

Sõidutee roopa sügavuse mõõtmistulemuste kasutamine

AS Teede Tehnokeskus

2007-26



MAANTEEAMET

Tallinn 2007



Sõidutee roopa sügavuse mõõtmistulemuste kasutamine

Töö koostas: Tiit Kaal
PMS-grupi projektijuht

Töös osalesid: Luule Kaal
Infoosakonna juhataja
Egon Horg
PMS-grupi peaspetsialist

Tallinn, 2007

SISUKORD

	Eessõna	3
1.	ÜLDIST	4
2.	ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISPÕHIMÕTETE KIRJELDUS	6
3.	ÜLEVAADE TEISTE MAADE KOGEMUSTEST ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISEL	12
4.	ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTESEADE ROOBAS_ROADMASTER	21
5.	ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISEL SAADAVATE ROOPA SÜGAVUST ISELOOMUSTAVATE ANDMETE KIRJELDUS.....	24
6.	ROOPA SÜGAVUSE VÄÄRTUSTE KIRJELDUS.....	31
7.	ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISEGA SAADAVATE MUUDE ANDMETE KIRJELDUS	34
8.	KOKKUVÕTE	38
	KASUTATUD KIRJANDUS	40

EESSÕNA

Tulenevalt Eesti majanduse arengutempo pidevast kasvust, kasvab ka maanteedel liiklussagedus, mis omakorda asetab täiendavaid nõudeid teekatete kulumiskindlusele. Põhiline andmeliik, mis võimaldab teekatete kulumise jälgimist on roopa sügavus. Teekatte roopa sügavuse andmete kasutamiseks peab nende mõõtmispõhimõtetest ning mõõtmistulemustest omama head ülevaadet.

Teekasutajatele mugava ja turvalise liiklemise tagamiseks omavad suurt mõju teekatte pinna omadused (eelkõige piki- ja põiksuunaline ebatasasus). Ebatasased ja kühmulised teekatted lisavad liiklusvahendi kasutamiskulusid ning vähendavad sõidumugavust ja suurendavad juhi väsimust. Suur põiksuunaline ebatasasus tähendab sademete ajal vett täis roopaid, mis suurendab riski veetasapinnal liuglemiseks (vesiliuks), mille tulemuseks on situatsioonid, kus juht kaotab kontrolli sõiduki üle ja tekivad liiklusõnnetused. Lisaks ei tohi unustada keskkonnale tekitatavaid mõjusid müra ja õhu saaste kujul. Seetõttu on tähtis teekatte seisukorra parameetreid mõõta, et vajadusel oleks võimalik õigeaegselt vastumeetmed kasutusele võtta.

Käesolev uurimistöö on tehtud Maanteeameti tellimusel AS Teede Tehnokeskus poolt. Uurimistöö tegemisel kasutati kättesaadavat erialast kirjandust ning saadeti küsitlus ka kõigile *FEHRL*'i organisatsiooni liikmetele. Vastused saadi Soome, Rootsi, Läti, Poola, Ungari, Belgia, Prantsusmaa, Hispaania, Austria, Saksamaa ja Šveitsi eriala spetsialistidelt.

1. ÜLDIST

Teekattes ei tohi olla ebatasasusi, kuhu vesi koguneb. Roopa sügavuse mõõtmisega kogutakse andmeid selle kohta, kus võib selliseid kohti teedevõrgul olla või tekkida. Teekonstruktsioon peab vastu võtma talle mõjuvat liikluskoormust. Koormus ei tohi tekitada teekatte kulumist või selle deformatsiooni, samuti peavad teekonstruktsiooni alumised kihid koormustele vastu pidama.

Põiksuunalise ebataasuse, ehk siis roopa sügavuse all, tuleb mõista kõiki neid parameetreid, mis iseloomustavad sõidutee põiksuunalist pinna erinemist rõhtsuunas. Nendeks parameetriteks, mida registreeritakse on:

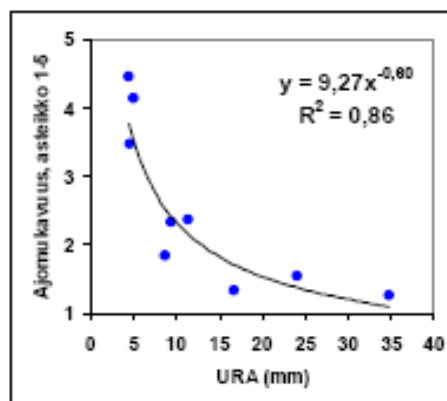
- roopa sügavus (erinevate meetoditega);
- roopalisus (ehk põiksuunaline ebataasus);
- harja kõrgus;
- serva vajumine;
- roopa serva kalle.

Rootsis 2000-ndate aastate alguses tehtud uurimistöös tõdeti, et teekasutaja teekonna valikut mõjutavad enim sõidukulud ja sõidumugavus. Tehtud intervjuude põhjal selgus, et teekasutajaile oli kõige olulisem näitaja teekatte seisukord, millele omakorda järgnesid sõidukiga seotud omadused, liikluskäitumine ja nähtavus.

Teekatte seisukorra näitajatest nimetati kahe olulisema mõjuna aukude ja roobaste olemasolu. Tehtud uuring võimaldas välja tuua selge seose roopa sügavuse ja sõidumugavuse vahel (vt joonis 1).

Tee põiksuunalise profiili andmeid saab kasutada teekatte kvaliteedi ja tee korrashoiu vajaduste hindamisel. Põiksuunalist tasasust mõõdeti vanasti latiga ja sel meetodil hinnati

peamiselt naastrehvidest põhjustatud roobast. Roopa sügavus ei ole rahvusvaheliselt standardiseeritud parameeter, seetõttu arvutatakse põikprofiili mõõtmisel saadud väärtustest erinevates riikides erinevaid tunnusarvusi.



Joonis 1. Roopa sügavuse ja sõidumugavuse vaheline seos

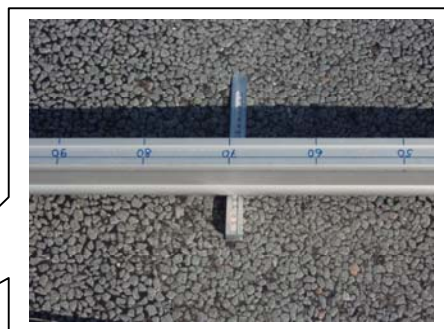


Foto 1. Roopa sügavuse mõõtmine käsitsi

Põikprofiili mõõtmisel saadud enim kasutatavad parameetrid on näiteks maksimaalne roopa sügavus, roopa sügavus vasakus rattajäljes ning roopa sügavus paremas rattajäljes. Lisaks neile on võimalik olenevalt mõõteseadmest mõõta veel järgmisi põikprofiili iseloomustavaid väärtusi: "veeroobas", harja kõrgus ja põikalle.

Roopa sügavust mõõdetakse eraldi mõlemas rattajäljes ja normaalse teekatte põikprofiili puhul võib nende kahe roopa sügavuse maksimaalset väärtust nimetada maksimaalseks roopa sügavuseks.

Roopa sügavus on mõõdetud tulemuste keskmine väärtus valitud teelõigul. Tavaliselt on teelõigu pikkus vahemikus 10 m kuni 100 m. Eestis on roopa sügavuse mõõtmise tulemused sisestatud *Teeregistrisse* 100 m pikkuste teelõikude kohta. Samas võimaldab kasutatava seadmega kaasas olev tarkvara arvutada roopa sügavuse mõõtmise tulemused ise valitud pikkusega teelõigule (vahemikus 5-100 m).



Foto 2. Roopa sügavuse mõõtmine roopa sügavuse mõõtmise seadmega

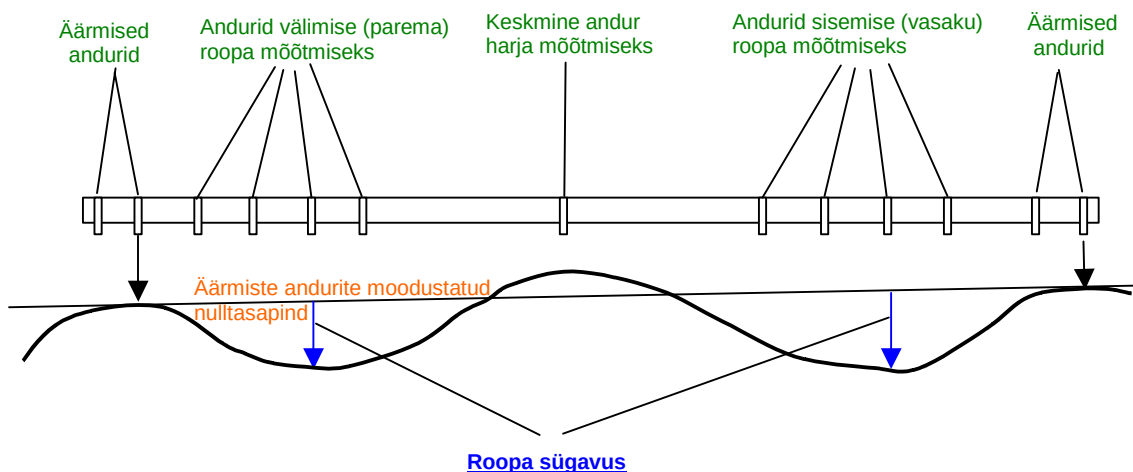
2. ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISPÕHIMÕTETE KIRJELDUS

Teekattes tekib roobas erinevatel põhjustel. Talvel tekib roobas naastrehvide tõttu teekatte pealmise kihi kulumise tulemusena. Samas võib roobas tekkida ka kas teekatte pealmise kulumiskihi deformeerumisel või teekonstruktsiooni alumiste kihtide deformeerumisel. Uutel teekatetel tekib roobas n.n. järeltihenemise tulemusena, ehk siis uus kate kiht tiheneb mingil määral liikluskoormuse tõttu.

Roopa sügavuse mõõtmisel on maailmas kasutusel kaks erinevat põhimõtet. Inglise keelsete nimetuste järgi on need:

- *straight-edge method*, ehk profiili lõikav meetod;
- *wire method*, ehk profiili jälgiv meetod.

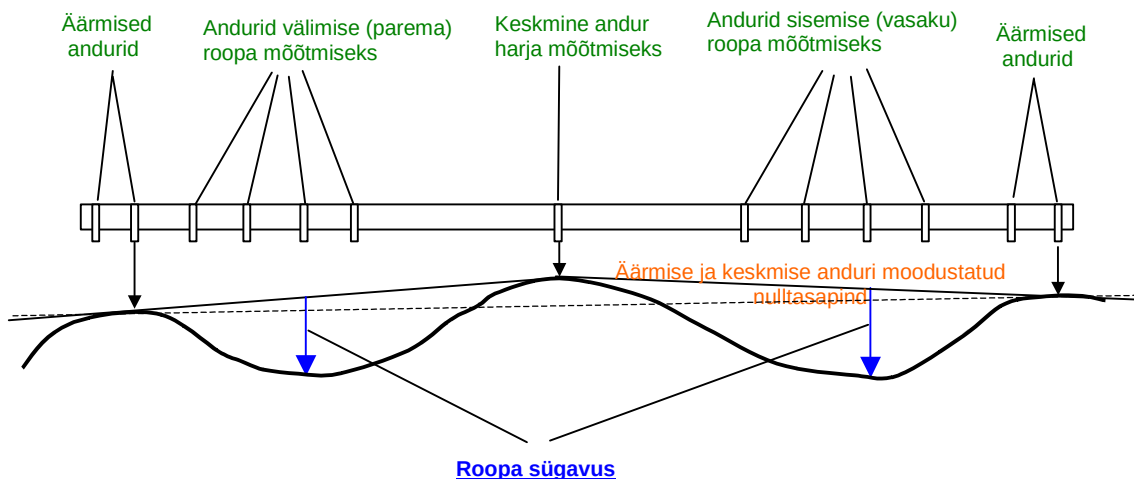
Profiili lõikava (*straight edge method*) mõõtmismeetodi puhul roopa sügavus mõõdetakse teekatte serva ja teekatte telgjoone vahele tõmmatud “mõttelisest” tasapinnast, arvestamata sõidujälgede vahelise ala (harja) kõrgust. Juhul kui sõidujälgede vaheline ala (hari) on madalamal antud “mõttelisest” tasapinnast on tegelikult roopa sügavuse väärtused mõlema meetodi puhul samad.



