

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs aruanne

Ramboll Eesti AS

2009-10



Maanteeamet

Tallinn 2009

SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS	3
2.	LÄHTEANDMED.....	4
2.1.	Liiklus	4
2.2.	Aluspinnas	4
2.3.	Materjalid.....	5
2.3.1.	Analoogilised materjalid.....	5
•	KMA – SMA	5
•	TAB – AB	5
•	Killustik.....	5
•	Liiv	5
2.3.2.	Erinevad materjalid.....	5
•	PAB – PAB-B.....	5
•	MUK	5
•	MaKuM	5
3.	VÕRRELDAVAD METOODIKAD	7
3.1.	Eesti metoodika - VSN 46-83 põhine Juhend 2001-52.....	7
3.2.	Soome metoodikad.....	7
4.	1500 AKÖL (KKL-2).....	9
5.	3000 AKÖL (KKL-6).....	10
6.	8000 AKÖL (KKL-6).....	11
7.	15000 AKÖL (KKL-10).....	12
8.	30000 AKÖL (KKL-25).....	13
9.	KOKKUVÕTE.....	15
10.	KASUTATUD ALLIKAD - VIITED	16
11.	LISAD.....	16

1. SISSEJUHATUS

Käesoleva uurimistöö objektiks on kehtiva (VSN 46-83 põhise) juhendi järgi dimensioneeritud teekatendite kandevõime võrdlus Soomes kasutatavate arvutusmeetoditega.

Arvutused teostatakse paralleelselt kehtivas Juhendis (1) toodud arvutusalgoritmidega ja Soomes kasutatava arvutusmeetodiga (2).

Uurimistöö aluseks oli Maanteeameti 10.02.2009 kiri 1.1-6/09-00096/001, Ramboll Eesti AS hinnapakkumine 13.02.2009 nr 39 ja Maanteeameti täpsustav kiri 19.02.2009 nr 1.1-6/09-0096/005 ning Ramboll Eesti AS kinnituskiri 19.02.2009 nr 50.

Täiendavalt on võrreldud asfaldi ja killustikukihtide vahelise võimaliku mustkillustikukihi alternatiivina räbukillustiku kasutamist.

Uurimistöö tugineb Eesti ja Soome juhendmaterjalidele. Töö käigus katendi konstruktsiooni ja võrreldavate materjalide valikul on konsulteeritud Ramboll Eesti AS (A.Kauge, E.Rohelsaar) ja Ramboll Finland OY (M.Reihe, J.Äijö, J.Sikiö) kogenud praktikutega.

Töö vastutav teostaja on Ramboll Eesti AS vanemkonsultant Ain Kendra.

2. LÄHTEANDMED

2.1. Liiklus

Vastavalt Tellija kirjale on valitud tee liiklussagedusteks 3000, 8000 ja 30,000 autot ööpäevas ja raskeliikluse osakaaluks 11%.

Kuna lähteandmetes ei täpsustatud raskeliikluse struktuuri, siis kasutame Tartu Idaringi eelprojekti koostamise käigus 2008.a läbiviidud nädalase liiklusloenduse (1) andmete (12 vaatluspunkti ümber linna) keskmisi, taandades tulemuse etteantud 11% raskeliikluse osakaalule. Siirdeteguritena arvestatakse (2) esitatud tegureid taandatuna automaatloenduse 14-klassilisele klassifikaatorile METOR 2000. Sel teel kujunes autole taandatud siirdeteguriks 0,1152, mille keskmise ööpäevase liiklussagedusega korrutades saame vastava tee koormuse normtelgedes.

Tabel 1 - Katendi nõutav kandevõime (Eesti)

AKÖL	Tee klass	Raskeveokid	Rajategur	Q normtelge ööpäevas	E _{vaj} MPa
1500	IV; 1+1	177,5	0,7	124,3	202,9
3000	III; 1+1	345,5	0,6	207,3	217,9
8000	II; 1+1	921,3	0,55	506,7	244,1
30000	I; 2+2	3455,1	0,45	1554,8	277,1

Kõigil toodud juhtumitel on arvutuslik E_{vaj} väärtus suurem kui normis ettenähtud antud tee klassile vastav minimaalne tase.

Soome normide alusel antud koormuse taandamisel kasutatakse laiuskordajat ja autorongide ning muude raskesõidukite arvu ööpäevas ja leitakse katendi eluea jooksul läbiv normtelgede arv valemiga $KKL = L * (2,9 * KA_{YHD} + 0,8 * KA_{MUU}) * 7300$.

Kuna sel teel leitud kaks koormussagedust viitavad Soome normide alusel (3), (4) samale koormusgrupile, on lisatud täiendavalt ka madalam liiklussagedus 1500 AKÖL.

Tabel 2 - Katendi nõutav kandevõime (Soome)

AKÖL (KVL)	Laiuskordaja	AR	Muu	KKL	Koormusklass	E _{vaj} ¹	Asfaldikihtide paksus ¹
1500	1,4	24	88	1 414 836	2,0 (0,8-2,0)	265	90 mm
3000	1,4	47	175	2 829 673	6,0 (2,0-6,0)	360	140 mm
8000	1	115	428	4 940 698	6,0 (2,0-6,0)	360/340	140/90 mm
15000	1	177	657	7 579 481	10,0 (6,0-10,0)	420/380	170/150 mm
30000	1	354	1314	15 158 961	25,0 (10,0-25,0)	475/420	200/170 mm

2.2. Aluspinnas

Vastavalt Tellija kirjale (lähteülesanne) on valitud aluspinnaseks peenliiv. Juhend (5) kasutab peenliiva puhul E-moodulit 100, sisehõrdenurka 38 ja nidusust 0,005. GOST (millele viitab ka Juhend) määratleb peenliivaks sellise liiva, milles üle 0,1mm terade mass moodustab vähemalt 75%. Maanteede projekteerimismid (6) p 3.2 pinnaseliigituse tabel loeb liivpinnaseks, alaliik liiv, materjali mille peenosisesisaldus (alla 0,06 mm) ei ole üle 5%.

Soome normide järgi (4) (lk 590) loetakse liivaks materjal, milles üle 2 mm osiste osa on alla 30% ja sõelale 0,02 mm jääb vähemalt 50% materjalist. Peenliivaks loetakse seejuures materjali, milles 50% materjalist jääb vahemikku 0,06-0,2 mm. Liiva H1 klassinõudeks on 0,063 mm sõela läbiva materjali osa alla 7%, mille alusel võib kindlalt Eesti normidele vastava peenliiva lugeda Soome normide alusel H1 klassi liivaks elastsusmooduliga 70.

