TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

ÕPPEAINE „TEEPROJEKTEERIMINE (ETT0220)"

KURSUSEPROJEKT

Üliõpilane: Karoliina Paas

Üliõpilaskood: 231430EATI

Juhendaja: Ain Kendra

Tallinn 2025

SISUKORD

1. Üldandmed 3
1.1 Seonduvate määruste loetelu 3
2. Lähteülesanne 3
2.1 Hetkeolukord 4
3. Maantee klassi määramine 6
3.1 Liiklussageduste prognoos 6
4. Trassi paiknemine ja kliima iseloomustus 9
4.1 Asendiplaan 9
4.2 Tuisuohutu mulde kõrgus 9
5. Katendi arvutus 11
6. Plaanilahendus 11
6.1 Trass 1 11
6.2 Trass 2 11
7. Trasside võrdlus 11
8. Projektlahendused 12
9. Plaanigeomeetria 12
9.1 Pikiprofiilid 12
9.2 Plaanikõverikud 12
9.3 Ristprofiilid 13
10. Katend 13
Lisad 17

1. Üldandmed

1.1 Seonduvate määruste loetelu

- Tee projekteerimise normid (Kliimaministri määrus nr 106 „Tee projekteerimise normid“, 17.11.2023)
- Tee projekteerimise normid (Kliimaministri määrus nr 106 „Tee projekteerimise normid“, Lisa: Tabelid, 17.11.2023)
- Tee projekteerimise normid (Kliimaministri määrus nr 106 „Tee projekteerimise normid“, Lisa: Joonised, 17.11.2023)
- Tee projekteerimise normid (Kliimaministri määrus nr 106 „Tee projekteerimise normid“, Lisa: Teele esitatavad nõuded, 17.11.2023)
- Teekonstruktsioonide projekteerimine 28.11.2018 (Transpordi ameti juhend 38/2018)
- Elastsete teekatendite projekteerimise juhend (Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 39, 04.03.2002)
- Katendiarvutus. Elastsete katendite arvutamise programmi kasutusjuhend (Maanteeamet 2017-002)
- Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri (Maa-amet, 2001)
- Mulla ABC I osa (Mulla mehaaniline koostis. Mullastikukaardid) (Eesti Maaülikool, 2017)
- LIIKLUSE BAASPROGNOOS EESTI RIIGIMAANTEEDELE AASTAKS 2040 lõpparuanne (Tallinna Tehnikaülikool, Teedeinstituut, 2007-23/L

2. Lähteülesanne

Kursuseprojekti ülesandeks on määrata ära valitud maantee lõigu klass (üldjuhul III, IV või V klass) ning projekteerida või rekonstrueerida maantee lõik. Lõik peab olema vähemalt 5 km pikk ning kõrguste vahe vähemalt 10 meetrit. Uus tee projekteeritakse vastavalt liikluskoormusest ning projektkiirusest tulenevatele parameetritele. Projekti raames on tehtud arvutused, tabelid ning joonised nii vanale kui ka uuele teetrassile. Uue trassi planeerimisel on võetud lähtetasemeks tase „hea“. Uue tee klass vastab III klassi maanteele esitatud nõuetele.