Joonis 2. Roopa sügavuse mõõtmine profiili lõikava (*straight edge method*) meetodi puhul

Profiili jälgiva (*wire method*) mõõtmismeetodi puhul arvestatakse roopa sügavuse mõõtmisel ka sõidujälgede vahelise alaga (harja kõrgusega). Roopa sügavus mõõdetakse ühelt poolt teekatte serva ja harja vahelisest “mõttelisest” tasapinnast ning harja ja sõidutee telgjoone vahelisest “mõttelisest” tasapinnast. Antud meetodi

kasutamine annab juhul, kui sõidujälgede vaheline ala (hari) on kõrge, roopa sügavusena suuremaid tulemusi. See meetod annab eeliseid juhul, kui tee profiil on n.n. muna kujuline.



Joonis 3. Roopa sügavuse mõõtmine profiili jälgiva (wire method) meetodi puhul

Järgnevalt on toodud näiteid reaalsete mõõtmistulemuste kohta kasutades roopa sügavuse määratlemiseks erinevaid mõõtmismeetodeid. Näited põhinevad 2007.a. roopa sügavuse mõõtmistel ja toodud numbrilisi väärtusi ei ole kalibreeritud.

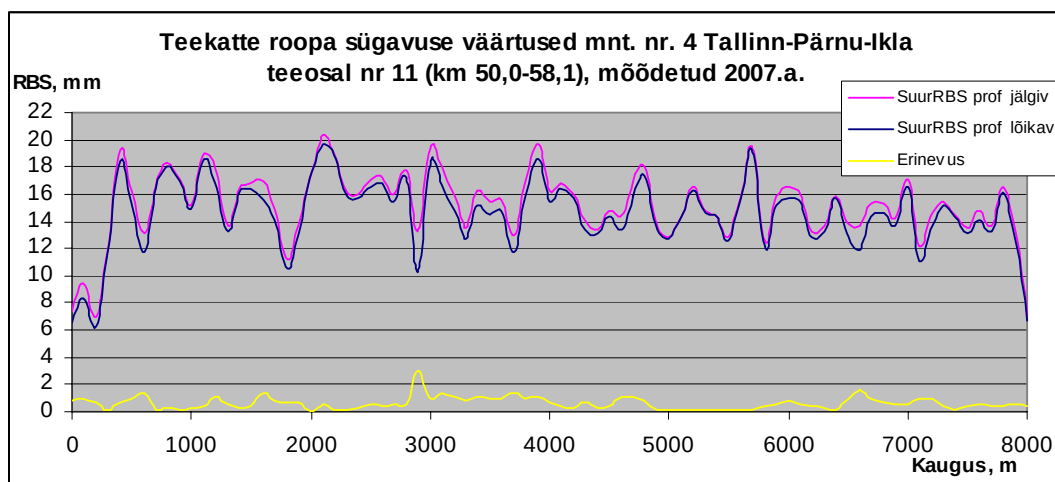
Tabel 1. Teekatte roopa sügavuse väärtused mnt. nr. 4 Tallinn-Pärnu-Ikla mõõdetuna erinevate mõõtmismeetoditega

Mnt nr	STEE	TO	Alg kaugus	Lõpp kaugus	RBS1 prof lõikav, mm	RBS2 prof lõikav, mm	Hari, mm	RBS1 prof jälgiv, mm	RBS2 prof jälgiv, mm	SuurRBS prof lõikav	SuurRBS prof jälgiv
4	1	11	0	100	6	7	0	7	7	7	7
4	1	11	100	200	7	8	1	8	9	8	9
4	1	11	200	300	6	4	1	7	5	6	7
4	1	11	300	400	8	12	-1	8	12	12	12
4	1	11	400	500	11	19	1	12	19	19	19
4	1	11	500	600	13	15	2	13	16	15	16
4	1	11	600	700	10	12	1	11	13	12	13
4	1	11	700	800	12	16	-2	13	17	16	17
4	1	11	800	900	11	18	-2	11	18	18	18
4	1	11	900	1000	10	17	-1	10	17	17	17
4	1	11	1000	1100	11	15	-2	11	15	15	15
4	1	11	1100	1200	11	19	-2	11	19	19	19
4	1	11	1200	1300	11	17	2	12	18	17	18
4	1	11	1300	1400	13	12	0	14	12	13	14
4	1	11	1400	1500	15	16	-3	15	16	16	16
4	1	11	1500	1600	14	16	-3	15	17	16	17
4	1	11	1600	1700	13	16	1	14	17	16	17
4	1	11	1700	1800	6	14	0	7	15	14	15
4	1	11	1800	1900	11	10	0	11	11	11	11
4	1	11	1900	2000	9	13	-1	10	14	13	14

Mnt nr	STEE	TO	Alg kaugus	Lõpp kaugus	RBS1 prof lõikav, mm	RBS2 prof lõikav, mm	Hari, mm	RBS1 prof jälgiv, mm	RBS2 prof jälgiv, mm	SuurRBS prof lõikav	SuurRBS prof jälgiv
4	1	11	2000	2100	9	18	-4	9	18	18	18
4	1	11	2100	2200	14	20	0	14	20	20	20
4	1	11	2200	2300	14	19	-1	14	19	19	19
4	1	11	2300	2400	16	16	-2	16	16	16	16
4	1	11	2400	2500	16	15	-1	16	16	16	16
4	1	11	2500	2600	13	17	-1	13	17	17	17
4	1	11	2600	2700	17	15	-2	17	15	17	17
4	1	11	2700	2800	16	12	-2	16	12	16	16
4	1	11	2800	2900	10	17	-1	11	18	17	18
4	1	11	2900	3000	10	9	6	13	11	10	13
4	1	11	3000	3100	19	15	1	20	16	19	20
4	1	11	3100	3200	17	14	3	18	14	17	18
4	1	11	3200	3300	15	14	2	16	15	15	16
4	1	11	3300	3400	12	13	0	12	14	13	14
4	1	11	3400	3500	14	15	1	15	16	15	16
4	1	11	3500	3600	12	15	1	13	16	15	16
4	1	11	3600	3700	11	15	1	12	16	15	16
4	1	11	3700	3800	12	12	1	12	13	12	13
4	1	11	3800	3900	13	16	0	14	17	16	17
4	1	11	3900	4000	19	14	1	20	15	19	20
4	1	11	4000	4100	12	16	0	12	16	16	16
4	1	11	4100	4200	13	16	1	14	17	16	17
4	1	11	4200	4300	9	16	-1	10	16	16	16
4	1	11	4300	4400	13	13	2	14	13	13	14
4	1	11	4400	4500	13	13	-1	13	13	13	13
4	1	11	4500	4600	13	14	-2	13	15	14	15
4	1	11	4600	4700	11	13	1	13	15	13	15
4	1	11	4700	4800	16	16	2	17	17	16	17
4	1	11	4800	4900	13	17	1	14	18	17	18
4	1	11	4900	5000	13	13	-1	13	14	13	14
4	1	11	5000	5100	12	13	-2	12	13	13	13
4	1	11	5100	5200	14	12	-2	14	12	14	14
4	1	11	5200	5300	13	16	-1	13	17	16	17
4	1	11	5300	5400	14	15	-1	14	15	15	15
4	1	11	5400	5500	13	14	-4	13	14	14	14
4	1	11	5500	5600	13	10	-3	13	10	13	13
4	1	11	5600	5700	12	16	-4	12	16	16	16
4	1	11	5700	5800	17	19	-4	17	20	19	20
4	1	11	5800	5900	12	12	0	12	12	12	12
4	1	11	5900	6000	11	15	1	12	16	15	16
4	1	11	6000	6100	14	16	0	15	17	16	17
4	1	11	6100	6200	15	14	-1	16	14	15	16
4	1	11	6200	6300	13	13	1	13	12	13	13
4	1	11	6300	6400	13	7	0	14	7	13	14
4	1	11	6400	6500	16	9	-1	16	9	16	16
4	1	11	6500	6600	13	11	1	14	12	13	14
4	1	11	6600	6700	12	10	4	14	12	12	14
4	1	11	6700	6800	14	14	1	15	15	14	15
4	1	11	6800	6900	14	15	-1	15	15	15	15
4	1	11	6900	7000	11	14	0	12	14	14	14
4	1	11	7000	7100	12	17	-1	12	17	17	17
4	1	11	7100	7200	11	11	-2	12	12	11	12
4	1	11	7200	7300	11	14	0	12	15	14	15
4	1	11	7300	7400	13	15	0	11	16	15	16
4	1	11	7400	7500	10	14	-3	10	15	14	15

Mnt nr	STEE	TO	Alg kaugus	Lõpp kaugus	RBS1 prof lõikav, mm	RBS2 prof lõikav, mm	Hari, mm	RBS1 prof jälgiv, mm	RBS2 prof jälgiv, mm	SuurRBS prof lõikav	SuurRBS prof jälgiv
4	1	11	7500	7600	10	13	-2	10	14	13	14
4	1	11	7600	7700	10	14	-2	11	15	14	15
4	1	11	7700	7800	12	13	0	13	14	13	14
4	1	11	7800	7900	16	11	0	17	12	16	17
4	1	11	7900	8000	10	13	-1	10	13	13	13
4	1	11	8000	8069	3	7	-2	4	7	7	7
KESKMINE, mm:					12	14	0	13	14	14,5	15,2

Tabelis 1. ja graafikul 1. toodud teekatte roopa sügavuse mõõtmistulemuste osas Tallinn-Pärnu-Ikla maanteelt on näha, et profiili jälgiva mõõtmismeetodi kasutamisel on mõõdetud teekatte roopa sügavuse väärtused mõnevõrra suuremad kui profiili lõikava mõõtmismeetodi puhul. Kokkuvõttes kogu teelõigu kohta ei ole see erinevus kuigi suur (keskmiselt 0,7 mm), kuid kohati on erinevused kuni 3,0 mm ja see on juba märgatav erinevus. Eriti arvestades seda, et see teelõik on üsna alles ehitatud (valdavalt 1999.a.) ja ta põikprofiil peaks vastama nõuetele, ehk siis see ei tohiks olla munaja kujuga.



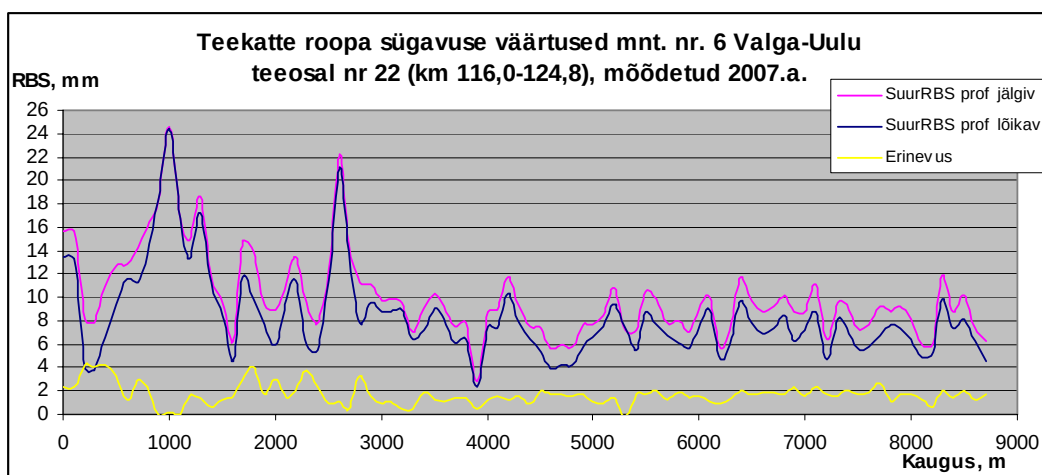
Graafik 1. Teekatte roopa sügavuse väärtused mnt. nr. 4 Tallinn-Pärnu-Ikla

Graafikul 2. ja tabelis 2 toodud teekatte roopa sügavuse mõõtmistulemuste osas maanteelt nr 6 Valga-Uulu on näha, et kahe erineva mõõtmismeetodi tulemustes on tegelikult üsna selge erinevus. Keskmiselt on profiili jälgiva mõõtmismeetodi puhul roopa sügavuse väärtused 1,7 mm suuremad kui profiili lõikava mõõtmismeetodi kasutamisel. Suurimad erinevused kahe mõõtmismeetodi puhul ulatuvad 4,3 mm-ni.

