



Indrek Lensment

**KATENDI ARVUTUS TEE NR 2
TARTU ÜMBERSÕIDU
I EHITUSALA
TEHNILISE PROJEKTI NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Ehitusteaduskond
Teedehituse eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. ÜLDOSA	7
1.1. Katendiarvutuse üldpõhimõtted.....	8
2. KATENDI KAVANDAMINE	10
3. KATENDI ARVUTUS PÕHIMAANTEELE NR 2.....	13
3.1. Üldist	14
3.2. Olev olukord, geoloogiline iseloomustus	15
3.2.1. Olev olukord.....	15
3.2.2. Oleva tee alla jäävad pinnased ja ehitusgeoloogilised tingimused	17
3.3. Liiklusuuringud katendiarvutuseks.....	19
3.4. Katendikonstruktsioonide tugevusarvutused.....	22
3.4.1. Tugevusarvutuseks valitud konstruktsioonide põhjendused.....	22
3.4.2. Katendiarvutuse üldised lähteandmed.....	24
3.4.3. Katendiarvutus põhimaantee nr 2.....	25
3.4.4. Katendiarvutus põhimaantee nr 92.....	26
3.5. Valitud katendikonstruktsioonid.....	27
3.6. Katendikonstruktsioonis kasutatavate materjalide kvaliteedinõuded.....	30
3.7. Ehitustööde tehnoloogia kirjeldus	33
3.7.1. Maantee ristlõikega lõigud.....	33
3.7.2. Linna ristlõikega lõigud	33
4. MULDKA.....	34

5. DREENKIHI ARVUTUS	36
5.1. Dreenkihi arvutus vee ärajuhtimisele	40
5.2. Dreenkihi arvutus sulamisvee mahutavusele.....	42
5.3. Dreenkihi arvutuse järelused	43
6. GEOSÜNTEETIDE KASUTAMINE KATENDIARVUTUSES	44
KOKKUVÕTE.....	46
SUMMARY	48
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU.....	49
LISAD	51
Lisa 1. Katendiarvutus	52
Lisa 2. Katendiarvutus	53
Lisa 3. Katendiarvutus	54
Lisa 4. Katendiarvutus	55
Lisa 5. Katendiarvutus	56
Lisa 6. Mnt. nr.2 Tallinn-Tartu-Luhamaa km 181,9-185,0 katendi seisukorda iseloomustavad andmed.....	57
JOONISED.....	58
Joonis 5. Projekteeritud katendite asukohaskeem	
Joonis 6. Tüüpsed katendikonstruktsioonid	

SISSEJUHATUS

Oma lõputöö teema olen valinud lähtudes praktilisest vajadusest ja soovist enda jaoks selgeks teha katendiarvutusega seotud temaatika teede projekteerimises. Katendiarvutus on üks tähtsamaid osasid teede projekteerimises, milleta pole võimalik optimaalseimat teekonstruktsiooni lahendust leida. Mõistes paremini tee konstruktsiooni materjalide omaduste, liikluskooormuse ja geoloogia seost on võimalik projekteerida teid, mis reaalselt kestavad kauem.

Käesolev lõputöö käsitleb katendiarvutuse protsessi konkreetse teeprojekti näitel, mille olen ise läbi teinud töötades teede projekteerimise firmas Tinter-Projekt OÜ.

Lõputöö väljundiks võiks olla näitlik abimaterjal teede projekteerijale katendi tugevusarvutuste tegemiseks ja katendi konstrueerimiseks, mis käsitleb lisaks tavapärasele katendiarvutuse kausta ülesehitusele ka lisateemasid abistamaks konstrueerida sobivat tee konstruktsiooni.

Koostasın katendiarvutuse kausta Põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa Tartu läänepoolse ümbersõidu I ehitusala rekonstrueerimise tehnilise projekti tarbeks 2014.a jaanuaris. Tegemist oli keskmisest suurema teeprojektiga, mille tarbeks tuli lisaks teeprojektile endale koostada kõik suuremale maanteeprojektile omased lisakaustad:

- liiklusuuring,
- katendiarvutus,
- tasuvusuuring,
- geoloogia.

Lisaks konkreetse projekti kohta tehtud katendiarvutuse materjalidele on uurimistöös käsitletud katendiarvutusega tihedalt seotud teemasid, mis on vajalikud seoses algse väljapakutava teekonstruktsiooni leidmisega. On ju teada, et katendiarvutuse puhul on tegu tugevuse

kontrollarvutusega, mille käigus saadakse teada, kas kohalikke olusid arvestades välja pakutud esialgne katendikonstruktsioon on sobiv. Esialgne konstruktsioon pakutakse välja kogemuslikult.

Täiendava uurimusliku osana on lõputöös käsitletud teemad:

- katendi kavandamine,
- muldkeha,
- drenkihi arvutus,
- geosünteedide kasutamine katendiarvutuses.

Põhilisteks abimaterjalideks uurimustöö koostamisel olid Maanteeameti kodulehel toodud erinevad juhendid ja juhised (<http://www.mnt.ee/?id=10666>).

1. ÜLDOSA

Katendi arvutus on enamasti vajalik kõigis suuremates teeprojektides, milles käsitletakse uue katendikonstruktsiooni ehitust. Katendi arvutust pole vaja teha kergliiklusteedele, kus kasutatavate materjalide tugevusnäitajad ületavad igaljuhul vajalikke norme. Katendi arvutuse nõue määratakse projekti tellija poolt väljastatud tehnilistes tingimustes.

Teeprojekti tellijapoolsed tehnilised tingimused on klassikaline projekti lähtedokument, millega määratakse kõik projektis vajalikud uurimistööd ja nõuded. Praktikast lähtudes võib väita, et katendiarvutust nõutakse tavaliselt ainult Maanteeameti poolt tellitud projektides ja omavalitsuste poolt tellitud suuremates projektides, kus on projekteerimistingimused tehtud koostöös Maanteeametiga.

Omavalitsuste ja eratellijate poolt tellitud teeprojektidel tavaliselt puudub nõue teha katendiarvutus. Enamasti on tegu mõne linnatänavaga rekonstrueerimisprojektiga või teede ja platside projektiga mõne uusarenduse juurde.

Selliste projektide puhul on projekti teede osa tehnilised tingimused pealiskaudsemad ja esitavad nõudeid vaid tee geomeetriliste osade kohta. Konstruktsiooniline osa (katendiarvutus, geoloogia) jääb üldse nõuetest välja.

Seega katendiarvutus on tavaliselt nõutud:

- suuremad maanteeprojektid,
- teeprojektid suuremates omavalitsustes (Tartu ringtee, Ülemiste sõlm Tallinnas jne),
- erivajadustest tulenevad projektid (sadama alad, sildade lähedus, lennujaamad), kus ei ole võimalik katendikonstruktsiooni välja pakkuda ainult kogemuslikult.

Arvestades eelpool öeldut võtavad omavalitsused projektide nõudeid paika pannes teatud riski. Suuremates linnades on palju suuri teeprojekte, kus ei ole nõutud katendiarvutust. Pole ka nõutud

geoloogiat, mis käib käsikäes katendiarvutusega. Usaldatakse projekteerijat või siis tellijal ei ole piisavalt kompetentsi.

Suurematel teedel tänavatel tuleks katendiarvutust ikkagi nõuda, kuid väiksematel objektidel oleks see palju nõutud. Projekteerimine läheks liiga kulukaks.

Enamasti pole võimalik katendiarvutust teha ilma geoloogilise uuringuta. On hästi, kui leidub piisavalt olemasolevat infot geoloogiliste uuringute kohta. Täiesti uue geoloogia tegemine on väikse objekti puhul eproportsionaalselt kallis. Eestis on statistika põhjal projekteerimise hind ehituse maksumusest keskmiselt 2-3% ehk väga väike. Geoloogia osa ei tohiks olla üle 10% projekteerimise maksumusest. Seega väiksematel objektidel on otstarbekas ikkagi kasutada väljakujunenud katendikonstruktsiooni tüüplahendusi.

1.1. Katendiarvutuse üldpõhimõtted

Katendiarvutuse alusmaterjalid on koondatud Maanteeameti kodulehele Juhendite ja juhiste alla (<http://www.mnt.ee/?id=10666>). Katendiarvutust teostatakse vastavalt 2001 aastal Maanteeameti poolt välja antud "Elastsete teekatendite projekteerimise juhendile 2001-52" [1].

"Katendite tugevusarvutust käsitletakse Juhendis ainult dünaamilisele koormusele. Juhendis käsitletud arvutused kehtivad ainult teemaal tagatud vete äravoolu korral. Kui katendi projekteerimisel ilmneb olukordi, mida pole Juhendis käsitletud, siis peab projekteerija pakkuma tellijale kooskõlastamiseks omapoolsed lahendused. Nende loetelu tuleb esitada katendi projekti seletuskirjas. Juhendi järgi projekteeritud/ehitatud katendi tugevus ja külmakindlus on tagatud pinnaste ning ehitusmaterjalide normtiheduse ja teemaal korrastatud vete äravoolu korral" [1: 6].

Põhilised juhendid, millega tuleb katendi konstrueerimisel lisaks arvestada on:

- "Teehoiutööde tehnoloogianõuded" (<https://www.riigiteataja.ee/akt/756881>) [15];
- "Muldkeha remondi projekteerimise juhised 2006-27" Maanteeamet [2];
- "Näidiskatendid väikese liiklussagedusega teedele 01.04.2011" Maanteeamet [3];
- "Geosüntetide kasutamise juhised 2006-26" Maanteeamet [4].

Kuni 2012. aastani puudus ühtne vorm katendi tugevusarvutuse läbiviimiseks. Iga projekteerija arvutas vastavalt oma nägemusele. Levinuim on olnud katendiarvutusprogramm "KRAADE" ja professor Maano Koppeli Exeli tabel, mis oli eeskujuks ka KAP programmi koostamisel.

2012. aastal kinnitas Maanteeamet käskkirjaga (18.04.12 nr 0144) elastsete katendite arvutamise programmi ja katendiarvutamise programmi kasutusjuhendi.

"Teede projekteerimise ja teetööde hangete korraldamisel ning uute projekteerimislepingute täitmisel tuleb kasutada alates 30.04.2012. a katendikonstruktsioonide dimensioneerimiseks elastsete katendite arvutamise programmi KAP_1.0.01_MA.xls kõige uuemat versiooni (kättesaadav: <http://www.mnt.ee/index.php?id=12024>) ning selle juurde kuuluvat elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhendit" [5].

Uus programm põhineb vanal programmil "KRAADE", kuid on nüüd kõigile üheselt mõistetav. Tavaprojekteerijale on elu sellega hulga lihtsamaks tehtud.

"Kui KAP programmis tugevusarvutuse tulemused erinevad remondiobjektidel lubatavatest suurustest enam kui $\pm 5\%$, tuleb katend ümber projekteerida. Ehitatavatel ja rekonstrueeritavatel objektidel võivad tugevusarvutuse tulemused erineda lubatavatest suurustest kuni $+5\%$ (va etapiviisilise katendi ehituse korral, kus 5 ehitusjärgsel aastal võivad tugevusarvutuse tulemused erineda lubatavast suurusest $\pm 5\%$). Enamikel juhtudel pole võimalik neid nõudeid täita kõigi kolme tugevuskriteeriumi (elastne vajum, tõmbe- ja nihkepinged) puhul. Sageli määravad nihkepinged katendi dimensioonid, aga lubatava vajumi ja tõmbepingete järgi osutub katend üledimensioneerituks. Järelikult peab see 5% nõue olema täidetud vähemalt ühe määravaks osutuva tugevustingimuse juures" [11].

Kui katendi paksus tugevusarvutuste järgi osutub väikesemaks külmakindlusele arvutatud paksusest, siis on viimasega määratud katendi dimensioonid. Sel juhul tuleb [1: 13]:

- kaaluda katendi ümberprojekteerimist, vähendades katte ja aluse paksust kuni konstruktiivse miinimumini, kuid suurendades drenkihi paksust selliselt, et katendi kogupaksus vastaks külmakindluse järgi arvutatud paksusega;
- uuesti määrata katendi $E_{\text{üld}}$, sellele vastav koormusintensiivsus ja teha pingekontroll.

2. KATENDI KAVANDAMINE

Enne katendiarvutust tuleb projekteerijal ise konstrueerida konkreetsele projekteile sobiv katendikonstruktsioon, mis peaks loogiliselt sobima projekti tingimustele. Mõnedes projektides võivad ka nõutud katendikihid paika pandud olla tellijapoolsetes projekteerimistingimustes. Enamasti on ette öeldud asfaldi ja killustiku kihid. Dreenkiht ja mulle tuleb projekteerijal ise paika panna.

Põhilised küsimused, mis projekteerija peab katendi väljapakkumisel selgeks tegema on:

- mitu kihti asfaldi tuleb;
- kas kasutatakse ridakillustikku või fraktsioneeritud killustikku;
- kas dreenkihis kasutatakse keskliiva, kruuspinnast või kruusliiva;
- kas kasutatakse stabiliseeritud kihte;
- mis on projekteeritava alal aluspinnaseks;
- kui kõrge on pinnasevee tase (sellest sõltub külmakindlus ja savikate kihtide kandevõime);
- igale poole ei saa teha katendiarvutust KAP programmiga.

Kõik eelpool mainitud küsimused on otseselt seotud algandmete sisestamisega katendiarvutuse programmi KAP. Programmis ei eristata siiski kihtide materjale vastavalt asfaldi täitematerjali ja killustiku fraktsioonile. Ei eristata, kas kasutatakse graniit- või lubjakivi. Materjalide fraktsioonid ja omadused pannakse paika vastavalt aasta keskmisele ööpäevasele liiklussagedusele AKÖL teehituse materjalide nõuetes, mis on eraldi välja antud Maanteeameti poolt. Näiteks tugevusarvutustes on ridakillustiku elastsusmooduliks määratud 250 MPa ühtemoodi nii graniit-, kui lubjakivi killustikule. Tugevusarvutus ei arvesta killustiku vastupidavust tulenevalt tee ehituse kvaliteedist, kasutuse iseloomust ja hooldusest.

Asfaldi kihi paksus on määratud vastavalt elastsete katendite juhendi tabelitele T11.2 ja T11.3. Killustiku kihi paksus on määratud samuti vastavalt juhendi tabelile T.13 ja antud tabeli märkusele, mille järgi kihtide min paksused peavad olema vähemalt $1,5 \cdot D_{\max}$. [1: 11]

Enamasti on killustiku kiht siiski 15 - 25 cm. Üle 30 cm paksusega killustikust alus pole tavalise maantee või tänava puhul enam otstarbekas.

