



1918

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT

**TALLINNA TEEDE JA TÄNAVATE
KATENDITE DEFORMATSIOONIDE
JA KATETE KULUMISE
MÄÄRAMINE, LÄHTUDES
LIIKLUSSAGEDUSEST JA TEEKATENDI
KONSTRUKTSIOONIST
2. ETAPP**

ARUANNE

TELLIJA: TALLINNA KOMMUNAALAMET

TEEDEEHITUSE JA GEODEESIA UURIMISRÜHM Tallinn, 2018

UURIMISTÖÖ
TALLINNA TEEDE JA TÄNAVATE KATENDITE DEFORMATSIOONIDE JA KATETE
KULUMISE MÄÄRAMINE, LÄHTUDES LIIKLUSSAGEDUSEST JA TEEKATENDI
KONSTRUKTSIOONIST
2. ETAPP
ARUANNE

Käesolev uurimistöõ aruanne sisaldab riigihanke lihtmenetlusel Tallinna Kommunaalameti ja Tallinna Tehnikaülikooli vahel 28.06.2018 sõlmitud töövõtulepingu 3-3LEP18056 / 2.2-5TE_TKA117_1_21062018_163635 „Tallinna teede ja tänavate katendite deformatsioonide ja katete kulumise määramine, lähtudes liiklussagedusest ja teekatendi konstruktsioonist 2. etapp“ raames tehtud uurimistöid.

Uurimistöõ aruande koostasid:

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Dotsent Andrus Aavik | - lepingu vastutav täitja |
| 2. Professor Artu Ellmann | - lepingu põhitäitja, teedeehituse ja geodeesia uurimisrühma juht |
| 3. Üliõpilane Sander Varbla | - lepingu täitja |
| 4. Lektor Harri Rõuk | - lepingu täitja |

Sisukord

UURIMISTÖÖ LÄHTEÜLESANNE	4
1. TEEKATTE DEFORMATSIOONIDE MÄÄRAMINE SKANEERIMISEGA JA VÕRD LUS ALGSEISUNDUGA	6
1.1. Sissejuhatus ja lühikokkuvõte	6
1.2. Välitööd	7
1.3. Andmetöötlus	8
1.4. Üleantavad materjalid	11
LISAD 1	14
Lisa 1.1. Ehitajate tee ja Õismäe tee ristmiku/kaevude laserskaneerimise tulemused	15
Lisa 1.2. Ranna tee ja Muuli tee ristmiku laserskaneerimise tulemused	30
Lisa 1.3. Tartu mnt ja Kanali tee ristmiku laserskaneerimise tulemused	37
Lisa 1.4. Tehnika tn ja Veskiposti tn ristmiku laserskaneerimise tulemused	44
Lisa 1.5. Männiku tee registreerimise veahinnang ja statistika	49
Lisa 1.6. Välja bussipeatuse laserskaneerimise tulemused	56
Lisa 1.7. Nisu bussipeatuse laserskaneerimise tulemused	63
Lisa 1.8. Punase tänava kaevude laserskaneerimise tulemused	71
Lisa 1.9. Tammsaare tee ja Pärnu mnt ristumise alumise tasandi laserskaneerimise tulemused	79
Lisa 1.10. Suur-Sõjamäe ja Smuuli tn ristmiku laserskaneerimise tulemused	86
Lisa 1.11. Vilde tee ja Akadeemia tee ristmiku laserskaneerimise tulemused	92
Lisa 1.12. Paldiski mnt betoontee laserskaneerimise tulemused	97
2. LIIKLUS- JA KOORMUSSAGEDUSED UURINGUSSE KAASATUD OBJEKTIDEL	108
3. PINNASEVEE TASEME MÕÕTMISTULEMUSED VAATLUSKAEVUDES	111
4. KATENDIKONSTRUKTSIOONID UURINGUSSE KAASATUD OBJEKTIDEL	113
5. KANDEVÕIME MÕÕTMISED UURINGUSSE KAASATUD OBJEKTIDEL	117
6. KOORMUSSAGEDUSTE MÕJU KATENDIS TEK KINUD DEFORMATSIOONIDELE	134
KOKKUVÕTE	151
Soovitused	154
7. TEMPERATUURIGRADIENDID PALDISKI MNT. BETOONKATTES PERCOSTATION JAAMA ANDMETEL	155
8. PALDISKI MNT. BETOONKATTE SEISUKORRA HINDAMINE	157
Tabelite ja jooniste loetelu	162

LISAD 2.....	165
Lisa 2.1. Teekonstruktsioonide kandevõime mõõtmiste tulemused Tallinnas 2017. ja 2018. aastal	166
Lisa 2.2. Paldiski mnt. Percostation jaama koondtemperatuurigraafikud 01.07.2016-01.07.2018	169
Lisa 2.3. Paldiski mnt. Percostation jaama betoonplaadi temperatuurigraafikud 01.07.2016- 01.07.2018.....	172
Lisa 2.4. Paldiski mnt. Percostation jaama temperatuurigraafikud liiva kihis 01.07.2016- 01.07.2018.....	174
Lisa 2.5. Paldiski mnt. betoonkatte katselõigu vuukide plaaniline asetus	177

UURIMISTÖÖ LÄHTEÜLESANNE

Üldinfo ja uuringu eesmärk

Uurimistöõ eesmärk on jätkata valitud objektide katendi vastava piirkonna (ristlõike) jäädvustamist skaneerimise teel punktivilvena erinevatel aegadel (aastatel) ning seejärel punktivilvede võrdlemise tulemusena katendi deformatsiooni arenemise kiiruse määramine lähtudes liiklussagedusest ja koormussagedusest algse olukorra suhtes.

Teostatakse analüüs antud tee võrgu piirkonna (ristlõike) liikluskoosseisust ja katendikonstruktsiooni kandevõimelistest ja kulumiskindluse omadustest arvestades pinnasevee taset ning temperatuurigradiente. Määratakse temperatuurigradientide $d_t > 0,02; 0,04; 0,06$ esinemissagedus betoontee katselõigul.

Uurimistöõ peab sisaldama järgmisi osasid:

1. Liiklussagedus ja koormussagedus

Esitada 2017.a liiklusmudeli andmed enimkoormatud sõidurajal lisas 6 toodud objektidel-ristlõigetel ja kumulatiivsed liiklussagedused ja koormussagedused alates valitud tee-tänavavaamisest mootorsõidukite liiklusele:

- 1.1. AKÖL (aastakeskmise ööpäevane liiklussagedus)
- 1.2. ESAL (koormussagedus normtelgedes ööpäevas)

2. Katendikonstruktsioon lisas 6 toodud objektidel-ristlõigetel.

3. Valitud objektidel teekatte deformatsioonide määramine skaneerimisega ning võrdlus algseisundiga. Igal objektil koostada põikristlõike vähemalt 3 ristlõikes. Paldiski mnt betoontee tulemuste analüüs jagada vastavalt kattetüübile 3-ks.

- a) asfaltbetoonkate 1 põikristlõige
- b) betoonkate 4 põikristlõiget
- c) betoonkatend kaetud asfaltbetoonkatttega 4 põikristlõiget

Ruumiandmete nõutav ruumiline lahutus 3 cm.

Mõõtmistäpsus plaanilisele asendile 5 mm ja 3 mm kõrguslikule asendile.

Kindelpunktide abil viia kõik skaneerimise punktivilved ühtsesse L-EST*97 plaanilisse ning riiklikku kõrguslikku koordinaat süsteemi.

Skaneerimine teostada vastavalt eelnevates uurimistöõdes (vt lisa 5) toodud metoodikale ja samades asukohtades.

4. Paldiski mnt betoontee lõigus analüüsida katte pinna tekstuuri, võimalikke pragusid, betoonplaatide nurkade võimalikke murdumisi, kahanemisvuukide kummitihendite seisukorda. Aruandes esitada vastav digitaalne visuaalne ülevaade.

5. Kandevõime mõõtmised FWD-ga lisas 3 (Laserskaneerimise asukohad) toodud objektidel-ristlõigetel vastavalt lisas 8 toodud metoodikale ja samades kohtades.

Mõõtmine teostada juuni kuus 2018.a.

6. Pinnasevee taseme mõõtmine vaatluskaevudes lisas 4 (Pinnasevee vaatluskaevud) toodud asukohtades.

Lisa 3

Laserskaneerimise asukohad

1	Ranna tee - Muuli tee ristmik
2	Ehitajate tee - Maxima kaupluse lõikes (Ehitajate tee 148A)
3	Tartu mnt - Kanali tee ristmik
4	Tehnika tn - Veskiposti ristmik
5	Männiku tee -Säästumarketi juures
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku
7	Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all
8	Akadeemia tee - Vilde tee ristmik
9	Punane tn - Selveri juures kaevukonstruksioon
10	Sõle tn. - Nisu peatus – linnast väljuv suund
11	Sõle tn. -Nisu peatus – linna sisenev suund
12	Mustamäe tee - Välja peatus (linna suund)
13	Ehitajate tee kaevukonstruksioon
14	Paldiski mnt betoontee 3 ristlõiget

Lisa 4

Pinnasevee vaatluskaevud

1.	Tondi tn (Marta tn)
2.	Sõle tn (Nisu peatus)
3.	Mustamäe tee (Välja peatus)
4.	Narva mnt (Uus-Sadama peatus)
5.	Paldiski mnt (Järveotsa peatus)
6.	Suur-Sõjamäe (Ruunaoja)
7.	Ehitajate tee (148)
8.	Kotka tn
9.	Pärnu mnt (Vineeri tn)
10.	Kalaranna 1
11.	Kalaranna 2

1. TEEKATTE DEFORMATSIOONIDE MÄÄRAMINE SKANEERIMISEGA JA VÕRDLUS ALGSEISUNDUGA

1.1. Sissejuhatus ja lühikokkuvõte

Käesolev uurimistöo aruanne käsitleb riigihanke lihtmenetlusel Tallinna Kommunaalameti ja Tallinna Tehnikaülikooli vahel 28.06.2018 sõlmitud töövõtulepingu 3-3LEP18056 / 2.2-5TE_TKA117_1_21062018_163635 „Tallinna teede ja tänavate katendite deformatsioonide ja katete kulumise määramine, lähtudes liiklussagedusest ja teekatendi konstruktsioonist, 2. etapp“ raames tehtud uurimistöid. Vastavalt tööülesandele teostati terrestriilist laserskaneerimist ning seonduvat andmetöötlust alljärgnevatel objektidel:

- Ehitajate tee ja Õismäe tee ristmik – Tallinn, Haabersti LO
- Tartu mnt ja Kanali tee ristmik – Tallinn, Kesklinna LO
- Ranna tee ja Muuli tee ristmik – Viimsi vald, Miiduranna küla
- Tehnika tänava ja Veskiposti tänava ristmik – Tallinn, Kesklinna LO
- Männiku tee Kauge bussipeatuse (linnast väljuva suuna) ümbrus – Tallinn, Nõmme LO
- Ehitajate teel (Haabersti LO) ja Punasel tänaval (Lasnamäe LO) paiknevad erikonstruktsioonilised kaevud
- Välja (Mustamäe LO) ja Nisu (Põhja-Tallinn LO) ühistranspordipeatused
- Suur-Sõjamäe ja Smuuli tn ristmik - Tallinn, Lasnamäe LO
- Tammsaare tee ja Pärnu mnt ristumise alumine tasand - Tallinn, Kesklinna LO
- Akadeemia tee ja Vilde tn. Ristmik - Tallinn, Mustamäe LO
- Paldiski mnt betoontee erikonstruktsioonilised lõigud – Tallinn, Haabersti LO

Tallinna Kommunaalameti tellimisel on eelnimetatud objektid lisaks 1. etapi aruandlusele ehitamis- või renoveerimisjärgselt laserskaneeritud 2014.-2016. aastal, mida käsitlevad järgmised aruanded

Ellmann A., Julge K. (2014) Tallinnas ristmike deformatsioonide uuringu 0-tsükli laserskaneerimine juulis/augustis 2014. TTÜ Teedeinstituut, okt. 2014.