Tabel 2. Teekatte roopa sügavuse väärtused mnt. nr. 6 Valga-Uulu mõõdetuna erinevate mõõtmismeetoditega

Mnt nr	STEE	TO	Alg kaugus	Lõpp kaugus	RBS1 prof lõikav, mm	RBS2 prof lõikav, mm	Hari, mm	RBS1 prof jälgiv, mm	RBS2 prof jälgiv, mm	SuurRBS prof lõikav	SuurRBS prof jälgiv
6	1	22	0	100	5	13	3	7	16	13	16
6	1	22	100	200	7	13	4	9	16	13	16
6	1	22	200	300	1	4	10	5	8	4	8
6	1	22	300	400	4	2	7	8	5	4	8
6	1	22	400	500	3	7	7	6	11	7	11
6	1	22	500	600	2	9	5	4	13	9	13
6	1	22	600	700	7	12	-2	7	13	12	13
6	1	22	700	800	11	5	6	14	7	11	14
6	1	22	800	900	10	14	5	12	16	14	16
6	1	22	900	1000	6	18	-12	6	18	18	18
6	1	22	1000	1100	4	24	-9	4	25	24	25
6	1	22	1100	1200	4	17	-9	4	17	17	17
6	1	22	1200	1300	4	13	1	5	15	13	15
6	1	22	1300	1400	9	17	-1	9	19	17	19
6	1	22	1400	1500	4	11	-2	4	12	11	12
6	1	22	1500	1600	8	7	5	7	10	8	10
6	1	22	1600	1700	2	5	2	3	6	5	6
6	1	22	1700	1800	4	12	4	6	15	12	15
6	1	22	1800	1900	5	10	6	7	14	10	14
6	1	22	1900	2000	2	8	1	3	9	8	9
6	1	22	2000	2100	1	6	7	3	9	6	9
6	1	22	2100	2200	3	10	2	4	11	10	11
6	1	22	2200	2300	2	12	3	3	14	12	14
6	1	22	2300	2400	2	6	6	4	10	6	10
6	1	22	2400	2500	2	6	2	3	8	6	8
6	1	22	2500	2600	-1	11	-1	0	12	11	12
6	1	22	2600	2700	8	21	-2	9	22	21	22
6	1	22	2700	2800	7	14	-4	8	15	14	15
6	1	22	2800	2900	3	8	6	4	11	8	11
6	1	22	2900	3000	5	10	0	6	11	10	11
6	1	22	3000	3100	4	9	-1	4	10	9	10
6	1	22	3100	3200	9	9	1	10	10	9	10
6	1	22	3200	3300	9	7	-3	10	7	9	10
6	1	22	3300	3400	7	5	0	7	6	7	7
6	1	22	3400	3500	7	7	3	9	9	7	9
6	1	22	3500	3600	5	9	1	6	10	9	10
6	1	22	3600	3700	4	8	1	5	9	8	9
6	1	22	3700	3800	4	6	0	4	8	6	8
6	1	22	3800	3900	2	6	2	3	8	6	8
6	1	22	3900	4000	2	2	1	3	3	2	3
6	1	22	4000	4100	6	8	2	7	9	8	9
6	1	22	4100	4200	7	7	3	8	9	7	9
6	1	22	4200	4300	5	10	2	6	12	10	12
6	1	22	4300	4400	4	8	3	5	9	8	9
6	1	22	4400	4500	4	7	1	4	8	7	8
6	1	22	4500	4600	0	5	3	2	7	5	7
6	1	22	4600	4700	4	1	4	6	3	4	6
6	1	22	4700	4800	4	1	2	6	3	4	6
6	1	22	4800	4900	2	4	2	4	6	4	6
6	1	22	4900	5000	2	6	2	3	8	6	8
6	1	22	5000	5100	3	7	1	4	8	7	8
6	1	22	5100	5200	6	8	0	7	8	8	8

Mnt nr	STEE	TO	Alg kaugus	Lõpp kaugus	RBS1 prof lõikav, mm	RBS2 prof lõikav, mm	Hari, mm	RBS1 prof jälgiv, mm	RBS2 prof jälgiv, mm	SuurRBS prof lõikav	SuurRBS prof jälgiv
6	1	22	5200	5300	9	3	4	11	5	9	11
6	1	22	5300	5400	1	7	2	2	7	7	7
6	1	22	5400	5500	4	6	3	5	7	6	7
6	1	22	5500	5600	1	9	2	3	11	9	11
6	1	22	5600	5700	5	8	3	6	10	8	10
6	1	22	5700	5800	7	6	2	8	7	7	8
6	1	22	5800	5900	3	6	3	5	8	6	8
6	1	22	5900	6000	5	6	-1	6	7	6	7
6	1	22	6000	6100	2	7	2	4	9	7	9
6	1	22	6100	6200	4	9	-1	5	10	9	10
6	1	22	6200	6300	5	4	1	6	5	5	6
6	1	22	6300	6400	7	3	1	8	5	7	8
6	1	22	6400	6500	6	10	5	8	12	10	12
6	1	22	6500	6600	2	8	3	4	10	8	10
6	1	22	6600	6700	1	7	4	3	9	7	9
6	1	22	6700	6800	5	7	4	7	9	7	9
6	1	22	6800	6900	6	9	2	7	10	9	10
6	1	22	6900	7000	3	6	4	5	9	6	9
6	1	22	7000	7100	7	7	2	9	9	7	9
6	1	22	7100	7200	4	9	4	6	11	9	11
6	1	22	7200	7300	5	5	3	6	6	5	6
6	1	22	7300	7400	8	8	2	9	10	8	10
6	1	22	7400	7500	1	7	4	3	9	7	9
6	1	22	7500	7600	3	6	2	4	7	6	7
6	1	22	7600	7700	5	6	1	6	8	6	8
6	1	22	7700	7800	6	7	5	7	9	7	9
6	1	22	7800	7900	8	7	2	9	8	8	9
6	1	22	7900	8000	7	4	5	9	7	7	9
6	1	22	8000	8100	6	5	5	8	7	6	8
6	1	22	8100	8200	4	5	1	5	6	5	6
6	1	22	8200	8300	5	3	-1	6	4	5	6
6	1	22	8300	8400	3	10	4	5	12	10	12
6	1	22	8400	8500	4	7	2	6	9	7	9
6	1	22	8500	8600	3	8	3	5	10	8	10
6	1	22	8600	8700	6	5	1	7	7	6	7
6	1	22	8700	8751	5	2	3	6	4	5	6
KESKMINE, mm:					5	8	2	6	10	8,4	10,1



Graafik 2. Teekatte roopa sügavuse väärtused mnt. nr. 6 Valga-Uulu

3. ÜLEVAADE TEISTE MAADE KOGEMUSTEST ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISEL

Maailmas on kasutusel väga erinevaid teekatte roopa sügavuse mõõtmise seadmeid ja meetodeid. Lisaks on kasutatavad roopa sügavuse piirväärtused riigiti kohati üsnagi erinevad. Põhjuseid on selleks ilmselt mitmeid, alustades näiteks juba kliimaatilistest tingimustest ja sellest tulenevast roopa tekkimise protsessist ja roopa sügavuse mõjust liiklejatele ning liiklusohutusele.

Et saada ülevaadet sellest, kuidas toimub roopa sügavuse mõõtmine teistes maades, millist metoodikat kasutatakse roopa sügavuse väärtuste arvutamiseks ning millised on kehtestatud roopa sügavuse piirväärtused, iseloomustamaks teekatete seisukorda, saatsime Euroopa erinevate maade teedeala spetsialistidele küsitluse. Küsitluse saatsime kõigile FEHRL'i organisatsiooni liikmetele. Vastavate kontaktandmete olemasolul saatsime küsitluse ka otse vastava riigi teedeasutuse spetsialistile. Küsitlus jõudis kokkuvõttes ligi 30 adressaadini ning vastused saime Soome, Rootsi, Läti, Poola, Ungari, Belgia, Prantsusmaa, Hispaania, Austria, Saksamaa ja Šveitsi eriala spetsialistidelt.

Järgnevalt on toodud ülevaade Euroopas kasutusel olevatest roopa sügavuse mõõteseadmetest ja mõõtmiste põhimõtetest.

Soome

Soomes kasutati senini teedevõrgu tasasuse ja roopa mõõtmiseks *Laser RST* mõõteseadet. 2007. aasta kevadel kuulutati välja hange teekatte seisukorra andmete mõõtmisteks ajavahemikul 2008-2011 (lisaks võimalik pikendus 2012-2014) ning selle võitis Destia (endine Tieliikelaitos). Destia kasutab mõõtmisteks *Greenwood Profilograph* seadet. Antud seade on varustatud 14 tekstuurilaseriga ning 3 makrostruktuuri-laseriga.

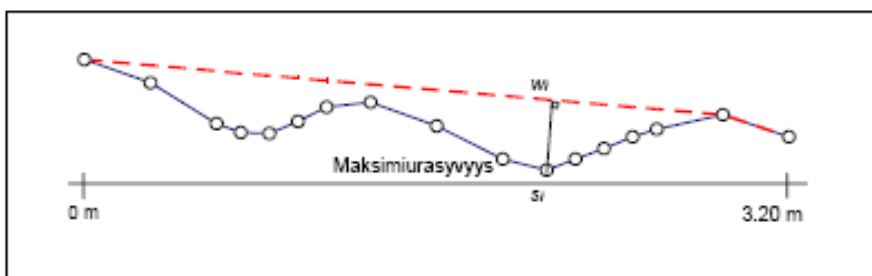


Foto 3. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade *Greenwood Profilograph*

Aastane mõõtmismaht on jagatud kolme perioodi: kevad (mõõdetakse ligi 6000 km), suvi (21000-22000 km) ja sügis (ligi 6000 km).

Kevadised mõõtmised tehakse peamiselt põhimaanteedel, suvised madala liiklussagedusega maanteedel ning sügised mõõtmised toimuvad nendel maanteedel, kus suve jooksul on tehtud roopa remont. Põhimaanteedel ja muudel maanteedel, mille liiklussagedus on üle 1500 auto/ööpäevas, toimuvad roopa sügavuse mõõtmised igal aastal. Teistel maanteedel on mõõtmistsükkel 3-4 aastat.

Soomes kasutatakse roopa sügavuse määramiseks profiili jälgivat (*wire-method*) meetodit ehk siis üle põikprofiili pingutatakse kujuteldav nöör, millest suurim kaugus teekatte pinnani ongi maksimaalne roopa sügavus (vt joonis 4).



Joonis 4. Maksimaalse roopa sügavuse määramine profiili jälgiva (wire) meetodiga.

$$\text{MaxRBS} = \max (w_i - s_i), i = 1 - 17$$

w_i = nööri kõrgus mõõtmispunktis i

s_i = teepinna kõrgus punktis i

i = põiksuunaliste mõõtmispunktide arv

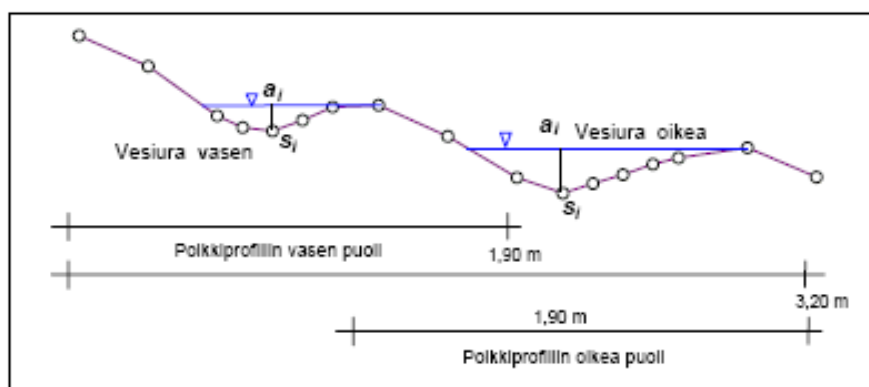
Tabel 3. Teekatte seisukorra roopa sügavuse klasside iseloomustus.