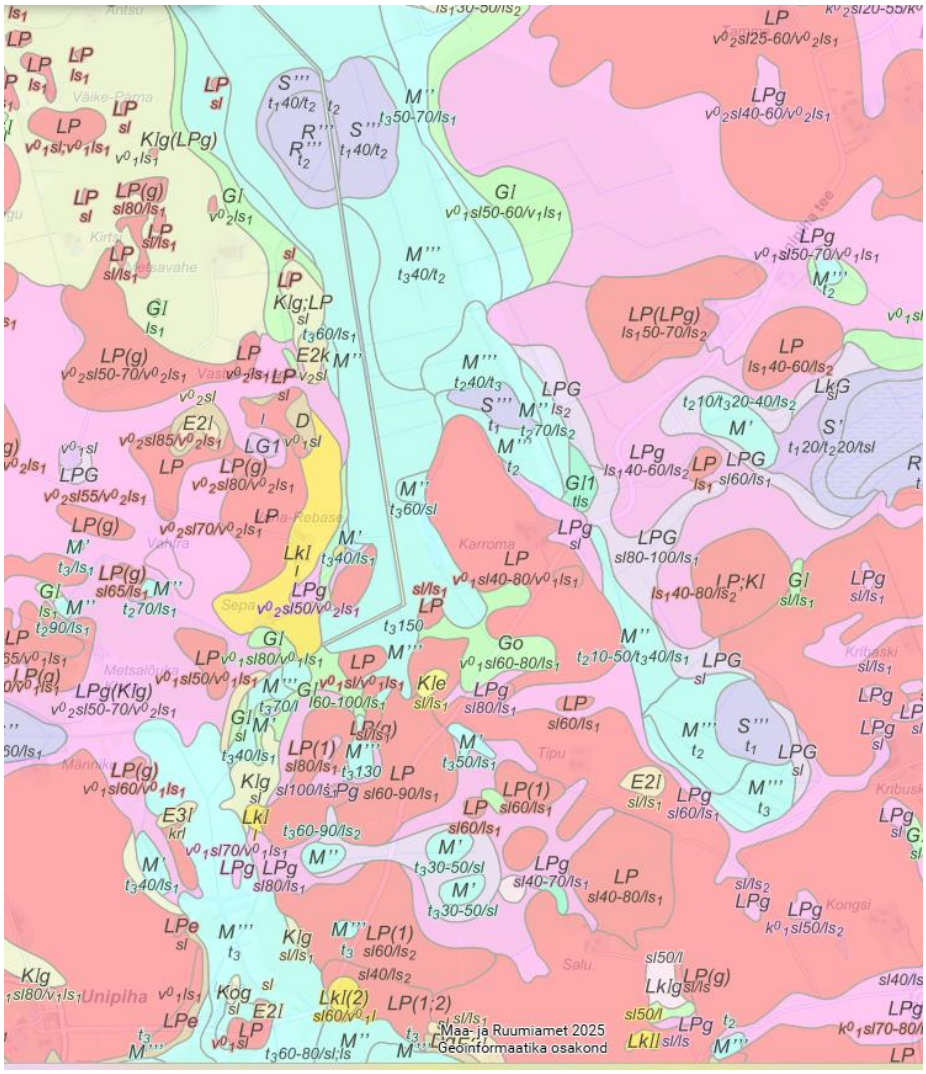
2.1 Hetkeolukord

Projektiks valitud teelõigu asukoht: Tartu maakond, Nõo vald. Tegu on kõrvalmaanteega nr 22133 (Reola-Unipiha tee). Objekti algus: 6463714.95, 656167.76. Objekti lõpp: 6460144.12,653333.98. Olemasolev teelõik asub kilomeetritel 3.5 - 8.5. Teel on hetkel püsikatend mille olukord on rahuldav. Vaadeldava teekõigu piirkiirus on 90 km/h. Teel on hetkel 4 järsemat kurvi, mille läbimiseks peab kiirust oluliselt alandama. Enamus trassist kulgeb metsade ja põldude vahel.



Joonis 1. Olemasoleva trassi asukoht.

Konkreetse trassi lähisel on väga vähe elamuid, seega ei sega uue trassi planeerimine oluliselt hetkelist korraldust. Samuti kõrvaldaks uus trass mõningad järsud kurvid.
Madalaim punkt trassil on 58 m üle merepinna ja kõrgeim 74 m üle merepinna.
Mullastikuks on antud piirkonnas valdavalt kahkjas leetunud muld ja gleistunud kahkjas leetunud muld. Samuti on ka lõike, kus valdavaks mullastikuks on madalsoomullad.



Joonis 2. Mullastiku kaart.

