriti raskete tingimustega ehitusobjektidel, kus kergkruusa paigaldamine toimub kitsastes oludes või raskesti ligipääsetavas kohas, võib kergkruusa paigaldada tõstekastiga ja 5,5 m³ konteineri võib hoiustada ehitusobjektile kasutuskoha lähedusse.

Tarnimine puhuragregaadiga

Puhuragregaadiga tarnel laaditakse lahtine kergkruus õhusurvega mööda voolikut maha otse paigalduskohale (foto 6.6). Puhuragregaadiga võib kergkruusa pai-



Foto 6.6. Kergkruusa täiskoormaga tarne objektile.

galdada kitsastesse või raskesti ligipääsetavatesse kohtadesse ilma vaheladustamata ja planeerimiseks vajaliku seadmeteta. Puhuri vooliku maksimaalne pikkus on 30 m. Eriseadmeid kasutades on võimalik puhuda kergkruusa isegi 150 m kaugusele. Puhuragregaadiga saavutatav tõstekõrgus on 8 m. Kergkruusa puhumisel tuleb arvestada, et kuivana see toljab.

Puhuriga saab tarnida ka Leca® kruusa 10-20 KAP.

Tarnimine kottidesse pakitult

Leca® kergkruusa saab tarnida ka väiksemates kogustes 50-liitristes kottides või 1,5 m³ bigbagides.

6.3 KVALITEEDIKONTROLL OBJEKTIL

Leca® kergkruusa graanulid on ümara kujuga ja õige käsitlemise puhul on see kergesti tihendatav materjal. Tihendusastme jälgimisel võib kasutada allolevaid meetodeid.

Nivelleerimisel põhinev kvaliteedijärelevalve Leca® kergkruusa planeerimise ja tasandamise järel mõõdetakse konstruktsioonis oleva kergkruusa maht tihendatud olekus. Tarnitud lahtise kergkruusa mahuga võrreldes saab hinnata kergkruusakonstruktsiooni keskmist tihendusastet. Mainitud meetod põhineb hinnangul, et ainult marginaalne osa tihendumisest on põhjustatud muust kui osakeste ümberpaigutumisest, näiteks graanulite peenenemisest, ja selle võib kontrollimisel tähelepanuta jätta.

Staatiline plaatkoormuskatse

Koormusseadet kasutatakse maanteede ja pinnasekonstruktsioonide deformatsioonide ja tiheduse mõõtmiseks. Sel meetodil mõõdetakse tänava katendi vajumit 300 mm (või suurema) läbimõõduga koormusplaadi all. Mõõdetav koht peab olema horisontaalne ja sile. Vajadusel koht tasandatakse tasandusliivaga.



Foto 6.7. Kergkruusa paigaldamine puhuriga.

7 Kirjandus

InfraRYL, 2015. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy.

Liikennevirasto, 2011. Kevennysrakenteiden suunnittelu. Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 05/2011.

Liikennevirasto, 2012. Tien geotekninen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 10/2012.

Liikennevirasto, 2013. Eurokoodin soveltamisohje Geotekninen suunnittelu – NCCI 7. Siltojen ja pohjarakenteiden suunnitteluohjeet (7.13.2013). Liikenneviraston ohjeita 35/2013. Helsinki 2013

MaaRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen maatyöt. Rakennussäätiö RTS, Rakennustieto Oy.

RIL 234-2007. Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

RIL 261-2013. Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 263-2014. Kaivanto-ohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

EVS-EN 933-1 Täitematerjalide geomeetriste omaduste katsetamine. Osa 1: Terastikulise koostise määramine. Söelumismeetod

EVS-EN 1097-6 Täitematerjalide mehaaniliste ja füüsikaliste omaduste katsetamine. Osa 6: Terade tiheduse ja veeimavuse määramine

EVS-EN 1997-1 Eurokoodeks 7: Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad

EVS-EN 13055 Kergtäitematerjalid

EVS-EN 15732 Kergmaterjalidest täite- ja soojusisolatsioonitooted rajatistes kasutamiseks. Kergkruusast tooted (LWA)

Tiehallinto, 2004. Tierakenteen suunnittelu. Suunnitteluvaiheen ohjaus. TIEH 2100029-04. Helsinki 2004

TTY, 2005. Leca-soran vaikutus rakenteiden korroosioon. Kirjallisuusselvitys. Tampereen teknillinen yliopisto. Pohja- ja maarakenteiden laboratorio

VTT, 2015. Vettä läpäisevät päällysteet - Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. ISBN 978-951-38-8198-6

Liikennevirasto, 2012. Teräsputkisillat – Suunnitteluohje. Liikenneviraston ohjeita 2/2012.

