

Hr Marek Aun
Verston Ehitus OÜ
Pärnu 120,
72720 PAIDE
GSM: 53327683
marek@verston.ee

07.06.2013 nr 11-40/ET/1414

Ekspertarvamus paekiviliiva kasutamise kohta Hydroscandi lao- ja tootmishoone (Kõrtsi tee 5, Rae vald, Harjumaa) teede ja parklate aluse täitena

Ekspert, olles tutvunud Kõrtsi tee 5 ehitatava lao- ja tootmishoone teede ja parkla projektiga ja objekti olukorrast tehtud fotodega, kasutades teostatud uuringuid ja TTÜ Teedeinstituudi labori kogemust paekiviliivaga seotud katsete vallas ja juhindudes Eestis kehtivatest traditsioonilise loodusliku täitematerjali nõuetest, on kujundanud oma arvamuse järgnevalt.

1. Üldist paekiviliiva kasutamise kohta

2009. a. valmis Ramboll Eesti AS poolt Maanteeameti tellimusel „Pestud paekiviliiva katsetööde lõpparuanne“ (2009-4).

Uuriti pestud paekiviliiva kasutamist teekonstruktsiooni mitteseotud kihtides, eesmärk oli välja selgitada pestud paekiviliiva kasutusvõimalused teetarindi drenkikihis.

Paeliiva kasutamine: Uuringu kokkuvõttena toodi välja, et materjali tihendamisel nõutava tihendustegurini toimub materjali peenenemine ja sellest tulenevalt filtratsioonitegur väheneb alla 0,5 m/ööp. Sellest tulenevalt ei lubatud kasutada paekiviliiva teetarindi drenkikihis ja muldkeha töötsoonis kõrgemal kui 1,25 m katte pinnast, kus nõutud filtratsioonitegur peab olema >0,5 m/ööp.

Hinnang

Uuringu kokkuvõtet võib pidada kallutatuks, kuna vaadates uuringu sisu, siis selgub, et järeldus materjali peenenemise ja filtratsioonimooduli vähenemise kohta on tehtud laborikatsete põhjal ning vähe on analüüsitud katselõikude teostust ja mõõtmisi. Uuringu seletuskirjast jääb selgusetuks, milliste kihipaksuste kaupa toimus lõikude ehitus ja võib arvata, et tihendati liiga paksus kihis. Selle tulemusena saavutati vajalik tihedus pindmises kihis (kontrolliti Inspector-seadmega ja penetromeetriga), kuid lõikerõnga meetodiga võetud proovid näitasid mittepiisavaid tihendustegureid. Lisaks võib öelda seda, et paljude paekiviliiva proovide peenosiste sisaldus oli > 5 % ja ilmses, et seejuures vähenes filtratsioonimoodul. Sel ajal määrati filtratsioonimoodul *Sojuzdornii* meetodiga, kui täna kasutatakse GOST 25584-90 Lisa 5 põhinevat meetodit, mis näitaks veelgi madalamaid väärtusi.

2010. a. teostas Tallinna Tehnikakõrgkool kahe etapilise uuringu, mille tulemused on esitatud kahes aruandes: „Paekiviliiva kasutusuringud“ ja „Pestud paekiviliiva kasutamine Tallinna teede ja tänavate ehitamisel“.

Esimene aruanne nendest keskendub olemasoleva olukorra kirjeldamisele paekiviliiva uuringute vallas ja geosünteedidega paekiviliivast ehitatud katendi tugevdamise võimalustele. Aruande kokkuvõttena on tehtud soovitus kasutada paekiviliiva segatuna kvartšliiva või purustatud kruusaga vahekorras 1/3 katendis konstruktiivsete kihtide all. Tähelepanu on juhitud paekiviliiva niiskuskartlikkusele ja drenaaži olulisusele. Aruandes on viidatud varasematele uuringutele, mis teostati Ramboll Eesti AS ja **IPT Projektijuhtimise OÜ poolt 2009. a. („Pestud paesõelmete (paeliiva) tihendamise. Uurimistöö.“)**. IPT Projektijuhtimise poolt läbi viidud laborikatsed näitasid, et paekiviliiv puruneb dünaamilise koormuse all märgatavalt (Proctor katses) ja pestud liiva omadused lähenevad jälle pesemata liiva omadustele. Purunemine ja seetõttu tolmsete osakeste tekkimine toimub tõenäoliselt seetõttu, et paeliiv sisaldab palju osakesi, millel on teravad nurgad. Omavahel kokkusurudes ning koormates tekivad nende kontaktpindadesse väga suured pinged, mille tõttu toimub terakeste purunemine nurkade arvelt.