¹ Murrujoone all antud näitaja juhul, kui aluse pealmine kiht on bituumeniga seotud materjalidest

2.3. Materjalid

Katendi konstrueerimisel arvestati põhiliseks konstruktsiooniks enamkoormatud variandis kolmekihilist asfaltbetooni (KMA, TAB, PAB) koos mustkillustikuga vahekihis, kahekihilise killustikaluse ja standardse drenliivakihi. Konstruktsioonide valikul on arvestatud soovitud Soome katendite projekteerimise juhendist (7).

Arvutuste käigus võrreldi korrigeeritud (8) killustiku elastsusmooduli (280 MPa) alusel dimensioneeritud katendit nii Juhendi (5) esialgses versioonis antud elastsusmooduli (400 MPa) baasil arvutatuga kui ka Soome normide kohase arvutusmetoodikaga, arvestades Soomes kehtivate analoogiliste materjalide arvutuslikke mooduleid.

2.3.1. Analoogilised materjalid

- **KMA – SMA**

Killustikmastiksasfaldi (KMA) elastsusmoodul elastsele vajumile E1 – 3200 MPa (10 kraadi juures) (5)
Kõigi kuumade asfaltbetoonide (sh SMA) elastsusmoodul 2500 MPa (5)

- **TAB – AB**

Tiheda asfaltbetooni (TAB) elastsusmoodul elastsele vajumile E1 – 2400 MPa (5)
Kõigi kuumade asfaltbetoonide elastsusmoodul 2500 MPa (5)

- **Killustik**

Soome normides käsitletakse killustike elastsusmoodulit vastavuses konkreetse killustiku sõelkõverale vahemikus 100 kuni 280 MPa. Normid ei käsitle eraldi settekivimist valmistatud killustikke, praktilises kasutuses on Soomes vaid tardkivikillustik. Eesti juhendis käsitletakse kõigi killustike elastsusmoodulina praegu 280 MPa sõltumatult materjalist ja sõelkõverast. Seetõttu on võrdluses kõigi kasutatud kivimaterjalide moodulid loetud võrdseks.

- **Liiv**

Dreenkihis kasutamiseks oleme valinud keskliiva. Selle elastsusmooduliks on loetud Soome normide kohaselt 100 (maksimaalselt võimalik liiva moodul) ja Eesti normide alusel 120.

2.3.2. Erinevad materjalid

- **PAB – PAB-B**

Poorse asfaltbetooni (PAB) elastsusmoodul elastsele vajumile E1 – 1400 MPa (5).

PAB täpne vaste puudub Soomes, võimalik on valida PAB-B (endine kerge asfaltbetoon, vastab meie materjalides pigem KAB spetsifikatsioonile) elastsusmooduliga 1650 või ABK elastsusmooduliga 2500 MPa (5). Soome katendiekspertide hinnangul on Eesti PAB adekvaatsem vaste Soome PAB-B, seda enam, et Eesti normides on hinnatud kergasfaltbetoon põhinäitajatelt (v.a. tõmbetugevus) võrdseks poorse asfaltbetooniga.

- **MUK**

Mustkillustikul puudub Soome normides analoog. Et mustkillustikku kasutatakse asfaltbetooni ja killustiku vahelise kihina ning suhteliselt võib mõlema materjali mooduleid lugeda võrreldavateks, on kasutatud Soome valemite (6) Eesti normides (5) fikseeritud väärtust 800 MPa.

- **MaKuM**

Masuunikuonomurske – metallitööstuse tootmisjäagist räbust valmistatud killustik, mille omadused ja võimalik kasutus on kirjeldatud juhendis (7) ja millise elastsusmooduliks on (5) andmetel 430 MPa.

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

Materjali on Eestis kasutatud asfaltbetoonis. Käesoleval hetkel pakuvad Soome firmad Soome normidele vastavat materjali (0/31,5) ka Eesti ehitusobjektidele.

Soomes kasutatakse fraktsiooni 0/200 kihi paksusega 40-80 cm jagavas kihis (dreenikihi peal) ja fraktsioone 0/20 või 0/31,5 kandevkihis (asfaldi all) kihipaksusega 10-30 cm. Rübukillustiku E-moodulit arvestatakse konstruktsiooni 30-päevases vanuses, kuna materjalis sisalduva sideaine omadused saavutavad selleks ajaks stabiilse taseme.

3. VÕRRELDAVAD METOODIKAD

3.1.Eesti metoodika - VSN 46-83 põhine Juhend 2001-52

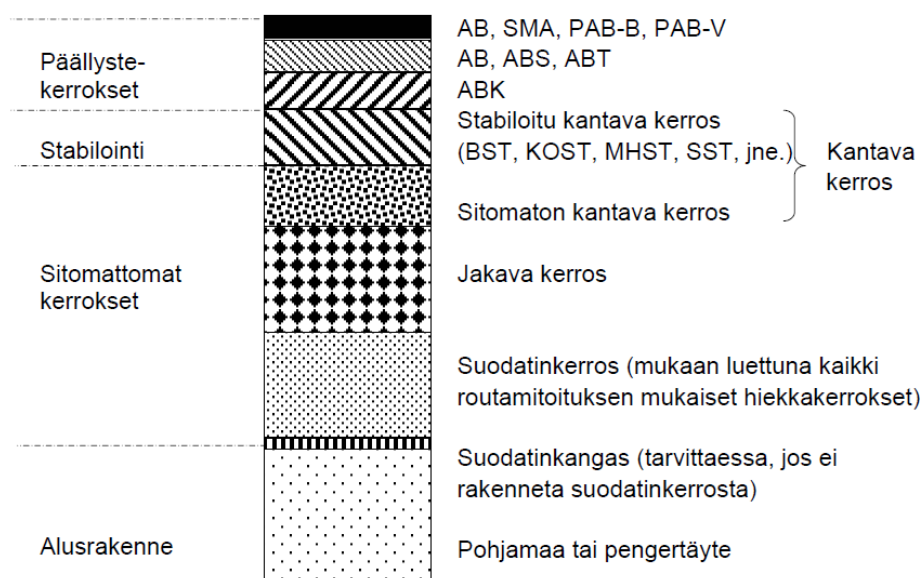
Juhend on koostatud Ants Vaimeli poolt, võttes aluseks Vene normi VSN 46-83 mille baasil on ka koostatud katendiarvutuse tarkvara CREDO. Tegemist ei ole tegemist täpselt 1:1 kopeerimisega ja Vaimel on mõningaid aspekte üldistanud. Juhendi põhialuseks on tõenäoliselt Odemarki valem, mille juures on kasutatud laialdaselt empiirilisi konstante, mis on tuletatud möödunud sajandi keskel N.Liidus läbiviidud uurimistöödest. Juhendi koostamisel on välja jäetud teiste kliimaatiliste tsoonide eripära käsitlevad osad ja meil mittelevinud materjalid. VSN norm on koostatud väga laia geograafilise piirkonna jaoks oluliselt suurema üldistustasemega ja seetõttu on kaheldav väide nagu meie tingimused oleksid adekvaatselt kajastatud normis, kuid eristuksid liialt suurel määral lähinaabritest, kes kasutavad katendite dimensioneerimiseks teistsuguseid metoodikaid.