Klass	Iseloomustus
Väga hea – 5	Teekatte pind on põiksuunas tasane, põikkalle korras. Tee on roobaste suhtes veel peaaegu uue teekattega võrdsel tasemel, katte värvimuutused rattajäljes on võimalikud.
Hea – 4	Teekasutaja roobast praktiliselt ei taju. Roopad ei mõjuta sõidutrajektoori valikut ega sõidukiirust.
Rahuldav – 3	Teekattel on roopad märgatavad. Vihmase ilma puhul mõjutavad mingil määral sõidutrajektoori valikut ja sõidukiirust.
Halb – 2	Roopad on selgelt märgatavad ning vihmase ilma puhul mõjutavad sõidutrajektoori valikut ja sõidukiirust. Vesiliu oht on mõõdukas.
Väga halb – 1	Teekattes on sügavad roopad, mis mõjutavad sõidutrajektoori valikut ja sõidukiirust. Vesiliu oht on väga suur.

Tabel 4. Roopa sügavuse klassifikatsioon Soomes.

Liiklussagedus, autot/ööpäevas	Kiirus- piirang, km/h	Roopa sügavuse piirväärtused klasside kaupa, mm				
		Väga hea	Hea	Rahuldav	Halb	Väga halb
≥ 6000	60	≤ 5	≤ 11	≤ 17	≤ 20	> 20
	80	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 19	> 19
	100	≤ 5	≤ 9	≤ 14	≤ 18	> 18
	120	≤ 5	≤ 8	≤ 13	≤ 17	> 17
1500-5999	60	≤ 6	≤ 12	≤ 17	≤ 21	> 21
	80	≤ 6	≤ 11	≤ 15	≤ 20	> 20
	100	≤ 6	≤ 10	≤ 14	≤ 19	> 19
350-1499	60	≤ 7	≤ 13	≤ 18	≤ 22	> 22
	80	≤ 7	≤ 12	≤ 16	≤ 21	> 21
	100	≤ 7	≤ 11	≤ 15	≤ 20	> 20
< 350	60	Ei klassifitseerita, kuna naastrehvidest tingitud roobaste teke pole sellise liiklussagedusega maanteedel probleem				
	80					
	100					

Soomes mõõdetakse lisaks ka “veeroobast”, mille kohta on andmed lisatud *Teeregistrisse* alates 2003. aastast. See parameeter on oluline eelkõige liiklusohutuse ja sõidumugavuse seisukohast. Veeroobas ja rehvimustri sügavus mõjutavad vesiliu riski suurust, seda mõjutab omakorda keskmine saju kestus ja tugevus. Veeroobas on geomeetriline parameeter, mida on võimalik arvutada erinevatel meetoditel, kuid see ei ole rahvusvaheliselt standardiseeritud.



Joonis 5. Veerooba sügavuse määramine

Muutujana jälgib see väga palju roopa sügavust, st teedel, kus on väike roopa sügavus, on veerooba arvutuslik sügavus väike ning roopa sügavuse suurenemisel suureneb ka veerooba arvutuslik sügavus.

Veeroopa tüüpilised väärtused sõltuvalt roopa sügavusest on:

- veeroopa sügavus on 2,0-3,2 mm, kui roopa sügavus on kuni 15-20 mm;
- veeroopa sügavus on 2,7-5,0 mm, kui roopa sügavus on üle 20 mm.

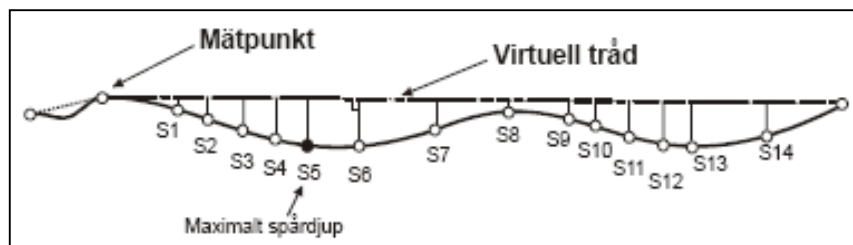
Rootsi

Rootsi Maanteeamet tellib roopa mõõtmised Ramboll'ilt (kasutab mõõtmisseadet *Laser RST*) ja VV Konsult'ilt (kasutab seadet *Greenwood Profilograph*). Aastas mõõdetakse ligi 40 000 km ning mõõtmiste teostamise põhimõte on, et kõik kattega teed mõõdetakse iga 3 aasta tagant. Mõõdetakse kõik riigi maanteed, kuid mitte munitsipaalteid.



Foto 4. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade Laser RST

Maksimaalse roopa sügavuse piiriks on 20 mm kõikide teede puhul (20 m pikkuste teelõikude keskmine roopa sügavuse väärtus).



Joonis 6. Roopa sügavuse määramine profiili jälgiva (wire) meetodil (S_5 = maksimaalne roopa sügavus).

Läti

Lätis kasutatakse roopa sügavuse mõõtmiseks mõõteseadet *Greenwood Profilograph*, mis on varustatud 13 laseranduriga. Roopa sügavuse analüüsimiseks kasutatakse profiili lõikavat (*straight-edge method*) meetodit.

Iga aasta mõõdetakse ligikaudu 4 000 km maanteed riiklikust teedevõrgust. Põhimaanteed mõõdetakse igal aastal ning muud maanteed iga teine aasta.

Otseseid roopa sügavuse piirväärtuseid Lätis määratletud ei ole. Samas loetakse kriitiliseks väärtuseks roopa sügavust üle 25 mm. Juhul, kui roopa sügavus on selle väärtuse ületanud, tuleb need teelõigud vastavate hoiatavate liiklusmärkidega koheselt tähistada.

Poola

Poolas kasutatakse roopa sügavuse mõõtmiseks mõõteseadet *Digital Profilograph'i*, mis on varustatud 15-40 laseranduriga.

Iga aasta mõõdetakse ligikaudu 10 000 km maanteid riiklikust teedevõrgust ning lisaks suuremates linnades põhitänavad. Roopa sügavuse analüüsimiseks kasutatakse profiili lõikavat (*straight-edge method*) meetodit.

Tabel 5. Roopa sügavuse klassifikatsioon Poolas

Klass	Hea	Rahuldav	Mitterahuldav	Halb
Roopa sügavus, mm	≤ 10	11-20	21-30	≥ 31

Saksamaa

Saksamaal kasutatakse teekatte seisukorra mõõtmisteks mõõteseadet *Greenwood Profilographf*, millele on paigaldatud kokku 41 triangulatsiooni laserit. Seadme mõõtmisulatus on 4 m. Andurid on paigutatud iga 100 mm tagant.



Foto 5. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade *Greenwood Profilographf*

Roopa sügavuse analüüsimiseks kasutatakse profiili lõikavat (*straight-edge method*) meetodit.

Tabel 6. Roopa sügavuse klassifikatsioon Saksamaal

Klass	Hea	Rahuldav	Halb
Roopa sügavus, mm	< 4	5-10	> 20

Austria

Austrias kasutatakse teekatte seisukorra mõõtmisteks *RoadSTAR* mõõteseadet, millel on 150 mm vahemikuga kokku 23 laserandurit. Roopa sügavust mõõdetakse kiirteedel iga 5 aasta tagant (ligi 5000 km) ning magistraalteedel ligi 1500 km aastas.

Roopa sügavuse analüüsimiseks kasutatakse profiili lõikavat (*straight-edge method*) meetodit.



Foto 6. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade RoadSTAR

Tabel 7. Roopa sügavuse klassifikatsioon Austrias

Klass	Väga hea	Hea	Keskmine	Halb	Väga halb
Roopa sügavus, mm	< 5	5-10	10-15	15-20	> 20

Belgia

Belgias teostab katte mõõtmistöid *Belgian Road Research Centre* (BRRC). Kasutusel on multifunktsionaalne mõõtesead *ARAN* (*Automatic Road Analyzer*).

Mõõtmistulemuste analüüsiks on kasutusel profiili lõikav (*straight-edge method*) meetod, kuna see võimaldab võrrelda tulemusi 3 m lati alt käsitsi mõõdetud tulemustega.

Kogu teedevõrgust (mis on umbes 14 000 km) mõõdetakse igal aastal umbes 1/3, peamiselt kiirteed ja põhimaanteed.



Foto 7. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade ARAN

Asfaltkattega teede puhul Vallooni regioonis nõutakse, et roopa sügavus peab jääma alla 4 mm kogu garantiiperioodi jooksul. Garantiiperioodi pikkus sõltub konkreetsest teeprojektist. Flaami regioonis on nõutud, et põhimaanteedel peab roopa sügavus

olema alla 4 mm, tugimaanteedel ja kohalikel maanteedel peab roopa sügavus olema alla 5 mm.

Tabel 8. Roopa sügavuse klassifikatsioon Belgias

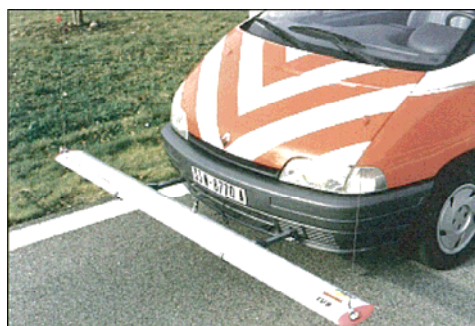
Flaami regioon	Vallooni regioon	Indeks	Hinnang
Roopa sügavus, mm			
0	0	100	Optimaalne
4	4	80	Väga hea
12	8	60	Hea
16	12	40	Rahuldav
24	16	20	Halb
> 32	> 20	0	Väga halb

Tabelis 8 toodud indeksi väärtust 40 arvestatakse kui murdepunkti, alates millest tuleb teekatte remonti kaaluda, kuid samas on roopa sügavus vaid üks teguritest lisaks muudele teekatte seisukorra näitajatele.

Prantsusmaa

Prantsusmaal on roopa sügavuse mõõtmiseks kasutusel mõõtesead *TUS* (*Transversolprofilomètre à Ultrasons*). Seadme mõõtelaius on 2,40 m ning sellele paigutatud 13 andurit paiknevad iga 20 cm tagant.

Roopa sügavust mõõdetakse aastas ligi 10 000 km ja seda peamiselt põhi- ja tugimaanteedel.



Roopa sügavuse analüüsimiseks kasutatakse profiili lõikavat (*straight-edge method*) meetodit.

Foto 8. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade TUS

Tabel 9. Roopa sügavuse klassifikatsioon Prantsusmaal

Klass	Hea	Rahuldav...halb	Väga halb
Roopa sügavus, mm	< 10	10 – 20	> 20

Šveits

Šveitsis teostab roopa sügavuse mõõtmisi Infralab SA. Kasutusel on multifunktsionaalne mõõteseade ARAN (*Automatic Road Analyzer*). Teekatte põikprofiili ja roopa sügavust mõõdetakse kiirusel 100 km/h ning mõõtmisamm on 2 m. Auto tagaosas on 2 laserit, kummagi tööpiirkond on 2 m. 4 m laiusele alale tuleb kokku 1280 mõõtmispunkti.

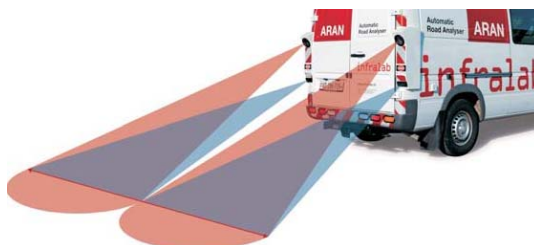


Foto 9. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade ARAN



Joonis 7. Roopa sügavuse mõõtmise põhimõte

Mõõtmistulemustena saadakse roopa sügavus T ja veepinna teoreetiline kõrgus t (v.t. joonis 7.).

Roopa sügavust mõõdetakse nii maanteedel kui linnade teedel ja tänavatel ning mõõtmismaht on erinevatel aastatel erinev.