Killustiku puhul tuleb ikkagi valida, kas tuleb ridakillustik, mis on enamasti odavam, kuid väiksema tugevusega ($E = 250 \text{ MPa}$) või fraktsioneeritud killustik ($E = 280 \text{ MPa}$). Fraktsioneeritud killustikust alus ehitatakse enamasti kiilumiskillustikuga.

Tavaliselt valitakse konstruktsiooni populaarsem ridakillustik, mida on ka kergem ehitada, sest sellel saab peale paigaldamist ja tihendamist ehituse ajal sõita.

Killustiku valikut määravad põhiliselt "Killustikust katendikihtide ehitamise juhendi 2012-2" kolmandas peatükis määratud üldnõuded aluste ehitamisel. Punktis 3.3. on määratud, et kui teeremondi korral killustikaluse alla jäävatel kihtidel ei ole tagatud kogu mulde laiuselt filtratsioon $>2 \text{ m/ööp}$ (MA käskkiri nr. 0065 16.02.2012) vähemalt 20 cm sügavuselt, siis on sidumata segu ja ridakillustiku kasutamine alustes keelatud ning fraktsioneeritud killustikalus tuleb ehitada kogu mulde laiuselt [12: 4].

Eelnev tingimus tähendab seda, et eriti olemasolevate teede ja tänavate rekonstrueerimisel, kus teekonstruktsiooni uuendatakse ainult asfaldi ja killustikaluse ulatuses või, kui ei ole võimalik konstruktsiooni koos drenkihiga välja vahetada, siis tuleb kasutada fraktsioneeritud killustikku, mille poorid on suuremad ja seega ka külmakindlus suurem. Praktikast lähtudes võib väita, et eriti linnades tuleks maksimaalselt kasutada fraktsioneeritud killustikust aluseid.

Dreenihi materjali valikul peaks projekteerija teadma, mis materjal on antud piirkonnas kõige saadavam, mis karjäärid asuvad läheduses. Kui läheduses on olemas näiteks korralik kruusakarjäär, siis tuleks ka drenihi materjalina igaljuhul kasutada kruusliiva. Samas võib probleemiks olla jällegi halb geoloogia ja paksema drenihi ehituse võimaluse puudumine. Siis tuleb ikkagi kuskilt kaugemalt tuua näiteks keskliiva, mis on parema filtratsiooniga. On ka olukord, eriti linnas, kus drenihiti ei ehitata ega uuendata. Olemasolev täitematerjal või muldkeha peavad sel juhul olema nõuetekohaste omadustega.

Stabiliseeritud aluskihtide kasutamine on viimasel ajal uuesti populaarseks muutunud, eriti maantee renoveerimisel. Suurem osa olemasolevale muldele jäävatest maantee rekonstrueerimistöödest

tehakse viimasel ajal kompleksstabiliseerimisega. Selline lahendus ei aja uue katendi kogupaksust liiga suureks ja võimaldab maksimaalselt ära kasutada olemasoleva juba paika vajunud mulde materjali.

Stabiliseerimise peamised plussid on:

- saab kasutada olemasolevat objektilt saadavat freespuru;
- killustiku kihi saab ehitada õhema;
- kogu katendi saab õhema ja seetõttu ka odavama.

Stabiliseerimise peamised miinused on:

- kasutatava freespuru materjali kvaliteet on kõikuv;
- keeruline ehitada linnades ja ristmikel, kus on palju liiklussaari, trassi kaevusid;
- potentsiaalne liigne jäikus, mis võib pragusid tekitada;
- kallid kihi väljavahetamine või parandamine;
- väikse löigu pärast ei tasu tehnikat kohale tuua.

Olemasoleva aluspinnase väljaselgitamine remondilõigul, kus on vaja katendiarvutust, on esmatähtis. Vale pinnasetüübi valik tugevusarvutustes muudab kogu töö mõttetuks. Samas on KAP programmis valitavad variandid suhteliselt laialt mõistetavad ja seetõttu võib neid valesi mõista. Seetõttu peaks kehva geoloogilise info korral projekteerija valima konstruktsiooni paremad materjalid, millega saab osaliselt vähendada riski tulenevalt võimalikust kehvast aluspinnasest. Linnas ja olukordades, kus uus katend tuleb õhuke, on alati parem valida fraktsioneeritud killustik ja drenikihti vähemalt kruusliiv või keskliiv, mis drenivad paremini ja on vähem külmakartlikud.

KAP programm ei ole igal pool hästi rakendatav. Põhiline olukord, kus katendiarvutus tegelikult ei toimi, on staatilise koormuse puhul, kui me tahame tugevusarvutust teha näiteks parklate ja platside puhul. Parklas ei saa olla sellist koormussagedust, mis maanteel ja seega muutub arvutusprogrammi lähteandmete valimine keeruliseks. Parkla variandi puhul on siiski soovituslik kas süveneda rohkem aluspinnase omadustesse ja teha täiendavaid arvutusi või kasutada mõnd väljakujunenud tüüplahendust.

3. KATENDI ARVUTUS PÕHIMAANTEELE NR 2

Käesolevas peatükis on ära toodud lõputöö autori poolt koostatud konkreetse katendiarvutuse kausta sisu. Olen oma praktilist katendiarvutuse tööd tehes eelnevalt tutvunud ja läbi töötanud mitmeid näitematerjale ja välja selgitanud, milline peaks olema katendi projekti sisuline ülesehitus.

Väiksemate projektide puhul ei ole vajalik vormistada eraldi katendiarvutuse kausta, kuid suuremate tööde puhul pannakse kokku üldiselt kahekümne kuni kolmekümne leheküljeline eraldi kaust. Varem telliti katendiarvutus ka näiteks eraldi altöövõtu korras mõnelt teiselt firmalt, sest paljudel puudus piisav kompetents. Üks põhilisi katendiarvutustele spetsialiseerunud asutusi on olnud AS Teede Tehnokeskus. Uue KAP programmi kasutuselevõtmisega on katendiarvutuse spetsiifilisus teede projekteerimisel vähenenud. Enamus firmasid saab sellega juba ise hakkama. Uue programmiga peaks hakkama saama ka iga teedehituse projektijuht, kellel on vaja tööde käigus näiteks rajada ajutist teed, mis peab kandma olemasoleva maantee sarnast koormust.

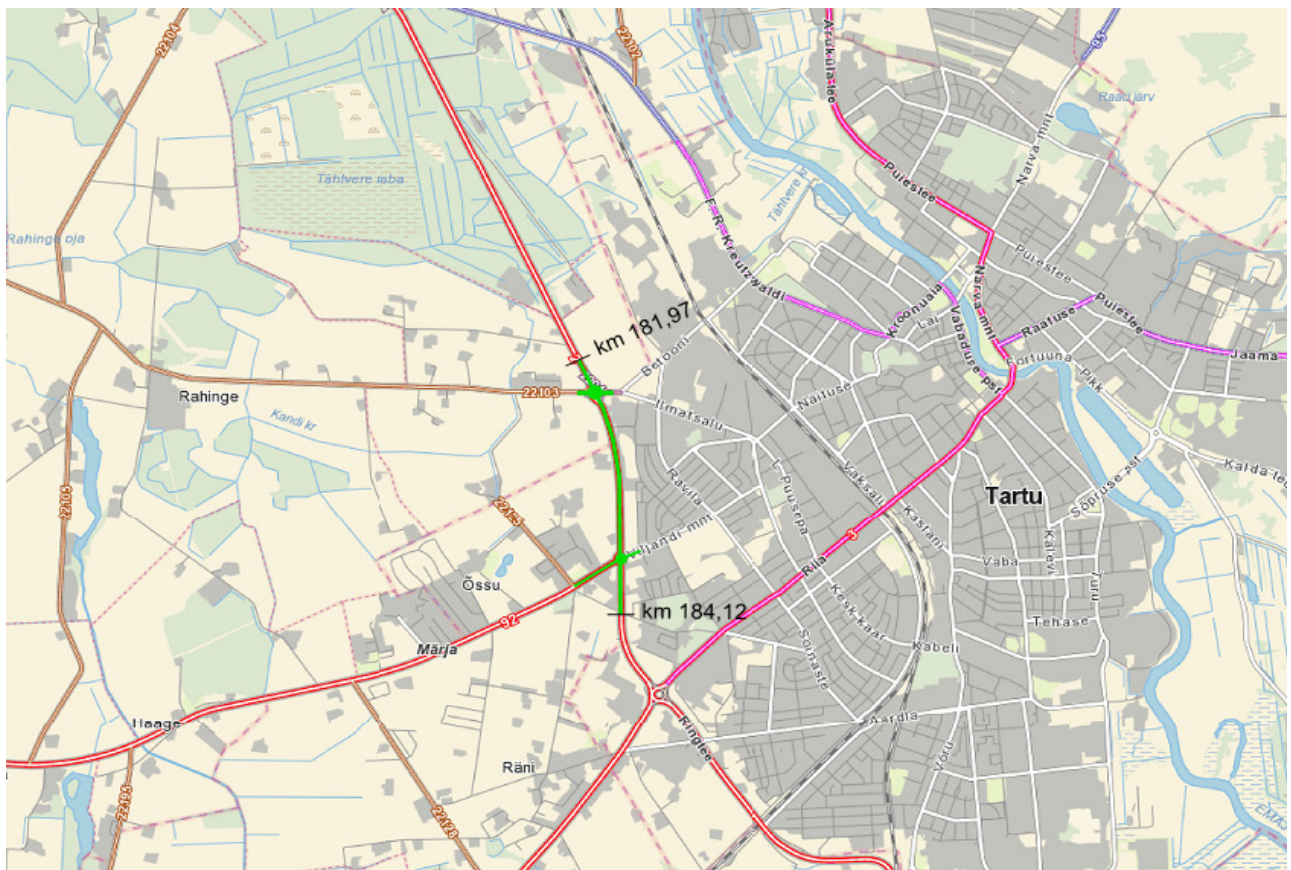
Seega põhilised sisukorra punktid suuremas katendiarvutuse projektis on:

- 1) üldosa;
- 2) olev olukord, geoloogiline iseloomustus;
- 3) liikusuuringute käsitlemine katendiarvutuses;
- 4) alternatiivsete katendikonstruktsioonide tugevusarvutused ja hinnavõrdlus;
- 5) valitud katendikonstruktsioonide kirjeldus täpsemalt;
- 6) katendikonstruktsioonides kasutatavate materjalide kvaliteedinõuded;
- 7) ehitustööde tehnoloogia kirjeldus;
- 8) lisadena katendiarvutuse tabelid, skeemid, erinevad tabelid.

3.1. Üldist

Üldosa sisaldab informatsiooni projekteeritava objekti kohta. Antakse ülevaade asukohast, lõigu pikkustest. Tuuakse ära kõik kautatud juhend- ja abimaterjalid.

Käsitletav katendi tugevusarvutuste aruanne on koostatud Põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa Tartu läänepoolse ümbersõidu I ehitusala rekonstrueerimise tehnilise projekti korrektuuriga hõlmatava ala kohta. Rekonstrueeritav Tartu lääneringtee I ehitusala lõik algab enne Ilmatsalu ringristmikku, külgneb linnaga ning lõpeb Viljandi ja Riia ringristmiku vahel Raja tänavaga. Ilmatsalu ringiga kaasnevad ka Ilmatsalu tn ja Ilmatsalu suunad ca 100m ulatuses. Viljandi ringiga kaasnevad lisaks põhiteele Viljandi maantee linnapoolne haru kuni Arhitekti tn ristmikuni ja Viljandi suund tee 92 osas kuni Kandiküla tee ristmikuni.



Joonis 1. Projekteeritava ala asukohaskeem [Indrek Lensment]

Projekti ala peateel on määratletud alljärgnevalt:

- algus – 241 meetrit enne Ilmatsalu ringi tsentrit (km 181,97);
- lõpp – 356 meetrit pärast Viljandi ringi tsentrit (km 184,12).

Vaadeldav teelõik asub Tartu linna, Ülenurme valla ja Tähtvere valla territooriumil Tartu maakonnas. Töö on koostatud Maanteeameti tellimusel.

Töö lähtematerjalidena on kasutatud:

- REI Geotehnika OÜ poolt koostatud aruannet „Geoloogilised uuringud“ Tallinn 2013a [6];
- Ramboll Eesti AS poolt koostatud aruannet „E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee Tartu ümbersõidu 1 ehitusala tehnilise projekti korrektuur, ekspertiis ja liiklusohutuse audit“ 2012_0116, 2012a [7];
- Tinter-Projekt OÜ poolt koostatud aruannet „Tee nr 2 (E263) Tartu ümbersõidu I ehitusala tehnilise projekti korrigeerimine, Liiklusproгноos, koormussageduste arvutus, ristmike läbilaskvusarvutus [8];
- Maanteeamet, Riiklik Teeregister (<http://teeregister.riik.ee>) [9].

3.2. Olev olukord, geoloogiline iseloomustus

Olemasoleva olukorra kirjelduse koostab projekteerija ise, kasutades Maanteeameti poolt koostatud teekatetel esinevate defektide inventeerimisjuhendit ja teeregistri andmeid [9].

Geoloogilise iseloomustuse osa katendi kaustas pärineb enamasti konkreetse projekti jaoks tehtud geoloogilise uuringu aruandest.

3.2.1. Olev olukord

Olev tee on ehitatud III klassi maanteena 2 sõidurajaga. Teeregistri andmetel on olev tee Põhimaantee nr 2 osas ehitatud 1971 aastal peamiselt mustkatttega teena. Samuti on algselt mustkatttega põhimaantee nr 92 osa Viljandi ringist lääne poole. Hiljem on teostatud erinevatel lõikudel pindamist ja ülekatteid tiheda asfaltbetooni ja killustikmastiksasfaldiga. Viimased ülekatte lõigud ja pindamine jäävad 2008. aastasse.

Teeregistri andmetel on 2011. aasta inventeerimise tulemusel defektide kogusumma keskmiselt 2,1. Valdavalt esinevad defektid on põikpraod, kitsad pikipraod, vuugipraod, murenemine ja kate serva defektid. Kõige märkimisväärsamad on kate serva defektid Ilmatsalu ringi ja Viljandi ringi vahelisel lõigul. Serva defektid antud lõigul on ilmselt tingitud sellest, et kate on liiga kitsas ja teepeenra all puuduvad vajalikud katendi kihid.



Foto 1. Serva defektid Ilmatsalu ringi ja Viljandi ringi vahelisel lõigul [Erakogu]

Samuti on palju vuugipragusid Viljandi ringi ja Raja tn vahelisel lõigul. Seal on ka kõige rohkem tehtud erinevaid ülekatteid.