3. Maantee klassi määramine

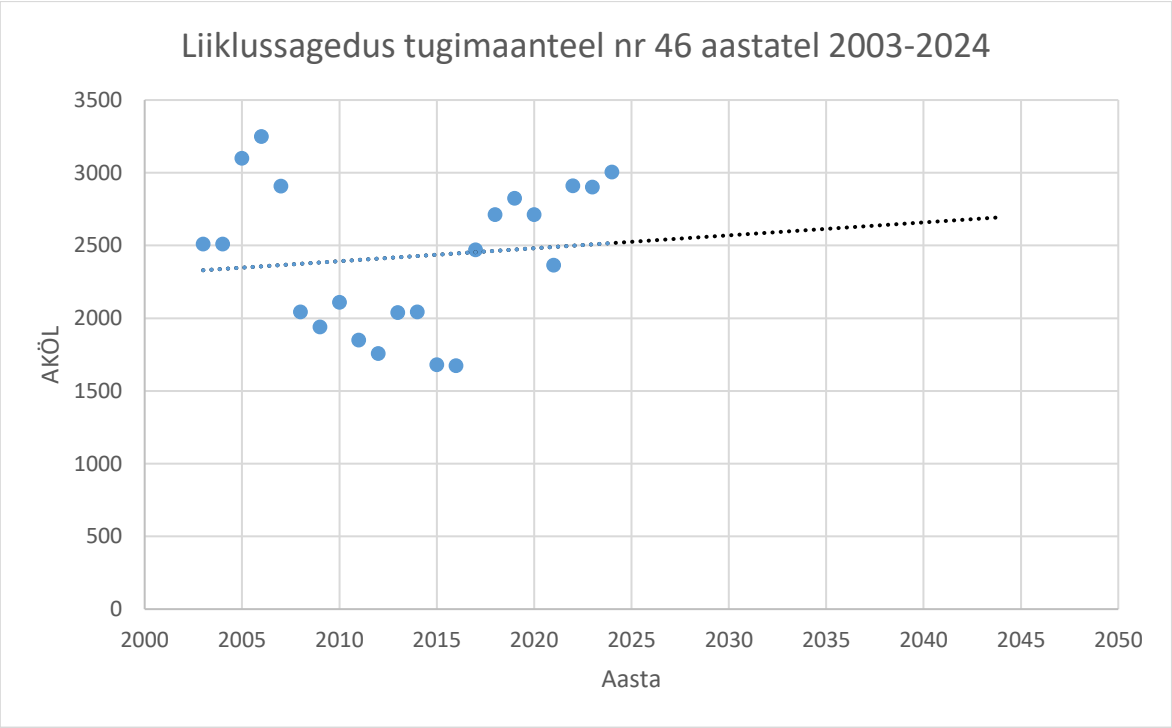
3.1 Liiklussageduste prognoos

Liiklusprognoos on koostatud määratlemaks tee klassi ning sellest tulenevalt edasised eripärased parameetrid, mida projekteerimisel kasutada. Prognoosimise eesmärgiks on ette näha liikluse koormust 20 aasta pärast peale uue tee valmimist.

Prognoosi koostamiseks vajalik sisendinfo on saadud Transpordiameti poolt tellitud iga-aastastest liiklusloenduste tulemustest. Kuna vaadeldava kõrvalmaantee 22133 liiklussagedus on väljaspool kursuseprojekti sagedusvahemikku, on võetud prognoositavaks liiklussageduseks algandmed lähedal paiknevalt maanteelt. Lähedal olevaks maanteeks on valitud tugimaantee 46 Tatra-Otepää-Sangaste tee, millest vaadeldakse liiklussageduse prognoosimiseks lõiku algusega 0 km ja lõpuga 7.5 km.

Aasta	AKÖL	SAPA	VAAB	AR
2003	2510	-	-	-
2004	2510	2285	175	50
2005	3100	2727	218	155
2006	3250	2878	217	155
2007	2908	2559	204	145
2008	2043	1967	51	25
2009	1940	1883	38	19
2010	2108	2000	58	50
2011	1849	1772	37	40
2012	1757	1681	34	42
2013	2038	1955	45	38
2014	2043	1956	44	43
2015	1681	1597	39	45
2016	1673	1597	32	44
2017	2470	2388	32	50
2018	2713	2630	34	49
2019	2824	2746	34	44
2020	2711	2631	32	48
2021	2364	2273	41	50
2022	2911	2782	67	62
2023	2902	2784	59	59
2024	3004	2898	57	49