Täiendavalt Juhendile (1) ja selle korrektuurile (8) on kehtestatud seotud kihtide paksuse suhtes regulatsioon (7), mille p.2.4.6 sätestab laotatava kihi vähima lubatud paksuse TAB, PAB, KAB ja MES segudel 1,67D ja KMA segul 2,2D, kuid mitte alla 2,5 cm. Kihi suurimaks lubatud paksuseks on 3,1D. Loome vajalikuks Juhendi täiendavat korrektuuri mis kajastaks ka teiste regulatsioonidega muudetu, otsese viite puudumine ka korrektuuris mõjub pigem eksitavalt.

3.2.Soome metoodikad

Soomes kasutatakse kaht enamlevinud meetodit – Odemarki valemil tuginevat ja analüütilist mitmekihilist meetodit.

Üldistatud lähenemisel valitakse katendi parameetrid (asfaldikihtide paksus ja katendi kandevõime) vastavalt arvutuslikule koormusele InfraRYL 2006 (5) toodud tabelitest ning Odemarki valemiga (6), mille rakendamiseks vajalikud materjalide parameetrid pärinevad juhendist (5), kontrollitakse valitud konstruktsiooni kandevõime.



Joonis 1 - Soome katendikonstruktsiooni tüüpskeem

Odemarki valem on mõnevõrra lihtsam kui VSN-põhine metoodika.

Võrrand 1 - Odemarki valem katendi kandevõime määramiseks

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

Valemis:

E_A on arvutatava kihi all saavutatav kandevõime (MPa);

E_p on arvutatava kihi peal saavutatav kandevõime (MPa);

E on arvutatava kihi materjali E-moodul (MPa);

h on arvutatava kihi paksus (m);

a on konstant, väärtusega 0,15m².

Valemil on kaks täiendavat lisatingimust:

- sidumata kihtide kasutuskõlblik E-moodul on maksimaalselt 6*EA ja osaliselt seotud kihtidel n*Ea, kus n pärineb Juhendist (5);
- kleepunud terved bituumeniga seotud kihid, mille $E \geq 1500$ MPa, arvutatakse ühtse kihina, mille mooduliks võetakse osakihtide moodulite paksustega kaalutud keskvärtus, juhul, kui asfaldikihtide bituumenisisaldus on vähemalt 3,8%, ja segu pärineb segurist. Pehme asfaldisegude kasutamisel nõutud bituumenisisaldus on vähemalt 3,1% ja materjali E-mooduli väärtus vähemalt 1400 MPa. Samas konstruktsioonis kasutatavad pehmed segud ja asfaldisegud ei ole selles mõttes ühtekleepunud ja neid arvutatakse eraldi.

Tellijal võib konkreetse objekti lähteülesandes määrata nõude väsimisteoorial tugineva paljukihiilise arvutusmeetodi, näiteks APAS 3³ programmi kasutamiseks. Paljukihiiline arvutus võimaldab katendi optimaalsemat dimensioneerimist, kui asfaldikihtide kogupaksus on suur, vähemalt 12 cm. Kihilise arvutuse meetodit ei tohi kasutada, kui ehituslepingu garantiiajal ei ole kasutusel vähemalt 5 aastast rööpasügavuse jälgimist ja rööpasügavuse maksimaalväärtusi (kuna kihilise arvutuse meetod soosib pehmeid asfaltbetoone).

Põhimõttelist erisust konkreetse katendi kandevõime arvutuses siiski ei ole, mistõttu antud juhul, kui ei dimensioneerita katendit Soome normide alusel, vaid kontrollitakse ainult valitud katendi sobivust, piisab võrdluses Odemarki valemist.

² Konstandi a väärtus puudub küll avaldatud juhendis, kasutatav väärtus 0,15m pärineb Soome katendiarvutuse ekspertidelt.

³ VTT(<http://www.vtt.fi/>) poolt koostatud tarkvara, ver 3.0 on Soome ametkondade poolt ametlikult tunnustatud.

4. 1500 AKÖL (KKL-2)

Põhikonstruktsiooniks katend minimaalsete kihipaksustega, alternatiivse vahekihina kasutatud räbukillustikku. Dimensioneerimisel kriitiline tõmbepinge asfaldi alapinnal, seetõttu on valitud 5,6 cm TAB-20. Siin ja edaspidi on tabelis toodud kaldkirjas senise killustiku elastsusmooduli (400 MPa) alusel arvutatud tulemused.

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa	<i>E1 MPa</i>	<i>Ea MPa</i>	E1 MPa	Ea MPa
E _{vaj}		Eesti: 202,9				Soome: 265	
Soov. bit. kihtide paksus		8-10 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				9 cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		11,6 cm bituumeniga töödeldud, 5,6 cm asfalt					
Vahekihis mustkillustik							
TAB-20	5,6	2400	235,8	2400	261,1	2500	212,8
MUK	6	800	187,1	800	208,5	800	164,2
Paekillustik	20	280	157,3	400	177,9	280	139,8
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7
Vahekihis räbukillustik							
TAB-16	5,6	2400	241,6	2400	266,1	2500	224,5
MaKuM	10	430	192,0	430	212,7	430	174,8
Paekillustik	20	280	157,3	400	177,9	280	139,8
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7

NB! 1500 AKÖL teele võib TAB-asfalt olla üledimensioneeritud, E1/E2 on liialt suur, räbukillustiku korral oluliselt suurem soovituslikust piirist. Probleem tuleneb ilmselt suhteliselt heast aluspinnasest, mistõttu vastavuses tehnoloogianõuetega ei saa reegleid eiramata kasutada nõrgemaid või õhemaid kihte.