Foto 2. Katte olukord Viljandi ringi ja Raja tn vahelisel lõigul [Erakogu]

2009. aastal tehtud tasasusmõõtmiste järgi on lõigu keskmiseks IRI-arvuks 3,25. Tasasus on rahuldaval tasemel kogu lõigul. 2009. aastal mõõdetud kandevõime väärtuseks oli keskmiselt 226 MPa. 2010. aasta mõõtmiste järgi on roopa keskmine sügavus 15 mm.

Teeregistris olevad andmed on täpsemalt ära toodud Lisas 6.

Üldiselt on olemasoleva katendi seisund, arvestades selle iga, suhteliselt heas seisus. Samas on katte seisund üldiselt halb ja ainult ülekattega pole võimalik tagada katendi püsivust. Samuti ei rahulda olemasoleva mulde ja katendikonstruktsiooni laius juba praegusi liiklusolusid.

3.2.2. Oleva tee alla jäävad pinnased ja ehitusgeoloogilised tingimused

Oleva tee alla jäävad pinnased on [6] :

- 1) asfalt (erineva terakoostise ja sideainesisaldusega must kate) 0,07 – 0,22m;
- 2) asfaldi all olev vana asfalt ja mustkate 0,04 – 0,27m;
- 3) killustik 0,05 – 0,38m;
- 4) mulle (täitepinnas) - kruusliiv 0,20 – 0,45m; keskliiv 0,18 – 1,60m; tolmlüiv 0,15 – 1,0m; mullasegune tolmlüiv 0,20 – 1,50m; kerge saviliiv 0,20 – 1,60m;

- 5) aluspinnas (looduslikud pinnased) – Valdavalt on aluspinnaseks kerge saviliiv moreen, mille peal lasub osaliselt 0,35 – 1,20m paksune tolmlüüa või 0,40 – 1,45m paksune tolmsa saviliüia kiht.

Mullakihi paksus on keskmiselt 0,20 – 0,65 m. Uurimistöde ajal esines pinnasevesi vaid üksikutes puuraukudes. Pinnaseveetase oli 1,45 – 3,20 m sügavusel maapinnast. [6]

Ehitusgeoloogilised tingimused maantee rekonstrueerimiseks ning kergliiklusteede ja raskesõidukite parkla projekteerimiseks on üldiselt rahuldavad. Üksikutes piirkondades esineb tee mulde all külmumissügavusel mulla läätseid, mis tuleks enne uue katendi rajamist koos kruusliüia kihiga eemaldada täies ulatuses ja asendada uue materjaliga. Kaevetööl tuleb vältida nii pinnase- kui sadevee pikemaajalist seismist süvendites, sest savipinnased on leondumisohtlikud ja leondudes nende kandevõime väheneb. [6]

Vastavalt geoloogilisele uuringule puudub olemaoleva mulde aktiivsoonis olevatel täitematerjalidel vajalik minimaalne filtratsioonimoodul $k_f > 0,5$. See asjaolu põhjendab antud objektil vajaduse välja vahetada kogu katend koos drenkihiga.

Tabel 1

Pinnaseomadused ja geotehniliste näitajate normväärtused [6]

Kihi nr.	Pinnas	Mahukaal γ kN/m ³	Keskmine looduslik veesisaldus W_n %	Keskmine voolavuspiir W_L^v %	Kuumutuskadu u %	Filtratsioonimoodul k m/d*	Külmaohtlikus ISSMFE TC 8 järgi**	Külmakerke- ohtlikuse grupp "Muldeha remondi juhis, 2008" tabel 22		Kaevetööde kategooria positsioon SNIP IV-2-82 tabel 1
								Kuivalt	Niiskelt	
1	Asfalt									17 a
2	Vana asfalt ja mustkate									17 a, 39 a
3	Killustik	23				10		I	I	39 a
4	Muld	16			3,2			VI		9 a
5	Täitepinnas: kruusliiv	20			1,2	<0,5	4	I	II	6 a
6	Täitepinnas: keskliiv	19,5				<0,5	3 ja 4	I	II	27 a
7	Täitepinnas: tolmlüüa	19,5				<0,5	2	III	V	27 a
8	Täitepinnas: tolmlüüa, mullasegune	18			2,6	<0,5	1 ja 2	IV	VI	27 b
9	Täitepinnas: kerge saviliiv, mullasegune	17,5	16,4	21,2	2,2	<0,5	1 ja 2	III	V	34 b
10	Tolmlüüa, keskthie	19,5			1,9	<0,5	1 ja 2	III	V	27 a
11	Kerge saviliiv, sitkeplastne	20	14,8	17,5	1,4	<0,5	1 ja 2	II	IV	34 b
12	Tolmsa saviliiv, kõvaplastne	21	16,4	22,0	1,6	<0,5	1	III	V	34 b
13	Moreen: kerge liivsavi, kõva	21,5	14,9	22,9		<0,5	1 ja 2	III	IV	10 ж
14	Moreen: kerge saviliiv, kõva	22	12,1	18,9		<0,5	1 ja 2	II	IV	10 ж
15	Peenliiv, tihe	20				0,6	2 ja 3	II	III	27 a

Vastavalt geoloogilisele uuringule on kogu projekteeritaval alal tegemist I niiskuspaiikkonnaga ja maapinna külmumissügavuseks 1,35m.

3.3. Liiklusuuringud katendiarvutuseks

Suurema teeprojekti puhul tuleb katendiarvutuses vajaliku koormussageduse leidmiseks kindlasti teostada liiklusuuringud, mis hõlmab liiklusloendust, liiklusprognoosi ja ennustatava koormussageduse arvutust. Koormussageduse alusel määratakse katendiarvutuses vajalik minimaalne vajalik üldine elastsusmoodul.

Väiksema objekti puhul, kus prognoositav koormussagedus ei mängi suurt rolli, on võimalik katendiarvutuses vajalik elastsusmoodul võtta vastavalt elastsete teekatendite projekteerimise juhendi tabelile T13.2 [1:15]. Linnatänavate puhul saab maantee klassidele põhineva tabeli alusel võtta elastsusmoodulid tabelitest T18.1 ja T18.2 [1: 36].

Olen praktikas kokku puutunud olukorraga, kus keskmise suurusega objektile, mis asus poolenisti linnas, tuli teha katendiarvutus koos liiklusprognoosiga. Prognoositud liikluskoormus ja sellest tulenev minimaalne elastsusmoodul tulid väiksemad, kui on nõutud tabelis T18.2 [1: 37].

Siit tekibki olukord, kus eriti keskmisel linnatänaval pole mõtet prognoosida liikluskoormust. Eelpool mainitud tabelit arvestades tulevad elastsusmoodulid niikuinii samadesse piiridesse. Linnades on tähtsam liiklust loendada ja analüüsida ilmselt rohkem liiklussageduse prognoosimiseks.

Lisaks on maanteedel, kus puuduvad keerulised ristmikud, võimalik teostada koormussageduse leidmiseks vajalik liiklusprognoos kasutades Maanteeameti korralisi voolikloenduse andmeid. See tähendab, et liikluse väliloendust ei pea ise tegema. Nimelt korraldab Maanteeamet riigimaanteedel korralist liiklusloendust. Liiklusloenduse tulemused avaldatakse iga aasta I kvartalis eelneva aasta kohta. Maanteeameti info korralise liiklusloenduse kohta on toodud leheküljel (<http://www.mnt.ee/index.php?id=10658>).

Lõputöös käsitletava katendiarvutuse lähtedokumendina on kasutatud Tinter-Projekt OÜ poolt koostatud aruannet „Tee nr 2 (E263) Tartu ümbersõidu I ehitusala tehnilise projekti korrigeerimine, Liiklusprognoos, koormussageduste arvutus, ristmike läbilaskvusarvutus" [8].

Koormussageduse arvutamisel on lähtutud juhendist „Liiklusloenduse metoodika koormussageduse määramiseks“ (Kinnitatud Maanteeameti peadirektori 02.04.2009.a käskkirjaga nr 93) [8].

Minimaalse vajaliku elastsusmooduli arvutamisel on lähtutud juhendist „Elastsete katendite projekteerimise juhend 2001-52“ [8].

Tee valmimise ajaks ehk baasaastaks on võetud 2014. Liikluse prognoos on tehtud 20 ja 25 aasta peale sealhulgas katendi tugevusarvutuste teostamiseks on koormussagedused arvutatud 20 aasta peale. Koormussageduse arvutamisel on aluseks võetud 2013. aastal loendatud sõidukite liikide jaotus ja 2034. aastaks prognoositud liiklussagedus. [8]

Tabel 2

Liiklusvahendite 100 kN teljekoormusele taandamise siirdetegurid liiklusprognoosis [8]

Näitaja	BUSSID		VEOAUTOD			AUTO- RONGID
	B2	BR3	VA2	VR3	VR2+2	
Siirdetegur	0,72	1,7	0,75	1,8	2,7	2

Järgnevalt on leitud sõidukite osatähtsus klasside kaupa 2013. aastal tehtud loenduse alusel. Seejärel on arvutatud sõidukite arv klasside kaupa prognoositud liikluse alusel ning vastavad koormussagedused. Sõidutee laiusel üle 6m on arvestatud rajategurit 0,55. [8]

Leitud koormussageduste järgi on leitud vajalikud minimaalsed elastsusmoodulid teelõikudele. Kõikidel lõikudel on koormusgrupiks valitud A grupi veoauto, sest peamine osakaal raskeliikluses on põhimaantee nr 2 veoautode transiitliiklusel.

E_{vaj} arvutusel kasutatav valem (nr 1) ja parameetrid [8]:

(1)

$$E_{vaj} = a \cdot \log(Q) + b,$$

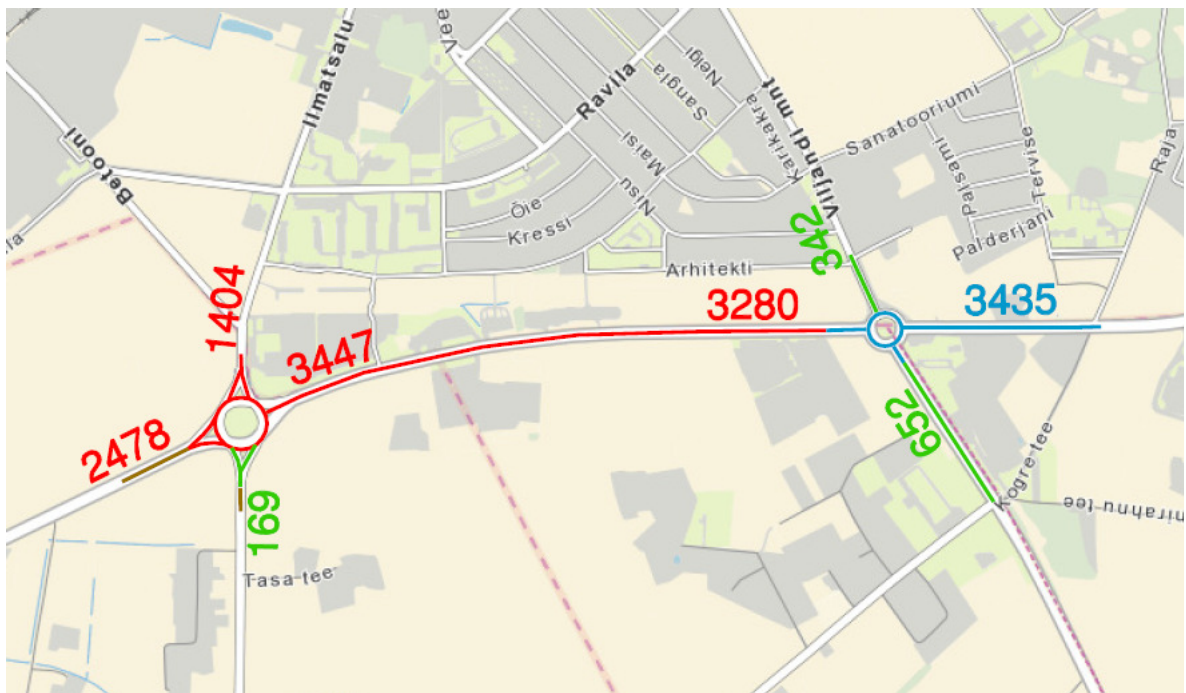
kus $a=67,6$

$b=61,3$

Tabel 3

Koormussagedused ja vajalikud elastsusmoodulid 2034 aastaks [8]

Ristmik	Suund	Koormus (telge/ööp)	E vajalik (MPa)
Viljandi ringristmik km183,63	1 - Tallinn	3120	298
	2 - Võru	3275	299
	3 - Viljandi	628	250
	4 - Tartu	337	232
Ilmatsalu ringristmik km182,23	1 - Tallinn	2478	291
	2 - Võru	3447	300
	3 - Ilmatsalu	169	212
	4 - Tartu	1404	274



Joonis 2. Prognoositud koormussagedused enimkoormatud sõidurajal (10 kN normtelge/ ööp) [8]

Skeemil 2 on punase, sinise ja rohelisega näidatud projekteeritava uue katendi ulatus põhimaanteedel. Pruuniga on näidatud ülekattega osad.

3.4. Katendikonstruktsioonide tugevusarvutused

Antud peatükis peab projekteerija selgitama ja ära põhjendama, mis põhimõtetel ta katendikonstruktsioonid valib. Kuna tegu on suurema objektiga, siis ei saa siin piirduda ühe kindla katendikonstruktsiooniga. Lähtuvalt eespool toodud koormussageduste prognoosi andmetest tuleb välja selgitada optimaalseimad lahendused ristuvatele väiksema koormusega teedele ja ristmikele. Lõputöös käsitletavas projektis on tehtud üldistus, kus kogu peatee (mnt nr 2) on määratud üks konstruktsioon ja ristuvale tee (mnt nr 92) teine konstruktsioon. Tugevusarvutusi tehakse reaalselt ainult kahele põhikonstruktsioonile ja ülejäänud väiksemate harude konstruktsioonid valitakse kogemuslikult. Lisaks on tehtud eraldi kolmas tugevusarvutus veoautode parklale.

Seega saadakse tugevusarvutuste tulemusena kaks põhikonstruktsiooni, mida saab modifitseerida vastavalt mõne projekteeritava lõigu eripäradele. Näiteks tuleb remondilõigu otstes uus konstruktsioon olemasolevaga kokku viia tasandusfreesimisega või piirdatakse mõne suurema mahasõidu puhul ainult katendi ülemiste kihtidega.