Lisa 1 Kergtäite dimensioneerimise põhimõte

Kergtäite eesmärk on kompenseerida täielikult lisakoormus, mille konstruktsiooni mass aluspinnale põhjustab või nii, et koormus jääb algsest väiksemaks (osaline kergemaks muutmine). Osalist kergtäidet võib kasutada juhtudel, kui vajumid on suures osas juba tekkinud, tekivad suhteliselt kiiresti pärast ehitamist või kontrollitud vajumid on lubatud piirides. Lisaks võib pinnasevee või võimaliku pinnasevee kõrge tase olla samuti põhjuseks osalise kergtäite kasutamisele (piiranguks üleslükkejõud). Muldkeha koormuse koguvähenemine ülalpool põhjaveetasel arvutatakse eemaldatava pinnasekihi ning kergkruusa ja konstruktsioonikihtide abil valemi 1.1 järgi. Kui osa kergkruusast paigaldatakse allapoole põhjaveetasel, arvutatakse koormuse vähenemine valemi 1.2 järgi (valemite selgitused on toodud joonistel 1.1 ja 1.2).

$$q_{\text{väljakaevatav pinnas}} \geq q_{\text{ehitis}} + q_{\text{kergtäide}} \quad (1.1)$$

$$q_{\text{väljakaevatav pinnas}} \geq q_{\text{ehitis}} + q_{\text{kergtäide}} + q'_{\text{kergtäide}} + q_w \quad (1.2)$$

q_{ehitis} = konstruktsioonikihtide koormus ülalpool põhjaveetasel ($\gamma_{\text{ehitis}} \times h_{\text{ehitis}}$)

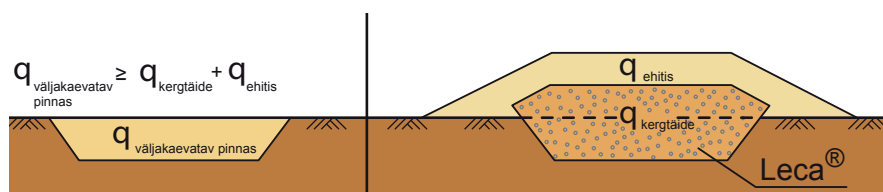
$q_{\text{kergtäide}}$ = kergtäite koormus ülalpool põhjaveetasel ($\gamma_{\text{kergtäide}} \times h_{\text{kev}} + (\gamma_{\text{kergtäide}} \times h_{\text{tä}})$)

$q'_{\text{kergtäide}}$ = kergtäite koormus allpool põhjaveetasel ($\gamma_{\text{kergtäide}}' \times h_{\text{ehitis}}'$)

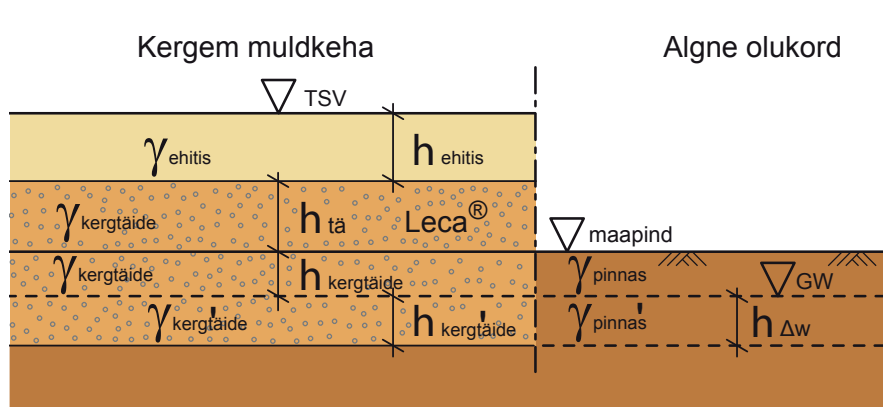
$q_{\text{väljakaevatav pinnas}}$ = kergtäite kohalt eemaldatav pinnase koormus ($\gamma_{\text{maa}} \times h_{\text{kergtäide}} + (\gamma_{\text{maa}}' \times h_{\text{kergtäide}}')$)

q_w = ehitamisega seotud põhjaveetaseme alanemisest põhjustatud koormus ($(\gamma_{\text{pinnas}} - \gamma_{\text{pinnas}}') \times h_{\Delta w}$)

$h_{\Delta w}$ = põhjavee lang



Joonis 1.1. Koormuse kompenseerimise põhimõte ülalpool pinnasevee taset



Joonis 1.2. Kompenseerimise arvutamise valemite 1.1 ja 1.2 tähised.