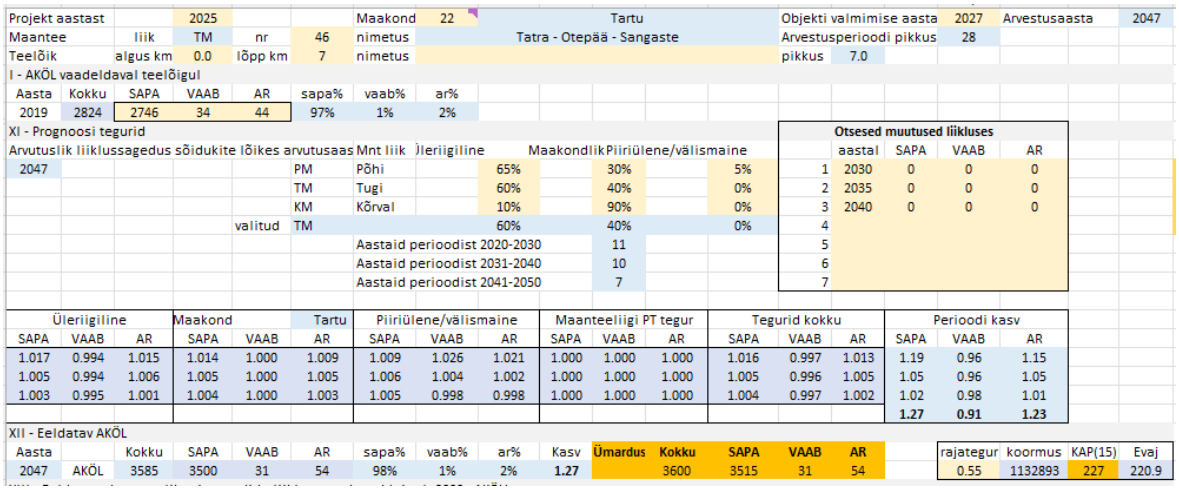
Tabel 1. Liiklussagedus aastate lõikes.



Joonis 3. Liiklussageduste graafik koos prognoosiga.

On näha, et graafiku punktid hajuvad üsna tugevalt (väiksema liiklusega periood umbkaudselt 2008 – 2016) ning pärast langusperioodi on taas selgelt näha, et liiklussagedus on pärast 2016. aastat selgelt tõusuteel, seega võib konkreetse analüüsiga saadud tulemus olla kaheldav. Realistlikum hinnang oleks võimalik saada, kui prognoosi arvutataks hilisema perioodi kohta. Teisest küljest näitab taoline graafik, et alati ei ole võimalik õigesti ette näha liikluskoormust tulevikus, sest liiklust võivad kujundada ootamatud asjaolud.

Eeldatav AKÖL Excelis tehtud prognoosi kohaselt aastaks 2047 on 2720. Tabel 1.1 põhjal, mis on võetud määrus 106 lisast “Maanteede projekteerimisnormid”, on tegu IV klassi teega.



Projekt aastast			2025			Maakond	22		Tartu						Objekti valmimise aasta		2027	Arvestusaasta		2047			
Maantee		liik	TM	nr	46	nimetus			Tatra - Otepää - Sangaste						Arvestusperioodi pikkus		28						
Teelõik		algus km	0.0	lõpp km	7	nimetus									pikkus	7.0							
I - AKÖL vaadeldaval teelõigul																							
Aasta	Kokku	SAPA	VAAB	AR	sapa%	vaab%	ar%																
2019	2824	2746	34	44	97%	1%	2%																
XI - Prognoosi tegurid																							
Arvutuslik liiklussagedus		sõidukite lõikes arvutusaas			Mnt liik		Üleriigiline			Maakondlik		Piiriülene/välismaine			Otsesed muutused liikluses							
2047					PM	Põhi		65%		30%		5%				aastal	SAPA	VAAB	AR				
					TM	Tugi		60%		40%		0%			1	2030	0	0	0				
					KM	Kõrval		10%		90%		0%			2	2035	0	0	0				
				valitud	TM			60%		40%		0%			3	2040	0	0	0				
						Aastaid perioodist 2020-2030				11					4								
						Aastaid perioodist 2031-2040				10					5								
						Aastaid perioodist 2041-2050				7					6								
															7								

Üleriigiline			Maakond			Tartu			Piiriülene/välismaine			Maanteeliigi PT tegur			Tegurid kokku			Perioodi kasv		
SAPA	VAAB	AR	SAPA	VAAB	AR				SAPA	VAAB	AR	SAPA	VAAB	AR	SAPA	VAAB	AR	SAPA	VAAB	AR
1.017	0.994	1.015	1.014	1.000	1.009				1.009	1.026	1.021	1.000	1.000	1.000	1.016	0.997	1.013	1.19	0.96	1.15
1.005	0.994	1.006	1.005	1.000	1.005				1.006	1.004	1.002	1.000	1.000	1.000	1.005	0.996	1.005	1.05	0.96	1.05
1.003	0.995	1.001	1.004	1.000	1.003				1.005	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	1.004	0.997	1.002	1.02	0.98	1.01
																		1.27	**0.91**	**1.23**

XII - Eeldatav AKÖL																			
Aasta		Kokku	SAPA	VAAB	AR	sapa%	vaab%	ar%	Kasv	Ümardus	Kokku	SAPA	VAAB	AR		rajategur	koormus	KAP(15)	Evaj
2047	AKÖL	3585	3500	31	54	98%	1%	2%	**1.27**		3600	3515	31	54		0.55	1132893	227	220.9

Joonis 4. Transpordiameti baasprognoos 2020.