Katendiarvutuse kaustas on lisaks eraldi välja toodud pakutud konstruktsioonid suurematele ja väiksematele mahasõitudele, kergliiklusteedele, betoonkiviga katetele. Projekteerija peab jälgima, et kõigis konstruktsioonides kasutatakse võimalikult palju sarnaseid materjale, et ehitajal oleks lihtsam. Ei ole mõtet tee keskele projekteeritud kitsa eraldusriba korral projekteerida eraldi kõrguste ja materjalidega liivalust või killustikust kihti. Tulenevalt ehituse keerukusest võib see ehitajale lõppkokkuvõttes kallimaks minna, kui ehitada kõik aluskihid ühes tükis.

3.4.1. Tugevusarvutuseks valitud konstruktsioonide põhjendused

Katendi tugevusarvutused on tehtud katendiarvutamise programmiga KAP (17.12.2012) ja tulemused on toodud lisades 1-5. Erinevate katendikonstruktsioonide paremaks jälgimiseks saab ülevaate lisades olevatelt joonistelt 5-6.

Geoloogilistest uuringutest lähtudes on katendiarvutuses kogu alal aluspinnaseks võetud kerge saviliiv, mis on valdav. Antud katendiarvutuse projekt ei näe ette rajada olemasoleva muldkeha osas muldkeha

uuendamist. Olemasolev muldkeha on suhteliselt madal (0,5 - 1,2 m) ja laugete nõlvadega. Planeeritav materjali väljakaevamise sügavus olemasolevast teekattest on keskmiselt 0,5 m.

Lähtudes Maanteeameti "Muldkeha remondi projekteerimise juhise 2006-27" on antud töös ette nähtud projekteeritud uue tee muldkeha laiendustel maksimaalselt ära kasutada olemasolevat väljakaevatavat muldkeha materjali. Sedasi saavutatakse maksimaalselt ühtlaste omadustega katendi aluspind. [2: 6]

Arvestades, et tegemist on I niiskuspaiikkonnaga ja pinnasevesi on sügavamal kui külmumissügavus, on olemasoleva muldematerjali ($k_f < 0,5$) kasutamine muldkeha laiendusteks otstarbekas. Projekteeritavalt uuel muldelt tuleb maksimaalselt tagada vete äravool külakraavidesse või sadevee torustikku. Maantee ristlõikega tee osadele tuleks tagada teekatte pinna kõrgus maapinnast või kraavi põhjast vähemalt 0,8m. Linna ristlõikega tee osadel tuleb katendi veerežiimi tagamiseks välja ehitada sadevee eesvoolu torustik restkaevudega.

Tagamaks maksimaalset drenivust on konstrueeritud uues katendis drenikihi materjaliks valitud keskliiv. Keskliiva asemel võib kasutada ka optimaalse terakoostisega kruusa.

Kuna tegemist on suures osas olemasolevale muldkehale jääva uue katendiga, on enamasti planeeritud olemasoleva materjali väljakaevamise sügavuseks ca 0,5m. Seega on kavandatud katendikonstruktsioonid valitud maksimaalselt õhukesed. Lähtuvalt sellest on kõige sobivam uus katend kompleksstabiliseerimisega.

Antud katendiarvutuse aruandes on käsitletud optimaalseima katendi leidmiseks ja põhjendamiseks kahte erinevat tüüpi katendit, mille aluse tugevdamiseks on kasutatud kompleksstabiliseerimist ja mustkillustikku. Ülejäänud katendikonstruktsiooni variandid on paksemad ja vajaks olemasoleva tee väljakaevamist sügavamalt.

Projekteeritav ala on tugevusarvutusteks jagatud vastavalt koormussagedustele ja aluspinnasele kaheks erinevaks piirkonnaks.:

- põhimaantee 2 osa Pk -1+00 – 17+85 koos Ilmatsalu ja Viljandi ringristmikuga + Tartu suunaline haru ja 60,0 m lõik Viljandi ringi Viljandi suunalisest harust;
- põhimaantee 92 osa Pk 0+50 – 6+35 väljaarvatud Viljandi ringi osa.

Põhimaantee 2 remondilõigu alguses Pk -2+61 - Pk -1+00 ja lõpus Pk 17+85 - 19+00 ning Ilmatsalu ringi Ilmatsalu harul ja Viljandi ringi harude lõppudes viia uus katend olemasolevaga kokku tasandusfreesimise ja ülekattega.

Eraldi katendiarvutus on tehtud põhimaantee nr 2 ääres olevale veoautode parklale Pk 2+00 - 3+00. Parkla katendiarvutuses on kasutatud staatilist koormust. Kuna Eestis hea metoodika staatilise koormusega katendiarvutuseks puudub, siis antud parkla katendiarvutus on soovituslik ja lõpliku katendikonstruktsiooni paikapanemisel on arvestatud ka väljakujunenud üldkasutatavaid konstruktsioone. Parkla katendiarvutuse lähteandmetes on vajalik elastsusmoodul valitud vastavalt projekteeritava tee klassile II ja vastavalt tellija soovitustele on tugevusarvutuste tulemustes jäetud minimaalne tugevusvaru vähemalt +5.0%.

Vastavalt 2012a Ramboll AS-i poolt koostatud LO auditile ja ekspertiisile ei ole soovitav rekonstrueeritavas katendis säilitada olemasolevat alust Ilmatslau ringi ja Ilmatsalu ringi ning Viljandi ringi vahelises osas.

Antud katendi aruandes on välja pakutud uued katendikonstruktsioonid koos uue drenkihi rajamisega.

3.4.2. Katendiarvutuse üldised lähteandmed

- Tee klass: maantee nr 2 - I kl, maantee nr 92 - II kl;
- töökindluse tegur K_{tk} 0,95;
- tugevustegur K_{tt} 1,0;
- pinnase materjal: kerge saviliiv;
- normidest madalam muldkeha- Viljandi mnt, lõik Viljandi ring-Raja tn;
- niiskuspaikkonna tüüp I;
- pinnasetegur $B = 2,0 \text{ cm}^2/24 \text{ h}$.

Vastavalt liiklusuuringule on prognoositavad koormussagedused põhimaantee nr 2 eri lõikudel suhteliselt sarnased. Seega pole mõtet teha peateele eraldi konstruktsiooniga katendeid. Projektis on eristatud põhimaanteedele kaks katendi tüüpi. Eraldi katend põhimaanteele nr 2 ja klass nõrgem katend maanteele nr 92.

Arvestades 2012a Ramboll AS-i poolt tehtud ekspertiisi soovitusi on Viljandi ringile ning selle peatee harudele ja Viljandi suunalisele harule projekteeritud eraldi tugevam katend, millele pole tehtud eraldi tugevusarvust. Tugevama katendiga osa ulatub Viljandi ringist 100,0 m peatee harudele ja 60,0 m Viljandi suunalisele harule. Tugevuse lisamiseks Viljandi ringi piirkonnas on AC 32 base ja AC 16 base kihid projekteeritud 10 cm paksusega.

Mõlemale erineva tugevusega põhimaantee katendile on tehtud 2 alternatiivset kontrollarvutust:

- kompleks- stabiliseeritud (KS) alusega;
- mustkillustikust (MUK) aluskihiga.

Eri variantidele on arvutatud orienteeruvad hinnad Maanteeameti poolt 2011. ja 2009. a tellitud teeremonditööde hindade tabeli alusel.

Veoautode parklale on välja pakutud katendi variant kergimmutusega fraktsioneeritud killustikust alusel. Kergimmutuse osa on arvestatud killustiku kihi paksuse hulka. Seega ehitatava killustikukihi paksus on koos kergimmutusega 29 cm. Parkla ehitatakse uuele peenliivast muldele, mille paksus on vähemalt 0,5 m.

3.4.3. Katendiarvutus põhimaanteel nr 2

Kuna geoloogia järgi on olemasolevas muldes palju erinevaid kihte (kruusliiv, keskliiv, tolmlüiv, mullasegune tolmlüiv, kerge saviliiv) ja olemasoleva muldematerjali filtratsioon $K_f < 0,5$, siis on katendiarvutusel valitud olemasoleva mulde või aluse materjaliks halvim variant kerge saviliiv.

Puuraugu PA71 piirkonnas Pk16+0 - 17+00 esineb teetammis külmumissügavusel mullakihti, mis tuleks enne uue katendi rajamist koos kruusliiva kihiga eemaldada täies ulatuses ja asendada uue materjaliga.

Vastavalt Maanteeameti käskkirjale 2006-222 "Elastsete teekatendite projekteerimise juhendi 2001-52 muutmine" on põhiteedele konstrueeritud katendite ülakihi (SMA 3 cm) peale katendiarvutust lisatud 1 cm kulumisvaru. [11]

Katendi tugevusarvutuste tulemused ja hinnakalkulatsioonid on esitatud järgnevides tabelites:

Tabel 4

Katendi tugevusarvutuste tulemused ja hinnakalkulatsioonid mnt 2

Variant 1 (KS)		sulgudes hind €/m ²
SMA 12		4 cm (9,0)
AC 16 bin		5 cm (7,51)
AC 32 base		6 cm (5,83)
KS 32		17 cm (3,78)
Reakillustik, fr 4/63		20 cm (4,08)
Keskliiv (dreenkiht)		20 cm (1,5)
Olemasolev alus (kerge saviliiv)		
	Kokku	31,70 €/m ²
Variant 2 (MUK)		
SMA 12		4 cm (9,0)
AC 16 bin		5 cm (7,51)
AC 32 base		6 cm (5,83)
MUK 12/32		8 cm (7,63)
Tardkivikillustikust kiht fr4/32		15 cm (7,23)
Reakillustik, fr 4/63		22 cm (4,49)
Keskliiv (dreenkiht)		20 cm (1,5)
Olemasolev alus (kerge saviliiv)		
	Kokku	43,19 €/m ²

3.4.4. Katendarvutus põhimaanteel nr 92

Kuna geoloogia järgi on olemasolevas muldes palju erinevaid kihte (kruusliiv, keskliiv, tolmlüiv, mullasegune tolmlüiv, kerge saviliiv) ja olemasoleva muldematerjali filtratsioon $K_f < 0,5$, siis on katendarvutusel valitud olemasoleva mulde või aluse materjaliks halvim variant kerge saviliiv.

Tabel 5

Katendi tugevusarvutuste tulemused ja hinnakalkulatsioonid mnt 92

Variant 1 (KS)		sulgudes hind €/m ²
AC 12 surf		5 cm (7,51)
AC 16 base		6 cm (5,83)
KS 32		15 cm (3,33)
Reakillustik, fr 4/63		20 cm (4,08)
Keskliiv (dreenkiht)		20 cm (1,5)
Olemasolev alus (kerge saviliiv)		
	Kokku	22,25 €/m ²

Tabel 5 jätk

Variant 2 (MUK)	sulgudes hind €/m²
AC 12 surf	5 cm (7,51)
AC 16 base	6 cm (5,83)
MUK 12/32	7 cm (6,68)
Tardkivikillustikust kiht fr4/32	12 cm (5,78)
Reakillustik, fr 4/63	25 cm (5,10)
Keskliiv (dreenkiht)	20 cm (1,5)
Olemasolev alus (kerge saviliiv)	
Kokku	32,40 €/m ²

3.5.Valitud katendikonstruktsioonid

Lähtudes tehtud katendi arvutustest ja eespool tehtud hinnavõrdlusest jäävad projekti järgnevalt kirjeldatud katendikonstruktsioonid:

Tabel 6

Valitud katendikonstruktsioonid põhimaanteel nr 2

TÜÜP I põhitee nr 2 PÕHIMAANTEEL NR 2 PK-1+00 - 12+30; PK 14+90 - 17+85	
SMA 12	4 cm
AC 16 bin	5 cm
AC 32 base	6 cm
KS 32	17 cm
Reakillustikust kiht, fr 4/63	20 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Olemasolev mulle või mulde laiendus olemasoleva mulde materjalist	
TÜÜP Ia põhitee nr 2 Viljandi ringil ja peatee harudel 100m	
SMA 12	4 cm
AC 16 bin	5 cm
AC 32 base	10 cm
KS 32	17 cm
Reakillustikust kiht, fr 4/63	20 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Olemasolev mulle või mulde laiendus olemasoleva mulde materjalist	

Tabel 7

Valitud katendikonstruktsioonid põhimaanteel nr 92

TÜÜP II põhitee nr 92 ja Ilmatsalu ringi Rahinge harul tee nr 103	
AC 12 surf	5 cm
AC 16 base	6 cm
KS 32	15 cm
Reakillustikust kiht, fr 4/63	20 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Olemasolev mulle või mulde laiendus olemasoleva mulde materjalist	
TÜÜP IIa põhitee nr 92 Viljandi ringi Viljandi harul 60m	
SMA 12	4 cm
AC 12 bin	5 cm
AC 16 base	10 cm
KS 32	15 cm
Reakillustikust kiht, fr 4/63	20 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Olemasolev mulle või mulde laiendus olemasoleva mulde materjalist	

Tabel 8

Valitud katendikonstruktsioon veoautode parklas

TÜÜP III Veaautode parkla ja parkla mahasõidud	
AC 12 surf	4 cm
AC 16 base	6 cm
Kergimmutus kiilekillustikuga fr 8/12	4 cm
Fraksioneeritud killustikust kiht, fr 32/63	25 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Mulle peenliivast	Min 50 cm
Aluspinnas (kerge saviliiv)	

Mahasõitude ja muude alade katendikonstruktsioonid on valitud vastavalt Maanteeameti tüüpkatendikonstruktsioonidele või varasemates projektides heakskiidu saanud katendikonstruktsioonidele [3].