Ellmann A., Julge K. (2014) Tallinnas kaevude deformatsioonide uuringu 0-tsükli laserskaneerimine augustis/septembris 2014. TTÜ Teedeinstituut, okt. 2014.

Ellmann A., Julge K. (2014) Tallinnas Nisu ja Välja bussipeatuste deformatsioonide uuringu 0-tsükli laserskaneerimine augustis 2014. TTÜ Teedeinstituut, okt. 2014.

Ellmann A., Julge K. (2015) Tallinnas ristmike deformatsioonide uuringu 0-tsükli laserskaneerimine augustis/septembris 2015. TTÜ Teedeinstituut, nov. 2015.

Ellmann A., Julge K. (2015) Tallinnas ristmike/kaevude/ühistranspordipeatuste deformatsioonide uuringu laserskaneerimise jätkuprojekti aruanne. TTÜ Teedeinstituut, nov. 2015.

Aavik A.; Ellmann, A., Julge, K.; Rõuk, H. (2017) Uurimistöo Tallinna teede ja tänavate katendite deformatsioonide ja katete kulumise määramine, lähtudes liiklussagedusest ja teekatendi konstruktsioonist. TTÜ Teedeehituse ja geodeesia uurimisrühm, 2017.

Et käesoleva aruande põhirõhk on 2018.a. suvekuude mõõtmistulemuste kirjeldamisele, siis on siinkohal püütud hoiduda eelnimetatud aruannetes juba sisalduva informatsiooni (näit ülevaated kasutatud instrumentidest, mõõtemetoodikast ja lähtepunktide valik) asjatust dubleerimisest.

Tehakse ka 2018.a. suvekuudel mõõdistatud koordineeritud punktipilvede võrdlus 2016. aastalõpu mõõtmistulemustega. Pooleteise aasta jooksul tekkinud pikiroobaste sügavus on reeglina mõne mm piires, üksikutes kohtades suurem. Võrdlused varasemate mõõtmistulemustega (uurimistöe esimene etapp, vt Aavik jt. 2017) ja pikiroobaste sügavused on toodud lisades 1-12. Geodeetilised mõõtmised korraldasid TTÜ teedeehituse ja geodeesia uurimisrühma juhataja professor Artu Ellmann ja tehnik Sander Varbla, kes koostasid ka käesoleva aruande. Mõõtmistel osalesid lisaks eelnimetatutele veel Innar Metsala. Mõõtmisandmete töötlus viidi läbi 3D punktipilve töötlustarkvaraga Leica Cyclone 9.0 Sander Varbla poolt.

1.2. Välitööd

Välitööde läbiviimisel lähtuti spetsiaalselt selleks tööks väljatöötatud metoodikast, mõõtmiste ja andmetöötlemise põhimõtetest, mida on üksikasjalikult käsitletud eelloetletud aruannetes. Väljatöötatud mõõdistamismetoodika tagas 5 mm mõõtmistäpsuse skaneerimispunktide plaanilisele asendile ja 3 mm täpsuse kõrguslikule asendile. Skaneerimise mõõdistuspunktide ruumiline lahutus seadistati¹ nii, et skaneerimispunktide omavaheline vahemaa ei ületaks mõõdistuspiirkonnas 5 cm, kuid oli enamasti ~1 cm piires (skaneerimisjaamade lähiümbruses ning naaberjaamade ülekattuvuse aladel). Mõõdistamiseks kasutati terrestrilise laserskaneerimise tehnoloogiat kombineerituna kõrgtäpse nivelleerimisega. Terrestrilise laserskaneerimise välitööd viidi läbi juulis 2018, kõrgtäpne nivelleerimine samal perioodil. Uuringute üldeesmärgiks oli katendi mõõdistusaegse asendi punktipilvena koordineerimine uuritavatel objektidel, võrdlemaks neid 2016. aasta mõõtmistulemustega.

Töös kasutatud laserskanner Leica ScanStation C10 ja litsentseeritud tarkvara Leica Cyclone on soetatud Eesti teaduse infrastruktuuride teekaardi objekti „Eesti Keskkonnaobservatoorium“ (finantseerimisallikas 3.2.0304.11-0395, projekt AR12019) poolt eraldatud vahenditest. Tähiste ning skaneerimisjaamade kõrguste määramiseks kõrgtäpse nivelleerimisega kasutati digitaalnivelliiri Trimble DiNi03 ja 2 m pikkuseid invarribaga kalibreeritud triipkoodlatte LD12 (edasises tekstis on kasutatud ka lühendit – invarlatt).

Käesoleva (kui ka järgnevate) mõõtmistsükli ajal paigutati võimalusel skaneerimisjaam ja tähised täpselt samadesse asukohtadesse kui varasematel aastatel, tsentreerides selleks 2014. a. tähistatud kindelpunktide kohale². Mõningatel juhtudel olid kindelpunkte tähistavad naelad hävinud või ei õnnestunud neid leida. Need olukorrad on ära märgitud lisades 1.1-1.12 koordinaatide tabelite juures. Mõõtmisandmete salvestamisel kasutati 2014. aastal väljatöötatud kindelpunktide nummerdamise põhimõtteid³. Kuna kindelpunktid olid reeglina kahjustamata säilinud, siis polnud tarvidust nende koordinaatide uusmääranguks.

Küll aga määrati kõikide kindelpunktide (skaneerimisjaamade ja tähiste asukohti tähistavad asfaldinaelad) kõrgused, mis leiti vahevaadetena nivelleerimise teel lähtudes läheduses paiknevatest reeperitest või nivelleerimiskäigu sidepunktidest. Samuti viidi läbi nivelleerimise

¹ Laserskaneerimise ruumilise lahutuse standardseadistuseks valiti 30 mm 40 m kohta, kaevudel 5 mm 10 m kohta.

² Erandiks oli Paldiski mnt betoontee laserskaneerimine, kus tööohutuse tagamiseks tuli skaneerimisjaamad valida seekord teeservadesse, samas kui Paldiski mnt betoontee lasekatendi esmane (enne liiklusele avamist laserskaneerimine) viidi läbi tee keskel. Siiski üritati võimalusel säilitada 2016 aasta jaamadele sarnast piketaaziväärtust.

³ Kesklinnast eemalduval liiklussuunal kaugeima tähise kindelpunktile omistati tähistus t1, järgnevad tähised nummerdati kellaosuti liikumise suunas (t2, t3 jne), TLS-jaamade asukohad (s1, s2 jne) on tähistatud üldreeglina vastavalt skaneerimise läbiviimise järjekorrale.

lähtereeperite kõrgusliku asendi stabiilsuse uuring, milleks viidi läbi lähtereeperite vaheline kõrgtäpne nivelleerimine. Vajumite vastavad arvvaartused on esitatud järgnevas lisades.

1.3. Andmetöötlus

Andmetöötluse tööjärjekord oli kokkuvõtvalt järgmine:

- Andmesiire instrumentidest töötlusprogrammidesse
- Kindelpunktide koordinaatide leidmine ja süstematiseerimine
- Andmete transformeerimine L-EST koordinaatsüsteemi ja BK77 kõrgussüsteemi⁴
- Skaneerimisandmete liitmine ühtseks punktipilveks
- Punktipilve puhastamine kõrvalistest andmetest
- Näidisristprofiilide moodustamine
- Erinevuste visualiseerimine

Skaneerimisandmete esialgseks tötluseks kasutati 3D punktipilve tötlustarkvara Cyclone 9.0. Kindelpunktide koordinaate kasutades registreeriti punktipilv ühtseks tervikuks ja transformeeriti esialgsed skanneri koordinaadid (koordinaatide alguspunkt skanneri peegli tsentris) ümber L-EST koordinaatsüsteemi ja BK77 kõrgussüsteemi ning leiti registreerimise veahinnangud. Pilvede ühendamise keskmised vead olid alla 5 mm.

Koordinaatide tabelid ja andmetöötluse statistika on toodud lisades 1.1-1.12. Tabelis 1.1 on toodud mõõdetud punktide arvud ja registreerimise veahinnangud.

Seejärel puhastati punktipilv ebavajalikest punktidest (mõõdistusalast väljapoole jäävad punktid, liikuvatest autodest ja inimestest peegeldunud punktid). Mõõdistatud ristmike, bussipeatuste ja kaevude ümbruste laserskaneerimise punktipilved puhastati, hõrendati⁵ ja moodustati kolmnurkmudelid. Erinevate aastate mudeleid võrreldi omavahel kõrguslikult.

Sarnaselt eelnevatele aastatele ilmsid ka 2018. aasta andmetes eriloomulised süstemaatilised nihked kõrgustes. Nii näiteks tuvastati, et mõnedes teelõikudes on toimunud katendi koguvajum või koguni tõus. Üks põhjustest on ilmselt see, et maapind käitub tee ristlõike ulatuses siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud reeperid. See tähendaks, et absoluutkõrgustele põhinevat meetodit saab kasutada ainult juhul, kui mõõtmise ajal on külmakerke ja niiskusega seotud tingimused samad (s.t soovitatavalt juuni-oktoober). Paraku aga töö tähtaegadest tulenevalt antud juhul ei õnnestunud tagada eelmise mõõtmisperioodiga (2016 aasta detsember) sarnased pinnasetingimusi. Pikiroobaste kujunemise uuringu seisukohalt on oluline selline kõrguslik muutus elimineerida.

⁴ Kuigi aruande koostamisel ajal kehtib Eestis uus riiklik kõrgussüsteem, siiski on otstarbekas jätkata lähtumist tööde algetappidel kasutatud kõrgussüsteemist.

⁵ See on vajalik andmete kuvamiseks joonestus- ja GIS-programmides, mis ei ole mõeldud spetsiaalselt punktipilvede töötlemiseks (näiteks AutoCad Civil, ArcMap jne). TTÜ teedeehituse ja geodeesia uurimisrühmas kasutatavad litsentseeritud programmid Cyclone ja 3DReshaper ei nõua olulist hõrendamist, kuna suudavad töödelda ka suuri punktipilvi.

Tabel 1.1. Skaneerimispunktide arvud ja registreerimise kõrguslikud veahinnangud 2018

Objekt	Skaneerimise andmepunktide arv	Registreerimise kõrguslik veahinnang	
		Keskmine viga (mm)	Max. viga (mm)
Ehitajate tee	33 850 907	3	8
Ranna tee	10 817 721	2	4
Tartu mnt	21 280 867	3	10
Tehnika tn	10 701 538	2	4
Männiku tee	2 905 431	1	1
Tammsaare tee	11 068 887	1	2
Sõjamäe	19 110 674	4	12
Vilde tee	6 612 002	1	2
Välja bussipeatus	5 146 217	2	3
Nisu bussipeatus	10 302 534	3	7
Punane tn kaev	16 118 339	1	1
Ehitajate tee kaev	8 405 445	2	3
Paldiski mnt	45 119 953	4	9

Mõnedel juhtudel aga tuvastati, et nihke suurus sõltub mõõdetava punkti kaugusest skaneerimisjaamast. Süstemaatiline nihe ilmneb kõrguste erinevuste joonisel kontsentriliste ringidena, kus juures skannerile lähemal olevad punktid on 2016/2017 aastal võrrelduna 2018. aastaga mõõdetud kõrgemale ja kaugemal asuvad punktid madalamale. (näiteks Ranna, Ehitajate tee, Sõjamäe ja Vilde joonised).

Selliseid nihked on üritatud ligikaudselt ka elimineerida, kuid eeldada võib, et kohati võivad mõõtmistäpsuse piires olevad jääkvead siiski katendideformatsioonide väärtustesse olla imbunud. Seda asjaolu tuleb jooniste tõlgendamisel silmas pidada. Roobaste sügavuse hindamisel tuleb lähtuda roopa põhjas oleva väärtuse ja roopa kõrval oleva väärtuse erinevusest. Antud erinevus on roopa sügavus.