Põhjalikum arvutusnäide on toodud aadressil www.leca.ee

Lisa 2 Üleslükkejõu arvutamise põhimõte kergkruusakonstruksioonile

Üleslükkejõud tuleb välja arvutada, kui veepind võib kerkida kergkruusakihti näiteks veekogude läheduses või üleujutuse piirkonnas. Üleslükkejõud arvutatakse kõrgeimale võimalikule veetasemele. Vastupidavus üleslükkejõu suhtes arvutatakse koormusjõu Q ja üleslükkejõu U alusel valemite 2.1, 2.2 ja 2.3 järgi (tähisted on toodud joonistel 1.2 ja 2.1). Üleslükkejõu arvutamisel rakendatakse kergkruusa mahukaalu 3 kN/m^3 veepinnast ülal- ja allpool.

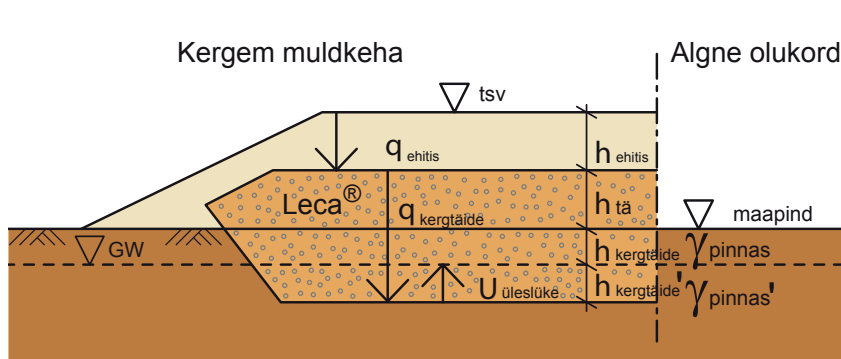
$$F = Q / U_{\text{üleslüke}} \quad (2.1)$$

$$Q = q_{\text{ehitis}} + q_{\text{kergtäide}} \quad (2.2)$$

$$U_{\text{üleslüke}} = (\gamma_w - \gamma'_{\text{kergtäide}}) \times h_{\text{kergtäide}} \quad (2.3)$$

q_{ehitis} = konstruktsioonikihtide tekitatav koormus ülalpool põhjaveetasest ($\gamma_{\text{ehitis}} \times h_{\text{ehitis}}$)

$q_{\text{kergtäide}}$ = kergtäite tekitatav koormus kogu konstruktsioonis ($\gamma_{\text{kergtäide}} \times h_{\text{tä}} + (\gamma_{\text{kergtäide}} \times h_{\text{kergtäide}})$)



Joonis 2.1. Kergkonstruktsiooni üleslükkejõu arvutamine, tähisted

Arvutusnäide:

Üleslükkejõud arvutatakse üleujutuse piirkonnas asuval kergkonstruktsioonile, mille pikiprofili punane joon on maapinna tase-mega võrreldes +1,5 m. Üleujutuse puhul võib vesi kerkida 0,8 m maapinnast kõrgemale. Kergkruuskonstruktsioon on 1,5 m paks ja paikneb osaliselt allpool normaalset põhjaveetasest. Näite geomeetria on toodud joonisel 2.2.

Tavaolukorras, $GW_{\text{norm}} = -0,4$ maapinnast:

$$\begin{aligned} Q &= q_{\text{ehitis}} + q_{\text{kergtäide}} = \gamma_{\text{ehitis}} \times h_{\text{ehitis}} + \gamma_{\text{kergtäide}} (h_{\text{tä}} + h_{\text{kev}}) \\ &= 20 \text{ kN/m}^3 \times 0,7 \text{ m} + 3 \text{ kN/m}^3 (0,8 \text{ m} + 0,4 \text{ m}) \\ &= 14 \text{ kN/m}^2 + 3,6 \text{ kN/m}^2 = 17,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$U_{\text{üleslüke}} = (\gamma_w - \gamma'_{\text{kergtäide}}) \times h_{\text{kergtäide}} = (10 - 3) \times 0,3 \text{ m} = 2,1 \text{ kN/m}^2$$