Uuringu teine aruanne käsitleb pestud paekiviliiva ning paekivi- ja kvartšliiva segude laboratoorseid katseid dünaamilise koormuse katsestendis, kuna senised uuringud on tõstatanud hüpoteesi, et paekiviliival on kalduvus puruneda dünaamilise koormuse all. Erinevalt varasemast Ramboll Eesti AS uuringust, määrati selles uuringus paekiviliiva peenosiste sisalduseks keskmiselt 2%, seega peaks olema sellise materjali filtratsioonimoodul suurem, kui varasemalt deklareeritud. Dünaamilise koormuse, erisurvega pinnale 0,6 MPa ja kontaktpinna suurusega $d=39\text{cm}$, all paekiviliivas peenosiste osakaal mingil määral suureneb, kuid vaibub. Tõenäoliselt enamus peenosiste suurenemisest toimub juba materjali tihendamise käigus, kuid mitte sellisel määral, mis kahandaks paekiviliiva filtratsioonimooduli alla nõutava 0,5m/ööp taseme. Tehnikakõrgkooli töögrupp ei nõustunud eelneva Rambolli uuringu põhjal kehtiva arusaamaga, et paekiviliiva ei tohi kasutada kõrgemal teekonstruktsioonis kui 1,25m mõõdetuna teekatte pinnalt. Täiendavalt on märgitud, et niiskuse (veesisalduse) suurenedes paekiviliiva nihketugevus väheneb umbes 50%, mistõttu on tähtis takistada liigniiskuse sattumist paekiviliivast muldesse. Täites eelmist nõuet, leiab töögrupp, et paekiviliiva võiks kasutada teekonstruktsioonis katendi all olenevalt liikluskoormusest alates 0,7-0,8 m sügavuselt mõõdetuna teekatte pinnalt. Uuringu analüüsi põhjal on tehtud järeldus, et vastavalt antud proovide efektiivdiameetrile ja Ehituskonstruktoriga käsiraamatule on paekiviliiva maksimaalne kapillaartõus umbes 50 cm.

Hinnang

Selle töö tulemused põhinevad dünaamilise koormuse katsetel, mis imiteerib reaalselt olukorda teekonstruktsioonis ja võimaldab teha adekvaatsemaid järeldusi kui eraldiseisvate katsemetoodikate (Proctor-teim + filtratsioonimooduli määramine *Sojuzdornii* meetodil) baasil. Esile on toodud, et liigniiskuse sattumist paekiviliivast muldesse tuleb takistada, kuid selle on väljapakutud vaid täiendava kapillaartõusu katkestava kihi rajamine mulde alla või kvaliteetse drenkihi rajamine mulde peale (viimast ei saa pidada küll piisavaks meetmeks, sest see ei takista muldest kapillaartõusuga ülestungiva vee liikumist). Mainimata on jäetud veel üks võimalik alternatiiv – juhtida muldkehasse tungiv liigne vesi rajatava drenaaži kaudu veeviimaritesse.

2. Objekti ehitusgeoloogilised tingimused ja projekteeritud katend

OÜ Rei Geotehnika poolt on teostatud Hydros cand Kaupluse ja Lao rajamise eelne **ehitusgeoloogiline uuring**, mille kohta on koostatud aruanne Töö nr 3176-12. Aruandes on väljatoodud, et piirkonnas on probleemiks kõrge pinnaseveetase. Vahetult peale välitööd mõõdetud veetase paiknes puuraukudes maapinnast 0,10...1,90 m sügavusel, tegemist on peamiselt ülaveega, mis levib mullas, liivas-kruusas ning moreenikompleksi ülemises osas. Lahendusena on selle alandamiseks väljapakutud korrastada ala loodeosas olev kuivenduskraav ning võimaldada ülaveele äravool. Ala kaguossa on soovitatud rajada täiendav drenaaž.

Tellijal poolt Eksperdile edastatud fotode järgi on samuti selgesti tuvastatav kõrge pinnaseveetase. Fotod on tehtud 27-29.05.2013 väljakaevete esimeste päevade jooksul. Väljakaevete sügavuseks võib hinnata umbes 40 cm. Kaeviku põhi on lõuna ja lääne poolses osas kaetud madala pinnasevee kihiga. See kinnitab veelkord geoloogilises uuringus tuvastatud kõrget pinnaseveetaset, mida tuleks ehituse käigus rajatava drenaažiga kindlasti alandada.