Praeguste võrdluste tulemuseks on Lisades 1.1-1.12 toodud joonised, kus erinevad värvid tähistavad erinevuse suurust. Legend on toodud joonise parempoolses servas. Lisaks on näidatud ristprofiilide asukohad Lisades 1.1-1.12 toodud joonistel. Ristprofiilide asukohad said valitud nii, et ristmikel oleks profiil enne stopp-joont ja suurtel ristmikel lisaks ka kaugemal, bussipeatustes keskelt. Paldiski mnt betoontee puhul on valitud 3 ristprofiili erinevate katenditega asukohtadest Ristprofiilid on moodustatud registreeritud punktivilvest välja lõigatud kitsast (0.2-0.4 m laiuse) ribast. Tabelis 1.2 on esitatud ka ristprofiilide asukohad (ristprofiili koosseisu kuuluv koordinaatidega üksikpunkt tee keskel) L-EST97 koordinaatsüsteemis.

Tabel 1.2. Ristprofiilide asukohad (L-EST koordinaatidena)

JRK	Koht
1	Ranna tee - Muuli tee ristmik 546945, 6595825
2	Ehitajate tee - Maxima lõikes (Ehitajate 148A) 536872, 6587220
3	Tartu mnt - Kanali tee ristmik 545790, 6585858
4	Tehnika tn - Veskiposti ristmik 543485, 6587257
5	Männiku tee -Säästumarketi juures 540781, 6581757
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku 548033, 6586741
7	Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all 541452, 6585246
8	Akadeemia tee - Vilde tee ristmik Lokaalsed koordinaadid.
9	Punane tn - Selveri juures (+ samas kaevukonstruksioon) 548246, 6589094
10	Sõle tn. - Nisu peatus – linnast väljuv suund 539959, 6589687
11	Sõle tn. - Nisu peatus – linna suund 539966, 6589652
12	Mustamäe tee - Välja peatus (linna suunduv) 539789, 6587689
13	Ehitajate tee kaevukonstruksioon 537068, 6586952
14	Paldiski mnt betoontee 3 ristlõiget 1) 535636, 6585786 2) 535800, 6585890 3) 535880, 6585970

1.4. Üleantavad materjalid

Tellijale üleandmiseks hõrendati punktipilve keskmise ruumilise lahutuseni 5 cm ja 10 cm ja salvestati ASCII formaati. ASCII formaat sisaldab punktide x, y, z koordinaati ja intensiivsust.

Tellijale edastatakse:

- Tööde teostamise aruanne, mis sisaldab tööde teostamise kirjeldust ja saavutatud tulemuste täpsushinnanguid.
- Punktipilved hõrendatuna keskmise ruumilise lahutuseni 10 cm ja 5 cm ASCII formaadis (faililaiend .txt, sisaldab punktide x, y, z koordinaate ja intensiivsust, veergude järjestus xyzi) ning võrgustatud pinnad LandXML formaadis (faililaiend .xml) CD-plaadil kahes eksemplaris. Faili sisu kajastub üle antavate failide nimedes.

- Ristmik_Ehitajatetee_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Ehitajatetee_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Ehitajatetee_2018.xml
- Ristmik_Mannikutee_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Mannikutee_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Mannikutee_2018.xml
- Ristmik_Rannatee_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Rannatee_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Rannatee_2018.xml
- Ristmik_Sojamae_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Sojamae_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Sojamae_2018.xml
- Ristmik_Tammsaare_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Tammsaare_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Tammsaare_2018.xml
- Ristmik_Tartumnt_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Tartumnt_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Tartumnt_2018.xml
- Ristmik_Tehnikatn_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Tehnikatn_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Tehnikatn_2018.xml
- Ristmik_Vilde_2018_hore_5cm.txt
- Ristmik_Vilde_2018_hore_10cm.txt
- Ristmik_Vilde_2018.xml
- Kaev_Ehitajate_2018_hore_5cm.txt
- Kaev_Ehitajate_2018_hore_10cm.txt
- Kaev_Ehitajate_2018.xml
- Kaev_Punane_2018_hore_5cm.txt
- Kaev_Punane_2018_hore_10cm.txt
- Kaev_Punane_2018.xml
- BP_Nisu_2018_hore_5cm.txt
- BP_Nisu_2018_hore_10cm.txt
- BP_Nisu_2018.xml
- BP_Valja_2018_hore_5cm.txt
- BP_Valja_2018_hore_10cm.txt
- BP_Valja_2018.xml
- Paldiskimnt_2018_hore_5cm.txt
- Paldiskimnt_2018_hore_10cm.txt
- Paldiskimnt_2018.xml

Mõõdistusandmed säilitatakse süstematiseerituna TTÜ teedehituse ja geodeesia uurimisrühma arvutites, osapooltel võimaldatakse nendele ligipääs.

Mõõtmiste tsükkel	Mõõtmiste aeg	Toorandmete failinimetus	Faili suurus
0 tsükkel	September 2014	Ehitajatetee_S14	2120 MB
	Juuli 2014	Rannatee_S14	637 MB
	Juuli 2014	Tartumnt_S14	2330 MB
	Juuli 2014	Tehnikatn_S14	637 MB
	Juuli 2014	Mannikutee_S14	666 MB
	August 2014	ValjaBP_S14	637 MB
	August 2014	NisuBP_S14	820 MB
	August 2014	Punanetn_kaevud_S14	109 MB
	September 2014	Ehitajatetee_kaevud_S14	161 MB
	August 2015	Tammsaare_S15	1136 MB
	August 2015	Sojamae_S15	1435 MB
	September 2015	Vildetee_S15	598 MB
	Juuni 2016	Betoontee_16	4291 MB
1 tsükkel	August 2015	Ehitajatetee_S15	1874 MB
	August 2015	Rannatee_S15	534 MB
	August 2015	Tartumnt_S15	2198 MB
	August 2015	Tehnikatn_S15	554 MB
	September 2015	Mannikutee_S15	534MB
	August 2015	ValjaBP_S15	546 MB
	August 2015	NisuBP_S15	798 MB
	August 2015	Punanetn_kaevud_S15	234 MB
	August 2015	Ehitajatetee_kaevud_S15	201 MB
	Detsember 2016	Tammsaare_S16	1012 MB
	Jaanuar 2017	Sojamae_17	987 MB
	Detsember 2016	Vildetee_S16	589 MB
	2 tsükkel	Detsember 2016	Ehitajatetee_S16
Detsember 2016		Rannatee_S16	520 MB
Jaanuar 2017		Tartumnt_17	2134MB
Detsember 2016		Tehnikatn_S16	565 MB
Detsember 2016		Mannikutee_S16	556MB
Detsember 2016		ValjaBP_S16	545 MB
Detsember 2016		NisuBP_S16	771 MB
Detsember 2016		Punanetn_kaevud_S16	245 MB
Detsember 2016		Ehitajatetee_kaevud_S16	238 MB

Mõõtmiste tsükkel	Mõõtmiste aeg	Toorandmete failinimetus	Faili suurus
3 tsükkel	Juuli 2018	Ehit_k_tee0907	1514 MB
	Juuli 2018	Ehit_tee0907 (kaevud)	305 MB
	Juuli 2018	Mannik_tee0807	61 MB

	Juuli 2018	Nisu_tee0807	211 MB
	Juuli 2018	Paldis_tee0907	1250 MB
	Juuli 2018	Parnu_tee0807	227 MB
	Juuli 2018	Punane_tee0807	558 MB
	Juuli 2018	Ranna_tee0807	504 MB
	Juuli 2018	Sojamae_tee0807	1105 MB
	Juuli 2018	Tartu_tee0807	897 MB
	Juuli 2018	Tehnika_tee080	503 MB
	Juuli 2018	Valja_tee0807	105 MB
	Juuli 2018	Vilde_tee0807	283 MB

LISAD 1

Lisa 1.1. Ehitajate tee ja Öismäe tee ristmiku/kaevude laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelites. (märka et ajavahemikus 2016-2018 on tähipunkt t3 kõnnitee uue asfaltkatendi paigaldamise tõttu hävinud)