Tabel 10. Roopa sügavuse klassifikatsioon Šveitsis

Klass	Väga hea	Keskmine	Halb	Väga halb
Roopa sügavus, mm	< 5	2-15	15-30	>30

Ungari

Ungaris kasutatakse teekatte seisukorra mõõtmisteks *Laser RST* mõõteseadet. Roopa sügavuse mõõtmistulemuste analüüsimiseks kasutatakse profiili jälgivat (*wire-method*) meetodit. Roobast mõõdetakse aastas ligi 10 000 km (ehk 1/3 kogu riiklikust teedevõrgust).

Tabel 11. Roopa sügavuse klassifikatsioon Ungaris.

	Kiirteed	Põhimaanteed	Tugimaanteed
	Roopa sügavus (mm)		
Väga hea	< 4	< 8	< 14
Hea	4-7	8-11	14-17
Rahuldav	7-10	11-14	17-20
Halb	10-12	14-17	20-24
Väga halb	> 12	> 17	> 24

Hispaania

Hispaanias kasutatakse teekatte seisukorra mõõtmisteks *Laser Profilometer* mõõteseadet, millel on 15 laserandurit. Roopa sügavuse mõõtmistulemuste analüüsimiseks kasutatakse profiili lõikavat (*straight-edge method*) meetodit.

Kogu riiklik teedevõrk mõõdetakse üle 10 aasta jooksul, samas on osade suure liiklussagedusega maanteed hooldus antud erafirmadele, kes saavad tasu vastavalt sõidukvaliteedile. Nendel teedel mõõdetakse roobast iga 1-2 aasta tagant.

Roopa sügavuse klasse eraldi ei määratleta, vastuvõetamatu on roopa sügavus üle 20 mm.



Foto 10. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade *Laser Profilometer*

4. ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTESEADE ROOBAS_ROADMASTER

2000. aasta sügisel ostis AS Teede Tehnokeskus Soome firmast *AL-Engineering Ltd.* teekattel esineva roopa sügavuse mõõtmise seadme *Roobas_Roadmaster* (*Ura_Roadmaster*). Konkreetse seadme ostu kasuks rääkisid eelkõige ta hind (kuni 10 korda teistest analoogsetest seadmetest odavam) ning seadme valmistamise asukoht (Soome), mis oli tähtis hoolduse teostamise seisukohast (teine samaväärse maksumusega seadme pakkumine oli Uus-Meremaalt).

Roobas-Roadmaster seade on 13 ultrahelianduril põhinev roopa sügavuse mõõteseade. Tööpõhimõte on analoogne teiste rahvusvahelises kasutuses olevate seadmetega.

AS Teede Tehnokeskus on alates 2001. aastast uurinud *Roobas-Roadmaster* seadme kasutamise võimalusi Eesti tingimustes. Mõõdetud on mitmeid katselõike Tallinnas ja Tallinna ümbruses nii käsitsi, kui ka *Roobas-Roadmasteriga* ning saadud tulemusi on omavahel võrreldud. Saadud tulemused ja aastate jooksul hangitud kogemused näitavad, et seadet *Roobas-Roadmaster* saab Eesti tingimustes edukalt teekattel esineva roopa sügavuse mõõtmiseks kasutada.

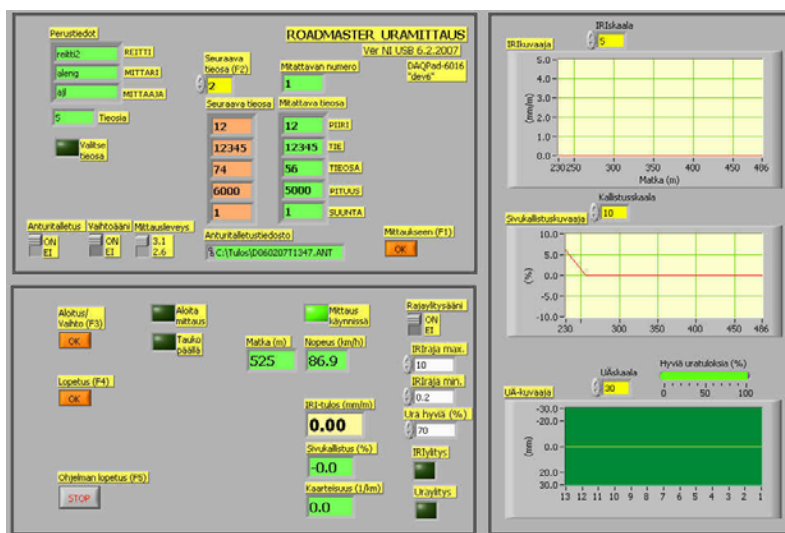
Aastate jooksul on seadet *Roobas_Roadmaster* lähtuvalt mõõtmiste käigus kogunenud tähelepanekutest pidevalt täiendatud ning hetkel kasutusel olev seadme versioon võimaldab mõõtmisi teha üsna operatiivselt ning samas ka mõõtmisprotsessi ajal reaalseid tulemusi pidevalt jälgida.



Foto 11. Teekatte roopa sügavuse mõõtmise seade *Roobas_Roadmaster*

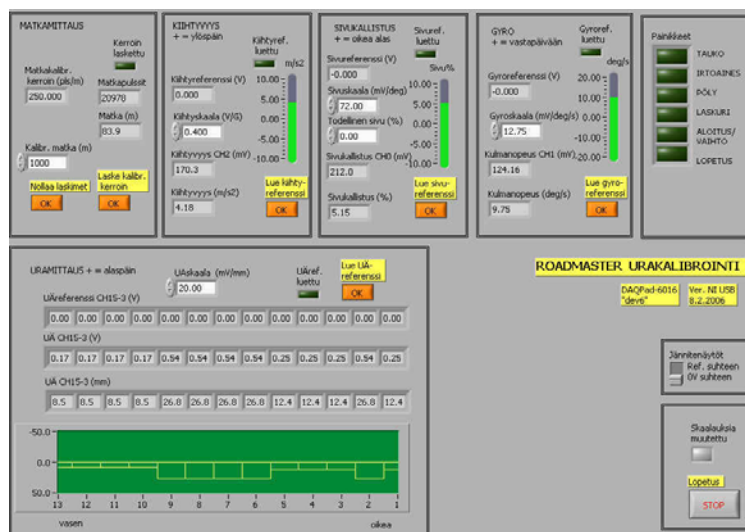
- andurid 1 ja 2 ning 12 ja 13 teekatte serva kõrgust, ehk siis nende andurite alusel moodustatakse tasapind, millest toimub roopa sügavuse mõõtmine;
- andur 7 mõõdab n.n. harja kõrgust, ehk siis sõidujälgede vahel oleva ala kõrgust;
- andurid 3, 4, 5 ja 6 ning 8, 9, 10 ja 11 mõõdavad roopa sügavust vastavalt paremas (välimises) ja vasakus (sisemises) sõidujäljes.

Mõõtmisprotsessi juhtimise tarkvara on läbi teinud tõsise uuenduse ja kui alguses toimus kõik *DOS*-keskkonnas, siis nüüdseks on siirdunud *Windows* keskkonda. See on muutnud mõõtmisprotsessi jälgimise lihtsamaks ning ülevaatlikumaks. Näiteks saab mõõtmisprotsessi käigus jälgida andurite näitusid, eraldi näidata protsentuaalselt "heade" mõõtmistulemuste hulka, jne. Tunduvalt lihtsam on juba mõõtmisprotsessi ajal võimalike probleemide tekkimisel mõõtmise katkestada, viga üles leida ja seejärel mõõtmise korras seadmega jätkata.



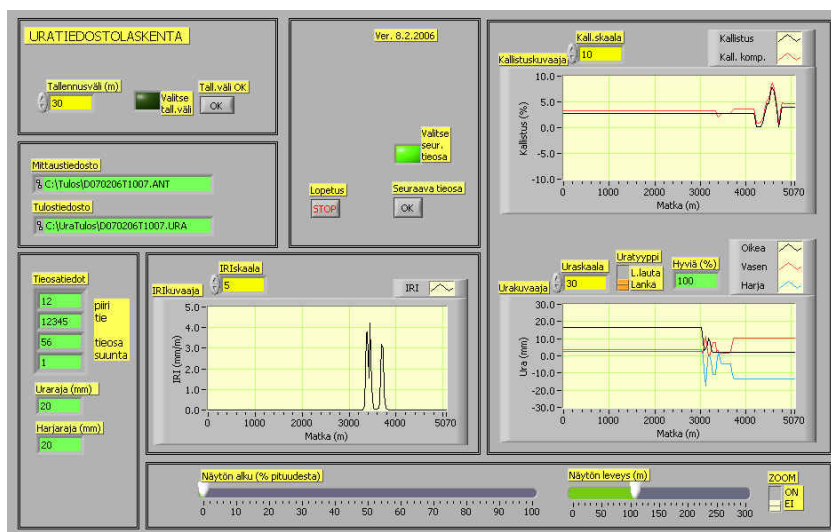
Joonis 8. Roobas_Roadmaster seadme tööprotsessi juhtimise tarkvara

Seadme töökorras hoidmiseks ja kalibreerimiseks on kasutusel eraldi tarkvara, mis annab seadme juures kasutatavate erinevate andurite olukorrast kiiresti selge ülevaate.



Joonis 9. Rooba_Roadmaster seadme kalibreerimise teostamise tarkvara

Teineteisest on eraldatud otsene mõõtmisprotsess ning mõõtmisandmete töötlemisprotsess. Roopa sügavuse mõõtmine toimub alati 5 m sammuga, mille põhjal on hilisema andmete töötlemise käigus võimalik arvutada roopa sügavust vajalikule mõõtmisammule ning vajaliku mõõtmismeetodiga (profiili lõikav või profiili jälgiv). Lisaks roopa sügavusele on Rooba_Roadmaster seadmega võimalik mõõta veel põhimõtteliselt teekatte pöikkallet ning teede kurvilisust.



Joonis 10. Rooba_Roadmaster seadme mõõtmistulemuste töötlemise tarkvara

Aastate jooksul Rooba_Roadmaster seadmele tehtud muudatused ning täiendused on võimaldanud suurendada mõõtmistulemuste usaldatavust, tehtava töö kvaliteeti ning produktiivsust.

5. ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISEL SAADAVATE ROOPA SÜGAVUST ISELOOMUSTAVATE ANDMETE KIRJELDUS

Roopa sügavuse mõõtmiseks kasutatavatel seadmetel on teekatte põikprofiili kuju registreerimiseks erinev arv erinevat tüüpi andureid. Andureid on kasutusel põhiliselt kahte tüüpi - ultraheliandurid ja laserandurid. Eestis kasutatava seadme *Roobas_Roadmaster* töö põhineb ultrahelianduritel. Andurite arv seadmetel on üsnagi erinev. Minimaalne andurite arv ühes sõidujäljes roopa sügavuse registreerimiseks on 3 tükki. Seade *Roobas_Roadmaster* on varustatud 13 ultrahelianduriga (seadme tööpõhimõtet ja kirjeldust vaata pt. 4).

Roopa sügavuse mõõtmisel saab tee põikprofiili kohta mitmeid erinevaid andmeid. Seadmega *Roobas_Roadmaster* saab mõõtmiste käigus järgmised teekatte roopa sügavust ja mõõtmiste teostamist iseloomustavad andmed:

- andmed mõõtja kohta (mõõtja tunnus ja nimi);
- mõõtmise teostamise aeg (kuupäev ja kellaaeg);
- mõõdetava teelõigu aadressandmed (teedevalitsuse kood, maantee number, teeosa number, mõõtmissuuna kood, mõõdetava teelõigu algus ja lõpp);
- mõõtmiste teostamise kiirus, km/h;
- võimalik mõõtmise katkestus (on/off põhimõttel);
- põikkalde väärtus, % (positiivne väärtus näitab kallet paremale);
- kurvilisust iseloomustav parameeter, 1/km (positiivne väärtus näitab kurvi vastupäeva, ehk siis vasakule);
- mõõtmiste teostamisel kasutatud mõõtelati laius (võimalik kasutada kahte erinevat laiust 2,6 ja 3,1 m);
- aktsepteeritavate mõõtmistulemuste arv protsentuaalselt, %;
- roopa sügavus parempoolses, ehk siis välimises sõidujäljes mõõdetuna profiili lõikava mõõtmismeetodiga, mm;
- roopa sügavus vasakpoolses, ehk siis sisemises sõidujäljes mõõdetuna profiili lõikava mõõtmismeetodiga, mm;
- harja, ehk siis sõidujälgede vahelise ala väärtus, mm;
- roopa sügavus parempoolses, ehk siis välimises sõidujäljes mõõdetuna profiili jälgiva mõõtmismeetodiga, mm;
- roopa sügavus vasakpoolses, ehk siis sisemises sõidujäljes mõõdetuna profiili jälgiva mõõtmismeetodiga, mm.