Järgnevalt on dimensioneeritud katend Soome normide alusel, kasutades vahekihis räbukillustikku, alternatiivsena uuritud paekillustiku kasutamisel arvestatud madalama E-mooduliga (280 vastab primale killustikusegule).

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa			E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 202,9				Soome: 265	
Soov. bit. kihtide paksus		8-10 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				9 cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		9 cm bituumeniga töödeldud, 9 cm asfalt					
Vahekihis räbukillustik							
TAB-16	4	2400	244,6			2500	267,3
PAB-32	5	1400	212,6			1650	
Räbukillustik	10	430	180,8			430	161,5
Tardkivikillustik	16	280	146,4			280	126,8
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7
Vahekihis räbukillustik, paekillustiku E-moodul 200							
TAB-16	4	2400	237,4			2500	266,6
PAB-32	5	1400	206,2			1650	
MaKuM	10	430	174,8			430	160,9
Paekillustik	22	200	140,5			200	126,2
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7

5. 3000 AKÖL (KKL-6)

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa	<i>E1 MPa</i>	<i>Ea MPa</i>	E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 217,9				Soome: 360/340 ⁴	
Soov. bit. kihtide paksus		8-10 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				14/13 cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		11,7 cm bituumeniga töödeldud, 5,7 cm asfalt					
Vahekihis mustkillustik							
TAB-20	5,7	2400	237,0	<i>2400</i>	<i>262,4</i>	2500	214,3
MUK	6	800	187,1	<i>800</i>	<i>208,5</i>	800	164,2
Paekillustik	20	280	157,3	<i>400</i>	<i>177,9</i>	280	139,8
Dreenliiv	20	120	105,7	<i>120</i>	<i>105,7</i>	100	82,7
Vahekihis räbukillustik							
TAB-16	5,6	2400	242,9	<i>2400</i>	<i>267,4</i>	2500	226,1
MaKuM	10	430	192,0	<i>430</i>	<i>212,7</i>	430	174,8
Paekillustik	20	280	157,3	<i>400</i>	<i>177,9</i>	280	139,8
Dreenliiv	20	120	105,7	<i>120</i>	<i>105,7</i>	100	82,7

Võrreldes eelnenud näitega on tõmbepingete kriitilisusest tingituna muudetud asfaldikihi paksust 1 mm võrra.

Kuna Soome normide alusel on valitud liiklussagedusest tulenevad nõuded katendile samad, millised 8000 AKÖL puhul, ei dimensioneerita antud juhtumi puhul eraldi katendit.

⁴ Murrujoone pealne piirväärtus kehtib mustkillustiku korral, murrujoone alumine räbukillustiku korral

6. 8000 AKÖL (KKL-6)

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa	<i>E1 MPa</i>	<i>Ea MPa</i>	E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 244,1				Soome: 360/340 ¹	
Soov. bit. kihtide paksus		10-13 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				14/13 ¹ cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		12 cm bituumeniga töödeldud, 7 cm asfalt					
Vahekihis mustkillustik							
TAB-12/AB	3	2400	244,4	2400	279,2	2500	253,1
PAB-16/ABK	4	1400	221,0	1400	253,7	1650	
MUK	5	800	198,4	800	229,5	800	179,4
Paekillustik	28	280	175,1	400	205,4	280	161,2
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7
Vahekihis räbukillustik							
TAB-12/AB	3	2400	257,6	2400	289,1	2500	272,4
PAB-16/ABK	4	1400	233,0	1400	263,4	1650	
MaKuM	10	430	210,1	430	238,6	430	196,1
Paekillustik	28	280	175,1	400	205,4	280	161,2
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7

Katendi dimensioneerimisel Soome normide alusel kasutame vahekihis räbukillustikku. Kuna Soome normides ei ole piiratud järgnevate kihtide elastsusmoodulite suhe, kontrollitakse vaid kihi materjali E-moodulit võrreldes kihi aluspinnal arvutatud mooduliga, seda nii stabiliseeritud kui sideaineta kihtide korral.

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa			E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 244,1				Soome: 360	
Soov. bit. kihtide paksus		10-13 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				14 cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		14 cm bituumeniga töödeldud, 14 cm asfalt					
Vahekihis räbukillustik							
KMA-12/SMA	3	3200	295,4			2500	362,0
TAB-16/AB	4	2400	266,9	2400	279,2	2500	
PAB-32/ABK	7	1400	232,4	1400	253,7	1650	
MUK	10	430	180,7	800	229,5	800	161,5
Tardkivikillustik	16	280	146,4	400	205,4	280	126,8
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7
Vahekihis räbukillustik, paekillustik E-mooduliga 200							
KMA-12/SMA	3	3200	286,9			2500	361,1
TAB-12/AB	4	2400	259,1			2500	
PAB-16/ABK	7	1400	225,5			1650	
MaKuM	10	430	174,8			430	160,9
Paekillustik	22	200	140,5			280	126,2
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7

7. 15000 AKÖL (KKL-10)

Täiendavalt analüüsime I klassi tee katendit liiklussagedusel 15000 AKÖL.

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa	<i>E1 MPa</i>	<i>Ea MPa</i>	E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 256,7				Soome: 420/380 ¹	
Soov. bit. kihtide paksus		13-16 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				17/15 ¹ cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		16 cm bituumeniga töödeldud, 9 cm asfalt					
Vahekihis mustkillustik							
TAB-12/AB	4	2400	270,1	2400	298,8	2500	292,3
PAB-16/ABK	5	1400	235,2	1400	262,7	1650	
MUK-32	7	800	201,9	800	227,3	800	181,2
Paekillustik	23	280	164,6	400	189,0	280	148,5
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7
Vahekihis räbukillustik							
TAB-12/AB	4	2400	269,4	2400	292,9	2500	269,4
PAB-16/ABK	5	1400	234,6	1400	256,9	1650	
MaKuM	12	430	201,3	430	222,0	430	185,9
Paekillustik	20	280	157,3	400	177,9	280	139,8
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7

Soome normide alusel dimensioneerides, kasutades räbukillustikku graniitkillustikul ja alternatiivina paekillustikku E-mooduliga 200 on tulemused alljärgnevad:

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa			E1 MPa	Ea MPa
E _{vaj}		Eesti: 256,7				Soome: 420	
Soov. bit. kihtide paksus		13-16 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				17 cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		17 cm bituumeniga töödeldud, 17 cm asfalt					
Vahekihis räbukillustik							
KMA-12/SMA	3	3200	343,2			2500	425,1
TAB-12/AB	5	2400	310,4			2500	
PAB-16/ABK	9	1400	259,4			1650	
Räbukillustik	10	430	183,7			800	165,0
Tardkivikillustik	17	280	149,3			280	130,1
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7
Vahekihis räbukillustik, paekillustik E-mooduliga 200							
KMA-12/SMA	3	3200	336,5			2500	427,5
TAB-12/AB	5	2400	304,3			2500	
PAB-16/ABK	9	1400	253,6			1650	
MaKuM	10	430	178,8			430	166,3
Paekillustik	25	200	144,5			280	131,5
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7

8. 30000 AKÖL (KKL-25)

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa	<i>E1 MPa</i>	<i>Ea MPa</i>	E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 277,1				Soome: 475/420 ¹	
Soov. bit. kihtide paksus		13-16 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				20/17 ¹ cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		20 cm bituumeniga töödeldud, 13 cm asfalt					
Vahekihis mustkillustik							
KMA-12/SMA	3	3200	314,7	3200	350,7	2500	372,2
TAB-16/AB	4	2400	284,5	2400	317,3	2500	
PAB-20/ABK	6	1400	248,7	1400	280,5	1650	
MUK-32	7	800	204,5	800	233,1	800	181,4
Tardkivikillustik	10	280	167,1	400	194,7	280	148,7
Paekillustik	16	280	146,4	400	162,1	280	126,8
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7
Vahekihis räbukillustik							
KMA-12/SMA	3	3200	317,6	3200	350,4	2500	384,1
TAB-12/AB	5	2400	287,1	2400	316,9	2500	
PAB-16/ABK	6	1400	251,3	1400	280,2	1650	
MaKuM	11	430	206,8	430	232,9	430	189,2
Tardkivikillustik	10	280	167,1	400	194,7	280	148,7
Paekillustik	16	280	146,4	400	162,1	280	126,8
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7

Räbukillustiku kasutamisel tuli suurendada kihi paksust, kuna tõmbepinge osutus kriitiliseks.

Alternatiivsena analüüsime ka ilma KMA kihi kasutamisetega varianti, mis osutus ühikhindadega arvestades soodsamaks.

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa	<i>E1 MPa</i>	<i>Ea MPa</i>	E1 MPa	Ea MPa
E_{vaj}		Eesti: 277,1				Soome: 475/420 ¹	
Soov. bit. kihtide paksus		13-16 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				20/17 ¹ cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		18 cm bituumeniga töödeldud, 10 cm asfalt					
Vahekihis mustkillustik							
TAB-16/AB	4	2400	302,4	2400	338,5	2500	340,4
PAB-20/ABK	6	1400	266,1	1400	301,1	2500	
MUK-32	8	800	220,2	800	251,7	800	203,2
Paekillustik	28	280	175,1	400	205,4	280	161,2
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7
Vahekihis räbukillustik							
TAB-12/AB	4	2400	301,6	2400	333,4	2500	345,5
PAB-16/ABK	6	1400	265,4	1400	296,2	2500	
MaKuM	12	430	219,5	430	247,3	430	207,2
Paekillustik	28	280	175,1	400	205,4	280	161,2
Dreenliiv	20	120	105,7	120	105,7	100	82,7

Selgub, et 8 cm MUK kiht on omadustelt võrreldav 12 cm räbukillustikuga.

Dimensioneerides katendi antud koormusele vastavuses Soome normidega, kasutame vahekihis vaid räbukillustikku kuna bituumeniga töödeldud kihtide paksus on piisav ka Eesti normide alusel

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

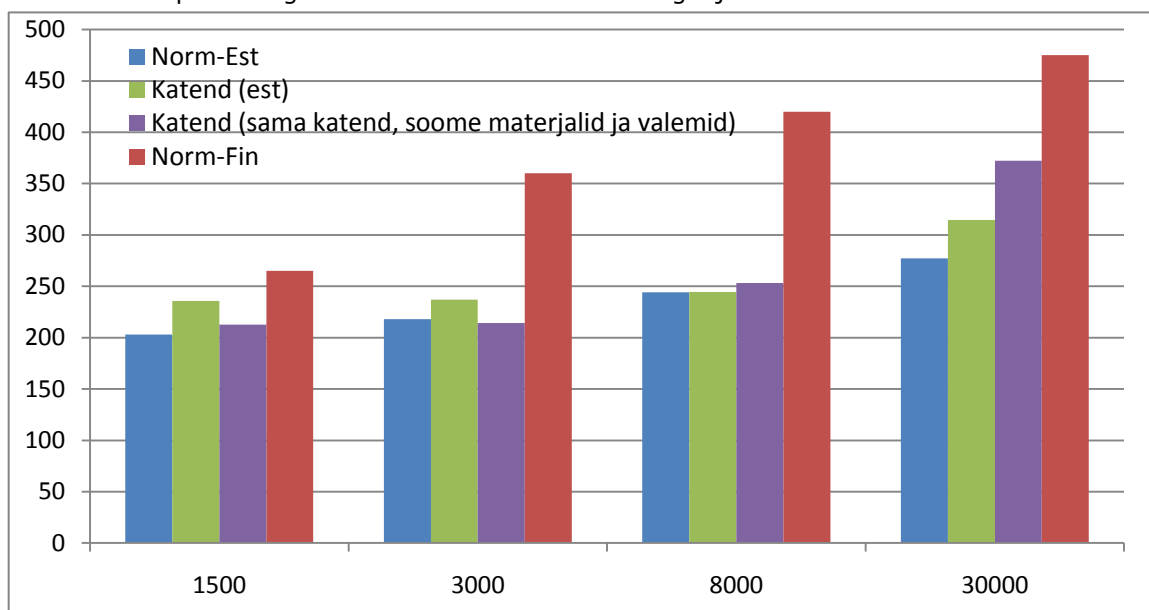
ning Soome normides ei ole sellist otsest nõuet naaberkihtide E-moodulite suhtarvu suhtes nagu meil.