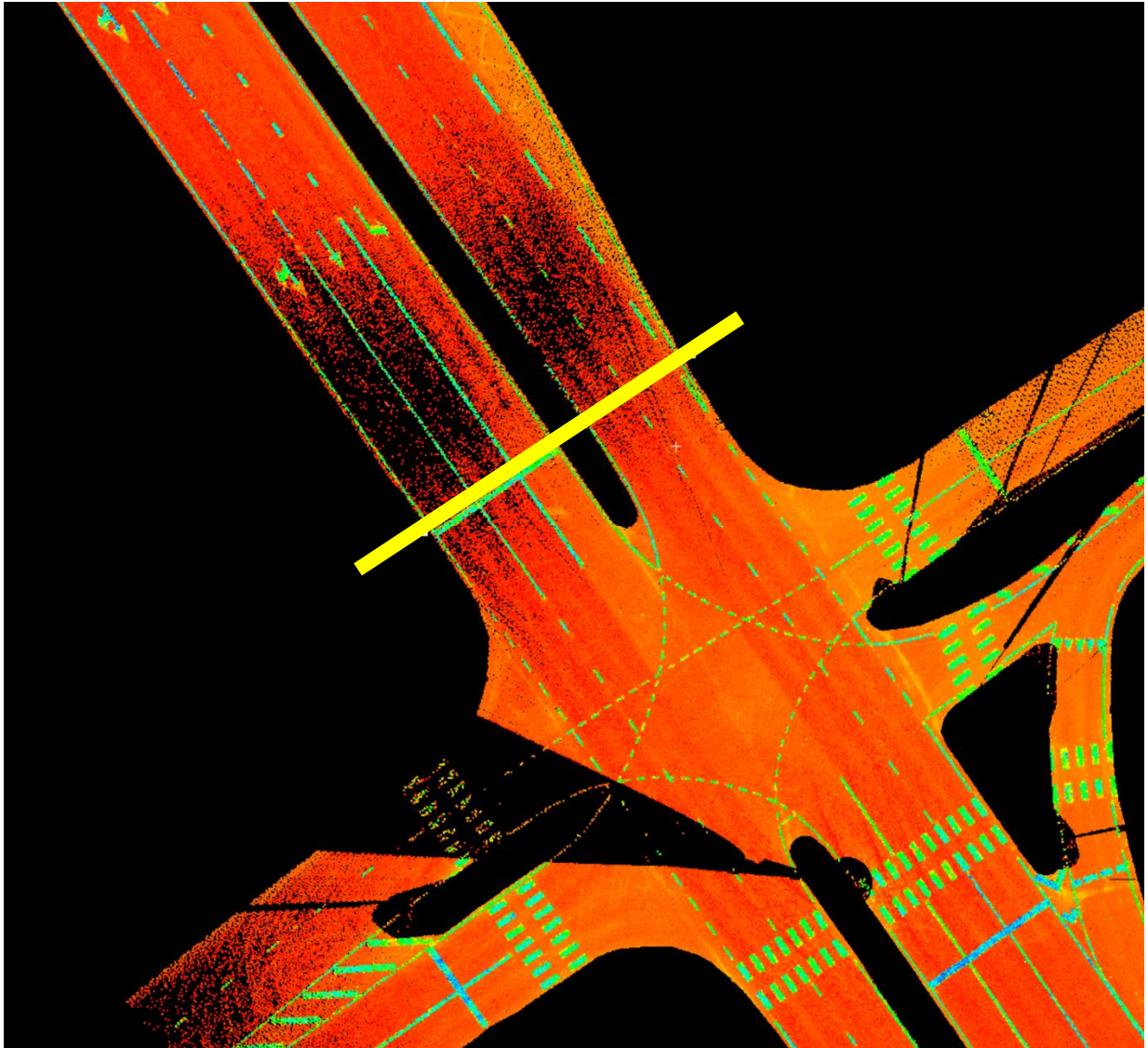


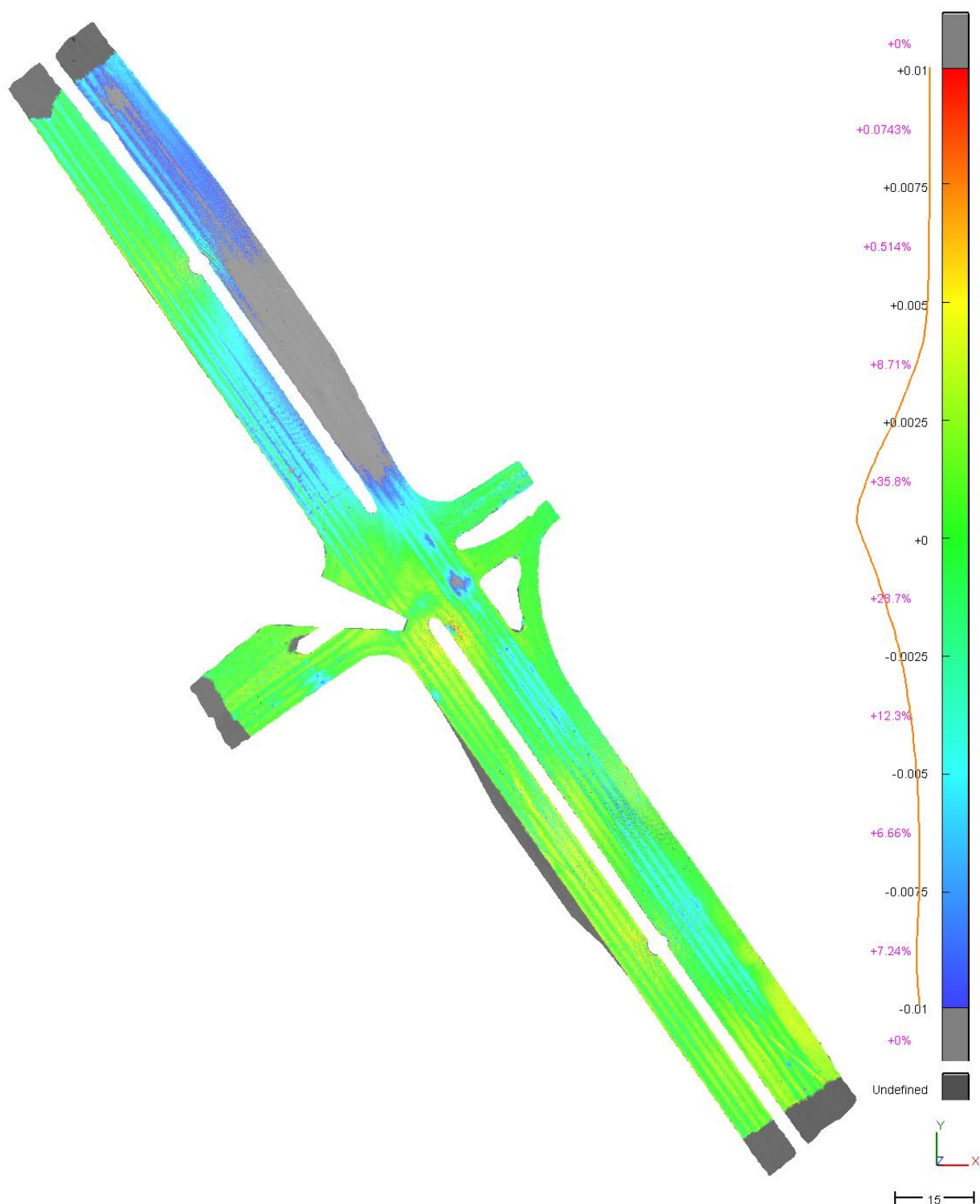
Ehitajate tee ja Öismäe tee ristmik			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähise kõrgus 2018 [m]	
	L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016		
Nr	E	N	H	H	H	H	mm	mm	mm		
t1	536871.990	6587245.758	10,836	10,826	10,823	10,823	-10,3	-3,1	0,4	0.20	
t2	536889.542	6587223.438	10,439	10,438	10,435	10,435	-1,0	-2,5	-0,6	0.20	
t3	536916.165	6587192.983	10,072	10,073	10,073	hävinud	1,0	0,4	x	0.20	
t4	536939.693	6587162.467	10,035	10,034	10,035	10,034	-0,7	0,5	-0,3	0.20	
t5	536947.241	6587110.305	11,032	11,031	kasutamata	11,033	-1,1	x	x	0.20	
t6	536912.542	6587138.668	10,753	10,747	10,745	10,743	-6,3	-2,0	-1,5	0.20	
t7	536882.721	6587176.159	10,270	10,271	10,273	10,273	1,4	1,4	0,3	0.20	
t8	536857.433	6587212.231	10,102	10,103	10,103	10,102	0,6	0,8	-0,9	0.20	
t9	536837.226	6587246.711	10,380	10,380	10,376	10,378	-0,3	-3,4	1,6	0.20	
t10	536828.991	6587282.853	10,898	10,894	kasutamata	10,892	-4,0	x	x	0.20	
s1	536931.956	6587132.675	10,988	10,982	10,979	10,979	-6,3	-2,3	-0,6		
Baasi algpunkt	s2	536892.130	6587191.350	10,511	10,512	10,512	10,511	1,5	0,0	-1,3	
	s3	536844.995	6587261.813	11,087	11,081	11,079	11,079	-6,4	-1,9	0,3	
Niv. lähtepunkt	PR842	536849.224	6587226.255	9,771	9,771	9,771	9,771	0,0	0,0	0,0	
Polüg. punkt	PP1012	x	x	10,244	-	10,245	10,246	x	x	1,0	
Reeper	PR841	537087.264	6586885.374	10,288	10,287	kasutamata	kasutamata	-1,0	x	x	
Polüg. punkt	PP?					9,547		26.01.2017 reeperi PR842 lähikonnast avastatud punkt			
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.											
* Cyclone'is registreerimisel on arvatud skanneri peegli keskpunkti absoluutkõrgus, mis on punkti kõrguse ja skanneri kõrguse (maapinnast) summa.											
** Baasi algpunktile tahhümeetriaga uusi koordinaate ei mõõdetud.											

Ehitajate tee kaevud			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähise kõrgus 2018 [m]	
	L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016		
Nr	E	N	H	H	H	H	mm	mm	mm		
t11	537079.787	6586961.657	10,309	10,308	10,313	10,312	-1,3	5,0	-0,8	0,2	
t12	537074.571	6586929.991	10,650	10,651	leidmata	10,652	0,7	x	x	0,2	
Baasi algpunkt	t13	537050.833	6586963.951	10,946	10,944	vale punkt	10,946	-2,0	x	x	0,2
	s4	537062.685	6586947.073	10,790	10,789	10,788	10,788	-1,2	-0,8	-0,2	
Reeper	PR841	537087.264	6586885.374	10,288	10,287	10,288	10,288	-1,0	1,0	0,0	0.2
Polüg. punkt	PP1012	x	x	10,244	-	kasutamata	kasutamata				
Niv. lähtepunkt	PR842	536849.224	6587226.255	9,771	9,771	kasutamata	kasutamata				
	Kaev 1	x	x	10,489	10,482	10,477	10,470	-7,0	-5,2	-6,4	
	Kaev 2	x	x	10,399	10,398	10,397	10,397	-0,6	-1,4	-0,1	
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.											
	Kaev 1	ümmargune umbkaev tee keskel (keskk									
	Kaev 2	neljakandiline restkaev tee servas (kes									