Teekatte roopa sügavuse väärtused võivad olla nii positiivsed kui negatiivsed. Positiivne tulemus näitab seda, et teekate on sõidujälgedes allpool roopa sügavuse mõõtmistasapinda. Negatiivne tulemus näitab seda, et teekate on sõidujälgede kohal ülevalpool sõidutasapinda. Harja väärtuste puhul on olukord vastupidine, ehk siis positiivsed tulemused näitavad seda, et teekatte pind sõidujälgede vahel on kõrgemal roopa sügavuse mõõtmistasapinnast ning negatiivsed tulemused näitavad seda, et teekatte pind on sõidujälgede vahel allpool roopa sügavuse mõõtmistasapinnast. Harja väärtust saab mõõta ainult kasutades roopa sügavuse mõõtmisel profiili lõikavat mõõtmismeetodit.

Teeregistris on registreeritud roopa sügavuse andmed eraldi kevadiste ja sügiseste mõõtmiste kohta. Antud põhimõtte kohaste mõõtmiste eesmärk on saada teada, millal roopad teekattes tekivad ja mis on nende tekkimise põhjused. Juhul, kui roopad tekivad talvisel perioodil, võib eeldada, et roobaste tekkimise peamine põhjus on naastrehvide kasutamisest tingitud kulumine (tekib n.n. kulumisroobas).

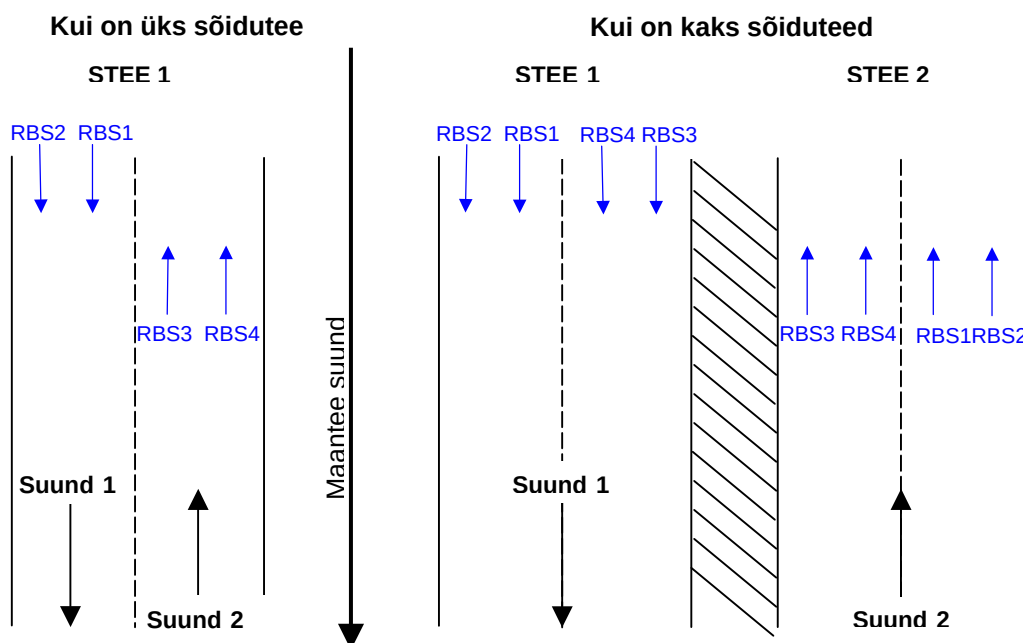
Juhul, kui roopad tekivad teekattes suvisel perioodil, võib eeldada, et põhjuseks on eelkõige vajumine (tekib n.n. vajumisroobas), ehk siis nõrgad teekonstruktsiooni kihid. Antud põhimõtte järgi toimusid teekatte roopa sügavuse mõõtmised kuni 2006 aastani. 2007 aastal teostati teekatte roopa sügavused ainult ühel korral (suve lõpus/sügisel alguses).

Teeregistris Roopa sügavuse omadustabelist roopa sügavuse kohta päringut tehes on võimalik roopa sügavuse kohta lisaks asukoha aadressi andmetele saada järgmiseid roopa sügavust kirjeldavaid andmeid (andmete **nimetused** on kopeeritud otse *Teeregistris*):

- **Roopa süg. mõõtm.kuup.pp kev** – maantee parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev kevadel;
- **Roopa keskm.süg.pssr kev** – kevadel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites parempoolisel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes (joonisel 11 RBS1);
- **Roopa keskm.süg.psvr kev** – kevadel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites parempoolisel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes (joonisel 11 RBS2);

- **max roopa s.ps kev** – kevadel mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites parempoolisel sõidurajal (arvutuslik väärtus, ehk siis maksimaalne väärtus RBS1 ja RBS2);
- **mõõtm.kuup.vs kev** – maantee vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev kevadel;
- **Roopa keskm.süg.vssr kev** – kevadel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites vasakpoolisel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes (joonisel 11 RBS3);
- **Roopa keskm.süg.vsvr kev** – kevadel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites vasakpoolisel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes (joonisel 11 RBS4);
- **Max roopa süg.vs kev** – kevadel mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites vasakpoolisel sõidurajal (arvutuslik väärtus, ehk siis maksimaalne väärtus RBS3 ja RBS4);
- **Kasut. seade paremal kev** – kevadel maantee parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmisel kasutatud seadme nimetus;
- **Kasut. seade vasakul kev** – kevadel maantee vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmisel kasutatud seadme nimetus;
- **Roopa süg. mõõtm.kuup.pp süg** – maantee parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev sügisel;
- **Roopa keskm.süg.pssr süg** – sügisel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites parempoolisel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes (joonisel 11 RBS1);
- **Roopa keskm.süg.psvr süg** – sügisel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites parempoolisel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes (joonisel 11 RBS2);
- **max roopa s.ps süg** – sügisel mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites parempoolisel sõidurajal (arvutuslik väärtus, ehk siis maksimaalne väärtus RBS1 ja RBS2);
- **mõõtm.kuup.vs süg** – maantee vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev sügisel;
- **Roopa keskm.süg.vssr süg** – sügisel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites vasakpoolisel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes (joonisel 11 RBS3);

- **Roopa keskm.süg.vsvr süg** – sügisel mõõdetud roopa sügavuse keskmine väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites vasakpoolisel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes (joonisel 11 RBS4);
- **Max roopa süg.vs süg** – sügisel mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) millimeetrites vasakpoolisel sõidurajal (arvutuslik väärtus, ehk siis maksimaalne väärtus RBS3 ja RBS4);
- **Kasut. seade paremal süg** – sügisel maantee parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmisel kasutatud seadme nimetus;
- **Kasut. seade vasakul süg** – sügisel maantee vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmisel kasutatud seadme nimetus;
- **Mõõtmise aasta pp kevadel** – kevadel maantee parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise aasta;
- **Mõõtmise aasta vp kevadel** – kevadel maantee vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise aasta;
- **Mõõtmise aasta pp sügisel** – sügisel maantee parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise aasta;
- **Mõõtmise aasta vp sügisel** – sügisel maantee vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise aasta;
- **Suurim roopa sügavus** – antud teelõigul (reeglina 100 m pikkusel teelõigul) kõigist sõidujälgedest mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus millimeetrites arvestades nii kevadist kui sügist mõõtmist.



Joonis 11. Teekatte roopa sügavuse mõõtmistulemuste selgitus

Erinevaid roopa sügavust kirjeldavaid väärtusi ühe 100 m pikkuse teelõigu kohta on tegelikult väga palju - kokku 25 tk ja nende hulgast selle õige väärtuse leidmine võib tekitada probleeme nii spetsialistile kui ka tavakasutajale, kes antud teemaga eriti palju kokku ei pruugi puutuda, aga kes teinekord siiski oma töös roopa sügavuse andmeid on sunnitud kasutama. Eriti keeruliseks teeb nende andmete kasutamise roopa sügavuse väärtuste kirjeldustes kasutatud erinevad lühendid, millest on kohati praktiliselt võimatu aru saada.

Lähtuvalt eeltoodust on antud uurimistöö tegijatel ettepanek muuta roopa sügavuse mõõtmistulemuste esitamist *Teeregistris*. Et tavakasutajale teekatte seisukorra andmetest ülevaadet lihtsamini tajutavaks teha oleks soovitav sisestada *Teeregistrisse* uus omadustabel *Roopa sügavus* ja olemasolev omadustabel ümber nimetada *Roopa sügavuse algandmed*. Olemasolevast roopa sügavuse andmete tabelist tuleks välja jätta maksimaalset roopa sügavust näitavad väljad, kui puhtalt arvutuslikud (maksimaalne väärtus antud sõidurajal mõõdetud roopa sügavuse väärtustest). Lisaks oleks soovitav kasutada raskesti arusaadavate lühendite (näit süg.pssr asemel RBS1) asemel joonisel 11 toodud numeratsiooni (RBS1, RBS2,...). Näiteks lühendi *süg.pssr* asemel oleks *RBS1*. Antud roopa sügavuse mõõtmistulemuste selgitusskeem oleks soovitav lisada *Teeregistrisse* andmete kirjelduse juurde.

Tabelis *Roopa sügavus* oleksid toodud järgmised andmed:

- **teelõigu aadressandmed**;
- **KpvRBS** – maanteel tehtud viimase roopa sügavuse mõõtmise kuupäev (päringu teostamise hetkel);
- **ParemRBS** – maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolisel sõidurajal kahes sõidujäljes mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus (maksimaalne väärtus andmeväljades RBS1 ja RBS2);
- **VasakRBS** – maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolisel sõidurajal kahes sõidujäljes mõõdetud suurim roopa sügavuse väärtus (maksimaalne väärtus andmeväljades RBS3 ja RBS4);

Konkreetsed roopa sügavuse mõõtmistulemused igalt sõidurajalt ja sõidujäljelt oleksid toodud tabelis *Roopa sügavuse algandmed* ja seda eraldi nii kevadise kui

sügisese mõõtmise kohta. Antud tabelis toodud andmeid saavad vastava eriala spetsialistid kasutada kas uurimistööde tegemisel või näiteks erinevate remonditööde plaanide koostamisel. Antud tabelis oleksid toodud järgmised andmeväljad (vaata ka joonis 11.):

- **teelõigu aadressandmed**;
- **KpvRBS1ja2 kevad** – kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolsel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev;
- **RBS1 kevad** – teelõigul kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolsel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **RBS2 kevad** – teelõigul kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolsel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **KpvRBS3ja4 kevad** – kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolsel sõidurajal kahes sõidujäljes tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev;
- **RBS3 kevad** – teelõigul kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolsel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **RBS4 kevad** – teelõigul kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolsel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **Seade1ja2 kevad** – kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolsel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise seadme nimetus;
- **Seade3ja4 kevad** – kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolsel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise seadme nimetus;
- **KpvRBS1ja2 sygis** – sügisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolsel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev;
- **RBS1 sygis** – teelõigul sügisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolsel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;

- **RBS2 sygis** – teelõigul sügisesel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolisel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **KpvRBS3ja4 sygis** – sügisesel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolisel sõidurajal kahes sõidujäljes tehtud roopa sügavuse mõõtmise kuupäev;
- **RBS3 sygis** – teelõigul sügisesel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolisel sõidurajal sisemises (vasakus) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **RBS4 sygis** – teelõigul kevadisel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolisel sõidurajal välimises (paremas) sõidujäljes mõõdetud roopa sügavuse väärtus täisarvuna, mm;
- **Seade1ja2 sygis** – sügisesel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) parempoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise seadme nimetus;
- **Seade3ja4 sygis** – sügisesel perioodil maantee suunas (sõidutee 2 puhul sõidusuunas) vasakpoolisel sõidurajal tehtud roopa sügavuse mõõtmise seadme nimetus.