Kasvupinnase all on aluspinnasena valdavalt kirjeldatud pehme ja sitke moreen – kruusaga mölline peenliiv või liivane savimöll või kruusaga mölline peenliiv (kiht nr 4). Selle kihi all lasub paksemas kihis poolkõva ja kõva moreen (kiht nr 5). Kiht nr 5 pinnas sisaldab Geotehnikalabori protokolliga järgi (49R – 12) rohkelt peenosiseid (> 35%) ja liigitub selle järgi külmakerkeohtlikuks pinnaseks (Lisa 2).

Tuleb juhtida tähelepanu, et külmakerkeohtlik aluspinnas ja kõrge pinnaseveetase on aspektid, mida tuleks antud alale projekteerimise ja ehitamise juures arvesse võtta. Hoone ja juurdekuuluvate alade **katendi ja vertikaali on projekteerinud EMP A&I OÜ (Töö nr 2012-27)**. Projekteeritud katend parkla ja sõidutee aladel nägi ette kahekihilist asfaltbetooni (AC 12 surf h=5 cm, AC 32 base h=6/7 cm), mis paigaldatakse 25 cm paksusele killustikalusele (fr 16/32 mm), mille alla rajatakse 20 cm paksune keskliivast drenikiht. Konstruktiiivsetel lõigetel ega mujal pole näidatud drenikihi alla eraldi täitekihi vajadust. Kõrget pinnaseveetaset alandavat drenaaži pole samuti ette nähtud, on ainult piiratud olemasoleva kraavi puhastamise ja süvendamisega. Kuna katendi seisundit mõjutavatele asjaoludele pole tähelepanu pööratud, tuleb pidada liiklusalade projekti üsna asjatundmatuks ja seetõttu mittesobivaks.

Töövõtja ettepanekul on teostatud **täiendav katendi** konstrueerimine ja **arvutus AS K-Projekt Robert Petersoni poolt (Töö nr 13093 / Kõrtsi tee 5 sõidutee asfaltkatend)**. Selle tööga on täiendatud katendit paekiviliiva kihi lisamisega drenikihi alla ebasobiva pinnase asendusena täitmiseks ja vajaliku kõrguse saavutamiseks. Lisaks on selle tööga planeeritud pinnaseveetaseme alandamine drenaaži rajamisega. Katendiarvutuses on arvestatud paekiviliivast kihi minimaalse paksusega 25 cm ja selle arvutuslikuks E-mooduliks on võetud 100 MPa, sisehõrdenurgaks 38° ja nidususeks 5 kPa. Need arvutuslikud parameetrid vastavad Elastsete katendite projekteerimisjuhendi (2001-52) järgi peenliiva parameetritele. Eelnevalt mainitud **Tallinna Tehnikakõrgkooli uuringu II etapi „Pestud paekiviliiva kasutamine Tallinna teede ja tänavate ehitamisel“** tulemusena on hinnatud pestud paekiviliiva elastsusmooduliks 80 MPa, sisehõrdenurgaks 36° ja nidususeks 25 kPa. Kuna Projekteerija on teostanud katendiarvutuse KAP-programmiga, kus tänasel päeval ei ole võimalik kihtide etteantud parameetreid muuta ja paekiviliiv materjalina puudub valikutest, siis on valitud ilmselgelt lähedaseimate parameetritega materjal. Töövõtja hinnangul on paekiviliivast rajatava täitekihi paksus isegi suurem, minimaalselt 40 cm, ulatudes kuni 50 cm-ni.

3. Suuniseid paekiviliivast muldkeha ehitamise tehnoloogia kohta

TTÜ Teedeinstituudi labori poolt 2010. a. läbiviidud katsetööde põhjal võib järeldada, et paekiviliivast muldkeha kihtide ehitamisel tuleb suurt tähelepanu pöörata materjali tihendamise tingimustele. Katsetöödest selgus, et trasside ehitamisel tagasitaitena kasutatud paekiviliiv oli paigaldatud ja tihendatud ilmselt liiga paksus kihis. Seda tõestasid lõikerõngaga võetud proovid erinevatest sügavustest. Kui 10 ja 20 cm sügavusel oli kiht hästi tihenenud, siis 30, 40 ja 60 cm sügavuselt võetud proovide tihendustegurid jäid alla 0,90. Kõrvutades neid andmeid laboratoorse tihendamise protsessiga Proctor-teimil, võib väita, et tihendamisel peab olema tagatud optimaalse veesisalduse lähedased tingimused ja soovituslik on tihendada õhemat kihti kui tüüpiliselt kvartsliaa puhul. Nii välditakse võimalikku alatihendamist paksema kihi alumises osas.