Alternatiivsena on vaadeldud paekillustiku E-moodulina 200 (arvestades asjaolu, et Soome normide alusel on vaid parim killustikusegu mooduliga 280)

Materjal	Paksus cm	E1 MPa	Ea MPa			E1 MPa	Ea MPa
E _{vaj}		Eesti: 277,1				Soome: 475	
Soov. bit. kihtide paksus		13-16 cm (bituumeniga töödeldud kihte)				20 cm (asfalt)	
Tegelik paksus cm		20 cm bituumeniga töödeldud, 20 cm asfalt					
Vahekihis räbukillustik							
KMA-12-1	4	3200	382,9			2500	474,6
TAB-20/AB	6	2400	335,2			2500	
PAB-32/ABK	10	1400	268,1			2500	
Räbukillustik	10	430	180,8			430	161,5
Tardkivikillustik	16	280	146,4			280	126,8
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7
Vahekihis räbukillustik, paekillustiku E-moodul 200							
KMA-12-1	4	3200	376,5			2500	477,0
TAB-20/AB	6	2400	328,9			2500	
PAB-32/ABK	10	1400	262,5			2500	
Räbukillustik	10	430	176,1			430	162,8
Paekivikillustik	23	200	141,8			200	128,0
Dreenliiv	20	120	105,7			100	82,7

9. KOKKUVÕTE

Arvutustest selgus, et valitud peenliivast alus on sedavõrd hea kandevõimega, et selle peal minimaalsete paksustega katendi konstrueerimisel on igal juhul suur varu.

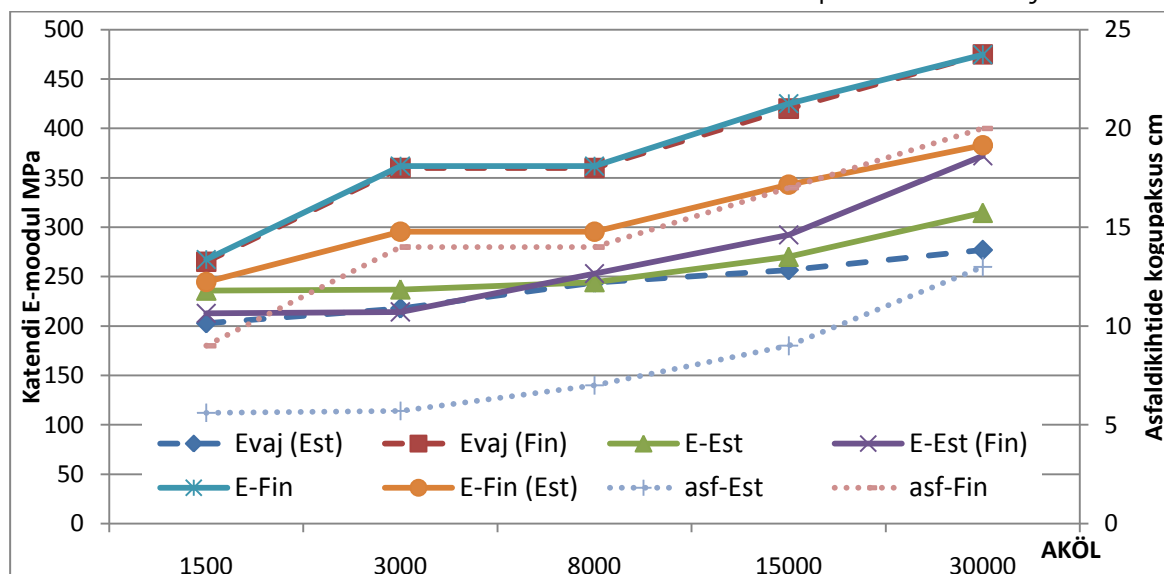


Graafikust nähtub, et Soome metoodika hindab asfaltbetoonikihtide osa katendi kandevõimes kõrgemalt, kui Eesti metoodika. Samas ei saa ülehinnata käesoleva töö arvutusi, kuna reaalses elus on tavaliselt tegemist nõrgemate aluspinnastega. Arvutustulemused (katendi kandevõime), kui kasutada valitud konstruktsioonikihtide Soomes kehtivaid normatiivseid andmeid ja metoodikat, on lähedased. Seda ei saa aga öelda normatiivide kohta ning siit tulenevalt kasvavad erisused nõuetes koos liiklussageduse tõusuga.

Eestis kehtivate normide alusel dimensioneeritud katendite asfaldikihtide paksused jäävad väga palju alla Soomes kehtivatele miinimumnõuetele, samas aluse kandevõime nõuded on antud arvutuste puhul alati täidetud (seda siiski vaid aluseks võetud aluspinnase korral).

Räbukillustiku kasutamine katendikonstruktsioonis võimaldab asendada mustkillustiku ja minimaalsete kihipaksuste korral saavutada parema kandevõime. Siiski on probleemiks levinud poorse asfaltbetooni ja räbukillustiku elastsusmoodulite Juhendis (5) lubatust suurem erinevus, kuigi Soome ekspertide hinnangul ei ole tegemist kriitilise näitajaga.

Lisaks on võrreldud analoogilisele liikluskoormusele vastavalt nõutud minimaalseid katendi kandevõimeid *Evaj (Est)* ja *Evaj (Fin)*, Eesti normide kohaselt dimensioneeritud katendi E-moodulit analoogiliste materjalide korral Soome normide alusel *E-Est* ja *E-Est (Fin)* ning Soome normide kohaselt dimensioneeritud katendit Eesti arvutusreeglite järgi *E-Fin* ja *E-Fin (Est)*. Näidatud on ka erinevate normide alusel dimensioneeritud katendite asfaldikihtide paksused *asf-Est* ja *asf-Fin*.



10. KASUTATUD ALLIKAD - VIITED

1. Elastsete teekatendite projekteerimise juhend 2001-52. *Maanteeameti koduleht*. [Võrgumaterjal] 2001. a. http://www.mnt.ee/atp/failid/juhised/elastsete_teeakatendite_projekteerimise_juhend.pdf. 2001-52.
2. Tierakenteen suunnitlolu. *Tiehallinto*. [Võrgumaterjal] 2004. a. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>. TIEH 2100029-04.
3. *Tartu idapoolse ringtee eelprojekt. Liiklusuuringud*. s.l. : Ramboll Eesti AS, 2009.
4. Liiklusloenduse metoodika koormussageduse määramiseks. [Võrgumaterjal] 2009. a. http://www.mnt.ee/atp/failid/loenduse_metoodika_uuendatud_31_03_09.pdf.
5. *InfraRYL 2006 - Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2006; Osa 1 Väylät ja alueet*. Helsinki : Rakennustieto OY, 2006. ISBN-13: 978-951-682-801-8.
6. Teede projekteerimise normid. *Riigi Teataja*. [Võrgumaterjal] 2004. a. [file:///C:/Users/ain/Documents/normid/teede-proj-norm/teenormid%20\(kehtiv\)%20RT.htm](file:///C:/Users/ain/Documents/normid/teede-proj-norm/teenormid%20(kehtiv)%20RT.htm).
7. Päälysteiden suunnitlolu. *Tiehallitus*. [Võrgumaterjal] 1997. a. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/paallysteiden_suunnitlolu.pdf.
8. Elastsete teekatendite projekteerimise juhendi 2001-52 parandused ja täiendused 2009 veebruar. *Maanteeameti koduleht*. [Võrgumaterjal] 2009. a. http://www.mnt.ee/atp/failid/juhised/elastsete_teeakatendite_projekteerimise_juhend.pdf.
9. Tien päälysrakenteen mitoituksessa käytettävät moduulit ja kestävyysmallit; Tietoa tiensuunnitteluun nro 71D. *Tiehallinto*. [Võrgumaterjal] 2005. a. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/tts71d.pdf>. TTS-71D.
10. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. *Tiehallitus*. [Võrgumaterjal] 2007. a. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>. TIEH 2100041-07.
11. Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise muutmine 2007. *Maanteeameti koduleht*. [Võrgumaterjal] http://www.mnt.ee/atp/failid/juhised/asfaldist_katendikihtide_ehitamise_juhise_muutmine_2007.pdf.