Mahasõitudele ja muudele aladele valitud katendikonstruktsioonid on järgmised:

Tabel 9

Valitud katendikonstruktsioonid mahasõitudele ja jalgteedel

TÜÜP IV Suuremad mahasõidud	
AC 12 surf	4 cm
AC 16 base	6 cm
Reakillustikust kiht, fr 4/63	25 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Olemasolev mulle või mulde laiendus olemasoleva mulde materjalist	
TÜÜP V Väiksemad mahasõidud	
AC 12 surf	5 cm
Reakillustikust kiht, fr 4/63	20 cm
Keskliivast drenkiht	min 20 cm
Olemasolev mulle või mulde laiendus olemasoleva mulde materjalist (kerge saviliiv)	
TÜÜP VI Jalg- ja jalgrattatee	
AC 8 surf	5 cm
Ridakillustik, fr 4/32	15 cm
Keskliivast drenkiht	20 cm
Täitepinnas (kruusliiv), vajadusel	
Aluspinnas	

Tabel 10

Muud katte konstruktsioonid

Betoonkividest kattega katend	
Betoonkivid	6 cm
Paigaldusliiv	3 cm
Ridakillustik, fr 4/32	15 cm
Keskliiv	20 cm
Täitepinnas (peenliiv), vajadusel	
Aluspinnas	
Graniitkividest kattega katend	
Graniidist täringukivi	14x14 cm
Paigaldusbetoon C8/10	10 cm
Ridakillustik, fr 4/63	20 cm
Keskliiv	20 cm
Täitepinnas (peenliiv), vajadusel	
Aluspinnas	

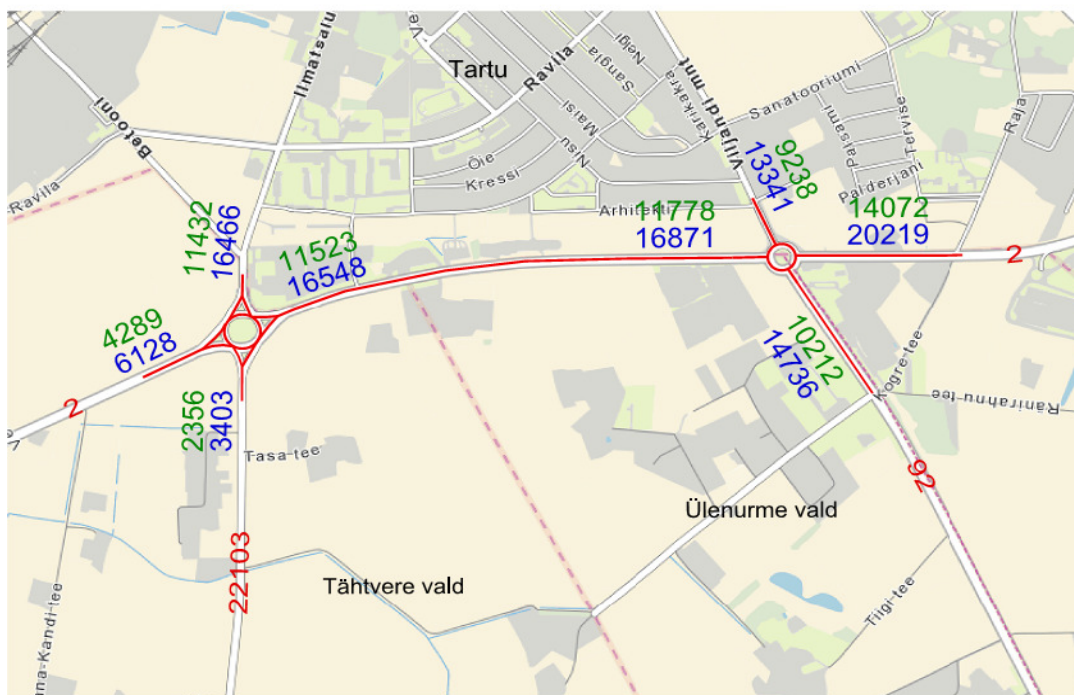
Tabel 10 jätk

Sõidutee peenar	
Pideva terakoostisega killustikust segu nr 3, fr 0/32	9- 15 cm
Alus	
Haljastus	
Muru (klass III)	
Kasvupinnas	10 cm
Täitepinnas, vajadusel	
Aluspinnas	

3.6. Katendikonstruktsioonis kasutatavate materjalide kvaliteedinõuded

Materjalide kvaliteedinõuete määramisel on lähtutud Maanteeameti juhenditest "Killustikust katendikihtide ehitamise juhend 2012-2" ja "Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise 2010-1". Materjalide nõuded määratakse AKÕL 15 järgi. See tähendab, et kasutatavate materjalide tugevus prognoositud aasta keskmise ööpäevase liiklussageduse juures on piisav, et tagada vastupidavus viieteistkümneks aastaks. Samas on liiklusprognoos tehtud kahekümne aasta peale. Materjalide nõuded tuleb ikkagi valida vastavalt kehtivatele juhendmaterjalidele ehk siis AKÕL 15 järgi.

Vastavalt tehtud liiklusprognoosile on koormussageduste ja liikussageduse prognoosimisel kasutatud madalat kasvustsenaariumit, mis on alljärgneval skeemil näidatud rohelise värviga. Sinisega on näidatud keskmine kasv. Prognoositud liiklussagedused aastaks 2034 jäävad vaadeldud lõikudel peamiselt II klassi maanteele määratletud liiklussageduste vahemikku, mis on 6000- 14500 a/ ööp. [8]



Joonis 3. Proгноositud liiklussagedused (AKÖL) 2034 kohta [8]

Seega asfaldisegudel kasutatavad segu tüübid oleks Ilmatsalu ringi Tallinna ja Ilmatsalu suundadel $3000 < AKÖL \leq 6000$, Viljandi ringi Viljandi ja Tartu harudel $6000 < AKÖL \leq 12000$ ja Põhimaantee nr 2 kogu ulatuses $AKÖL > 12000$ (tabel 1) [12: 6].

Killustikaluste puhul tuleb valida segude nr 2 ja nr 3 vahel (tabel 1) [13: 6].

Materjalide ühtlustamiseks on kogu põhimaanteele nr 2 valitud asfaldisegude segutüübiks tüüp nr. 6 ja põhimaantee nr 92 harudele tüüp nr 5. Võimalusel saab segu nr. 5 või nr. 4 kasutada ka Ilmatsalu ringi Tallinna ja Ilmatsalu harudel.

Killustikaluskihitide puhul tuleb kogu objekti ulatuses kasutada segu nr. 2. Parkla ja mahasõitude korral võib kasutada segu nr. 6.

Tabel 11

Materjalide nõuete koondtabel

Segu	Kihi paksus	Bituumeni mark	Sideaine sisaldus, B _{min}	Sõelkõver	Segu jämetäitematerjalile esitatavad nõuded
Põhimaantee nr 2					
SMA 12	4 cm				Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 6A
AC 16 bin	5 cm	70/100	5,2	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 2	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 6C
AC 32 base	6 cm (10 cm)	70/100	3,6		Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 6D
KS 32	17 cm			Stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhis, tabel 3	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 2
Ridakillustik fr 4/63	min 20 cm			Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 5 Pos. 4	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 2
Põhimaantee nr 92					
AC 12 surf	5 cm	70/100	5,6	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 2	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 6B
AC 16 base	6 cm (10 cm)	70/100	3,8		Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 6D
KS 32	15 cm			Stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhis, tabel 3	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 2
Ridakillustik fr 4/63	min 20 cm			Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 5 Pos. 4	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 2
Suuremad mahasõidud					
AC 12 surf	4 cm	70/100	5,6	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 2	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 2B
AC 16 base	6 cm	70/100	3,8		Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 2D
Ridakillustik fr 4/63	25 cm			Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 5 Pos. 4	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 6
Väiksemad mahasõidud					
AC 12 surf	5 cm	70/100	5,6	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 2	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 2B
Ridakillustik fr 4/63	20 cm			Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 5 Pos. 4	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 6
Jalgratta- ja jalgteed					
AC 8 surf	5 cm	70/100	6,0	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 2	Asfaldist katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter 1B
Ridakillustik fr 4/32	15 cm			Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 5 Pos. 3	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 1 lahter nr 7
Peenrakindlustus					
killustikuga segu 0/32 (segu nr. 3)	9-15 cm			Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 3	Killustikust katendikihtide ehitamise juhis, tabel 2 lahter nr 3

- Märkused.
1. KS 32: Killustiku sisaldus 50 %, freesitud materjali sisaldus 50 %, tsemendi mark HRB32,5 sisaldus 2 – 3 %, bituumenemulsiooni mark C60B4 sisaldus 1,0 – 1,2 %.
 2. AC surf kihid: Täitematerjal tuleb valida selliselt, et peale sideainekile mahakulumist on tagatud objekti ulatuses katte ühtlane värvitoon, kui Tellija ei ole määranud teisiti.

3.7. Ehitustööde tehnoloogia kirjeldus

Ehituse tehnoloogia kirjeldusega annab projekteerija lühiiseloostuse oma nägemusest ehituse kohta. Kõik sõltub muidugi ka ehitaja või alltöövõtu korral katendarvutuse tellinud projekteerija professionaalsusest. Üldjuhul lähtub ehitaja ikkagi projekti koosseisus olevatest katendi konstruktiivsetest tüüplõigetest ja teetööde kirjeldustest. Hilisemas ehituse kvaliteedis sõltub palju ka näiteks järelvalvest. Kas ta oskab projekti õigesti lugeda jne.

3.7.1. Maantee ristlõikega lõigud

Maantee lõikudel tuleb olemasolev kate üles freesida. Olemasolevate peenarde materjal ja peenra täitematerjal tuleb üles kaevata ja ära vedada.

Olemasolev mulle tuleb välja kaevata keskmiselt kuni 0,5 m sügavuseni olemasoleva katte pinnast.

Mulde laiendustel lõigata muldesse astmed ja täita need olemasoleva mulde materjali või peenliivaga projekteeritud mulde pealispinnani. Muldele laotada keskliivast drenkiht min paksusega 20 cm. Ehitada reakillustikust kiht 20cm kuni mulde äärteni.

Seejärel ehitada KS 32 kiht. Stabiliseeritud kihile paigaldada asfaldikihid. Paigaldada peenratäite materjal ja peenra katte materjal. Planeerida nõlvad, külvata muru.

3.7.2. Linna ristlõikega lõigud

Olemasolev kate üles freesida. Lammutada olemasolevad äärekivid. Olemasoleva katte alune pinnas tuleb ära vedada keskmiselt 0,5m sügavuseni, et saavutada ette nähtud katendikonstruktsiooni alune kõrgus. Nõrga täitepinna ja mulla korral tuleb täiendava kruusliiva kihi paigaldamiseks lisaks pinnast ära vedada. Vajadusel ehitada või ümber tõsta tehnovõrgud. Paigaldada drenkiht ja reakillustikust kiht.

Seejärel ehitada KS 32 kiht ja paigaldada äärekivid. Stabiliseeritud kihile paigaldada asfaldikihid. Paigaldada vajadusel peenratäite materjal ja peenra katte materjal. Planeerida nõlvad, külvata muru.

4. MULDKEHA

Katendiarvutuse programmis ei ole otseselt võimalik muldkeha arvestada. Muldkeha ei ole katendikonstruktsiooni otsene osa. Projekteerijal on võimalus valida erinevate aluspinnaste vahel ja siis juba edasi paika panna katendi kihte. Samas on KAP programmis algandmeid sisestades võimalik aluspinnaseks valida ka näiteks liiva, kruusliiva ja keskliiva, mis võivad olla samamoodi ka drenikihi materjalid, kui nende filtratsioon on piisav.

Tekib küsimus, kuidas saab katendiarvutuses kasutada näiteks liivsavist aluspinnast, kui on niigi ette nähtud 1,5 m kõrgune uus kruusliivast mulle. Ka drenikihis kasutatakse kruusliiva. Algselt võib ju tegu olla savise aluspinnase ja teise niiskuspakkonnaga, kuid uue muldkeha rajamisega tõstetakse teed oluliselt ja rajatakse ka külakraavid. Siit tekib olukord, kus on ebaselge, mida kasutada katendiarvutuses aluskihi materjalina, kas kruusliiva või liivsavi. Ei KAP programmi juhendmaterjalis, ega elastsete katendite projekteerimisjuhises, pole kirjeldatud, kui suure drenikihi paksuse pealt peaks aluskihi materjalina kasutama olemasolevat looduslikku materjali või siis kasutama juba rajatud uue muldkeha materjali.

Praktikas on välja kujunenud olukord, et kui katendi alumise kihi (enamasti drenikiht) paksus ületab 0,7 m, siis käsitletakse seda katendiarvutuses, kui alumist kihti.

Uue muldkeha kavandamisel tuleb lähtuda põhiliselt Maanteeameti poolt väljastatud Muldkeha remondi projekteerimise juhise 2006-27 [2].

"Muldkeha remondi projekteerimisel tuleb tagada muldkeha vajalik tugevus ja püsivus vähimate remondikuludega. Kui vähegi võimalik, tuleb mulded rajada kogu muldkeha laiuses horisontaalsetest, ühtlastest pinnasekihtidest" [2:5].

Vastavalt geoloogiale tuleb otsustada, kas olemasolevat mullet saab säilitada ja laiendada või tuleb kogu muldkeha materjal välja vahetada. Eestis jäetakse enamasti olemasoleva teetrassi

rekonstrueerimisel olemasolev mulle maksimaalselt alles ja katte laiendustel ehitatakse mulde laiendused samalt objektilt saadavast kasulikust materjalist.

Kasuliku muldematerjali ülejääk tekib olukorras, kus teekatte rekonstrueerimisel asendatakse kogu katend. Uue katendi puhul tuleb olemasolevad killustiku ja kruusa kihid vähemalt 50 cm sügavuselt välja kaevata ja asendada uuega. Väiksemamahuliste muldelaienduste puhul piisab täielikult objektilt saadavast kasulikust materjalist. Kui on tegu suuremamahulisemate muldkeha laiendustega, siis võiks kaaluda olemasoleva materjali kasutamist laienduste alumistes kihtides või mõnel terviklikul remondilõigu osal.

"Laiendamiseks kasutatav pinnas peab olema samasugune, kui vana mulde pinnas. Pinnaste erinevuse korral peab juurdelisatav pinnas olema paremate drenivate omadustega. Olemasolevaid drenivatest pinnastest muldeid ei ole lubatud laiendada mittedreenivate pinnastega" [2:6].

Lisaks muldele nõuetekohaste piki ja põikikallete, kõrguste ja nõlvuste andmisele on muldkeha konstrueerimisel võimalik teha täiendavaid arvutusi seoses muldkeha veerežiimiga.

"Veeviimarite kompleksi ülesandeks on vee kogumine ja ärajuhtimine või ennetava abinõuna vee liikumise takistamine (muldkeha ülemistesse kihtidesse) eesmärgiga ära hoida muldkeha üleniiskumine ja kindlustada enam-vähem optimaalne niiskusrežiim" [2:34].

Veerežiimiga seotud arvutused on [2]:

- kraavide arvutus,
- drenaaži arvutus,
- drenihi arvutus.

Järgmises peatükis on täpsemalt käsitletud drenihi arvutust, kuna drenihiht on samal ajal nii katendi osa, kui ka mulde ülemine kiht. Seega õige drenihi materjali ja paksuse valik sõltub ka muldkeha veerežiimist.

5. DREENKIHI ARVUTUS

Käesolevas lõputöös käsitletavas Tartu läänepoolse ringtee I ehitusala katendiarvutuses ei käsitleta konkreetselt katendi drenkihi arvutust. Arvutus on lõputöösse lisatud täiendava uuringuna.

Drenkihi arvutust üldjuhul ei tehta. Tavaliselt piirdub projekteerija normidekohase mulde kõrguse määramisega ja kraavide projekteerimisega. See tähendab, et tagatakse katendis olevale drenkihile normaalne põhjakalle 4,0% ja vee äravool külgnevatesse kraavidesse.