Baasprognoosiga leitud liiklussagedus aastaks 2047 on 2720 ja Transpordi 2020 baasprognoosiga 3600. Vastus erineb oluliselt, kuna TrAm-i prognoosi aluseks on teised andmed, kuid tuginedes graafikul näha olevast viimaste aastate tõusust, on TrAm-i prognoosi tulemus tõenäolisem. Tabel 1.1 põhjal, mis on võetud määrus 106 lisast "Maanteede projekteerimisnormid", on tegu III klassi teega. Projektis on ka kasutatud just TrAm 2020 baasprognoosiga saadud tulemust 3600.

Tabel 1.1

Maantee klassid

Maantee klass	Eeldatav aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus	
	Füüsiline	Taandatud sõiduautole
	Liiklussagedus a/ööp	Liiklussagedus a/ööp
Kiirtee	üle 40000	üle 45000
I*	üle 14500	üle 18500
II	6000–14500	7200–18500
III	3000–6000	3500–7200
IV	500–3000	1000–3500
V	50–500	100–1000
VI**	Kuni 50	Kuni 100

4. Trassi paiknemine ja kliima iseloomustus

4.1 Asendiplaan

Trassi asukoht on Tartumaa, Nõo vald, Unipiha ja Reola küla. Olemasoleva trassi pikkus on ligikaudu 5.1 km ning ei lõiku ühegi kõrvalmaanteega. Kavandatava uue trassi pikkus on 4.8 km. Mõlemal lõigul ei ole ette nähtud sildasid, kuid tuleb arvestada ojadega, kuhu on tuleks rajada truubid.

4.2 Tuisuohutu mulde kõrgus

Tuisuohutuse tagamiseks tuleb projekteerida korrektsed tuisutõkke meetmed. Kui projekteeritakse tuisuohutu kõrgusega muldkeha, tuleb avatud maastikul maantee serva kõrgus üle arvutusliku lumekihi taseme Δh võtta III klassi maanteel vähemalt 0.6 m. Lumekihi paksus, mille esinemise tõenäosus on 5% on 40 cm (Tabel 2). Seega tuisuohutuse seisukohalt minimaalne mulde kõrgus avatud maastikul on H = 0.6 + 0.4 = 1.00 m.

Tabel 2. Maksimaalne lumekihi pakus aastate lõikes.

Aeg			Kihi paksus cm.
1961	/	1962	30
1962	/	1963	30
1963	/	1964	25
1964	/	1965	35
1965	/	1966	45
1966	/	1967	25
1967	/	1968	25
1968	/	1969	35
1969	/	1970	40
1970	/	1971	35
1971	/	1972	10
1972	/	1973	10
1973	/	1974	10
1974	/	1975	12
1975	/	1976	20
1976	/	1977	35
1977	/	1978	30
1978	/	1979	50
1979	/	1980	35
1980	/	1981	20

Aeg			Kihi paksus cm.
1981	/	1982	35
1982	/	1983	25
1983	/	1984	30
1984	/	1985	40
1985	/	1986	30
1986	/	1987	40
1987	/	1988	30
1988	/	1989	30
1989	/	1990	10
1990	/	1991	15
1991	/	1992	10
1992	/	1993	20
1993	/	1994	20
1994	/	1995	20
1995	/	1996	40
1996	/	1997	20
1997	/	1998	20
1998	/	1999	40
1999	/	2000	15
2000	/	2001	15

5. Katendi arvutus

Tüüpsete ristprofiilide projekteerimiseks on tehtud katendiarvutused, mis arvestavad piirkonna liiklussagedust ning pinnase iseärasusi. Katend on dimensioneeritud nii kõrgele muldele kui madalale muldele ja süvendile.

6. Plaanilahendus

6.1 Trass 1

Tee pikkus on 5.018 km ning maksimaalne kõrguste vahe 18.58 m. Projekteerimisel lähtuti tasemest „rahuldav“.