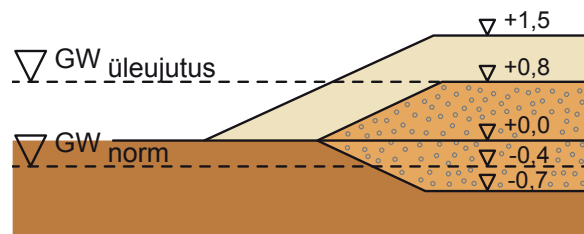
$$F = Q / U_{\text{üleslüke}} = \frac{17,6 \text{ kN/m}^2}{2,1 \text{ kN/m}^2} = 8,38 \quad (F > 1,20) \Rightarrow \text{OK}$$

Üleujutuse puhul, $GW_{\text{üleujutus}} = +0,8$ maapinnast:

$$\begin{aligned} Q &= q_{\text{ehitis}} + q_{\text{kergtäide}} = \gamma_{\text{ehitis}} \times h_{\text{ehitis}} + \gamma_{\text{kergtäide}} (h_{\text{tä}} + h_{\text{kergtäide}}) \\ &= 20 \text{ kN/m}^3 \times 0,7 \text{ m} + 3 \text{ kN/m}^3 (0 \text{ m} + 0 \text{ m}) \\ &= 14 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$U_{\text{üleslüke}} = (\gamma_w - \gamma'_{\text{kergtäide}}) \times h_{\text{kergtäide}} = (10 - 3) \times 1,5 \text{ m} = 10,5 \text{ kN/m}^2$$

$$F = Q / U_{\text{üleslüke}} = \frac{14 \text{ kN/m}^2}{10,5 \text{ kN/m}^2} = 1,33 \quad (F > 1,20) \Rightarrow \text{OK}$$



Joonis 2.2. Üleslükkejõu arvutusnäite geomeetria.

Lisa 3 Külmakerkearvutuse põhimõte (Soome nõuete kohaselt)

Teekonstruktsiooni külmerke vastase dimensioneerimisel on ainus ilmastikust sõltuv parameeter külmumissügavus (S). Sellega võetakse arvesse asukohast sõltuv külmumissügavus. Soome Maanteeameti arvutusjuhendis võetakse konstruktsioonimaterjali isolatsiooniomadused arvesse koefitsiendiga a_i , mis väljendab konstruktsioonimaterjali isolatsiooniomaduste vastavust liivakonstruktsioonile. Kergkruusa koefitsiendi a_i väärtus on 4, kui kergkruusakiht asub vähemalt 0,7 m sügavusel, kuivtihedus maksimaalselt 400 kg/m³ ja kergkruusakihi all on vähemalt 0,15 m drenaažikiht. Kattekonstruktsioon projekteeritakse nii, et arvutuslik külmakeerge jääb lubatust väiksemaks. Lubatud külmakeerge sõltub maantee klassist. Külmakeerge arvutamisel lähtutakse sellest, et mittekülmuva liivakonstruktsiooni arvutuslik külmakeerge on 0 mm, kui konstruktsiooni paksus on külmumisügavusega (S) võrdne.

Täielikult külmakerkekindlast materjalidest ehitatud teekonstruktsiooni aluspinna arvutuslik külmakeerge ($RN_{\text{arvutatud}}$) saadakse valemiga 3.1 (Tiehallinto 2004).

$$RN_{\text{arvutatud}} = (S - a_1 \times R_1 - a_2 \times R_2 - a_i \times R_i) \times t / 100 \quad (3.1)$$

$RN_{\text{arvutatud}}$ = aluspinna arvutuslik külmakeerge (mm)

S = arvutuslik külmumissügavus [m]

a_i = materjali isoleerimisomaduste vastavus liiva isoleerimisomadustele [-]

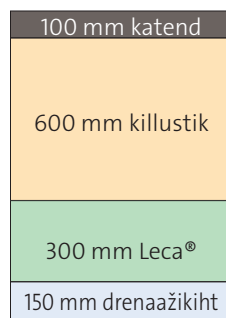
R_i = mittekülmuva kihi paksus [mm]

t = aluskonstruktsiooni külmakeerge [%]

Tabel 1. Materjalide isoleerimisomaduste vastavuskoefitsiendid (Tiehallinto 2004)

Materjal	Vastavuskoefitsient a_i
Liiv	1,0
Bituumeniga immutatud	1,0
Kruus, Killustik	0,9
Kergkruus	4,0