Katendiarvutuses käsitletavas Tartu ümbersõidu projektis on lisaks tüüpilisele kõrgema muldkehaga maantee ristlõikele tegemist ka linnale omase tee ristlõikega, kus tee on samas tasapinnas ümbritseva maapinnaga ja sadeveed juhitakse enamast äärekividega tekitatud rentsliitest restkaevudega sadeveetorustikku.

Mõlemal eelkirjeldatud juhul on drenkiht liigvee eest kaitstud ja töötab normaalses oludes ilusasti.

Samas tekib talvel teekonstruktsiooni külmumisest ja ja kevadel omakorda konstruktsiooni sulamisest olukord, kus lumest vaba teekatte all sulab pinnas kiiremini ja selle ümber olev veel külmunud mulde osa omandab küna kuju, kust vee äravool ei ole tagatud.

Vesi tekib talve jooksul drenkihti seoses niiskuse ümberpaiknemisega alumistest soojadest kihtidest külmumispäirile. Külma ronimisel järjest sügavamale tekivad jääläätsed kogu teekonstruktsiooni kuni külmumissügavuseni.

Kevadist sulamise olukorda muldes teede projekteerimisel tavaliselt ei arvestata. Ilmselt on ka aastate jooksul tekkinud teedehituse kogemusest selge, kuidas käituvad erineva paksusega materjalidega drenkihid kevadisel sulamisperioodil.

Antud uurimustöös on püütud vastavalt Maanteeameti poolt välja antud "Muldkeha remondi projekteerimise juhisele 2006-27" teha katendiarvutustes käsitletavatele katenditele täiendav drenkihi

kontrollarvutus kevadise sulamisvee mahutavuse ja ärajuhtimise suhtes, kuna projektis on katendikonstruktsioonidele valitud miinimum paksusega (0,20m) drenikiht.

Autode sõitmisel kevadisel sulamisvetest küllastunud teekonstruktsioonil tekib üleniiskunud pinnases hüdrodünaamiline surve, pinnase vastupidavus nihkele väheneb ja tihti lõpeb kogu protsess katte purunemisega. Järelikult peab olema garanteeritud vee õigeaegne äravool drenikihi kaudu või drenikihti. [2: 38]

Vee hulk, mis kevadisel sulamisperioodil alusesse koguneb, on peamiselt kahte päritolu [2: 38]:

- vesi, mis vabaneb katte ja peenarde all oleva pinnase sulamisel
- ülevalt läbi pragude, vuukide ja peenarde imbunud kevadine vihmavesi

"Meie kliimas on pinnase sulamise kiirus katte all umbes 5 cm päevas, peenardel umbes 3 cm päevas. Järelikult tuleb leida koht, kuhu mahutada 3-6 päeva jooksul kogunev vesi. Üks võimalus on kogu vesi mahutada drenikihi pooridesse. Sulav pinnas on võimeline mahutama vee hulka, mis on ligikaudu 0,75 voolavuspiirile vastavast niiskusest, ülejäänud osa surutakse üles drenikihti" [2: 38].

Arvutuslik vee hulk $q_a [m^3]$, mis võib sattuda drenikihti ööpäevas, leitakse valemiga (2) [2: 38]:

(2)

$$q_a = q * k_e * k_h / 1000,$$

kus $q [l/m^2]$ – normatiivne drenikihti sattuda võiva vee hulk ööpäevas (Tabel 29) [2];

Märkus. Kuna linnaristlõikega lõikudel on palju haljasribasid ja mulle madal, siis tuleb q väärtust suurendada 20% [2: 39].

$$q = 2,5 * 1,2 = 3,0 l/m^2$$

k_e – tegur, mis arvestab pinnase ebaühtlast ülessulamist ja sademete hulka (Tabel 30) [2];

k_h – hüdroloogiline varutegur, mis arvestab drenikihi filtratsioonivõime vähenemist ekspluatatsiooni käigus (Tabel 30) [2].

Seega saame arvutusliku drenikihti sattuva veehulga vastavalt valemile (2):

$$q_a = 3,0 * 1,5 * 1,0 / 1000 = 0,0045 m^3$$

Kogu arvutuslik veehulk Q_a [m³] sulamise hilinemisest leitakse valemiga (3) [2: 39]:

(3)

$$Q_a = q_a \cdot T_{\text{tag}},$$

kus T_{tag} – veeviimarite sulamise hiline mine, meie kliimatsoonis 4-6 päeva, suurem hiline mine vastab peenliivadele.

Kogu arvutuslik veehulk sulamise hilinemisest on vastavalt valemile (3):

$$Q_a = 0,0045 \cdot 5 = 0,0225 \text{ m}^3$$

"Dreenihi arvutamisel on vaja teada, et mitte iga materjal ei sobi dreenikihi ehitamiseks. Materjali sobivuse dreenikihi jaoks määrab peamiselt üksainus näitaja – filtratsioonimoodul K_f ." [2: 39].

Tabel 12

Filtratsioonimooduli K_f soovitatavad minimaalsed väärtused [2: 39]

Paikkonna tüüp	Sõidutee laus (m)	Min K_f (m/ööp)
2	6	3 (2)
	7...7.5	4
	12 ja enam	5
3	6	4
	7...7,5	6
	12 ja enam	10

"Dreenihi materjalidena võib kasutada (v.a peenliiv) liiva, sõelmeid, kruusa või killustikku, mille $K_f \geq 2$, kui tee asetseb 2. paikkonnas; 3. paikkonna puhul $K_f > 3$ m/ööp" [2: 39].

Vanade nõuete järgi võis dreenikihi minimaalne filtratsioon olla $K_f \geq 2$.

Vastavalt Maanteeameti viimasele käskkirjale 2013-69 "Muldkeha ja dreenikihi projekteerimine; Filtratsioonimooduli määramine" on esimeses ja teises niiskuspaikkonnas lubatud filtratsioonimoodul vähemalt 1 m/ööp ja kolmandas niiskuspaikkonnas vähemalt 2 m/ööp. [14]

Meil on tegu 1 niiskuspaikkonnaga ja filtratsioon võib olla $K_f \text{ min} = 1$ m/ööp.

Dreenkihi arvutusviis sõltub dreenkihi materjali filtratsioonimoodulist [2: 40]:

- kasutades materjali, mille $K_f < 4$ m/ööp, arvutatakse tingimusele, et oleks garanteeritud kogu vee õigeaegne ärajuhtimine; mahutavusarvutust ei teostata, kuna kogemused näitavad, et sel juhul on tagatud ka sulamisperioodil tekkiva vee mahtumine;
- kasutades materjali, mille $K_f > 7$ m/ööp, arvestatakse ainult sulamisperioodil tekkiva vee mahtumise võimalust dreenkihi materjali pooridesse; eeldatakse, et hilisema vee ärajuhtimisega ei teki mingeid probleeme;
- kasutades materjali, mille $K_f = 4...7$ m/ööp, tuleb kontrollida nii sulamisperioodil tekkiva vee mahtumise võimalust dreenkihi materjali pooridesse kui ka vee õigeaegset ärajuhtimist.

"Sõltumata arvutustulemustest ei tohi dreenkiht olla õhem kui 0,20 m. Sama kehtib ka juhul, kui mulde pinnas ($K_f > 0,5$ m/ööp) ei tingi dreenkihi ehitamist, kuid liivakiht on vajalik kui katendi konstruktiivne kiht" [2: 40].

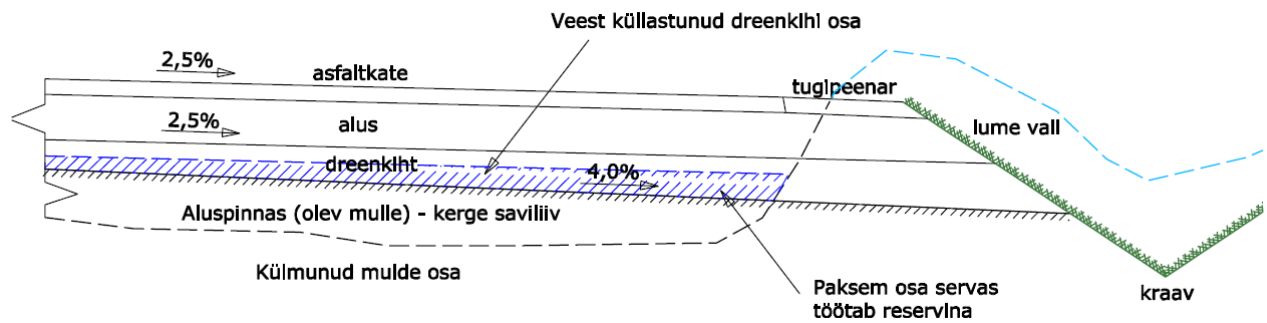
"Esialgu määratakse projekteerimisel dreenkihi (liivakihi) paksus konstruktiivselt või lähtudes külmakindluse kaalutlustest. Seejärel kontrollitakse kihti pooride mahutavusele. Seejuures tuleb arvestada, et veega küllastumist võib lubada ainult liivakihi alumises osas, ülemises osas võib olla ainult kapillaartõusust tulenev vesi. Niisiis, sõltumata dreenkihi materjali filtratsioonimoodulist ja konstruktiivsetest iseärasustest, koosneb dreenkihi kogupaksus H kahest osast" (4) [2: 42-43]:

(4)

$$H = h_k + h_v,$$

kus h_k [m] – veest täielikult küllastunud kihi paksus; dreenkihi kogupaksuse määramisel arvutatakse ainult selle kihi paksus;

h_v [m] – paksuse varu, ei arvutata vaid võetakse tabelist 33 võrdseks h_1 -ga [2].



Joonis 4. Teekonstruktsioon kevadisel sulamisperioodil

5.1. Dreenihi arvutus vee ärajuhtimisele

Dreenihi paksust on võimalik määrata nii nomogrammi abiga kui arvutuslikult. Matemaatiliselt oleks arvutus sarnane torudreeni arvutusele, kus kasutatakse Darcy valemit (5) [2: 43]:

(5)

$$Q = K_f \cdot h \cdot (i - dh/dx),$$

- kus Q – dreenihi 1m laiuse riba läbilaskevõime;
 K_f – dreenihi filtratsioonimoodul, m/ööp;
 i – dreenihi põhja kalle;
 h – muutuva kõrgusega veekiht dreenihis.

Teades Darcy valemit, millega saab leida dreenikhti läbivat vooluhulka (m^3 /ajaühiku kohta) ja eelpool leitud 1,0m laiuse riba kohta tulevat veehulka saab kasutada valemit (6) [2: 43]:

(6)

$$Q = q \cdot x,$$

- kus x [m] – kaugus tee teljest.

Integreerides x 0-st kuni L -ni ja h h_1 -st kuni h_2 -ni, saame valemi (7) [2: 43]:

(7)

$$L^2 \cdot Q / (2 \cdot K_f) = i \cdot L \cdot (2 \cdot h_1 + h_2) / 3 + (h_1^2 + h_2^2) / 2,$$

- kus L [m] – dreenihi laius tee ühel poolel.

h_2 – võetakse tavaliselt 0,05 m (veevoolu sügavus torudreenis). Valem (7) võimaldab leida drenikihi paksuse h_1 , teades i , L , Q ja K_f väärtuseid, või siis teades ülejäänud parameetreid, leida vajaliku filtratsioonimooduli K_f . [2: 43]

Võttes arvesse, et projekteeritava Tartu ringtee põhitee mulde pooled on kohati rohkem kui 10,0 m laiad ja et maksimaalne drenikihi laius ilma külgdreenideta võib olla samuti 10,0m [2:41].

Seega arvutustes on:

- $L = 10,0$ m;
- $Q = 0,0225$ m³;
- $K_f = 1,0$ m/ööp;
- i – drenikihi põhja kalle 0,04;
- h_2 – võetakse tavaliselt 0,05 m (veevoo sügavus torudreenis).

Kontrollarvutustest selgus, et projektis valitud 0,2 m paksusega keskliivast drenikis ei ole piisav vee ärajuhtimine kevadisel sulaperioodil tagatud filtratsioonimooduliga $K_f = 1,0$. Ülalpool toodud tingimustel peaks drenikihi paksus 10,0 m kaugusel tee teljest olema vähemalt 1,3 m.

Käsitletaval Tartu ringtee lõigul pole nii paksu drenikihi rajamine ehituslikult võimalik. Seega tuleks valida maksimaalselt hea filtratsiooniga drenikihi materjal. Kontrollarvutuse järgi peaks drenikihi filtratsioon olema vähemalt 5 m/ööp ja drenikihi paksus 10,0 m kaugusel tee teljest 0,4 m. Drenikihi paksusega 0,3m peaks keskliiva filtratsioonimoodul olema juba 7 m/ööp.

Vastavalt vee ärajuhtimise arvutusele ja valemi (4) järgi oleks vajalik drenikihi kogupaksus:

$$H = h_k + h_v = 0,4 + 0,15 = 0,55 \text{ m}$$

Lähtuvaalt vee ärajuhtimise arvutusest oleks soovitatav projektis drenikihi paksust ja ka nõutavat drenikihi filtratsioonimoodulit suurendada. Filtratsioon peaks olema vähemalt 5 m/ööp.

5.2. Dreenkihi arvutus sulamisvee mahutavusele

Kuna dreenkihist vee ärajuhitamise arvutuse järgi peab keskliivast dreenkihi nõutud filtratsioonimoodul olema vähemalt 5-7 m/ööp, siis tuleb vastavalt nõuetele teha ka arvutus sulamisvee mahutavusele.

Dreenkihi paksust, mis on võimeline mahutama kogu kevadel koguneva vee saab arvutada valemiga (8) [2: 44]:

$$h = ((q \cdot k_e \cdot k_h \cdot T_{\text{tag}}) / n + h_v \cdot (1 - \varphi_k)) / (1 - \varphi_{\text{talv}}),$$

kus n –dreenkihi materjali poorsus (keskliiva poorsus on 0,5);

φ_k –ülemise, kapillaarvett sisaldava kihi täitumus (võetakse ~0,7);

φ_{talv} –tegur, mis arvestab dreenkihi materjali pooride täituvust veega enne sulamise algust, võetakse sõltuvalt poorsusest ja kihi paksusest 0,3-0,7 - 0,35 (tabel 34) [2: 44]

Eelneva valemi lihtstatud kuju on (9):

$$h = (Q / n + 0,3 \cdot h_v) / (1 - \varphi_{\text{talv}})$$

Seega veest küllastunud kihi paksus h dreenkihis vastavalt valemile (9) on:

$$h = (0,0225 / 0,5 + 0,3 \cdot 0,15) / (1 - 0,35) = 0,138 \text{ m}$$

Vastavalt sulamisvee mahutavuse arvutusele ja valemi (4) järgi oleks vajalik dreenkihi kogupaksus:

$$H = h_k + h_v = 0,138 + 0,15 = 0,288 \text{ m}$$

Seega vastavalt sulamisvee mahutavuse arvutusele projektis kasutatav dreenkihi paksus sobib.