Kokkuvõte

Kokkuvõtteks võib öelda, et pestud paekiviliiv käitub katsetes ja ehitustehnoloogiliselt olemuslikult teisiti kui looduslik kvartsliaa, kuid sobivate tehnoloogiliste tövõtete valimisel ja kasutuskoha keskkonnatingimuste tagamisel võib sellist materjali kasutada krundisise teede ja platside ning kergliiklusteede puhul vahetult drenkihi all teemuldes / tagasitaites. Pestud paekiviliiva kasutamise korral Hydroscandi lao- ja tootmishoone teede ja parklate aluse täitena vahetult drenkihi all tuleb kindlasti alandada kõrget pinnasevee taset, mida on planeeritud projekti täienduse järgi dreanaži rajamisega ka teha.

Antud alal lasub külmarkerkehtlik aluspinnas (poolkõva ja kõva moreen), mis jääb minimaalse tagasitaita kihi paksuse (40 cm) tagamisel sügavamale kui 0,95 m ehk liiklusaladelt korralise lumetõrje teostamisel jääb see kindlasti külmumissügavusse. Kapillaartõusu maksimaalse kõrguse järgi otsustades võiks pinnasevesi tungida paekiviliiva kihist läbi drenkihini välja. Drenkiht keskliivast toimib kindlasti kapillaartõusu katkestavana. Võib hinnata, et kui tagatakse paekiviliiva peenosiste sisaldus alla 3%, siis on materjali filtratsioonimoodul vähemalt 0,5 m/ööp. Madala peenosiste sisalduse korral on tagatud piisav poorsus materjalis, mis tagab vee külmumisel piisava jää paisumise varu. Katendiarvutuse kohaselt on külmakindlus tagatud – arvutuslik külmakerge on 3,3 cm. Homogeenset materjali kasutades ei tekita selline külmarkerke suurus ühtlase tõusu korral probleemi.

Eksperdi arvates on projekteeritud katendi püsivus pestud paekiviliivast täitel tagatud, kui suudetakse vajalikus ulatuses alandada pinnaseveetaset ja juhul, kui pikaajaline dünaamiline koormus ei ületa katendiarvutuses eeldatud koormussagedust.

Lugupidamisega,

Ott Talvik, M.Sc.

/allkirjastatud digitaalselt/

Labori juhataja

Tel 6202 604

Mob 5554 1412

e-mail: ott.tavik@ttu.ee

Lisa: Lisa 1 – Esialgne konstruktiivne ristlõige ja AS K-Projekt katendiarvutus

Lisa 2 – Pinnase külmarkerkelisuse hindamine

Viidatud allikad

Pestud paekiviliiva katsetööd, lõpparuanne, 2009, Ramboll Eesti AS Maanteeameti tellimusel