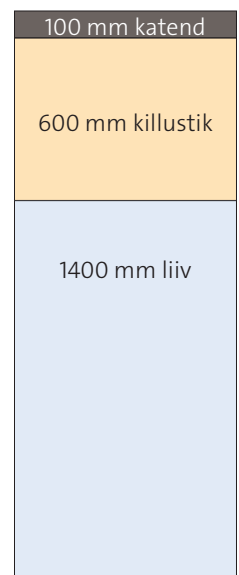
1) $RN_{\text{arvutatud}} = 0 \text{ mm}$



2) $RN_{\text{arvutatud}} = 55 \text{ mm}$



3) $RN_{\text{arvutatud}} = 0 \text{ mm}$



1) Aluspinna külmakeerge kergkruusakonstruktsiooni puhul, kui $S = 2,0 \text{ m}$ ja $t = 6\%$

$$RN_{\text{arvutatud}} = \frac{2,0 \text{ m} - 1,0 \times 0,1 \text{ m} - 0,9 \times 0,65 \text{ m} - 4,0 \times 0,3 \text{ m} - 1,0 \times 0,15 \text{ m}}{100 \%} \times 6 \% = 0 \text{ mm}$$

2) Aluspinna külmakeerge looduslikust kivimaterjalist konstruktsiooni puhul, kui $S = 2,0 \text{ m}$ ja $t = 6\%$

$$RN_{\text{arvutatud}} = \frac{2,0 \text{ m} - 1,0 \times 0,1 \text{ m} - 0,9 \times 0,60 \text{ m} - 1,0 \times 0,45 \text{ m}}{100 \%} \times 6 \% = 55 \text{ mm}$$

3) Aluspinna külmakeerge looduslikust kivimaterjalist konstruktsiooni puhul, kui $S = 2,0 \text{ m}$ ja $t = 6\%$

$$RN_{\text{arvutatud}} = \frac{2,0 \text{ m} - 1,0 \times 0,1 \text{ m} - 0,9 \times 0,60 \text{ m} - 1,0 \times 1,4 \text{ m}}{100 \%} \times 6 \% = 0 \text{ mm}$$

Lisa 4 Katendiarvutus Odemarki järgi maanteede ja tänavate konstruktsioonidele vastavalt Soome nõuetele.

Teede ja tänavate koormusarvutuste tarvis on kehtestatud kandevõime arvutuslikud nõuded. Projekteeritud konstruktsioonide kandevõime võib arvutada näiteks Odemark kandevõime arvutusmeetodit kasutades (valem 4.1). Kandevõime arvutamise algandmetena

$$E_p = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \times \left(\frac{h}{d}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \times \left(\frac{h}{a}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}} \quad (4.1)$$

on vajalikud soovitud kandevõime, kattekonstruktsioonide paksus ja aluspinna või allpool asuva muldkeha kandevõime.

- E_A = arvutatava kihi alt saavutatav kandevõime [MPa]
- E_p = arvutatava kihi pealt saavutatav kandevõime [MPa]
- E = arvestatava kihi materjali E-moodul [MPa]
- h = arvutatava kihi paksus [m]

Tabelites 4.1 ja 4.2 on toodud tänav kattekonstruktsiooni kandevõime arvutus nõrga aluspinna puhul (aluspinna klass F), kui kergkruusa peal oleva konstruktsioonikihi paksus on 500 või 700 mm. Lisateavet arvutusmeetodi ja arvutamisel kasutatavate materjalide parameetrite kohta saab muu hulgas Maanteeameti juhistest. Kandevõime arvutused kehtivad kõikide tänavaklasside kandevõime nõuete puhul, kui kergkruusa peale ehitatakse InfraRYL-i nõuetele vastavad 700 mm kattekonstruktsioonikihid. Kui kattekonstruktsioonikihi paksus on 500 mm, vastab kergkruusakonstruktsioon arvutuslikult kandevõime nõuetele tänavaklassides 5 ja 6.

Tabel 4.1. Kergkruusakonstruktsiooni kandevõime arvutamisel kasutatud konstruktsioonikihid ja moodulid. Arvutamisel on kergkruusakihi peal asuva kattekonstruktsiooni paksus on 700 või 500 mm. Jaotavas kihis on kihi paksus näidatud 700 / 500 mm kihile.