5.3. Dreenkihi arvutuse järelused

Dreenkihi arvutusi tehes peab ilmselt arvestama, et arvutused vee ärajuhtimisele dreenkihist tuleks teha alati, kuna projektides eeldatav kasutatav filtratsioon on 1,0 m/ööp.

Lõputöös käsitletava projekti puhul seab dreenkihi arvutus kahtluse alla minimaalse paksusega dreenkihi kasutamise, kuna miinimunõuetega ei anna dreenkihi arvutus vee ärajuhtimisele sobivat tulemust. Lisamuret tekitab ka see, et vastavalt geoloogilistele uuringutele puudub olemasoleval mulde materjalil nõutav minimaalne filtratsioon 0,5 m/ööp.

Samas peab arvestama, et Tartu lääneringtee I ehitusala rekonstrueerimise ehituslikud tingimused on head ja katendi projektis on siiski kasutatud maksimaalselt häid materjale. Kergendav asjaolu on ka see, et dreenkiht on küllalt lai ja seega tulenevalt kihi ülemise ja alumise pinna erinevatest pöikketest on see mulde servades oluliselt paksem. Linnaristlõikega lõikudes, kus puudub nõutava kõrgusega mulle ja uus katend rajatakse süvendisse, mille servadest puudub dreenkihil väljavool, toimib äärmiselt paksem osa kevadisel ajal täiendava sulamisvee reservina.

Vastuolu nõutava kvaliteedi ja Maanteeameti poolt nõutud minimaalse filtratsiooni 1,0 m/ööp vahel siiski jääb. Ilmselt on ehitajal võimalik leida keskliiva filtratsiooniga 5,0 m/ööp, kuid normid ei sunni ei projekteerijat ega ehitajat selleks. Ilmselt on ka dreenkihi arvutuse nõue lisatud projekteerimistingimustesse väga harva.

Hea materjali kasutamise teeb keerukaks ka see, et kasutusel on erinevad pinnaseproovide filtratsioonimoodulite määramismeetodid, millede puhul tulevad filtratsioonid samale materjalile erinevad.

Seega tulenevalt segadustest nõutava katsemetoodika ja filtratsioonide suhtes tundub dreenkihi arvutus ebaratsionaalne.

6. GEOSÜNTEETIDE KASUTAMINE KATENDIARVUTUSES

Katendi tugevdamiseks saab põhiliselt kasutada geovõrke eraldi või geovõrke koos eraldava geodekstiiliga. Geovõrgu kasutamise eesmärk katendiarvutuses on vähendada põhiliselt aluse paksust.

Aluse paksuse vähendamise põhjuseks võivad olla majanduslikud kaalutlused või vähene ruum uue teekonstruktsiooni ehituseks täies paksuses, samuti kehv aluspinnas.

Katendiarvutuse normmaterjalides on käsitlemata geosünteedide osa. Praegu kehtiva katendiarvutusprogrammiga ei saa arvestada lisakihina geovõrku, mis aitaks katendikonstruktsiooni vajadusel õhemaks teha.

Eestis kehtivates normdokumentides käsitletakse geosünteedide kasutamist vaid Maanteeameti poolt välja antud geosünteedide kasutamise juhises (2006-26) [4].

Geosünteedide vähene käsitlemine ametlikus juhendmaterjalis muudab projekteerijad ettevaatlikuks ja nad pigem ei kasuta neid. Samas tasuvuse mõttes võiks geovõrku tihedamini kasutada katendis, mitte ainult asfaldikihtides.

Geosünteedide kasutamise juhises on ainukesena käsitletud Aashto projekteerimismeetodit geovõrgu kasutamisel, mis pärineb USA-st. Juhendis on toodud ülevaade arvutuse käigust, kuid kokkuvõttes jõutakse siiski järeldusele, et Aashto meetodit ei saa kasutada kui universaalset meetodit erinevate geosünteedide tarbeks. [4]

"Lähtudes toodete ja tootjate rohkusest, tuleb märkida, et olemasoleva kirjanduse baasil ei ole võimalik välja töötada ühtset ja kõigisse tingimustesse sobivat juhist geosünteedide valikuks. Erinevad tootjad on välja töötanud oma tootevaliku, paigaldamistehnoloogia jmt. juhised koos ehitise dimensioneerimiseks vajaliku arvutitarkvaraga, mida siis pakutakse erinevatele huvigruppidele koos vastava kasutajakoolitusega või ilma. Projekteerija, kes näeb oma projektis ette geosünteedide kasutamise,

peaks olema siis saanud ka vastava ettevalmistuse firmalt, kelle tooteid ta oma projektis kasutab" [4:48].

Lisaks napile juhendmaterjalile on Eestis tehtud peamiselt Maanteeameti tellimusel erinevaid uuringuid reaalse geosünteedi kasutamise kohta ja selle käitumise kohta teekonstruktsioonis.

Geovõrgu mõju arvestamiseks katendi tugevusarvutusel tuleb pöörduda vastava geosünteedi tootja või müüja poole ja saada sealt abi. Tavaliselt üritatakse geovõrgu kautamisega vähendada killustikukihi paksust katendis ja sellest tulenevalt on ilmselt võimalik vähendada ka mulde paksust katendi all.

Praegu kehtivat KAP programmi kasutades on projekteerijal vaja geovõrgu tarnijalt analüüsi geovõrgu toimivuse kohta killustiku kihi õhemaks muutmisel. Geovõrk mõjutab põhiliselt tõmbe- ja nihkepingeid katendi alumistes kihtides. Programmis on näiteks võimalik vähendada killustiku kihi paksust ja suurendada killustiku kihi elastsusmoodulit vajaliku geovõrgu poolt antava elastsumooduli võrra.

Lõputöös käsitletavas projektis on ehituslikud tingimused head ja põhiliselt kasutatakse kompleksstabiliseerimist olemasoleval muldel. Siin ei ole geovõrgu kasutamine ilmselt mõttekas.

Geovõrgu kasutamist võiks kaaluda ehitustööde käigus, kui mulde laiendustel ilmneb mõni ümbritsevast nõrgema aluspinnasega ala ja ei ole majanduslikult otstarbekas kogu ebasobivat aluspinnast välja kaevata. Sel juhul saab geovõrku koos geotekstiiliga näiteks kasutada uue konstruktsiooni (mulde) sildamisel üle nõrgema aluspinnasega ala.

KOKKUVÕTE

Katendiarvutus on väga lai teema ja sellega võib tegeleda erineval tasemel. Väiksema projekti puhul võib piirduda katendiarvutuse käsitlemisega ainult projekti üldises seletuskirjas, kuid suuremate projektide puhul tuleb teha eraldi uurimus eraldiseisvas kaustas. Kuni 2012 aastani puudus katendiarvutuseks ühtne tarkvara ja arvutusi tehti vastavalt erinevatele arvutusprogrammidele ning projekteerija enda tõlgendusele Maanteeameti juhendmaterjalist elastsete katendite projekteerimise kohta. Katendiarvutust tegid enamasti vähesed sellele spetsialiseerunud projekteerijad.

Peale uue KAP katendiarvutuse programmi kasutuselevõttu on teekonstruktsiooni tugevusarvutuste tegemine muutunud lihtsamaks ja üheselt mõistetavaks.

Lõputöös on käsitletud katendiarvutuse teemat läbi konkreetse katendiarvutuse projekti näite ja analüüsitud lisaks täiendavalt katendi konstrueerimisega seotud teemasid nagu muldkeha konstrueerimine, drenkihi arvutus ja geosünteedide kasutamine.

Uut KAP programmi on suhteliselt lihtne kasutada, kuid see eeldab, et projekteerija omab alusteadmisi, mille alusel ta algset katendit konstrueerib. Antud lõputöö läbitöötamise tulemusena saab projekteerija või ehitaja aimu, kuidas konstrueerida esialgset katendi konstruktsiooni ja teha sellele kontrollarvutus katendiarvutuse programmiga KAP. Käesolevas uurimustöös on kokku seotud praktikast võetud katendiarvutuse projekti materjal ja lisaks eraldi peatükkides lahti seletatud täiendavad teemad ja juhendmaterjal, millega tuleb arvestada.

Uue katendi konstrueerimisel peab projekteerija olema kursis teekonstruktsioonis kasutatavate materjalide nõuetega. Uut katendit ei saa paika panna lihtsalt mõne näidise järgi. Peab tundma kohalikke olusid ja määrama katendisse killustiku ning drenkihti materjalid, mis on arvestades materjalide nõudeid ja karjäärade lähedust optimaalseimad.

Lisaks peab katendi konstrueerimisel teadma, mis seisus on olemasolev mulle või millisele aluspinnasele uus konstruktsioon rajatakse.

Head katendiarvutust ei saa teha kui puuduvad tõesed geoloogilised andmed ja suurte objektide puhul liiklusuuring prognoositava koormussageduse saamiseks. Suuremate objektide puhul peaks projekteerija katendit konstrueerides rohkem süvenema ka muldkeha konstrueerimisse. Kasutades nõuetekohaseid materjale ja kihipaksusi ning olles teinud kõik projekteerimistingimustes ettenähtud lisauuringud, ei pruugi kahekümneks aastaks vastu pidama määratud katend siiski nii kaua kesta. Tehtud uuring drenkihi arvutuse kohta näitas, et näitena kasutatud projektis määratud drenkihi paksus pole vastavalt arvutusele sulamisvee ärajuhtimise suhtes kevadisel sulamisperioodil piisav. Kasutada tuleks nõutud 1,0 m/ööp filtratsioonist tunduvalt suurema filtratsiooniga drenkihi materjali.

SUMMARY

This thesis regards the subject of pavement calculations in the road planning in Estonia. Thesis gives an outline of the pavement calculations by means of an actual example compiled by the author and it also deals with additional subjects which have to be taken into account when planning the initial pavement structure.

The output of this thesis could be an illustrative support material for the road planner for making the pavement strength calculations and for constructing the pavement and which besides the traditional pavement calculations file structure also handles additional topics to help develop a suitable road construction.

When planning a new pavement, the planner must know about the requirements for the materials used in road construction. The new pavement can not be simply put in place based on some example. One must know the local conditions and set the most optimal gravel and drainage layer materials for the pavement, taking into account the requirements for materials and the proximity of quarries.

One can not perform a good pavement calculation if the correct geological data and the predictable traffic load frequency analysis for larger objects are missing. In case of larger objects the planner should delve more into construction of the track bed when constructing the pavement. By using the required materials and layer thicknesses and having done all additional analysis specified in the design criteria, the pavement which is meant to last twenty years, might still not last that long. From the additional drainage layer calculations it appears that the material requirements called for in the design criteria might not be in compliance with the actual situation. According to the drainage layer calculations in the example used one should use a thicker drainage layer, which better holds the melt water remaining in the pavement during the spring melting period.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

- [1] Elastsete teekatendite projekteerimise juhend, 2001. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/failid/juhised/elastsete_teeakatendite_projekteerimise_juhend.pdf. [Kasutatud 12.04.2014].
- [2] Muldkeha remondi projekteerimise juhise, 2006. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/failid/juhised/muldkeha_remondi_projekteerimise_juhis.pdf. [Kasutatud 12.04.2014].
- [3] Näidiskatendid väikese liiklussagedusega teedele, 2011. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/juhendid/Naidiskatendid_vaikese_liiklussagedusega_teedele_01_04_11.pdf. [Kasutatud 29.03.2014].
- [4] Geosünteedide kasutamise juhise, 2006. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/failid/juhised/geosynteedide_kasutamise_juhis.pdf, [Kasutatud 12.04.2014].
- [5] Elastsete katendite arvutamise programmi ja katendiarvutamise programmi kasutusjuhendi kinnitamise käskkiri, 2012. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.mnt.ee/index.php?id=12024>. [Kasutatud 12.04.2014].
- [6] Põhimaantee nr 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 182,69 - 184,75 ehitusgeoloogilise uuringu aruanne, 2013. Tallinn: OÜ REI Geotehnika.
- [7] E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee Tartu ümbersõidu 1 ehitusala tehnilise projekti korrektuuri ekspertiis ja LO audit, 2012. Tallinn: Ramboll Eesti AS.

- [8] Tee nr 2 (E263) Tartu ümbersõidu I ehitusala tehnilise projekti korrigeerimine; Liiklusproгноos, koormussageduste arvutus, ristmike läbilaskvusarvutus, 2013. Tartu: Tinter-Projekt OÜ.
- [9] Riiklik Teeregister. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://teeregister.riik.ee>. [Kasutatud 12.12.2013].
- [10] Teekatetel esinevate defektide inventeerimisjuhend, 2003. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/failid/juhised/Defektide_invent_juhend.pdf. [Kasutatud 01.02.2014].
- [11] Elastsete teekatendite projekteerimise juhendi 2001-52 muutmine. Käskkiri, 2013. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/Maanteeameti_kaskkiridigi_Template_0171.pdf. [Kasutatud 01.04.2014].
- [12] Killustikust katendikihtide ehitamise juhend, 2012. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/Killustikust_katendikihtide_ehitamise_juhis_2012-2.pdf. [Kasutatud 12.04.2014].
- [13] Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise, 2010. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/juhendid/Asfaldist_katendikihtide_ehitamise_juhis_KK_lisa_15_12_2010.pdf. [Kasutatud 12.04.2014].
- [14] Muldkeha ja dreni kihi projekteerimine, filtratsioonimooduli määramine. Käskkiri, 2013. Tallinn: Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.mnt.ee/public/projektidplaneeringud/kaskkirjad/Loplik_versioon_koik_koos/2013.02.14_nr_0069_Muldkeha_ja_dreni_kihi_projekteerimine._Filtratsioonimooduli_maaramine.pdf. [Kasutatud 12.04.2014].
- [15] Teehoiutööde tehnoloogianõuded: Riigi Teataja, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/756881>. [Kasutatud 12.04.2014].