6.2 Trass 2

Tee pikkus on 4.668 km ning maksimaalne kõrguste vahe 14.29 m. projekteerimisel lähtuti tasemest „hea“.

7. Trasside võrdlus

Uue trassi võrdlus vana trassiga võrreldes on välja toodud Tabelis 3, kus on näha, et teisel trassil on eeliseid rohkem kui esimesel trassil. Uue trassi eeliseks on suuremate ja järskude kurvide puudumine, mis vanal trassil olid teatud lõikudel üpriski ohtlikud. Kuna trassi alguslõigus reljeef tunduvalt muutub, siis on uues trassis üritatud ka seda ühtlustada. Kuigi on näha et trassil 2 pole ajavõit väga märkimisväärne, on tegelikkuses see ajavõit suurem, sest algset trassi pole võimalik läbida püsiva kiirusega 90km/h.

Tabel 3. Trasside võrdlus

	Trass 1	Trass 2
Trassi pikkus (m)	5018.4	4668.9
Trassi läbimise aeg (min)	3.35	2.80
Pöördenurkade arv	13	6
Vähim plaanikõveriku raadius (m)	25	900
Suurim pikikalle (%)	5.38	2.98
Vähim pikikalle (%)	-0.02	0.3

8. Projektlahendused

Antud projekti eesmärk on rajada uus trass vana trassi asemele. Uue trassi põhilised näitajad on järgmised:

- Projekteerimise lähtetase „hea“
- Maantee klass III
- Projektkiirus 100 km/h
- Sõiduraja laius 3.5 m
- Sõiduradade arv 1+1
- Kindlustatud peenra laius (purustatud kruus) 1.0 m x 2
- Tugipeenra laius 0.5 m x 2
- Teekatte laius 10 m

9. Plaanigeomeetria

Liiklusprognoosist lähtuvalt on projekteeritav tee III klassi maantee. Projekteerimisnormi kohaselt on tee projektkiirus 100 km/h, millest tulenevalt on valitud teised tee parameetrid. Vana trassi puhul antud hetkel ei ole kõik nõuded täidetud.

9.1 Pikiprofiilid

Vastavalt tasemele „hea“ ja kiirusele 100 km/h võib minimaalne kumera püstkõveriku raadius olla 17 000 m ning nõgusa püstkõveriku raadius 3000 m. Nii vana kui uue trassi puhul vastavad kõik püstkõverikud tasemele „hea“. Tee pikikalle peaks jääma vahemikku 0-5%. Vana trassi puhul olid kalded järsemad, uue trassi puhul oli sõidu sujuvuse huvides püütud seda ühtlustada, pikikalded on laugemad ning kohati tuleks seega arvestada ka rennide või kraavide rajamisega.

Pikiprofiilid on ära toodud LISA 1.

9.2 Plaanikõverikud

Plaanikõverike projekteerimisel lähtetasemeks „hea“ ja kiirus jätkuvalt 100 km/h. Sel juhul minimaalne plaanikõveriku raadius 2.5% viraažikalde korral võib olla 560 m. Vanal trassil

ei vastanud tasemele „rahuldav“ 4 kurvi. Uuel trassil vastavaid kõik plaanikõverikud tasemele „hea“ ning kasutatud on viraažikallet 2.5%.

9.3 Ristprofiilid

Sõidutee laius III klassi maanteele on valitud vastavalt projekteerimisnormile. Maantee kogulaius peab olema vähemalt 10.0 m, sõiduraja laius 3.5 m, kindlustatud peenra laius 1.0 m ning tugipeenra laius 0.5 m, katte laius peab olema kokku vähemalt 7.0 m. Ristprofiilide tüübid on jaotud vastavalt muldkeha kõrguse järgi. Kihtide paksused on saadud vastavalt katendiarvutusprogrammile.

Ristprofiilid on välja toodud LISA 2 ja LISA 3.