Ehitajate tee ristmik

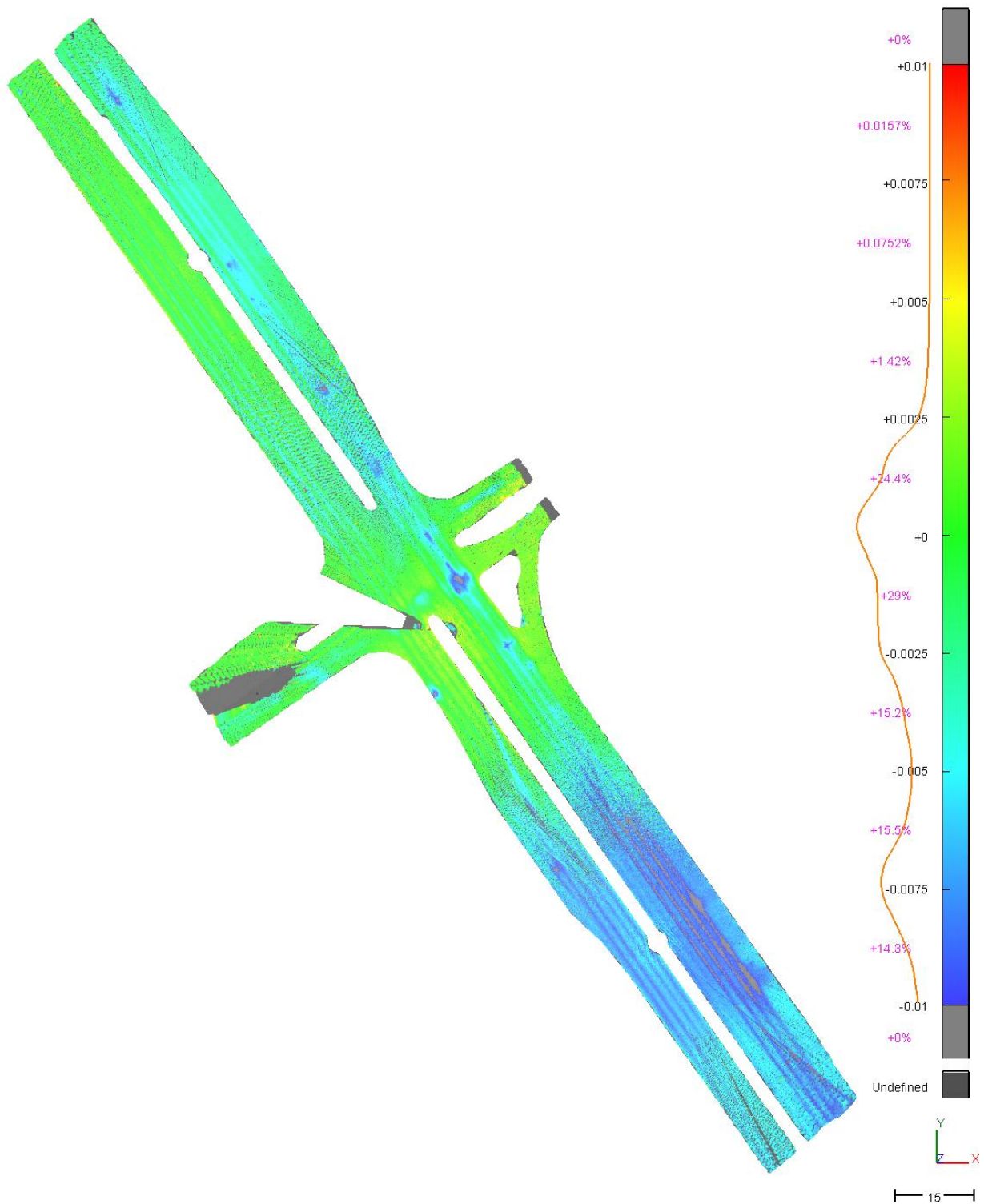
Ristprofiiili asukoht





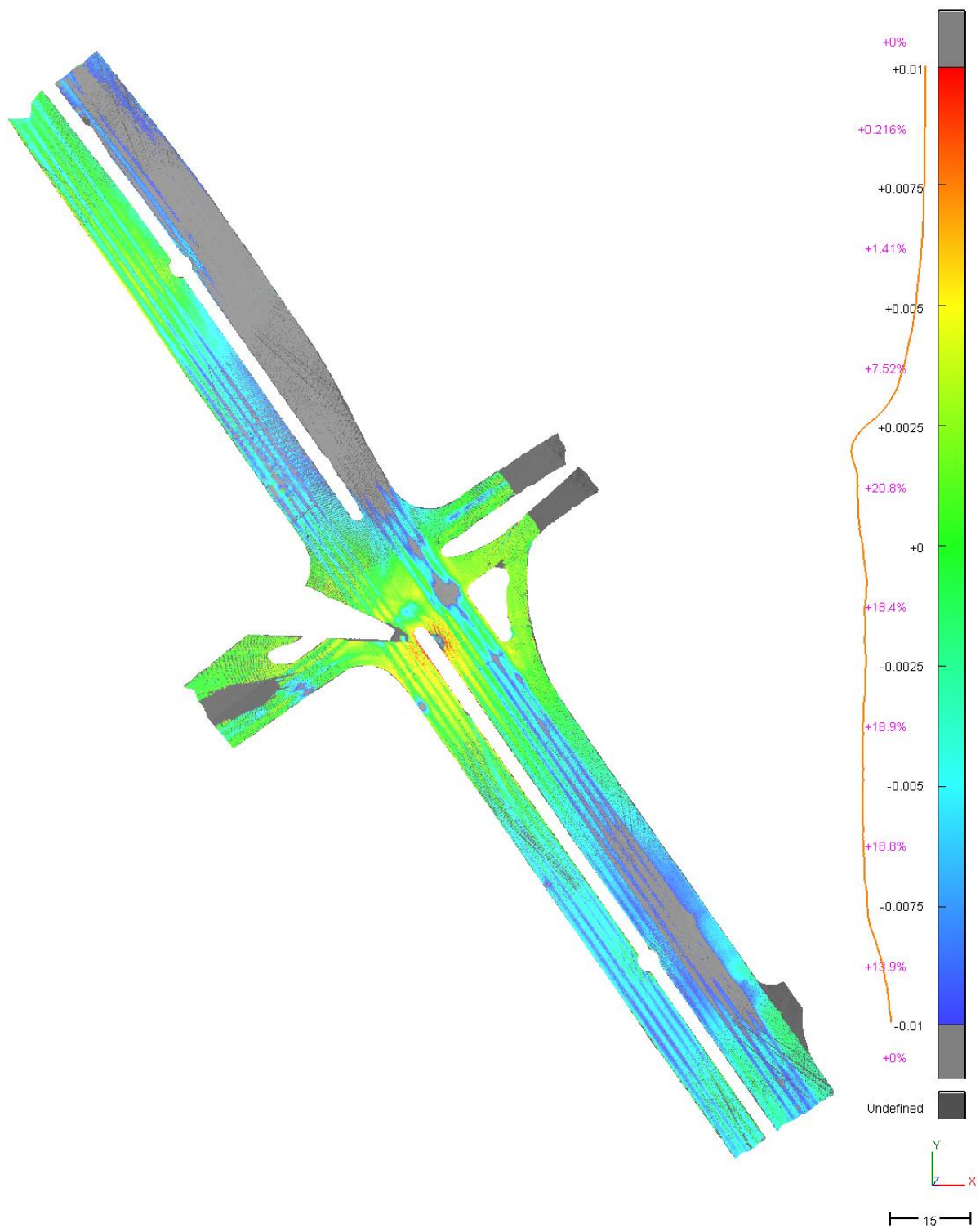
Roobaste sügavus on reeglina 1-2 mm piires. Ehitajate tee põhisuundadel stoppjoone ees ulatuvad roopa sügavused 4-5 mm-ni. Ehitajate tee lõik pärast ristmikku Haabersti ringi suunas on tervikuna vajunud ca 1.5 cm

2015-2016



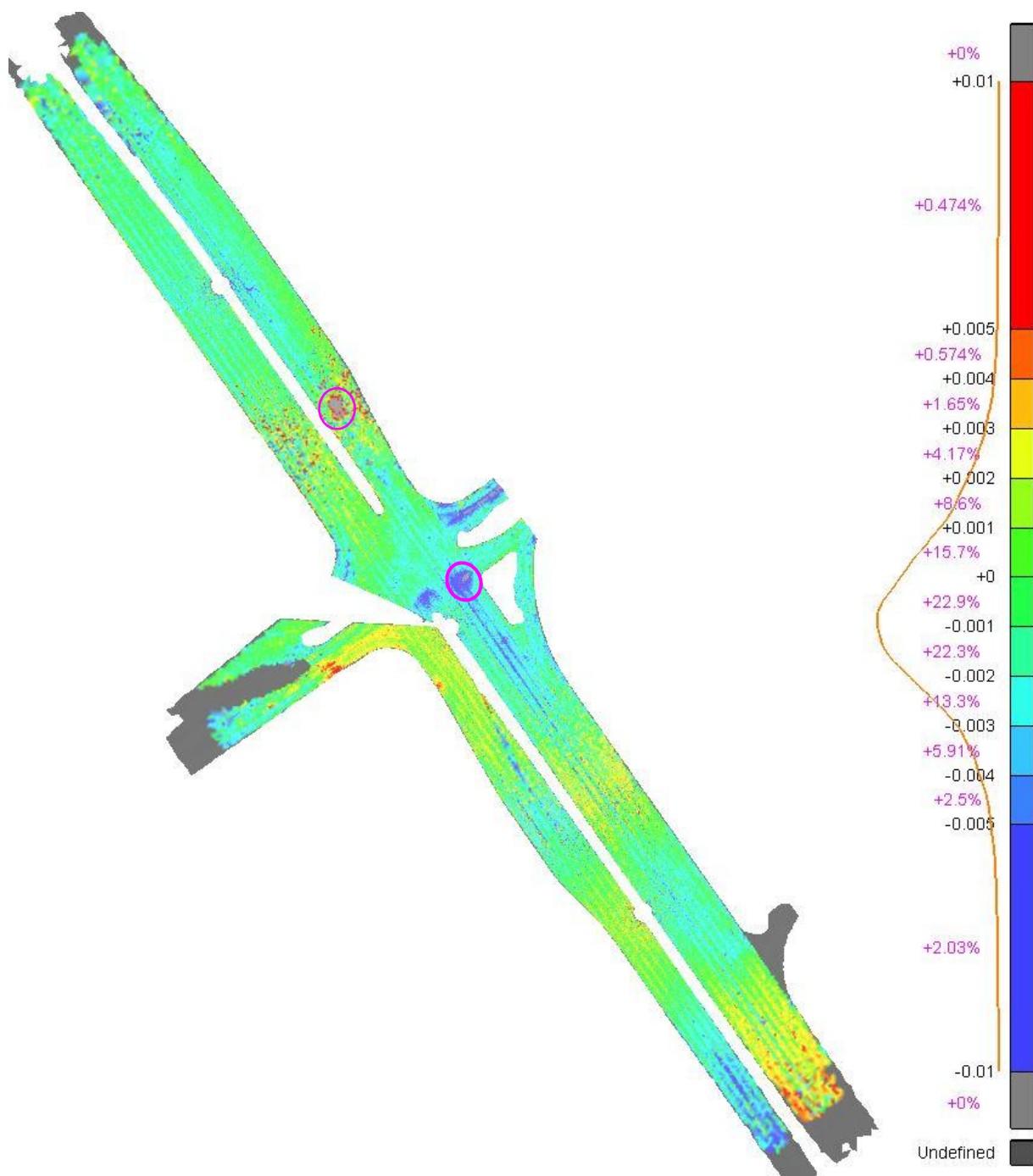
Roopad on suurenenud 2 mm võrra. Eelmises tsükliis vajunud teelõik enam ei ole vajunud. Küll on aga vajunud mõlemad sõidusuunad alates ristmikust 30m Mustamäe poole ca 7mm.

2014-2016



Roobaste sügavus on ca 4-5 mm piires. Põhisuundadel stoppjoonte ees veidi suurem.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud paiguti ca 3-4 mm piires. Põhisuundadel stoppjoonte ees 5 mm ja rohkem. Ülemise sõõriga on esile tõstetud ajavahemikus 2016-2018 tekkinud lokaalne katendiparandus (nn. asfaldilapp, vt Foto 1.1.1).



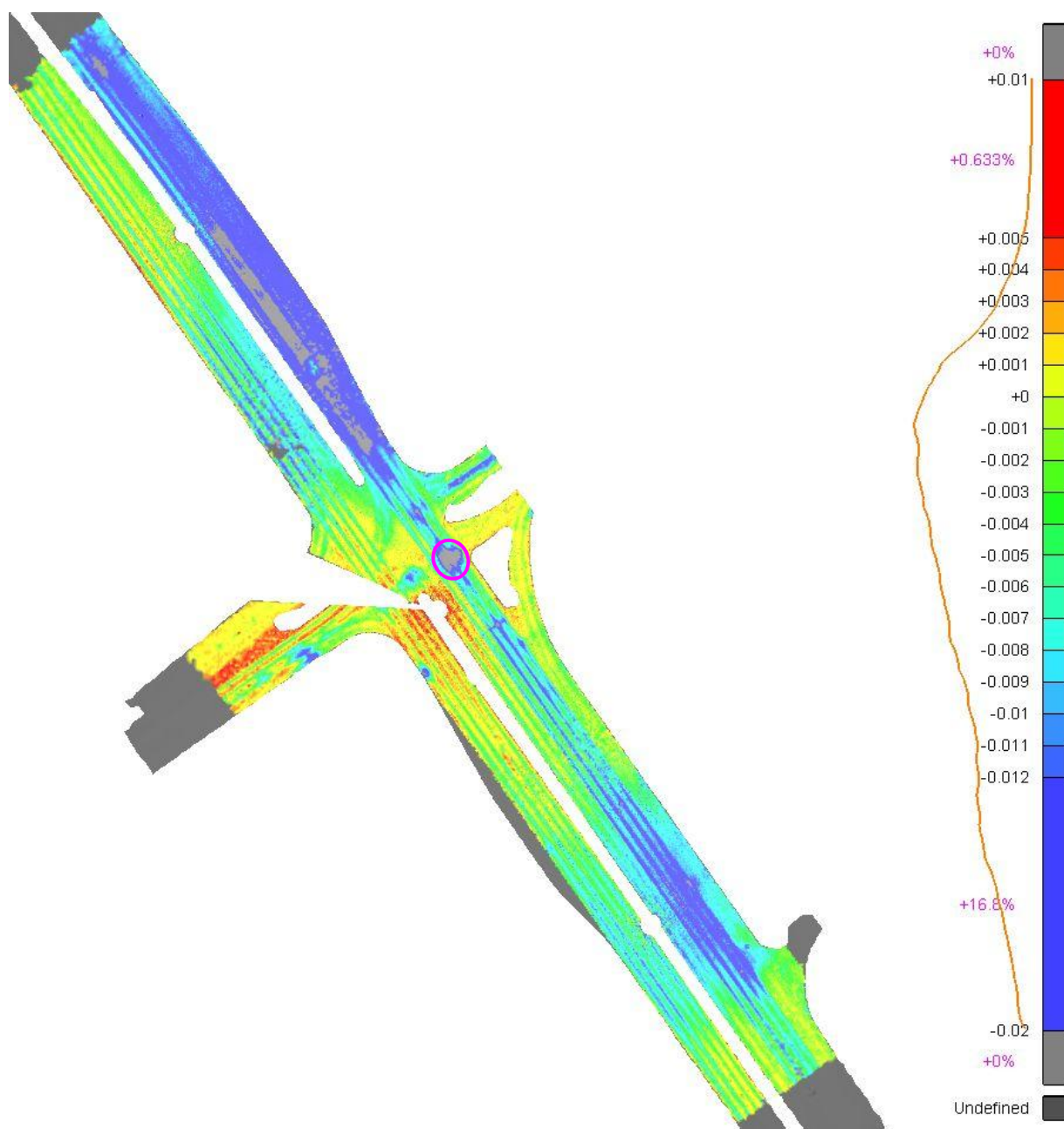
Foto 1.1.1.