Seega kokku jääks tabelisse *Roopa sügavuse algandmed* lisaks teelõigu aadressi andmetele 16 roopa sügavuse mõõtmist ja mõõtmistulemust kirjeldavat andmevälja. See on selgelt vähem kui praegu ja ka ülevaade ning toodud andmetest arusaamine peaks olema kergem. Juhul kui Maanteeamet otsustab salvestada roopa sügavuse mõõtmistulemused mõlema mõõtmismeetodi puhul, siis tuleks ilmselt teha eraldi tabelid kummagi mõõtmismeetodi tulemuste jaoks. Kõikide tulemuste sisestamine ühte tabelisse teeb selle liiga suureks ja idasugune ülevaatlikkus andmetest kaoks.

6. ROOPA SÜGAVUSE VÄÄRTUSTE KIRJELDUS

Roopa sügavuse mõõtmistulemuste kasutamiseks on tähtis teada nende väärtuste tähendust, ehk siis millisest väärtusest alates muutuvad roopa sügavused teekasutajatele (liiklejatele) ohtlikuks ja millisest roopa sügavuse väärtusest alates tuleks ette näha vastavaid remondimeetmeid.

Reeglina tekivad roopad teekattes seal, kus on liiklussagedus suurem ja teekattele mõjuvad suuremad koormused. Seetõttu teostatakse roopa sügavuse mõõtmised üldiselt mitte kogu teedevõrgul, vaid eelkõige seal, kus liiklus- ja koormussagedus seda eeldab. Ka Eestis on roopa sügavuse mõõtmisel lähtutud eelkõige maantee tähtsusest ja liiklussagedusest. Roopa sügavust on mõõdetud reeglina põhimaanteedel ja muudel maanteedel on mõõtmised tehtud siis, kui liiklussagedus (AKÖL, autot/ööp) ületab mingil teelõigul väärtuse 3000 autot/ööp.

Kokkuvõtte Euroopa erinevates maades kasutatavatest roopa sügavuse piirväärtustest on toodud tabelites 12. Väga põhjalik on roopa sügavuse piirväärtuste määratlus Soomes ja Ungaris. Teistes maades on piirdutud kogu teedevõrgule, sõltumata maantee tähtsusest või liiklussagedusest, roopa sügavuse piirväärtuste määratlemisel 3-5 klassilisest jaotusest.

Tabel 12. Teekatte roopa sügavuse piirväärtused erinevates maades

Riik	Lubatud roopa sügavuse suurim väärtus, mm				
	Väga hea	Hea	Rahuldav	Halb	Väga halb
Soome AKÖL >6000 auto/ööp (kiirus 80, 100, 120 km/h)	5, 5, 5	10, 9, 8	15, 14, 13	19, 18, 17	>19, >18, >17
Soome AKÖL 1500-6000 auto/ööp (kiirus 80, 100 km/h)	6, 6	11, 10	15, 14	20, 19	>20, >19
Soome AKÖL <1500 auto/ööp (kiirus 80, 100 km/h)	7, 7	12, 11	16, 15	21, 20	>21, >20
Ungari (kiirteed)	4	7	10	12	>12
Ungari (põhimaanteed)	8	11	14	17	>17
Ungari (tugimaanteed)	14	17	20	24	>24
Poola	-	10	20	30	>30
Saksamaa	4	10	20	>20	
Austria	5	10	15	20	>20
Belgia , Flaami regioon	4	12	16	24	>32
Belgia , Vallooni regioon	4	8	12	16	>20
Prantsusmaa	-	10	20		>20
Šveits	5	15		30	>30
Hispaania	-	-	-	>20	
Läti				>25	
Eesti	-	13	20	>20	

Tabelis 12 toodud väärtustest on näha, et kohati tõlgendatakse roopa sügavuse väärtuseid vägagi erinevalt. Ilmselt mingil määral mõjutab tulemuste tõlgendamist kasutatavate mõõtmisseadmete eripära või siis kohalikud tingimused.

Roopa sügavus alla 10-12 mm, (klassid väga hea ja hea) on kõigis võrdlusega haaratud maades selline sügavus, mis ei nõua reeglina mingite remondimeetmete rakendamist ja mille puhul ei pöörata teekattes esinevale roopa sügavusele suuremat tähelepanu.

Mõnevõrra erinev on lähenemine roopa sügavusele, kui see ületab 12 mm, ehk kui roopa sügavus on klassis rahuldav, halb või väga halb. Enamuses maades loetakse roopa sügavust veel rahuldavaks, kui ta sügavus jääb alla 15-16 mm. Seevastu Poolas ja Saksamaal loetakse roopa sügavust rahuldavaks, kui see ulatub 20 mm-ni.

Kuni 20 mm sügavust roobast loetakse üldiselt halvaks (ehk siis ohtlikuks) ja üle 20 mm sügavust roobast juba väga ohtlikuks. Samas on küllaltki üllatav, et Poolas, Belgias Flaami regioonis ning Šveitsis loetakse roopa sügavust väga sügavaks alles siis, kui see on ületanud väärtuse 30 mm.

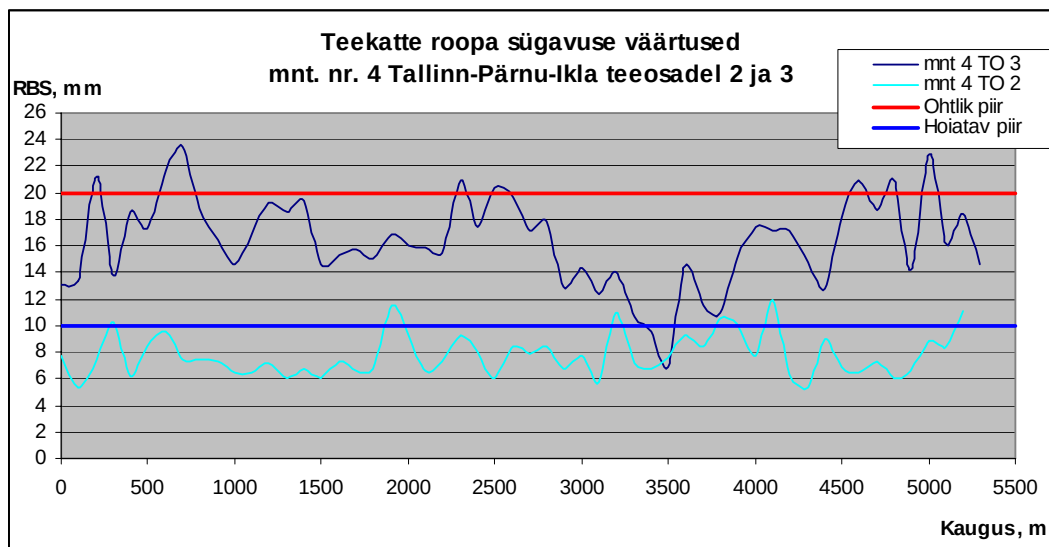
Eestis on seni kasutusel olnud kolm roopa sügavuse piirväärtust (hea, rahuldav, halb). Arvestades toodud näiteid teistest maadest ei ole ilmselt põhjust seda jaotust muuta. Rohkemate klasside kasutamine muudab andmetest ülevaate saamise ainult keerulisemaks. Ka kujunevad erinevate klasside vahed suhteliselt väikesteks, mis võib tekitada probleeme andmete võrdlemisel.

Roopa sügavuse piirväärtustest on Eestis seni arvestatud roopa sügavust alla 13 mm ohutuks, ehk siis heaks. Roopa sügavust vahemikus 13-20 mm on loetud hoiatavaks (rahuldavaks) ja üle 20 mm sügavust roobast ohtlikuks. Arvestades teiste maade kogemust ja nendes kasutatud piirväärtusi võib järeldada, et Eestis kasutatavad on nendega üsnagi analoogilised. Natuke kõrgem on Eestis kasutatav hea, ehk ohutu roopa sügavuse piirväärtus.

Antud uurimistöö koostajatel on ettepanek lähtudes teiste maade kogemustest ja ka Eestis seni teostatud mõõtmistulemustest, kasutada edaspidi järgmist roopa sügavuse piirväärtuste jaotust:

- roopa sügavus alla 10 mm – roopa sügavus on liiklejatele ohutu ja remondimeetmete rakendamine ei ole vajalik;
- roopa sügavus vahemikus 10-20 mm – roopa sügavuse väärtus on hoiatavas piirkonnas ja selle arengut tuleb järgnevate aastate jooksul pidevalt jälgida. Vajadusel ja võimalusel tuleb roobas eemaldada (seda eriti juhul kui roopa sügavus on juba vahemikus 15-20 mm);
- roopa sügavus üle 20 mm – roopa sügavus on ohtlikult suur ja roobas vajab kohest kõrvaldamist.

Graafikul 3 on toodud teekatte roopa sügavuse mõõtmistulemused maantee nr. 4 Tallinn-Pärnu-Ikla teeosadelt 2 ja 3. Selgelt on näha, et vastavalt määratletud piirväärtustele tuleb teeosal 3 tekkinud roopad lähimal ajal kõrvaldada. Teeosal 2 ei ole roobaste tõttu vaja remondimeetmeid rakendada.



Graafik 3. Teekatte roopa sügavuse mõõtmistulemused mnt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla teeosadel 2 ja 3

Roopa sügavuse mõõtmismeetoditena kasutatakse nii põikprofiili jälgivat kui ka põikprofiili lõikavat mõõtmismeetodit. Profiili jälgiv (*wire method*) meetod on kasutusel Soomes ja Rootsis. Teistes uuringuga hõlmatud riikides kasutatakse profiili lõikavat (*straight edge method*) meetodit. Eestis on seni kasutatud roopa sügavuse mõõtmistulemuste töötlemisel profiili lõikavat (*straight edge method*) meetodit. Mõõteseadme uuendustööde käigus on lisatud võimalus roopa sügavuse mõõtmistulemuste töötlemiseks ka profiili jälgiva (*wire method*) meetodiga.

7. ROOPA SÜGAVUSE MÕÕTMISEGA SAADAVATE MUUDE ANDMETE KIRJELDUS

Teekatte põikprofiili mõõtmisel on võimalik saada ka muid teekatet iseloomustavaid parameetreid. Mõned nendest on leidnud rohkem kasutamist, mõned jälle vähem. Järgnevalt on toodud mõnede rohkem levinud parameetrite lühikirjeldused. Osasid nendest parameetritest on võimalik seadmega Roobas_Roadmaster mõõta, teiste puhul on vaja teha lisaseadistusi või hoopis hankida uus mõõtmisseade.

Põiksuunaline ebatasasus e. roopalisus

Roopalisuse väärtus arvutatakse lähtudes roopa sügavuse mõõtmise andurite tulemuste erinevustest mõõtmistasapinnast, mis on leitud põikprofiili servade alusel. Kõikide andurite tulemustest arvutatakse keskmine väärtus, mis ongi põiksuunaline ebatasasus ehk roopalisus. Antud parameeter ei ole leidnud maailmas laialdast kasutamist ja Eestis seda seni kasutatud ei ole.

Harja kõrgus

Harja kõrguse mõõtmiseks on olemas kaks erinevat meetodit. Soomes on tehtud ettepanek võtta kasutusele parameeter harja kõrgus ja mõõta seda roopa põhjast. Samas CEN-ettepanekus (*Comité Européen de Normalisation*) on harja kõrgus mõõdetud sõiduraja servade vahele tõmmatud tasapinnast. Harja kõrguse kasutamine teekatte põikprofiili iseloomustava parameetrina ei ole leidnud siiski veel laialdast kasutamist. *Roobas_Roadmaster* seadmega saab mõõta harja kõrgust lähtuvalt CEN-ettepanekus toodud mõõtmispõhimõttest. Samas seda väärtust seni registreeritud ning kasutatud ei ole.