	Asfalt (2500 MPa) [mm]	Kandev (300 MPa) [mm]	Jaotav (200 MPa) [mm]	Leca® (50 MPa) [mm]	Aluspinna F (10 MPa) [mm]
Tänavaklass 1	220	150	330 / 130	1000	-
Tänavaklass 2	190	150	360 / 160	1000	-
Tänavaklass 3	160	150	390 / 190	1000	-
Tänavaklass 4	90	150	460 / 260	1000	-
Tänavaklass 5	90	150	460 / 260	1000	-
Tänavaklass 6	40	150	510 / 310	1000	-

Tabel 4.2. Kandevõime arvutuse tulemused 700 mm ja 500 mm katendikonstruktsioonidele.

Koormusklass:	Nõutav kandevõime [MPa]	Arvutatud kandevõime [MPa]	
		700 mm	500 mm
Tänavaklass 1	500	502 (Täidetud)	412 (Ei ole täidetud)
Tänavaklass 2	420	460 (Täidetud)	383 (Ei ole täidetud)
Tänavaklass 3	350	413 (Täidetud)	347 (Ei ole täidetud)
Tänavaklass 4	250	286 (Täidetud)	241 (Ei ole täidetud)
Tänavaklass 5	200	286 (Täidetud)	241 (Täidetud)
Tänavaklass 6	175	212 (Täidetud)	179 (Täidetud)

Lisa 5 Tugimüüri pinnasesurve arvutuse põhimõte

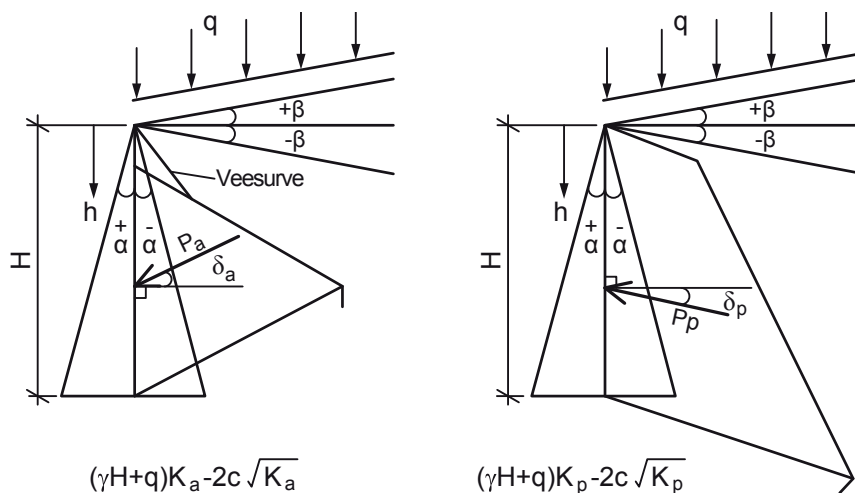
Tugimüüri pinnasesurve arvutamisel sõltub survetugevus muuhulgas tugimüüri taga oleva pinnase tüübist ja tugevusest ning tugimüüri liikumisest. Arvutamiseks vajalikud pinnasest sõltuvad arvutusparameetrid määratakse pinnasekihtide kaupa aluspinna uuringutega või muul viisil nende kohta hangitud andmete põhjal.

Tugimüüri liikumiste alusel jaguneb pinnasesurve kolme erinevasse tüüpi, milleks on paigalseisusurve, aktiivsurve ja passiivsurve. Kerge nurgatugimüüri arvutamisel võetakse arvesse tugimüüri taga oleva täite tekitatavat aktiivsurvet. Pinnase aktiivsurve tekib kui tugikonstruktsioon hakkab liikuma sulundi taga olevast täitest eemale.

Pinnasesurve koefitsient määratakse RIL 263-2014 kohaselt valemiga 5.1.

$$K_a, K_p = \frac{\cos^2(\varphi \pm \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\delta - \alpha) \left(1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi \pm \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\alpha \pm \beta)}} \right)^2} \quad (5.1)$$

- φ = pinnase varikaldenurk ("varisemisnurk")
- α = tugiseina kalle
- β = tugiseina taga oleva pinnase kalle
- δ = täitepoolse seina varikaldenurk ("seina varisemisnurk")



Joonis 5.1 Pinnasesurve koefitsiendi arvutamiseks vajalikud nurgad a) pinnase aktiivsurvele ja b) pinnase passiivsurvele (RIL 263-2014)

Pinnase aktiivsurve arvutatakse võrrandi 5.2 järgi (RIL 263-2014).