Võrdluspildi alumine sõõr ümbritseb teemulde jätkuvat lokaalset vajumist (vt. võrdluseks ka eelmiste aastate võrdlusjooniseid). Vajumise põhjuseks võib olla nn. „kaevukobarat ümbritseva teemulde ebastabiilsus, vt foto 1.1.2



Foto 1.1.2

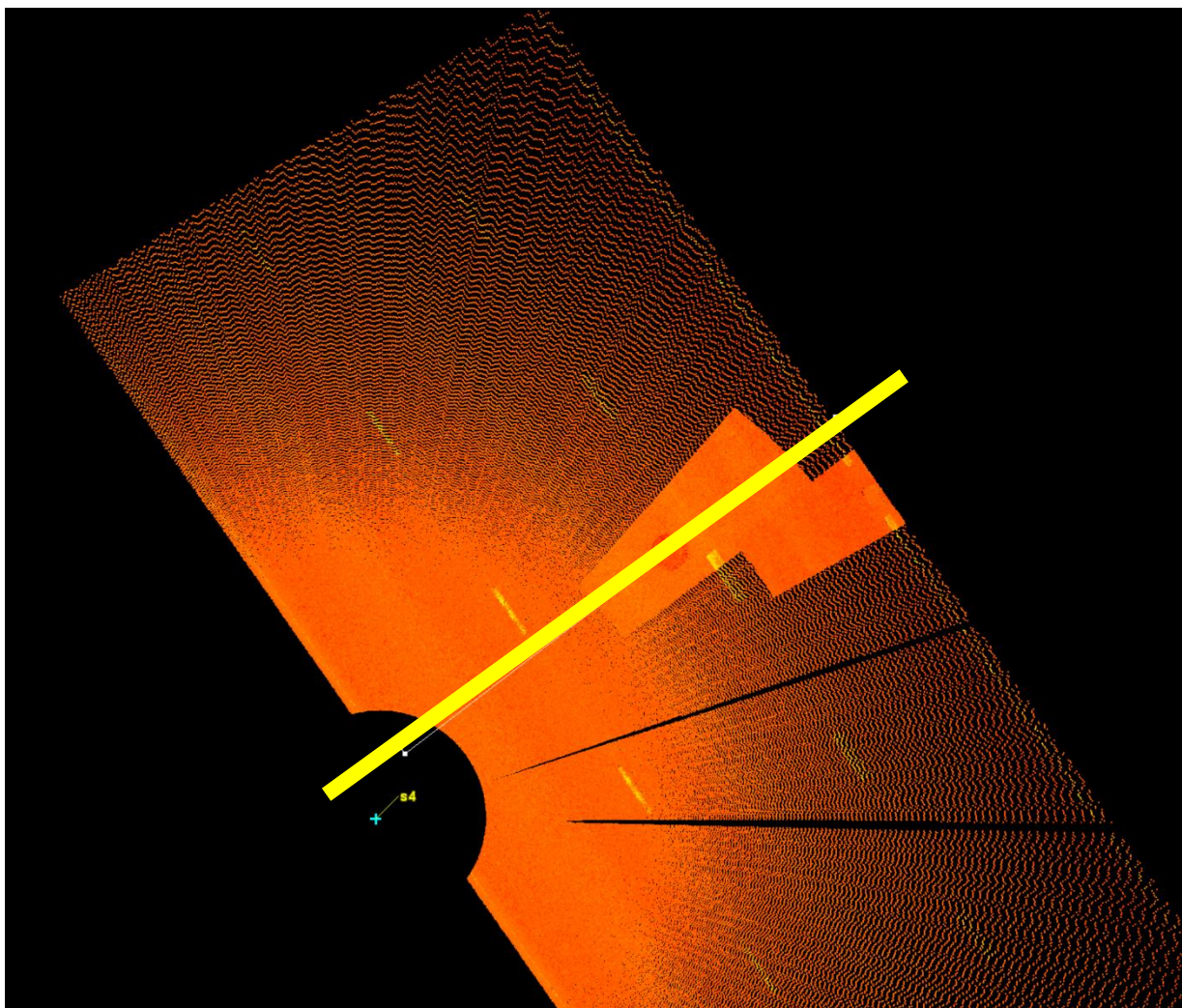
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



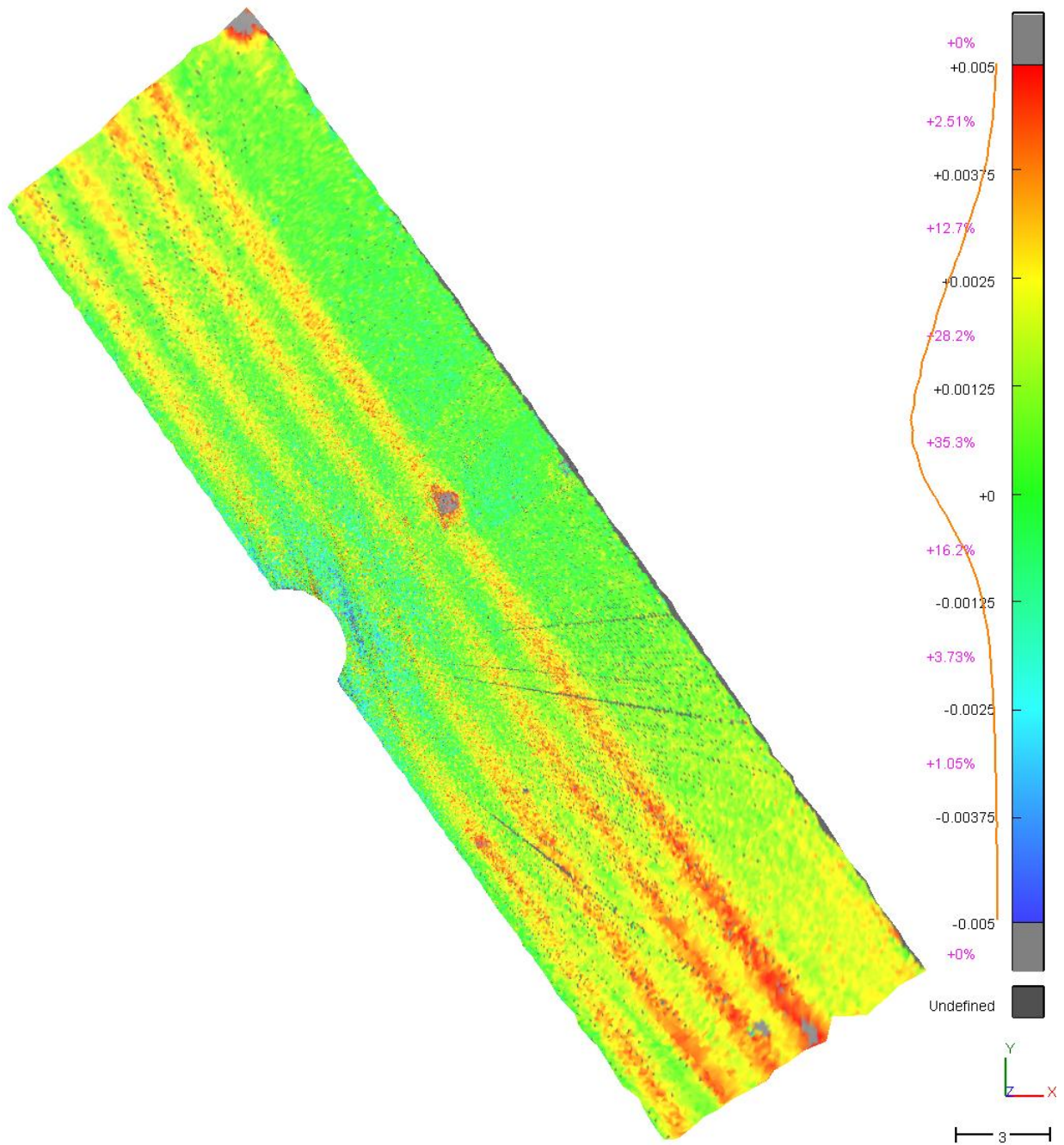
Roobaste sügavus on ca 5-7 mm piires. Põhisuundadel stoppjoonte ees ca 8-10 mm. Tervikuna on vajunud linna keskusest välja viiv suund. Lõik enne ristmikku Haabersti ringi suunas on vajunud ca 6-10 mm. Lõik pärast ristmikku on tervikuna vajunud ca 2 cm. Sõõriga on tähistatud vajum ~2,5 cm ristmikul. Kohatist vajumist on täheldada ka Mustamäe poole viival suunal, kuni 7 mm.