Roopa serva kalle

Roopa serva kalle mõjutab eelkõige sõiduohutust, seetõttu on see väga tähtis parameeter. Samas on see suhteliselt uus parameeter, mida mõõta ning selle mõõtmispõhimõtted on maailmas alles väljatöötamisel. Probleemiks on selle parameetri puhul see, et see nõuab väga tihedat andurite paiknemist, ehk siis põikprofiili väga tihedat registreerimist, et saadud tulemused roopa kuju kohta

võimaldaksid kallet usaldatavalt määrata. *Roobas_Roadmaster* seadme andurite arv seda hetkel ei võimalda.

Roopa põhja tasasus

Roopa põhja ebatasasus segab liikluse sujuvat kulgemist ja see tekitab liiklusohhtlikke olukordi, kui teatud piirid on ületatud. Antud parameeter on kasutusel Soomes teede talvise seisukorra jälgimisel. Mõõtmine tehakse reeglina käsitsi 1 m latiga.

Teekatte põikkalle ja tee kurvilisus

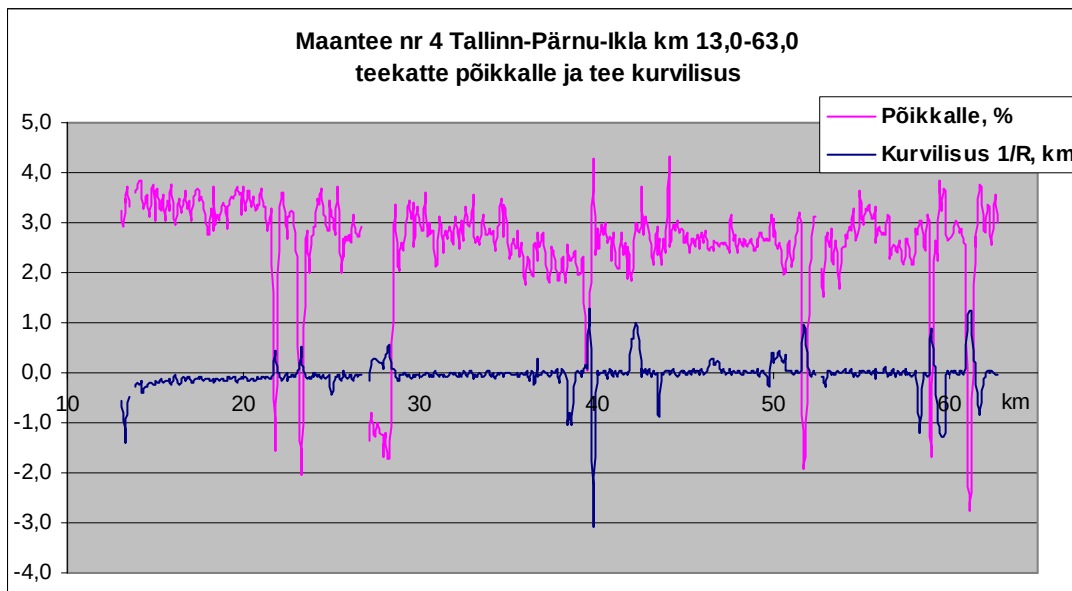
Teekatte õige põikkalle on tähtis parameeter, kuna see kindlustab sadevete piisava äravoolu ning samas ka selle, et vesi ei jääks roobastesse seisma ning et oleks tagatud piisav liiklusohutus. Teekatte põikkallet saab mõõta nii rõhtlatiga, kui ka vastava kaldemõõtmise seadmega. Enamus roopa sügavuse mõõtmise seadmetest võimaldavad mõõta ka teekatte põikkallet. See võimalus on olemas ka seadmel *Roobas_Roadmaster*.

Põikkalde mõõtmiseks on võimalus kasutada mitut võrdlustasapinda, näiteks roobaste põhjade kaudu ühendatud tasapind või sõiduraja servade kõrgeimate kohtade kaudu ühendatud tasapind. Seade *Roobas_Roadmaster* kasutab teekatte põikkalde mõõtmiseks äärmiste andurite tulemusi. Lisaks põikkaldele mõõdetakse samaaegselt ka kurvilisust.

Graafikul 4 on toodud näide tee kurvilisuse ja teekatte põikkalde mõõtmise tulemuste kohta maanteelt nr 4 Tallinn-Pärnu-Ikla teelõigult km 13,0 - 63,0. Põikkaldele on juurde toodud tee kurvilisust iseloomustav parameeter, kuna põikkalde mõõtmistulemuste arvestamisel on kindlasti vajalik teada ka kurvide paiknemist maanteel, kuna kurvides reeglina põikkalle peaks muutuma. Graafikul toodud parameetrite selgituseks:

- põikkalde väärtus on positiivne, juhul kui põikkalle on sõidusuunas paremale poole ja negatiivne, juhul kui põikkalle on sõidusuunas vasakule poole;
- kurvilisust iseloomustav väärtus (ühikuks on $1/R$, km) on sirgel teelõigul 0 (tingituna tehnilistest iseärasustest ja kalibreerimistoimingute ebaõnnestumisest võib see väärtus nullist erineda mingi konstantse väärtuse

võrra). Kurvilisuse väärtus on positiivne nullist erinev arv, juhul kui kurv pöörduv vastupäeva, ehk sõidusuunas vaadatuna vasakule. Kurvilisuse väärtus on negatiivne arv juhul, kui kurv pöörduv päripäeva, ehk sõidusuunas paremale.



Graafik 4. Tee kurvilisus ja teekatte põikkalle maanteel nr. 4 Tallinn-Pärnu-Ikla

Vastavalt juhendile “Tee projekteerimise normid ja nõuded” on Eestis nõutav kõikidel ristprofiili elementidel põikkalle. Normaalse ristprofiiliga asfalt-, tsement ja mustkattega sõidutee sirgel teelõigul loetakse heaks põikkalde väärtuseks 2,5%. Põikkalle on rahuldav, kui ta on vahemikus 2,0-3,0%. Viraažikalle sõltub plaanikõvera raadiusest ja projektkiirusest, kuid ta ei tohiks ületada väärtust 4%.

Põikkalde ning kurvilisuse väärtused saab samaaegselt roopa sügavuse mõõtmisega ja seega see roopa sügavuse mõõtmisel tööde kogumaksumust iseenesest muuda. Mõnevõrra muutub andmete töötamise maht, kuid see ei ole kogu tööde mahu juures olulise tähtsusega. Kuna mõõtmiste teostamine on tehniliselt praegu kasutatavate seadmetega võimalik, siis tasub kaaluda antud kahe parameetri lisamist *Teeregistrisse*.

Võimalus on need parameetrid lisada *Roopa sügavuse* omadustabelisse, samas andmetest parema ülevaate saamiseks oleks mõistlik need kaks parameetrit sisestada omaette tabelisse, ehk siis *Teeregistrisse* tuleks sisestada uus

omadustabel *Kalded*. Eraldi tabeli puhul on võimalik testi perioodil ilmselt seda tabelit ja selles olevaid andmeid näiteks kasutajatele mitte näidata.

Kuna antud parameetreid ei ole seni süstemaatiliselt teedevõrgul automaatsete mõõteseadmetega mõõdetud, siis eeldatavalt läheb vähemalt üks mõõtmishooaeg mõõteseadme töökorda seadistamiseks ning saadud mõõtmistulemuste analüüsimiseks.

8. KOKKUVÕTE

Uurimistöö roopa sügavuse mõõtmistulemuste kasutamise kohta on teostatud Maanteeameti tellimusel AS Teede Tehnokeskuse poolt. Antud uurimistöö teostamisel oli eesmärgiks kirjeldada ühte üsna olulist teekatte seisukorda iseloomustavat parameetrit – teekatte roopa sügavust, kuidas toimub mõõtmine, millised meetodid on selleks kasutusel, millist praktikat kasutavad teised riigid ja milliseid andmeid oleks lisaks roopa sügavusele sama mõõtmisega veel võimalik saada ja kasutada.

Uurimistöös on toodud ülevaade erinevates Euroopa maades kasutatavatest teekatte roopa sügavuse mõõtmise põhimõtetest ning kehtestatud roopa sügavuse piirväärtustest. Otse või läbi *FEHRL*'i organisatsiooni edastatud ligi 30-le küsitlusankeedile vastasid 11 erineva maa teedeala spetsialistid (osadest maadest saime mitu vastust). Antud tulemus võimaldab saada küllaltki hea ülevaate Euroopas kasutatavast teekatte roopa sügavuse mõõtmise praktikast ning seda nii põhja-, kui ka lõunaregioonides (võimalik arvestada erinevaid kliimatilisi tingimusi).

Esitatud on põhjalik ülevaade Eestis alates 2001 .a. kasutusel olevast teekatte roopa sügavuse mõõtmise seadmest *Roobas_Roadmaster* ning selle tööpõhimõttest. Üksikasjalikult on toodud mõõtmistulemuste kirjeldused ja seletused.

Kirjeldatud on roopa sügavuse mõõtmistulemuste esitamine *Teeregistris* ning kuna see ei ole hetkel kõige õnnestunum, kasutajatel võib tekkida arusaamatusi ja kohati võib ka andmeid valesti tõlgendada ning kasutada, siis on tehtud ettepanek roopa sügavuse andmete selgemaks ja ülevaatlikumaks *Teeregistris* esitamiseks.

Erinevate andmete kasutamisel on väga tähtis teada, mida need tähendavad ja millised väärtused millist olukorda iseloomustavad. Roopa sügavus ei ole selles mõttes erand ja ilma teadmata, milline väärtus kui ohtlikku situatsiooni kirjeldab, ei ole reaalses elus võimalik nõutavaid ennetusmeetmeid rakendada. Antud töös on esitatud roopa sügavuse väärtuste kasutamiseks teekatte seisukorda iseloomustavad roopa sügavuse piirväärtused, ehk siis millise numbri korral tuleks lugeda roopa sügavust väikeseks, keskmiseks ja suureks. Erinevates maades on kasutusel mõnevõrra erinevad piirväärtused, kuid üldiselt nende väärtused üksteisest

eriti palju ei erine (kui mõni üksik erand välja jätta). Ka Eestis kasutatavateks roopa sügavuse piirväärtusteks tehtud ettepanek ei erine põhimõtteliselt mujal maades kasutatavatest ja see on järgmine – alla 10 mm sügavust roobast tuleks lugeda väikeseks, vahemikus 10-20 mm olevat roopa sügavust tuleks lugeda keskmiseks, ehk n.n. hoiatuspiiriks ja üle 20 mm sügavust roobast tuleks lugeda ohtlikuks ning seda sõltumata liiklussagedusest või tee tüübist.

Kuna paralleelselt roopa sügavuse mõõtmisega saab reeglina ka mitmeid teisi teekatet või teed iseloomustavaid parameetreid, mida on küll praktikas seni nii meil kui mujal maailmas suhteliselt vähe kasutatud, kuid mida on siiski võimalik kas otse mõõta või arvutada, siis on antud töös toodud nende andmete kirjeldused.

Põhjalikumalt on vaadeldud teekatte põikkalde ja tee kurvilisuse andmete mõõtmist ning nende andmete praktilist kasutust ja võimalust Teeregistrisse sisestamiseks. Ilmselt vajab nende andmete kasutusele võtmine rohkem diskussiooni ja vastavate pilootprojektide teostamist enne lõpliku otsuse tegemist. Tehniliselt on valmidus antud hetkel olemas nii tee kurvilisuse kui teekatte põikkalde väärtuste mõõtmise alustamiseks süstemaatiliselt kogu teedevõrgu tasemel.

KASUTATUD KIRJANDUS

Palvelutasomittausten uusien tunnuslukujen käyttöönotto ja hyödyntäminen. Tiehallinto. Helsinki 2005.

Käsikirja päällysteiden pinnan kunnon mittaamiseen. Tiehallinto. Helsinki, 2007.

Ajokustannusten kuntoriippuvuus päällystetyillä teillä ja sorateillä. Tiehallinto. Helsinki, 2005.

Qualification of road surface monitoring services in Sweden, 1996-2000. VTI notat 38A-2004. Linköping, 2004.

Vägytemätning med mätbil; vägnätsmätning. Beskrivningen avser mätning av edeltvärprofil, spårdjup, längsprofil, IRI, tvärfall, textur, backighet, kurvatur och position i normal trafikrytm. Metodbeskrivning 115:2004. Vägverket.

Description of road surface condition indicators from Laser RST as used in Finland. Helsinki, 2004.