11. LISAD

- Lisa 1. Väljavõtted Excel-rakenduse töölehtedest valitud katendite kontrollarvutustest erinevate liikluskoormuste korral (1500; 3000; 8000 ja 30,000 AKÖL).

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

Objekti nimetus ja muud andmed:

Arvutusmeetodite võrdluse katsetöö

Katendi tüüp: püsikatend

Tee klass: 4

Normkoormus ja selle koormusarakteristikud:

A veoauto

a= 67,6

b= 61,3

Arvutusveok: V1

Koormussagedus kasutusaja lõpuks

124,3

telge enamkoormatud rajal

aastal

Arvutusprofiili kirjeldus:

1500 AKÖL

vee sügavus katendist H': 128

Paikkonna tüübi nr:

1

töökindlustegur k_{tk} :

0,85

tugevustegur k_{tt} :

0,9

E_{vaj} = 202,89 MPa

rattajälje diameeter D: 37 cm

erisurve p: 0,6 MPa

K I H I											Nihkepinge		A/B tõmbepinge		E1/E2
nr	materjal	paksus	E1	E2	E	R	R3	C	F	$E_{\text{üld}}$	T3	T0	R1	R0	
		cm	MPa								MPa				
1	KMA-12-1		3200	1800	4500	2,8				235,76					
2	TAB-16-1	5,6	2400	1200	3600	2,4				235,76					3,00
3	PAB-20-2		1400	800	2200	1,6				187,06			1,6691	1,9968	
4	MUK-32-2	6	800							187,06					2,86
5	Graniitkillustik		280							157,34					
6	Lubjakillustik	20	280					0,006	40	157,34					2,33
7	Dreenkiht, keskliiv	20	120					0,005	38	105,70	0,0196	0,0219			1,20
	PINNAS		100					0,005	38,0		0,0000	0,0183			

Katendi paksus: 51,6 cm

Pinnase parameetrid:

E F C

Katendi alla jääv pinnas üle 75 cm? (' tüüp

4

peenliiv

100 38 0,005

Pinnas:

pinnasetegur B: 1,5

Pinnase arvutuslikud näitajad: normatiivsed

Arv.külmakerge cm l_{kk} : 2,56

A											
0,63											
		Teepeenrad kaetud kruusa või killustikuga (1) või >2/3 ulatuses asfaltbetooniga (2)									
		Muldkehas on polümeermaterjalidest hüdroisolatsioonikiht									
		Dreenkihis on pikifiltertoru									
		Muldkeha on süvendis									
Normhálbetegur: 1,06		Variatsioonitegur: 0,1									
		0,6415									
		0,6415									
		53,5									
		36,0									
		0,0132									
		2									
		-0,05									
		0									
		0									
		0									
		-0,05									
		0									

(c) Ain Kendra, Ramboll Eesti AS

28.04.2009

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

Objekti nimetus ja muud andmed:

Arvutusmeetodite võrdluse katsetöö

Katendi tüüp: püskatend

Tee klass: 3

Normkoormus ja selle koormuskarakteristikud:

A veoauto

a= 67,6

b= 61,3

Arvutusveok: V1

Koormussagedus kasutusaja lõpuks

207,3

telge enamkoormatud rajal

aastal

Arvutusprofiili kirjeldus:

3000 AKÖL

vee sügavus katendist H': 128

Paikkonna tüübi nr:

1

töökindlustegur k_{tk} :

0,9

tugevustegur k_{tt} :

0,94

E_{vaj} =

217,90 MPa

rattajälje diameeter D:

37 cm

erisurve p:

0,6 MPa

K I H I															Nihkepinge			A/B tõmbepinge	
nr	materjal	paksus	E1	E2	E	R	R3	C	F	E _{üld}	T3	T0	R1	R0					
		cm	MPa								MPa				E1/E2				
1	KMA-12-1		3200	1800	4500	2,8				237,01									
2	TAB-16-1	5,7	2400	1200	3600	2,4				237,01					3,00				
3	PAB-20-2		1400	800	2200	1,6				187,06			1,6678	1,7104					
4	MUK-32-2	6	800							187,06					2,86				
5	Graniitkillustik		280							157,34									
6	Lubjakillustik	20	280					0,006	40	157,34					2,33				
7	Dreenkiht, keskliiv	20	120					0,005	38	105,70	0,0194	0,0195			1,20				
	PINNAS		100					0,005	38,0		0,0000	0,0163							

Katendi paksus: 51,7 cm

Pinnase parameetrid:

E

F

C

Katendi alla jääv pinnas üle 75 cm? (' tüüp

4

peenliiv

100

38

0,005

Pinnas:

pinnasetegur B: 1,5

Pinnase arvutuslikud näitajad:

normatiivsed

Arv.külmakerge cm l_{kk} : 2,55

Normhålbetegur:	A										
	0,63										
		Teepeenrad kaetud kruusa või killustikuga (1) või >2/3 ulatuses asfaltbetooniga (2)									
		Muldkehas on polümeermaterjalidest hüdroisolatsioonikiht									
		Dreenkihis on pikifiltertoru									
		Muldkeha on süvendis									
		Variatsioonitegur: 0,1									
		0,6566									
		0,6566	52,5	35,9	0,0129						

(c) Ain Kendra, Ramboll Eesti AS

28.04.2009

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

Objekti nimetus ja muud andmed:

Arvutusmeetodite võrdluse katsetöö

Katendi tüüp: püskatend

Tee klass: 2

Normkoormus ja selle koormuskarakteristikud:

A veoauto

a= 67,6

b= 61,3

Arvutusveok: V1

Koormussagedus kasutusaja lõpuks

506,7

telge enamkoormatud rajal

aastal

Arvutusprofiili kirjeldus:

8000 AKÖL

vee sügavus katendist H': 128

Paikkonna tüübi nr:

1

töökindlustegur k_{tk} :

0,95

tugevustegur k_{tt} :

1

E_{vaj} = 244,14 MPa

rattajälje diameeter D: 37 cm

erisurve p: 0,6 MPa

K I H I															Nihkepinge			A/B tõmbepinge	
nr	materjal	paksus	E1	E2	E	R	R3	C	F	E _{üld}	T3	T0	R1	R0					
		cm	MPa							MPa					E1/E2				
1	KMA-12-1		3200	1800	4500	2,8				244,39									
2	TAB-16-1	3	2400	1200	3600	2,4				244,39					1,71				
3	PAB-20-2	4	1400	800	2200	1,6				220,95			1,2419	1,3309	1,75				
4	MUK-32-2	5	800							198,42					2,86				
5	Graniitkillustik		280							175,13									
6	Lubjakillustik	28	280					0,006	40	175,13					2,33				
7	Dreenkiht, keskliiv	20	120					0,005	38	105,70	0,0157	0,016			1,20				
	PINNAS		100					0,005	38,0		0,0000	0,0133							

Katendi paksus: 60 cm

Pinnase parameetrid:

E

F

C

Katendi alla jääv pinnas üle 75 cm? (' tüüp

4

peenliiv

100

38

0,005

Pinnas:

pinnasetegur B: 1,5

Pinnase arvutuslikud näitajad:

normatiivsed

Arv.külmakerge cm l_{kk} : 2,27

Normhällbetegur:	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

Objekti nimetus ja muud andmed:

Arvutusmeetodite võrdluse katsetöö

Katendi tüüp: püsikatend

Tee klass: 1

Normkoormus ja selle koormuskarakteristikud:

A veoauto

a= 67,6

b= 61,3

Arvutusveok: V1

Koormussagedus kasutusaja lõpuks

1554,8

telge enamkoormatud rajal

aastal

Arvutusprofiili kirjeldus:

30000 AKÖL

vee sügavus katendist H': 128

Paikkonna tüübi nr:

1

töökindlustegur k_{tk} :

0,95

tugevustegur k_{tt} :

1

E_{vaj} = 277,06 MPa

rattajälje diameeter D: 37 cm

erisurve p: 0,6 MPa

K I H I												Nihkepinge		A/B tõmbepinge	
nr	materjal	paksus	E1	E2	E	R	R3	C	F	E _{üld}	T3	T0	R1	R0	
		cm	MPa							MPa					E1/E2
1	KMA-12-1	3	3200	1800	4500	2,8				314,74					1,33
2	TAB-16-1	4	2400	1200	3600	2,4				284,47					1,71
3	PAB-20-2	6	1400	800	2200	1,6				248,71			1,1066	1,1124	1,75
4	MUK-32-2	7	800							204,47					2,86
5	Graniitkillustik	10	280							167,05					1,00
6	Lubjakillustik	16	280					0,006	40	146,40					2,33
7	Dreenkiht, keskliiv	20	120					0,005	38	105,70	0,0085	0,0129			1,20
	PINNAS		100					0,005	38,0		0,0000	0,0108			

Katendi paksus: 66 cm

Pinnase parameetrid:

E

F

C

Katendi alla jääv pinnas üle 75 cm? (' tüüp

4

peenliiv

100

38

0,005

Pinnas:

pinnasetegur B: 1,5

Pinnase arvutuslikud näitajad:

normatiivsed

Arv.külmakerge cm l_{kk} : 1,90

Normhällbetegur:	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Teekatendite kandevõime võrdlev analüüs

Objekti nimetus ja muud andmed:

Arvutusmeetodite võrdluse katsetöö

Katendi tüüp: püsikatend Tee klass: 1
 Normkoormus ja selle koormuskarakteristikud: A veoauto a= 67,6 b= 61,3 Arvutusveok: V1
 Koormussagedus kasutusaja lõpuks 1554,8 telge enamkoormatud rajal aastal
 Arvutusprofiili kirjeldus: 30000 AKÖL vee sügavus katendist H': 128
 Paikkonna tüübi nr: 1 töökindlustegur k_{tk} : 0,95 tugevustegur k_{tt} : 1
 E_{vaj} = 277,06 MPa rattajälje diameeter D: 37 cm erisurve p: 0,6 MPa

K I H I											Nihkepinge		A/B tõmbepinge		
nr	materjal	paksus	E1	E2	E	R	R3	C	F	E _{üld}	T3	T0	R1	R0	
		cm	MPa							MPa					E1/E2
1	KMA-12-1		3200	1800	4500	2,8				302,42					
2	TAB-16-1	4	2400	1200	3600	2,4				302,42					1,71
3	PAB-20-2	6	1400	800	2200	1,6				266,12			1,1069	1,1124	1,75
4	MUK-32-2	8	800							220,17					2,86
5	Graniitkillustik		280							175,13					
6	Lubjakillustik	28	280					0,006	40	175,13					2,33
7	Dreenkiht, keskliiv	20	120					0,005	38	105,70	0,0104	0,0129			1,20
	PINNAS		100					0,005	38,0		0,0000	0,0108			

Katendi paksus: 66 cm Pinnase parameetrid: E F C
 Katendi alla jääv pinnas üle 75 cm? ('tüüp 4) peenliiv 100 38 0,005
 Pinnas: pinnasetegur B: 1,5
 Pinnase arvutuslikud näitajad: normatiivsed Arv.külmakerge cm l_{kk} : 2,03

A		0,63	
Normhálbetegur: 1,71		0,6792	
Teepeenrad kaetud kruusa või killustikuga (1) või >2/3 ulatuses asfaltbetooniga (2)		2	-0,05
Muldkehas on polümeermaterjalidest hüdroisolatsioonikiht		0	0
Dreenkihis on pikifiltertoru		0	0
Muldkeha on süvendis		0	0
Variatsioonitegur: 0,1			-0,05
0,6792			0
0,6792		50,7	35,4
			0,0124

(c) Ain Kendra, Ramboll Eesti AS

28.04.2009