Ehitajate tee kaevud

Ristprofiiili asukoht

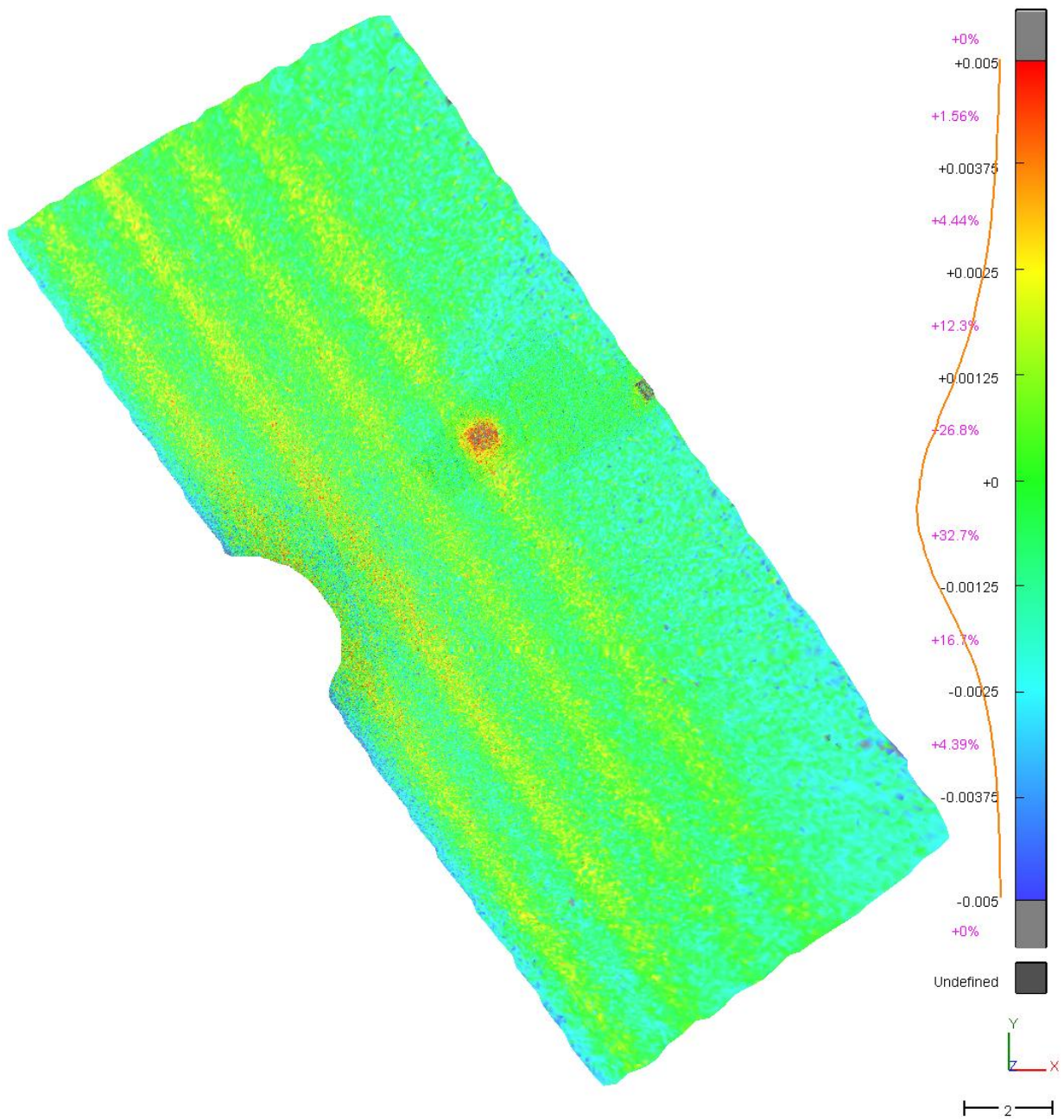


2015-2014



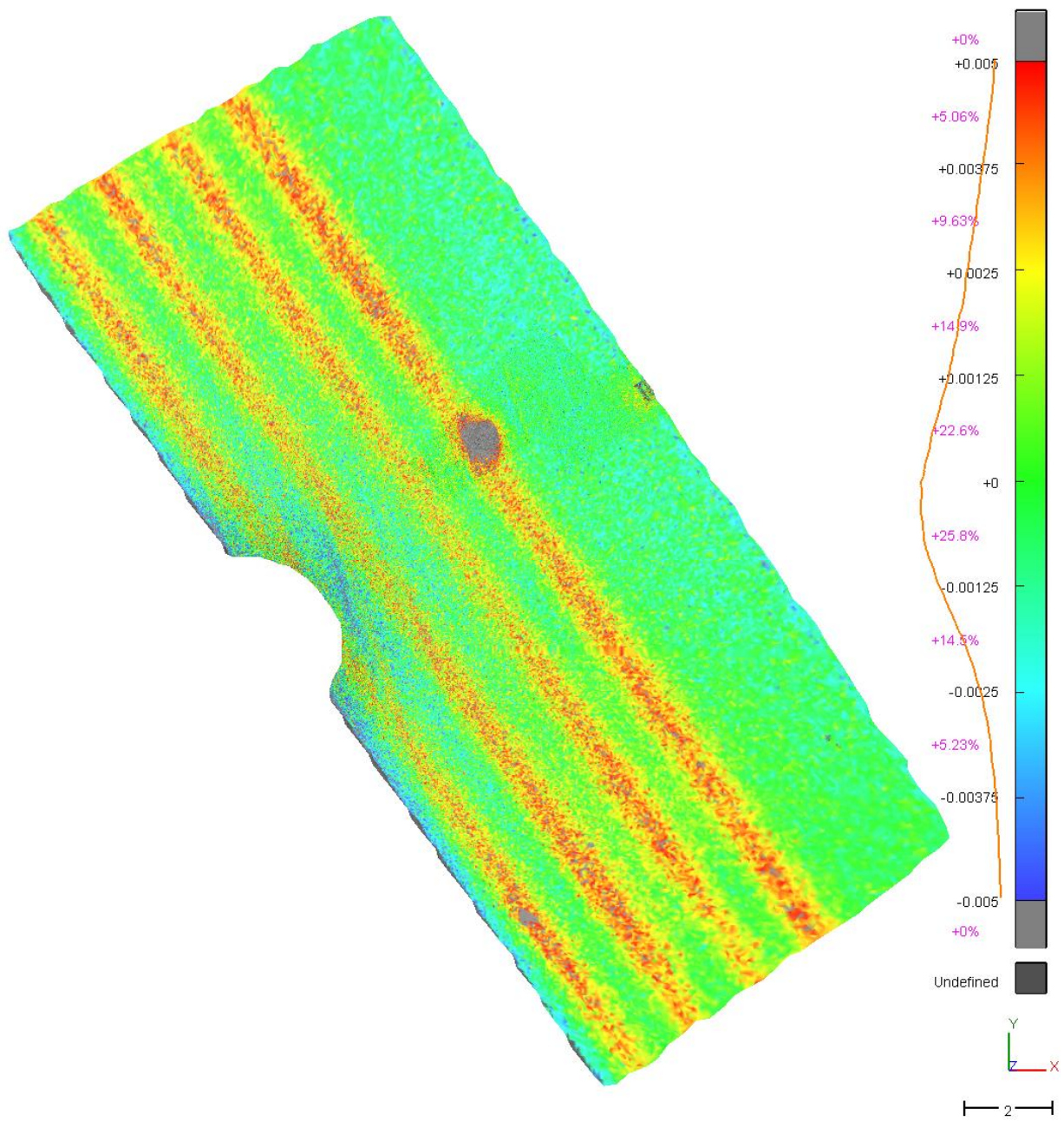
Teekatendis on roopad sügavusega 2-3 mm. Umbkaev tee keskel on vajunud 7mm. Restkaev ei ole vajunud. Teepinnal kaevude ümbruses vajumeid märgata ei ole.

2016-2015



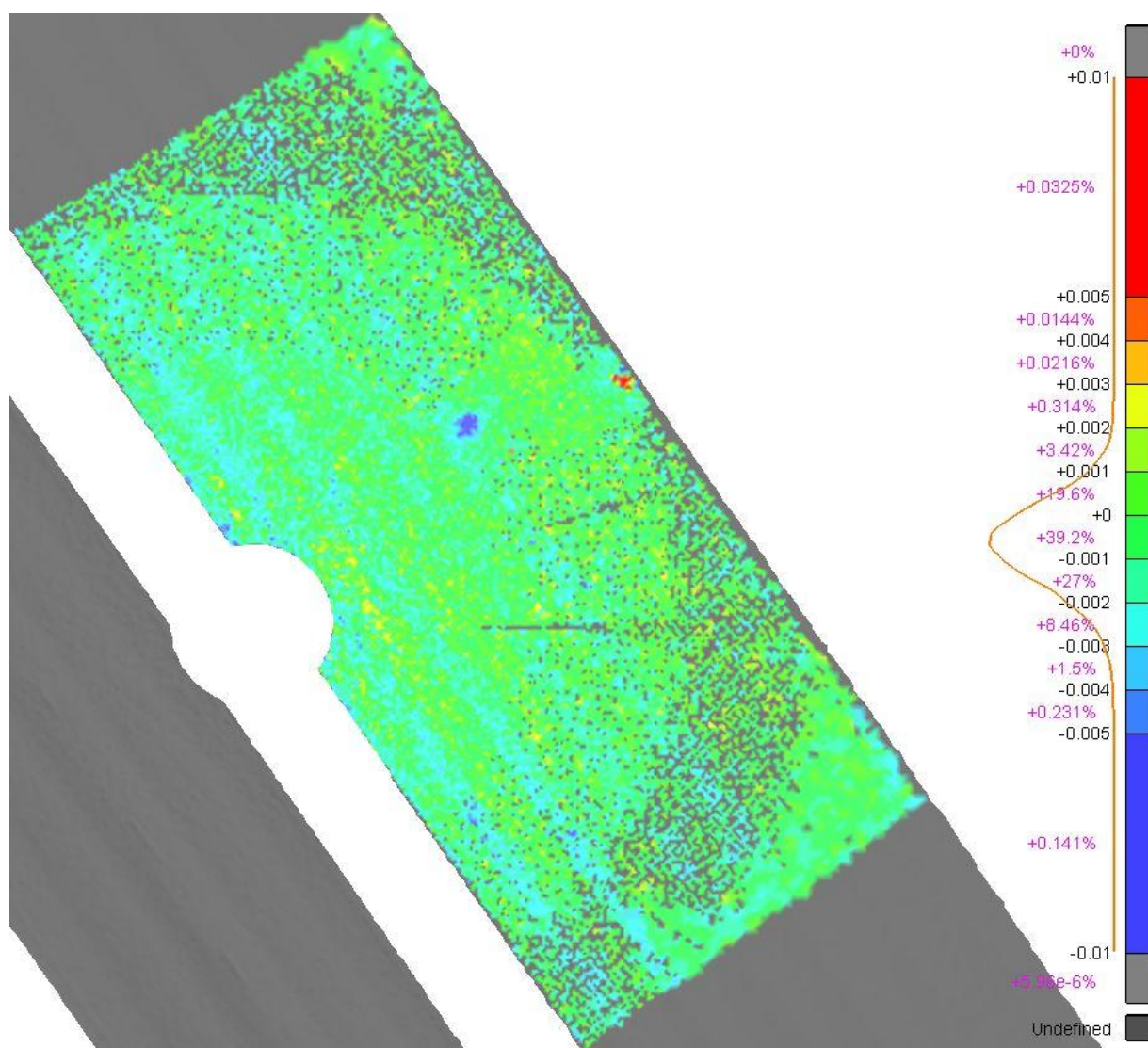
Roopad on suurenenud 1-2 mm võrra. Umbkaev on vajunud veel 5 mm. Restkaev ei ole oluliselt vajunud. Kaevude ümbruse teepind ei ole vajunud.

2016-2014



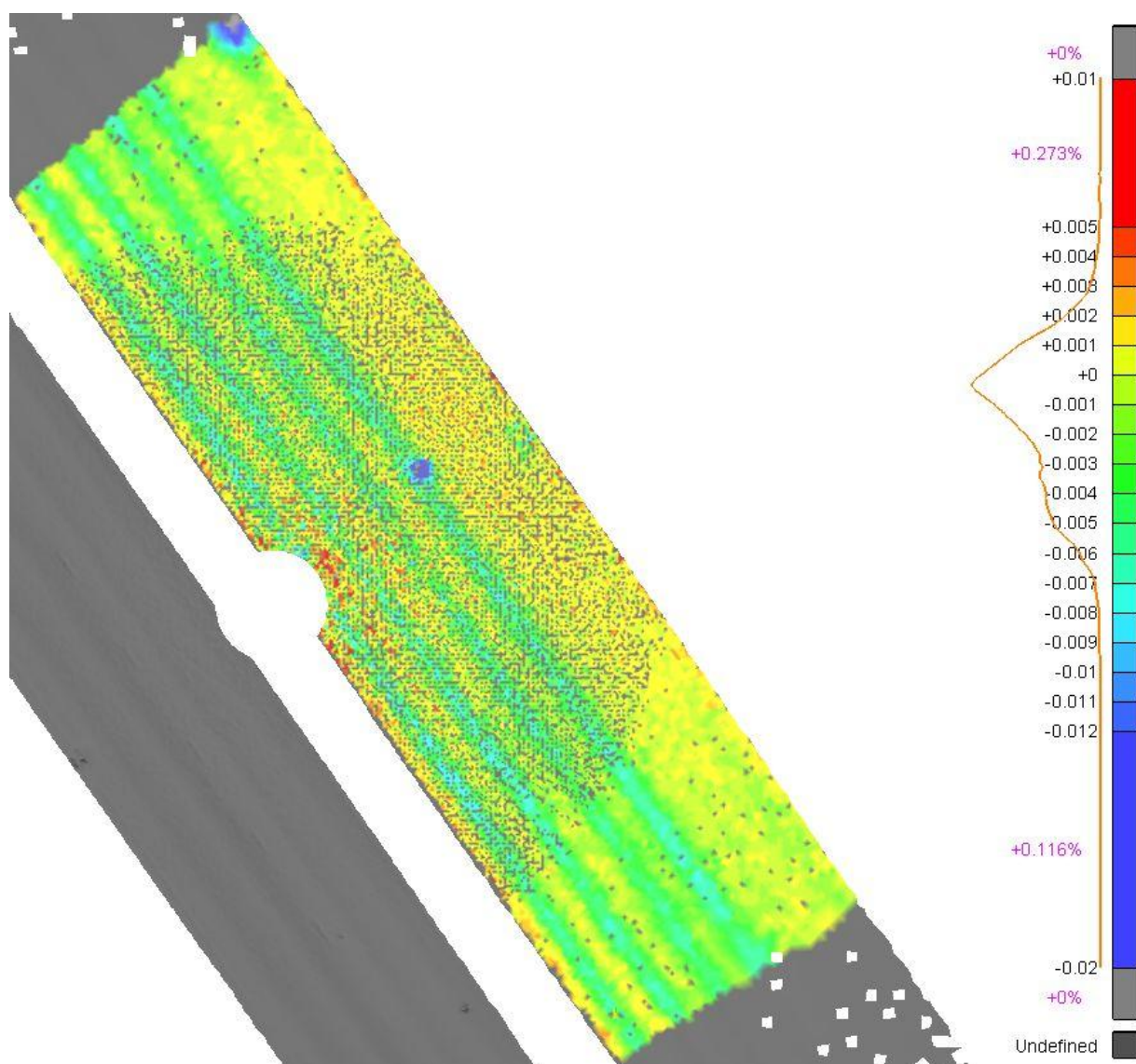
Roobaste kogusügavus on 3-5 mm. Ühtekokku on umbkaev vajunud 12 mm. Restkaev 1 mm. Teepinnal kaevude ümbruses olulisi vajumeid märgata ei ole.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 2-3 mm piires. Umbkaev on vajunud ca 5 mm (seda kinnitab ka nivelleerimise tulemus). Restkaev vajunud ei ole.