LISAD

Lisa 1. Katendiarvutus

KATENDI ARVUTUS TÜÜP I (variant 1 KS) PÕHIMAANTEEL NR 2 PK-1+00 - 12+30; PK 14+90 - 17+85

Koormussagedus: 3447 normtelge ööp/rajale

Pinnas: kerge saviliiv

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Maantee klass: 1

Tugevustegur: 1,00

Niiskuspakkond: 1, kuiv

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Teekatendi liik: Püsikatend

Töökindlustegur: 0,95

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0,02

Erisurve kattede: 0,6 MPa

Normhõlbetegur: 1,71

L1.T3 p2; -0,02=-0,02

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Lisainfo:

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Kihi elast- susmoodul E_{ekv} arvutamiseks MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihele MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks painele MPa	Arvutatud tõmbe- pinged R_{max} MPa	Lubata- vad tõmbe- pinged R_{lub} MPa	Sise- hõõrde- nurk Kraad	Nidusus C	Kihtide seotistegur K3
1	Kiillustikmastiksfalt - SMA	3,0	3200	1800	4500					
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0	2400	1200	3600					
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	1400	800	2200	0,9833	1,0881			
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel segatud - KS	17,0	600							
5	Reakillustikust kiht	20,0	250							
6	Keskliiv	20,0	120					40,0	0,006	6,0
ALUS	kerge saviliiv		47,9					35,0	0,012	1,5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{anv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			2,1%	312,62	300,43	
1	Kiillustikmastiksfalt - SMA	3,0					312,62		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0					287,71		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			7,6%	241,34		
4	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel segatud - KS	17,0					199,21		
5	Reakillustikust kiht	20,0					115,22		
6	Keskliiv	20,0	Nihkepinged	0,0044	0,0129	63,6%	69,78		
	kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0,0008	0,0064	86,0%			0,714
	Katendi kogupaksus	71,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	76
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	2,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	2,5
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	38,6%

Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides
-------------------------	--

Arvutas: Indrek Lensment

Kuupäev: 03.01.2014

Lisa 2. Katendiarvutus

KATENDI ARVUTUS TÜÜP I (variant 2 MUK) PÕHIMAANTEEL NR 2 PK-1+00 - 12+30; PK 14+90 - 17+85

Koormussagedus: 3447 normtelge õöp/rajale

Maantee klass: 1

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhålbetegur 1,71

Pinnas: kerge saviliiv

Niiskuspakkond: 1, kuiv

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0,02

L1.T3 p2; -0,02=-0,02

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve katele: 0,6 MPa

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

Lisainfo:

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast- susmoodul E_{kv} arvutamiseks	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks painedele	Arvutatud tõmbe- pinged R_{max}	Lubata- vad tõmbe- pinged R_{lub}	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Killustikmastiksasfalt - SMA	3,0	3200	1800	4500					
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0	2400	1200	3600					
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	1400	800	2200	0,9901	1,0881			
4	Mustkillustikust kiht - MUK	8,0	800							
5	Reakillustikust kiht	15,0	250							
6	Reakillustikust kiht	22,0	250							
7	Keskliiv	20,0	120					40,0	0,006	6,0
ALUS	kerge saviliiv		47,9					35,0	0,012	1,5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			0,6%	308,19	300,43	
1	Killustikmastikasfalt - SMA	3,0					308,19		
2	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	5,0					284,50		
3	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			7,0%	238,30		
4	Mustkillustikust kiht - MUK	8,0					196,61		
5	Reakillustikust kiht	15,0					152,05		
6	Reakillustikust kiht	22,0					119,52		
7	Keskliiv	20,0	Nihkepinged	0,0025	0,0129	78,3%	69,78		
	kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	-0,0002	0,0064	101,3%			0,714
	Katendi kogupaksus	79,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	86
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	2,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	2,0
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	51,1%

Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides
-------------------------	--

Arvutas: Indrek Lensment

Kuupäev: 03.01.2014

Lisa 3. Katendiarvutus

KATENDI ARVUTUS TÜÜP II (variant 1 KS) PÕHIMAANTEEL NR 92 PK0+50 - 1+85; PK 2+48 - 6+35

Koormussagedus: 628 normtelge ööp/raja		Pinnas: kerge saviliiv	Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A
Maantee klass: 1	Tugevustegur: 1,00	Niiskuspakkond: 1, kuiv	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Püsikatend	Töökindlustegur: 0,95	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0,02	Erisurve kattele: 0,6 MPa
Lisainfo:	Normhålbetegur 1,71	L1.T3 p2; -0,02=-0,02	Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas
			Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast- susmoodul E_{kv} arvutamiseks	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks painedele	Arvutatud tõmbe- pinged R_{max}	Lubata- vad tõmbe- pinged R_{lub}	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0	2400	1200	3600					
2	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	1400	800	2200	1,1651	1,4289			
3	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel segatud - KS	15,0	600							
4	Reakillustikust kiht	20,0	250							
5	Keskliiv	20,0	120					40,0	0,006	6,0
ALUS	kerge saviliiv		47,9					35,0	0,012	1,5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus- moodul Mpa	Vajalik elastsus- moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			1,8%	259,94	250,44	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0					259,94		
2	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			16,5%	227,64		
3	Kompleksstabi kiht asfaldipurust teel segatud - KS	15,0					187,38		
4	Reakillustikust kiht	20,0					115,22		
5	Keskliiv	20,0	Nihkepinged	0,0079	0,0184	55,1%	69,78		
	kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0,0026	0,0092	70,1%			0,714
	Katendi kogupaksus	65,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	69
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	2,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	2,8
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	30,2%

Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides
-------------------------	--

Arvutas: Indrek Lensment

Kuupäev: 03.01.2014

Lisa 4. Katendiarvutus

KATENDI ARVUTUS TÜÜP II (variant 2 MUK) PÕHIMAANTEEL NR 92 PK0+50 - 1+85; PK 2+48 - 6+35

Koormussagedus: 628 normtelge ööp/raja

Maantee klass: 1

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhålbetegur 1,71

Pinnas: kerge saviliiv

Niiskuspakkond: 1, kuiv

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0,02

L1.T3 p2; -0,02=-0,02

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve katele: 0,6 MPa

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

Lisainfo:

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast- susmoodul E_{kv} arvutamiseks	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks painedele	Arvutatud tõmbe- pinged R_{max}	Lubata- vad tõmbe- pinged R_{lub}	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0	2400	1200	3600					
2	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	1400	800	2200	1,1705	1,4289			
3	Mustkillustikust kiht - MUK	7,0	800							
4	Reakillustikust kiht	12,0	250							
5	Reakillustikust kiht	25,0	250							
6	Keskliiv	20,0	120					40,0	0,006	6,0
ALUS	kerge saviliiv		47,9					35,0	0,012	1,5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			1,1%	258,25	250,44	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0					258,25		
2	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	Asfaltbetooni tõmbe pinged			16,1%	226,03		
3	Mustkillustikust kiht - MUK	7,0					185,98		
4	Reakillustikust kiht	12,0					150,38		
5	Reakillustikust kiht	25,0					126,80		
6	Keskliiv	20,0	Nihkepinged	0,0050	0,0184	70,6%	69,78		
	kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0,0011	0,0092	86,2%			0,714
	Katendi kogupaksus	74,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	80
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	2,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	2,2
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	44,0%

Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides
-------------------------	--

Arvutas: Indrek Lensment

Kuupäev: 03.01.2014

Lisa 5. Katendiarvutus

KATENDI ARVUTUS Parkla

Koormussagedus: 222,66 normtelge ööp/rajale

Maantee klass: 2

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur: 1,00

Töökindlustegur: 0,95

Normhålbetegur 1,71

Pinnas: kerge saviliiv

Niiskuspakkond: 1, kuiv

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0,05

L1.T3 p1; -0,05=-0,05

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 33 cm

Erisurve kattele: 0,6 MPa

Koormus: Staatiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

Lisainfo:

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast- susmoodul E_{kv} arvutamiseks	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbe- pinged R_{max}	Lubata- vad tõmbe- pinged R_{lub}	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0	2400	1200	3600					
2	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	1400	800	2200	1,2142	1,6868			
3	Kerg- ja sügavimmutus	4,0	450							
4	Killustik (graniit või lubjakivi)	25,0	280							
5	Keskliiv	20,0	120					40,0	0,006	6,0
ALUS	kerge saviliiv		50,7					35,4	0,012	1,5

ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus-moodul Mpa	Vajalik elastsus-moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{arv}	t _{lub}				
			Üldine elastsusmoodul			6,0%	237,57	220,00	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - ACsurf; ACbin	4,0					237,57		
2	Kuum poorne asfaltbetoon - ACbase	6,0	Asfaltbetooni tõmbepinged			26,0%	202,73		
3	Kerg- ja sügavimmutus	4,0					157,15		
4	Killustik (graniit või lubjakivi)	25,0					144,72		
5	Keskliiv	20,0	Nihkepinged	0,0103	0,0217	50,7%	74,86		
	kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0,0033	0,0109	67,9%			0,679
	Katendi kogupaksus	59,0					Parandustegur Δ		0,000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	60
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	2,0	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	3,2
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	19,3%

Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides
-------------------------	--

Arvutas: Indrek Lensment

Kuupäev: 03.01.2014

Lisa 6. Mnt. nr.2 Tallinn-Tartu-Luhamaa km 181,9-185,0 katendi seisukorda iseloomustavad andmed

Tee nr	Algus kaugus m	Lopp kaugus m	Pikkus	Defektid											Elastsusmoodul		Tasasus IRI		Roobas			
				Reg. kuup.	Defektide osa %	Põikpraod	Kitsad pikipraad	Laiad pikipraad	Kitsad vuugipraad	Laiad vuugipraad	Võrkpragu nemine	Augud	Murene-mine	Katte serva defektid	Defektide summa	Mõõtmise kuupäev	Emoodul	Mõõtmise kuup.	Tasasuse väärtus	Roopa süg. mõõtm.kuup. paremal	Suurim roopa sügavus	
2	181886	181986	100														11.09.2011	1,73				
2	181986	182086	100	13.05.2011	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	100	3,13	8.05.2001	265,7706	11.09.2011	2,78	27.07.2013	13
2	182086	182186	100	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.05.2001	334,4479	11.09.2011	3,04	27.07.2013	8
2	182186	182191	5	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.05.2001	198,8225	11.09.2011	5,59	27.07.2013	25
2	182191	182291	100	13.05.2011	0	0	10	0	0	0	0	0	6	0	1,47	11.10.2009	255,9951	11.09.2011	4,84	27.07.2013	8	
2	182291	182391	100	13.05.2011	0	0	10	0	0	0	0	0	3	0	1,07	11.10.2009	203,3144	11.09.2011	2,97	27.07.2013	6	
2	182391	182491	100	13.05.2011	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0,93	11.10.2009	240,2583	11.09.2011	2,83	27.07.2013	16	
2	182491	182591	100	13.05.2011	0	1	0	0	0	0	0	0	0	100	3	11.10.2009	204,0999	11.09.2011	3,53	27.07.2013	23	
2	182591	182691	100	13.05.2011	0	0	5	0	0	0	0	0	0	50	1,67	11.10.2009	183,2284	11.09.2011	3,13	27.07.2013	14	
2	182691	182791	100	13.05.2011	0	2	25	0	0	0	0	0	2	20	3,13	11.10.2009	176,5165	11.09.2011	3,11	27.07.2013	14	
2	182791	182891	100	13.05.2011	0	1	0	0	0	0	0	0	5	80	3,13	11.10.2009	179,2297	11.09.2011	2,71	27.07.2013	16	
2	182891	182991	100	13.05.2011	0	2	15	0	0	0	0	0	2	100	4,6	11.10.2009	196,5643	11.09.2011	3,45	27.07.2013	22	
2	182991	183091	100	13.05.2011	0	0	10	0	0	0	0	0	0	100	3,33	11.10.2009	167,3526	11.09.2011	2,06	27.07.2013	13	
2	183091	183191	100	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,27	11.10.2009	179,743	11.09.2011	2,59	27.07.2013	9	
2	183191	183291	100	13.05.2011	0	0	2	0	0	0	0	0	4	100	3,33	11.10.2009	186,8119	11.09.2011	2,56	27.07.2013	13	
2	183291	183391	100	13.05.2011	0	0	7	0	0	0	0	0	2	150	4,73	11.10.2009	208,2364	11.09.2011	3,15	27.07.2013	13	
2	183391	183491	100	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	2	50	1,6	11.10.2009	155,4757	11.09.2011	3,68	27.07.2013	12	
2	183491	183591	100	13.05.2011	0	1	20	0	0	0	1	0	2	50	3,4	11.10.2009	171,2696	11.09.2011	4,75	27.07.2013	7	
2	183591	183691	100	13.05.2011	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	1	11.10.2009	407,191	11.09.2011	7,2	27.07.2013	16	
2	183691	183791	100	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	1,73	11.10.2009	391,911	11.09.2011	3,5	27.07.2013	18	
2	183791	183891	100	13.05.2011	0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	1,13	11.10.2009	228,631	11.09.2011	3,47	27.07.2013	19	
2	183891	183991	100	13.05.2011	0	1	50	0	0	0	0	0	0	100	6,33	11.10.2009	240,5697	11.09.2011	1,97	27.07.2013	19	
2	183991	184091	100	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	3	0	4	100	3,6	11.10.2009	234,2535	11.09.2011	3,19	27.07.2013	17	
2	184091	184191	100	13.05.2011	0	1	5	0	20	0	0	0	0	0	0,93	11.10.2009	211,4113	11.09.2011	2,23	27.07.2013	21	
2	184191	184291	100	13.05.2011	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0,73	11.10.2009	235,1917	11.09.2011	2,6	27.07.2013	30	
2	184291	184391	100	13.05.2011	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0,6	11.10.2009	228,9966	11.09.2011	2,29	27.07.2013	19	
2	184391	184399	8	13.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.10.2009	207,9495			27.07.2013	16
2	184399	184499	100	16.05.2011	0	2	0	0	20	0	0	0	0	0	0,93	11.10.2009	196,6379	11.09.2011	2,68	24.07.2012	17	
2	184499	184599	100	16.05.2011	0	3	0	0	10	0	0	0	0	30	1,93	11.10.2009	135,4402	11.09.2011	4,04	24.07.2012	16	
2	184599	184699	100	16.05.2011	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	11.10.2009	249,9489	11.09.2011	2,9	24.07.2012	18	
2	184699	184799	100	16.05.2011	0	6	10	0	0	0	0	0	2	0	2,93	11.10.2009	345,1376			24.07.2012	10	
2	184799	184899	100	16.05.2011	0	6	0	0	0	0	0	0	5	0	2,67	11.10.2009	261,0209	11.09.2011	3,18	24.07.2012	8	
2	184899	184999	100	16.05.2011	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,67	11.10.2009	216,1472	11.09.2011	4,09	24.07.2012	9	
2	184999	185000	1	16.05.2011	0	6	0	0	0	0	0	0	5	20	3,2	11.10.2009	166,8612	11.09.2011	2,42	24.07.2012	20	

JOONISED