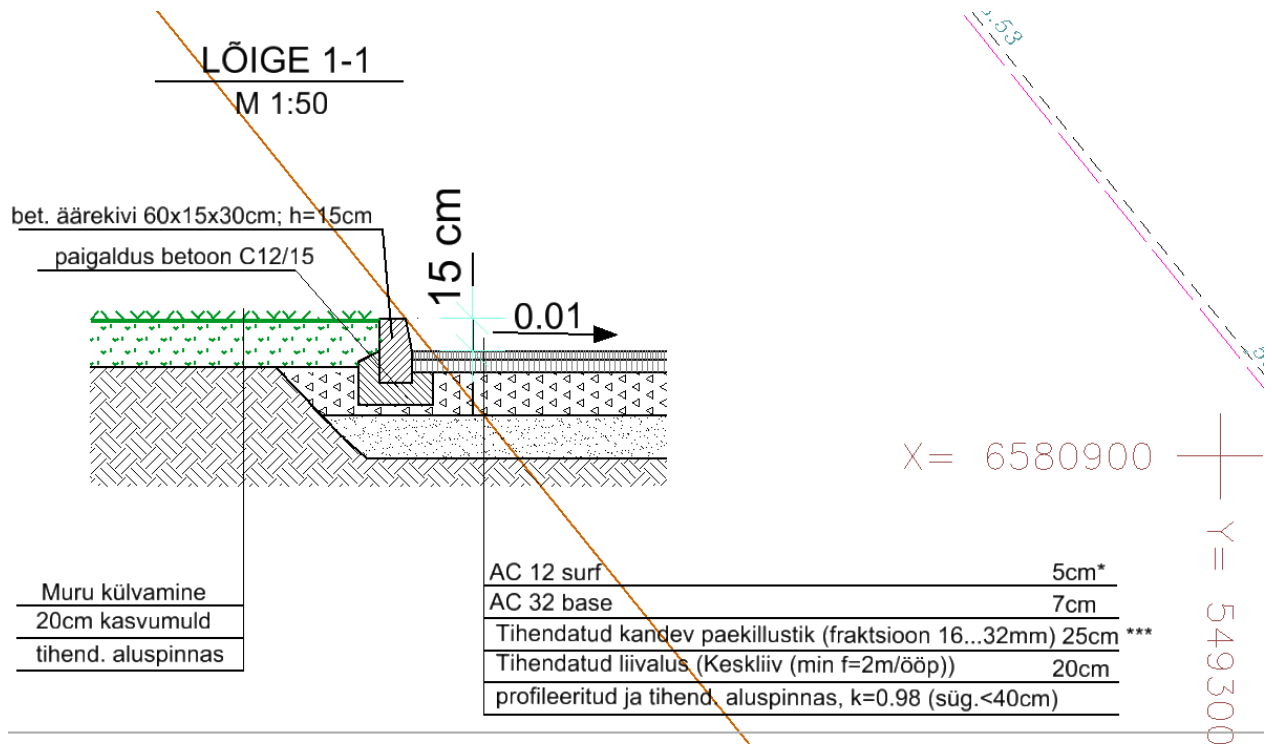
Paekiviliiva kasutusuuringud, I aruanne, 2010, Tallinna Tehnikakõrgkool

Pestud paekiviliiva kasutamine Tallinna teede ja tänavate ehitamisel, II etapp, 2010, Tallinna Tehnikakõrgkool

Maantee projekteerimismuudatusettepanekud, 2005, avaldatud Maanteeameti veebilehel (<http://www.mnt.ee/index.php?id=12024>)

Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (2001-52), 2001

(Kirja 06.06.2013 nr 11-40/ET/1414 juurde)



Joonis 1. Esialgne konstruktiivne ristlõige (väljavõtte projekti vertikaali joonise juurest)

KATENDI ARVUTUS
AS K-Projekt töö nr 13093 / Kõrtsi tee 5 sõidutee asfaltkatend

Koorussagedus: 112,66 normtelge ööp/rajalet

Maantee klass: Muud teed

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur:

Töökindlustegur:

Normhääbetegur

0,94

0,9

1,32

Pinnas: kerge liivsavi, raske liivsavi, savid

Niiskuspaikond: 3, liigniiske (märg)

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: 0,03

L1.T3 p5; +0,03=0,03

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve kattele: 0,6 MPa

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 0,9

Lisainfo:**ARVUTUSE KÄIK**

Kihhi nr.	Kihhi nimetus	Kihhi paksus cm	Kihhi elast- susmoodul E _{kv} arvutamiseks MPa	Kihhi elast- susmoodul arvutamiseks nihkele MPa	Kihhi elast- susmoodul arvutamiseks paindele MPa	Arvutatud tõmbe- pinged R _{max} MPa	Lubata- vad tõmbe- pinged R _{lub} MPa	Sise- hõõrde- nurk Kraad	Nidusus C	Kihhtide seotistegur K3
2	Asfaltbetoon AC32 base	7,0	1400	800	2200	1,2767	1,8857			
3	Paekillustikust alus (optimaalse koostisega segu fr 0/63)	25,0	280							
4	Dreenkiht keskliivast (Kf > 2,0 m/ööp)	20,0	120					40,0	0,006	6,0
5	Paeliiv (Kf > 0,5 m/ööp)	25,0	100					38,0	0,005	5,0
ALUS	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		24,9					10,9	0,009	1,5