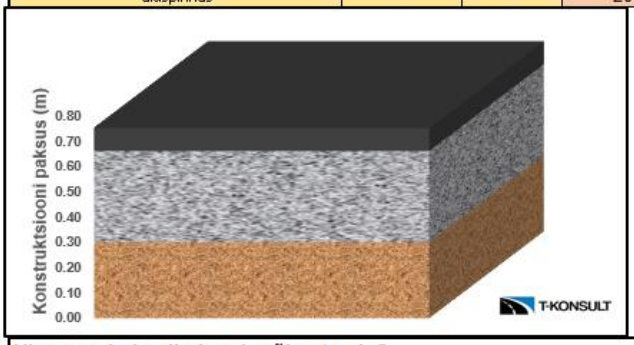
10. Katend

Katendi tugevusarvutused on teostatud katendirehkendus programmi (KRP) abil, kus on arvestatud kohalikke pinnaseomadusi, kättesaadavaid materjale, samuti ka liikluskoormust.

Projekteeritud katendikonstruktsioonid:

Kõrge mulle:

Kuupäev:	2.12.2025			
Materjal	Paksus (max 0,3m)	Hind €/m³	E-moodul	Arvutatud Ey (E_{V_2})
	0.75 m	37.02 €/m2	MPa	MPa
Asfaltbetoon	0.09	250.00	2500	205
Go 0/31,5	0.16	27.00	280	114
Go 0/31,5	0.20	27.00	200	71
liiv 50	0.30	16.00	50	34
liiv 35	0.00	16.00	35	20
aluspinnas	-	-	20	20

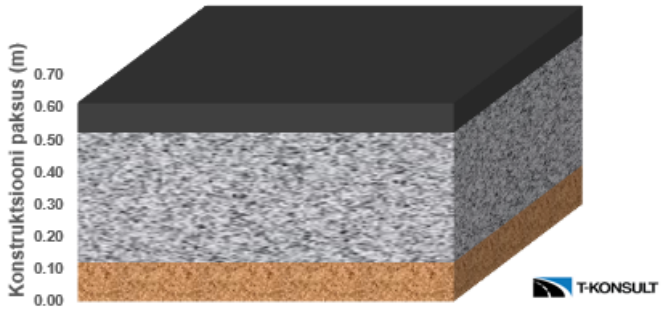


Hinnang, kui palju kandevõimet vaja?		
VAAB	32	AKÕL (tk)
AR	52	AKÕL (tk)
Rajategur	0.55	-
Sõiduraja laius	3,50	m
Konstruktsiooni eeldatav tööiga	20	aastat
	0.522	mlj. normtelge
Mitu MPa vaja?	**202**	MPa
Rehkendatud konstruktsiooni kestvuse prognoos	**21.0**	aastat

Joonis 5. Kõrgemulle

Süvend/madal mulle:

Kuupäev:	2.12.2025			
Materjal	Paksus (max 0,3m)	Hind €/m^3	E-moodul	Arvutatud Ey (Ev_2)
	0.61 m	35.22 €/m2	MPa	MPa
Asfaltbetoon	0.09	250.00	2500	203
Go 0/31,5	0.20	27.00	280	113
Go 0/31,5	0.20	27.00	200	59
liiv 50	0.12	16.00	50	25
liiv 35	0.00	16.00	35	20
aluspinnas	-	-	20	20



Hinnang, kui palju kandevõimet vaja?		
VAAB	32	AKÖL (tk)
AR	52	AKÖL (tk)
Rajategur	0.55	-
Sõiduraja laius	3,50	m
Konstruktsiooni eeldatav tööiga	20	aastat
	0.522	mlj. normtelge
Mitu MPa vaja?	**202**	MPa
Rehkendatud konstruktsiooni kestvuse prognoos	**20.5**	aastat

Joonis 6. Süvend.