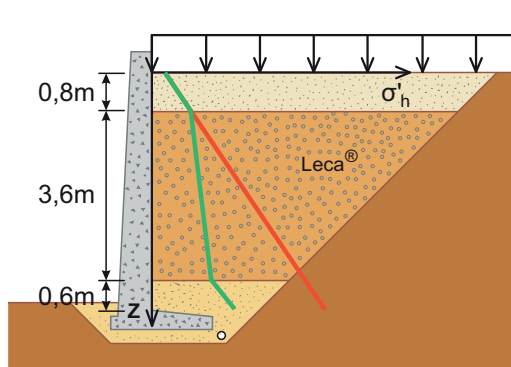
$$P_a = (\gamma h + q) K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (5.2)$$

- γ = pinnase mahukaal [kN/m³]
- h = sügavus antud pinnasekihi pinnast [m]
- q = pindkoormus, mida tekitavad antud pinnasekihi peal olevate pinnasekihtide kaal ja maapinnal mõjuv pindkoormus [kN/m²]
- K_a = pinnase aktiivsurve koefitsient [-]
- c = pinnase nidusus [kPa]

$q = 10 \text{ kN/m}^2$
 kruusliiv:
 $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$
 $\varphi_s = 37^\circ, K_a = 0,335$

Leca®:
 $\gamma_{\text{Leca}} = 4 \text{ kN/m}^3$
 $\varphi_{\text{Leca}} = 39^\circ, K_a = 0,315$

$\sigma = \frac{3}{4}\sigma(\text{betoon})$
 $\varphi_{F=1,5} = \tan^{-1}(\tan(\sigma)/1,5)$



Joonis 5.2. Arvutusnäite algandmed ja pinnase kõverad kergtäitega (roheline) ja kergtüteta (punane) konstruktsiooni puhul.

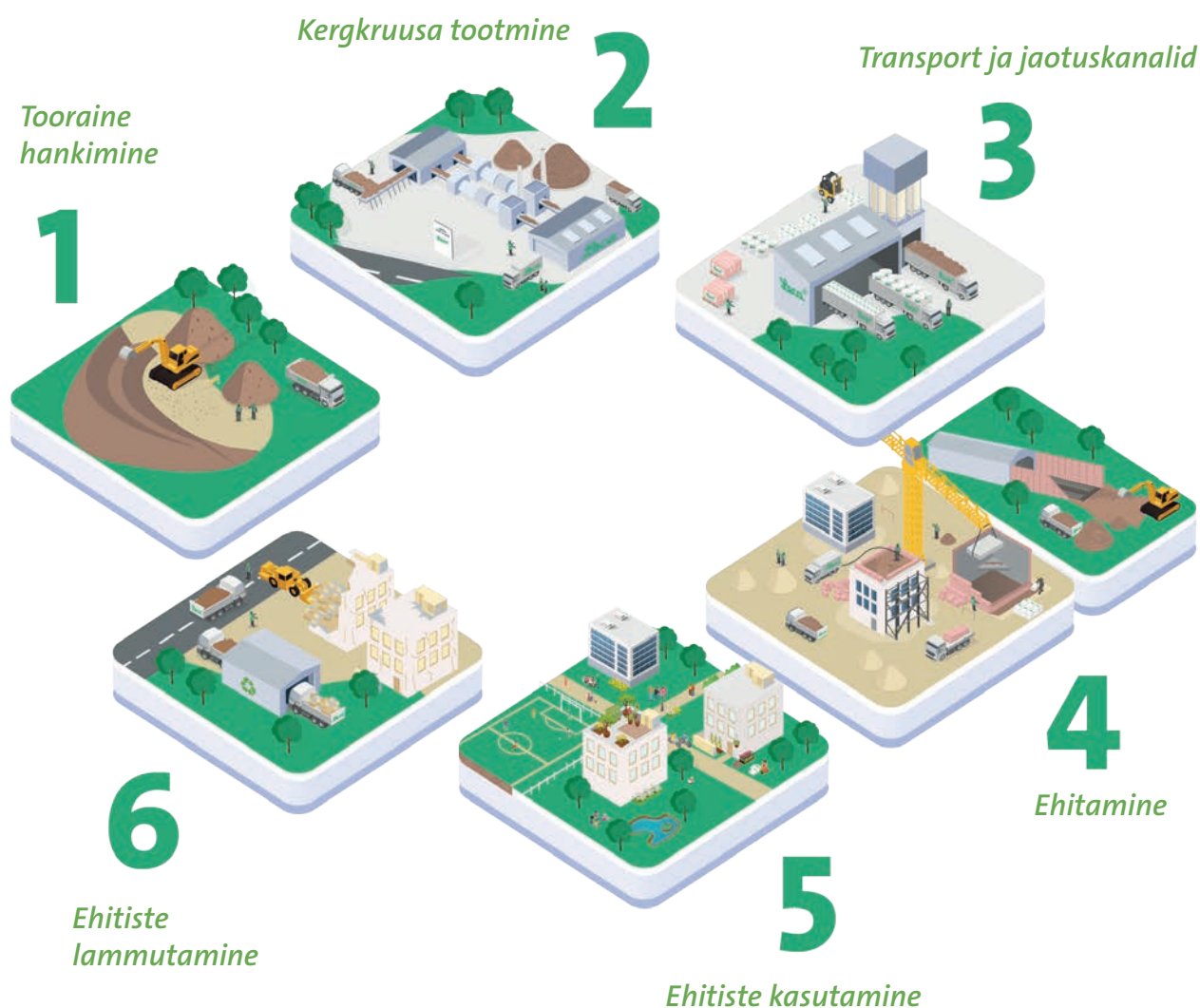
Tabel 5.3. Arvutusnäide, pinnasesurve arvutustabel.