ARVUTUSE TULEMUSED

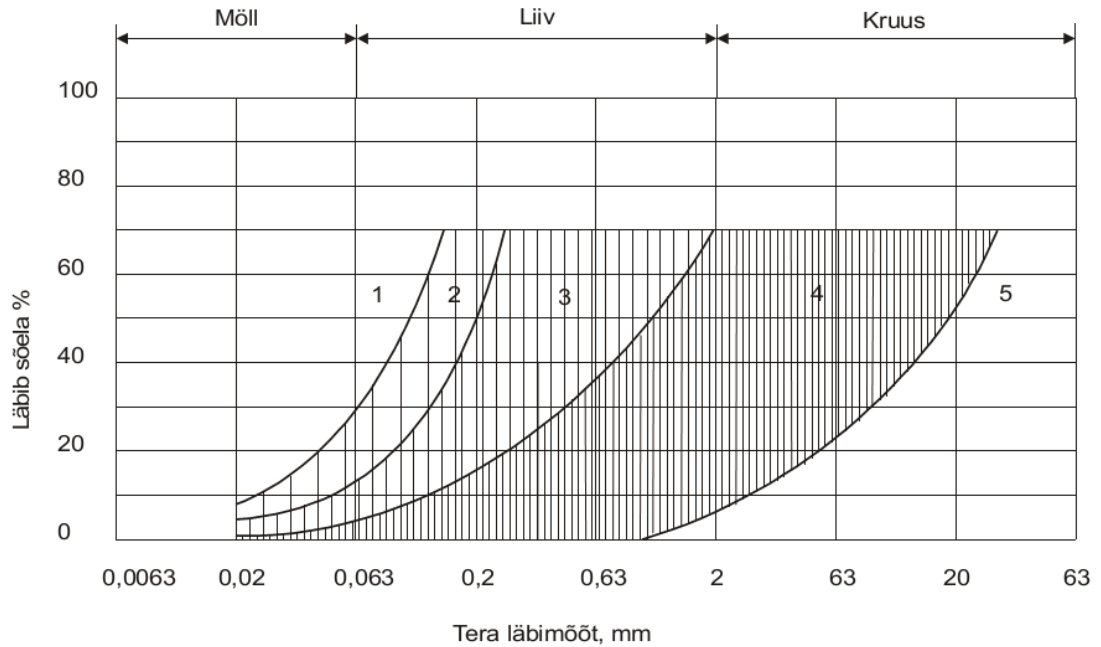
Kihhi nr.	Kihhi nimetus	Kihhi paksus cm	Kriteerium	Tugevuse näitaja			Üldine elastsus- moodul Mpa	Vajalik elastsus- moodul Mpa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
				Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{av}	t _{ub}				
			Üldine elastsusmoodul			10,9%	212,32	200,00	
1	Asfaltbetoon AC12 surf	5,0					212,32		
2	Asfaltbetoon AC32 base	7,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			30,3%	176,13		
3	Paekillustikust alus (optimaalse koostisega segu fr 0/63)	25,0					132,47		
4	Dreenkiht keskliivast (Kf > 2,0 m/ööp)	20,0	Nihkepinged	0,0124	0,0255	49,5%	69,43		
5	Paeliiv (Kf > 0,5 m/ööp)	25,0	Nihkepinged	0,0039	0,0177	76,0%	47,46		
	kerge liivsavi, raske liivsavi, savid		Nihkepinged aluspinnasel	0,0084	0,0095	10,0%			0,854
	Katendi kogupaksus	82,0					Parandustegur Δ		0,007

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	81
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	3,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	3,3
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	17,4%
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides		

Tabel 1. AS K-Projekt katendiarvutus

(Kirja 07.06.2013 nr 11-40/ET/1414 juurde)

Maanteede projekteerimisnormid**Ptk. 3. Muldkeha****Joonis 3.1.**

Joonis 3.1 Pinnase külmakerkelisuse hindamine terastikulise koostise alusel

Märkus.

1. Pinnas, mille sõelkõver jääb joonise alale 1, on külmakerkeohtlik. Pinnas, mille sõelkõver sattub joonise alale 2,3 või 4 ei ole külmakerkeohtlik, kui sõelkõver alumine ots jääb kogu ulatuses piirkonna ülemisest joonest allapoole. Pinnase külmakerkelisuse hindamiseks tuleb teha täiendavaid uuringuid. Alasse 5 jääv pinnas pole külmakerkeohtlik.