11. Mahuarvutus

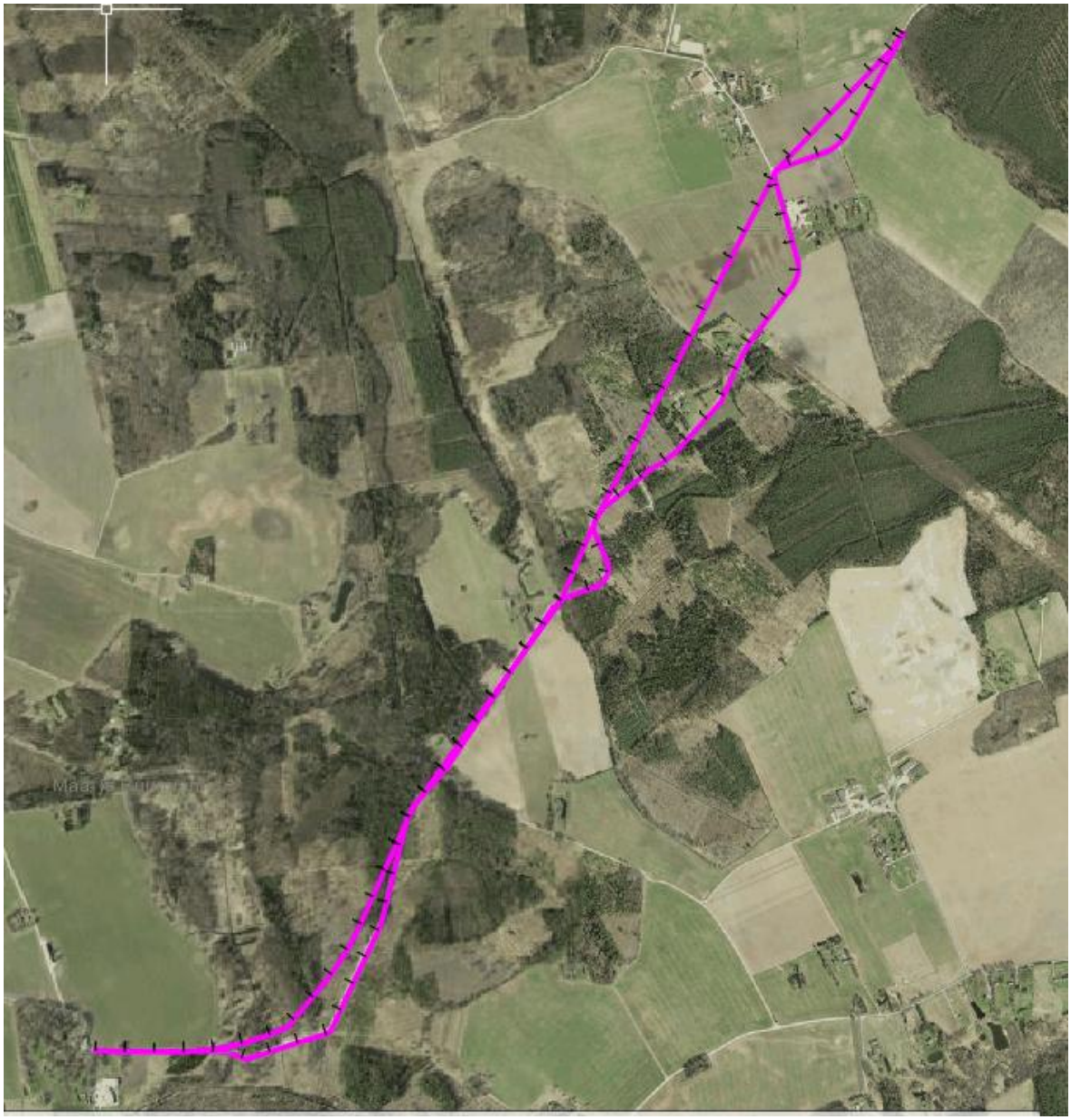
Mahtude arvutamisel on arvestatud kasvupinnase eemaldamine (25 sentimeetrit) süvendite väljakaevamine, ja muldkeha väljakaeve ja juurde ehitamine.

Tabel 4. Trasside mahud.

	Trass 1			Trass 2		
Nimetus	**Kihi pindala, m^2**	**100 m maht, m^3**	**kogu trassi maht, m^3**	**Kihi pindala, m^2**	**100 m maht, m^3**	**kogu trassi maht, m^3**
AC surf	0.72	72.00	3613	0.812	81.20	3078
Paekillustik 0/31.5	3.804	380.40	19090	4.006	400.60	74927
Liiv E50	2.998	299.80	15045	3.747	374.70	65551
Tugipeenra killustik	0.092	9.20	462	0.092	9.20	40
Haljastus muld	2.322	232.20	11653	2.537	253.71	11845
Kraavi väljakaeve	2.684	268.40	13469	2.2891	228.91	10688
Väljakaeve (sh madalsoomulla kihi kaeve)	-	-	56574.2	-	-	88946.7
TM sobilik väljakaeve	-	-	-	-	-	329.89

Lisad

11.1 LISA 1 Esialgne ja projekteeritud teelõik piketaažiga



Joonis 7. Esialgne ja projekteeritud teelõik piketaažiga.