Sügavus [m]	Kergtäitega konstruktsioon		Tavatäitega konstruktsioon	
	$\sigma_v = \sum \gamma_i \times s_i + q$ [kN/m ²]	$\sigma_h = K_a \times \sigma_v$ [kN/m ²]	$\sigma_{vi} = \sum \gamma_i \times s_i + q$ [kN/m ²]	$\sigma_h = K_a \times \sigma_v$ [kN/m ²]
0	10	3,4	10	3,4
0,8 (kruusliiv)	26	8,7	26	8,7
0,8 (Leca®)	26	8,2	–	–
4,4 (Leca®)	40,4	12,7	–	–
4,4 (kruusliiv)	40,4	13,5	98	32,8
5,0	52,4	17,6	110	36,9

Põhjalikum arvutusnäide on toodud aadressil www.leca.ee

Leca ja keskkond

Oleme kohustunud toetama kõigis oma tegevustes jätkusuutlikku arengut soodustavat ehitamist. Leca soovib olla eeskujulik ettevõtte, mis arendab energiatõhusaid, mugavaid ja turvalisi ehituslahendusi ning kasutab tootmisel loodusvarasid säästvalt. Keskkonnamõjude, kvaliteedi, tervislikkuse ja ohutuse osas järgime pideva parandamise põhimõtet.



Kergkruusalahendused vähendavad looduslike täitematerjalide ja muude pinnasematerjalide kulu ning kaevetööde mahtu ka seetõttu, et tarindi kogupaksumus võib olla tavatarindist väiksem. Tänu tarindi headele soojusisolatsiooniomadustele vähenevad teede ja änavate külmakahjustused ning selle tagajärjel ka remondi- ja pindamistöõde vajadus. Kergtäitematerjali kasutamine vähendab veotranspordi ja selleks kuluva kütuse vajadust, mistõttu väheneb transpordist põhjustatud saaste.

Leca kergkruusale on väljastatud keskkonnadeklaratsioon EPD (Environmental Product Declaration). Leca kergkruusa keskkonnadeklaratsioon põhineb elukaareanalüüsil, mis on vabatahtlik ja standarditud viis esitada oluline, kontrollitud ja võrdlemiskõlblik teave toote keskkonnamõju kohta kogu elukaare vältel. Ehitusteabefondi heaks kiidetud deklaratsioon sisaldab kogu standardikohast teavet ja seda on kontrollinud sõltumatu osapool.

Keskkonnadeklaratsioon aitab nii ehitusettevõtjatel, ehitajatel kui ka projekterijatel paremini mõista ehitustoodetega seonduvaid keskkonnaküsimusi ja lihtsustab materjalide keskkonnamõju võrdlemist.

Rohkem teavet kõikidest etappidest: leca.ee

Kontaktandmed

MÜÜK JA TURUNDUS

Taristuehituse Leca-lahendused

Eik Erich Tahk, müügijuht - taristu

Peterburi tee 75, 13816 Tallinn

Tel: 5397 6780

EikErich.Tahk@saint-gobain.com

TELLIMINE JA TARNE

Tel: 445 0010

info@leca.ee

LECA EESTI OÜ

Peterburi tee 75

13816 Tallinn

Tel: 445 0010

info@leca.ee

TOOTMINE

Häädemeeste

86006 Pärnumaa

Tel: 445 0010

info@leca.ee



Leca Eesti OÜ
Peterburi tee 75
13816 Tallinn
info@leca.ee
Tel 445 0010