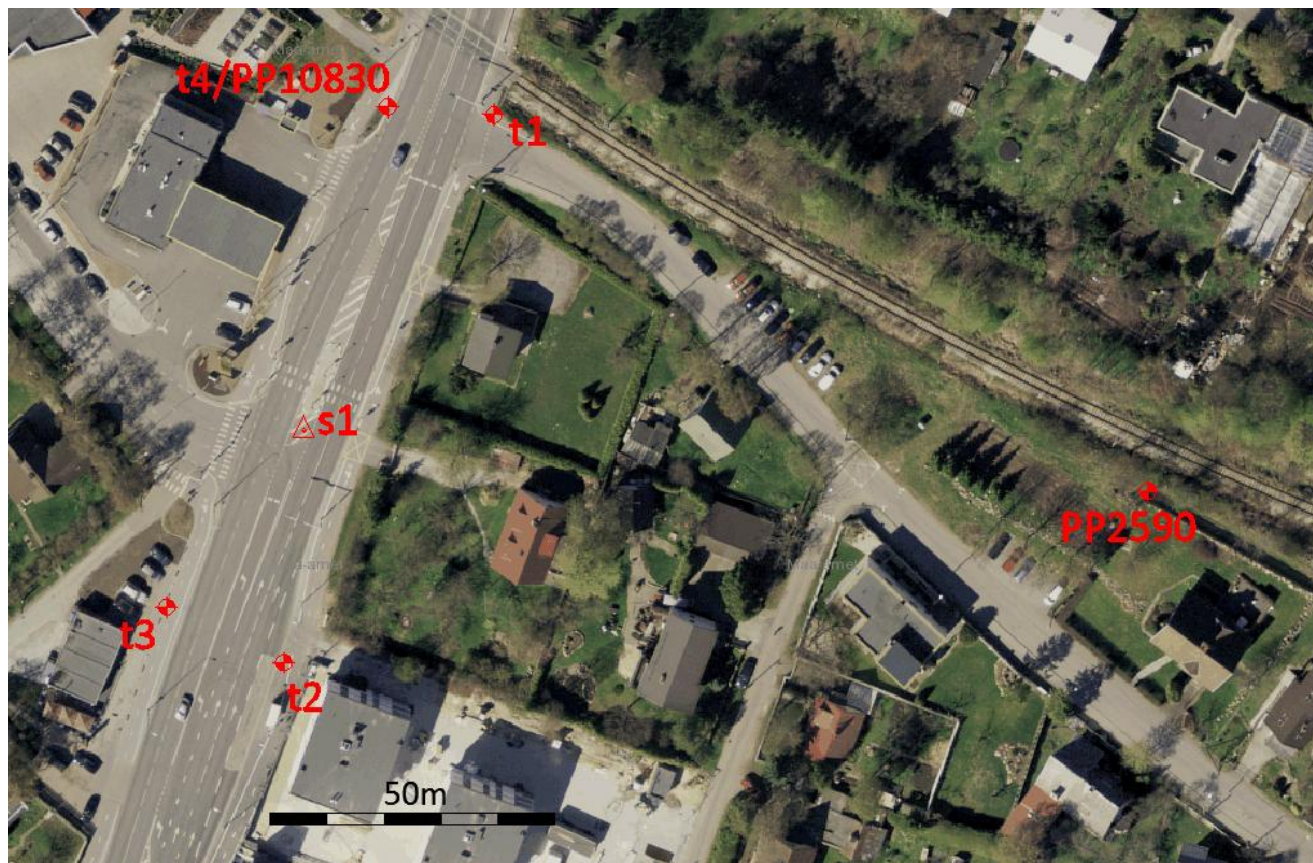
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Roobaste sügavus on ca 6-7 mm piires. Umbkaev on vajunud ca 2 cm ja restkaev 2-3 mm.

Lisa 1.2. Ranna tee ja Muuli tee ristmiku laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

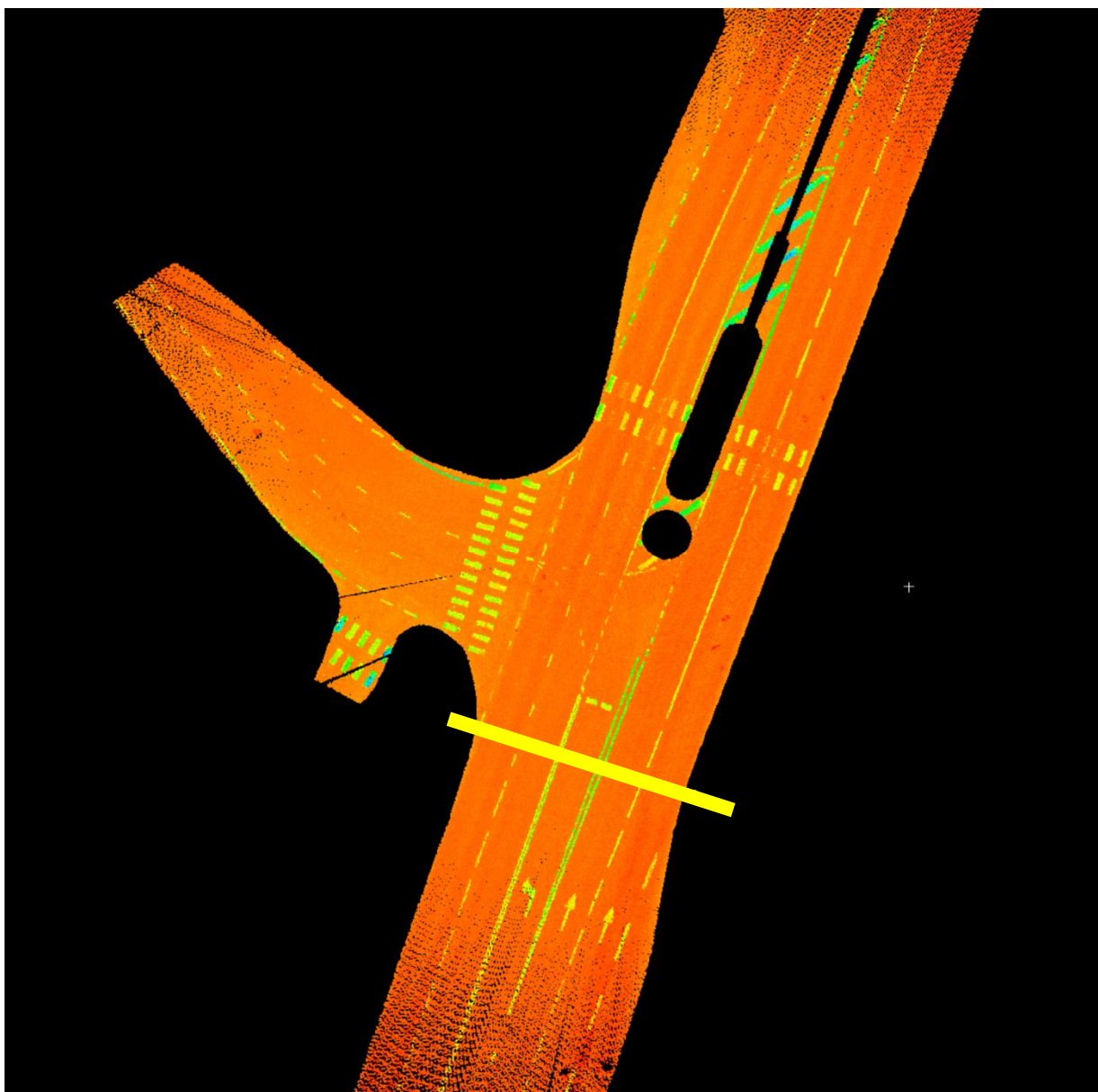


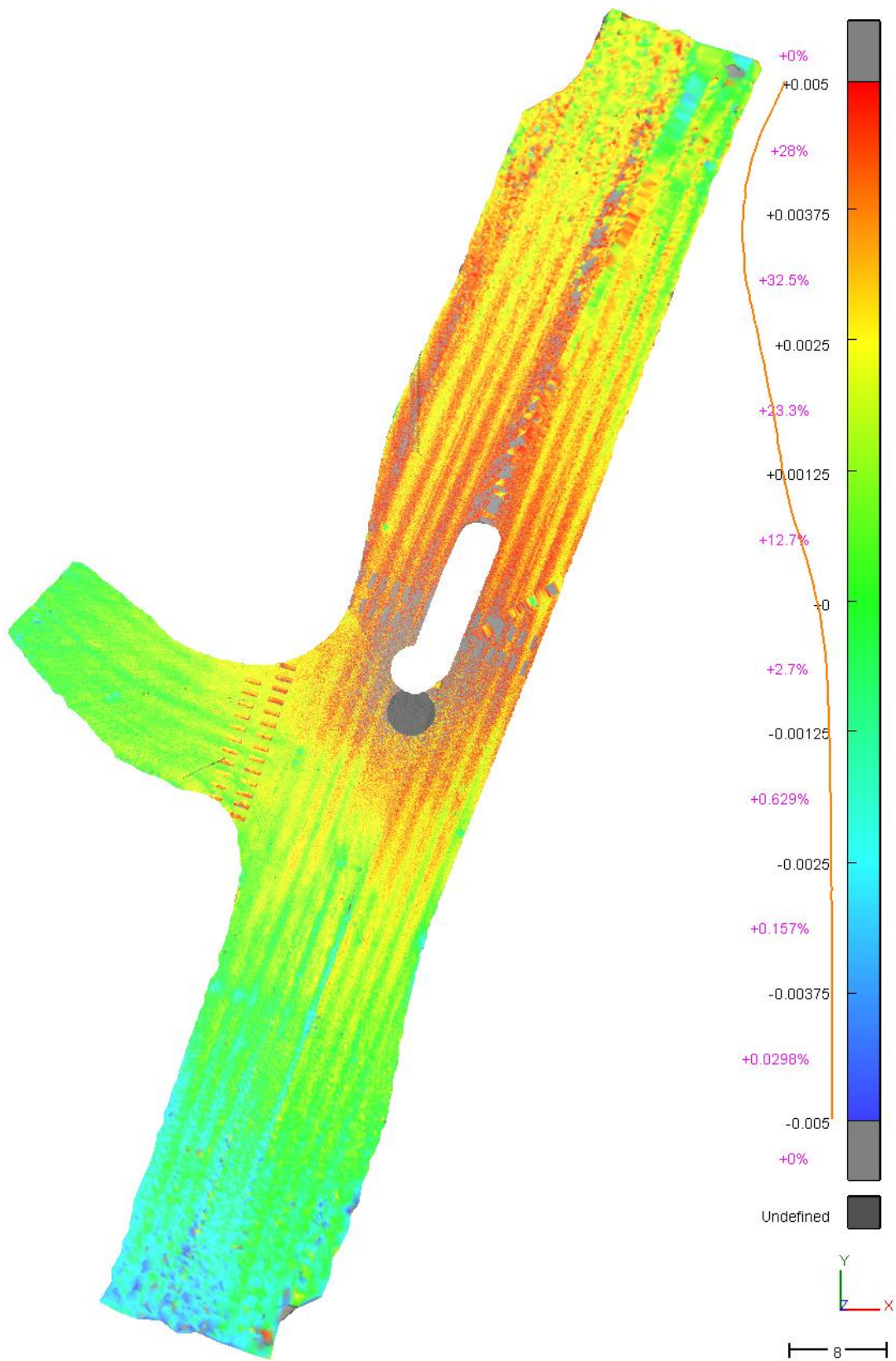
Ranna tee ja Muuli tee ristmik			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähiste kõrgus 2018 [m]
	L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016	
Nr	E	N	H	H	H	H	mm	mm	mm	
t1	546984.786	6595897.508	21,245	21,244	21,248	21,249	-1,2	4,5	0,3	0,2
t2	546947.809	6595800.902	18,612	18,612	18,612	18,614	0,5	0,0	1,5	0,2
t3	546927.145	6595810.722	18,611	18,611	18,613	18,614	0,4	1,3	1,3	0,2
t4/PP10830	546966.136	6595898.891	20,807	20,807	20,807	20,807	0,0	0,0	0,0	1,9
s1	546951.383	6595841.913	19,639	19,638			-0,8			
s1				19,822	19,820	19,822		-1,6	1,9	1,708

Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.

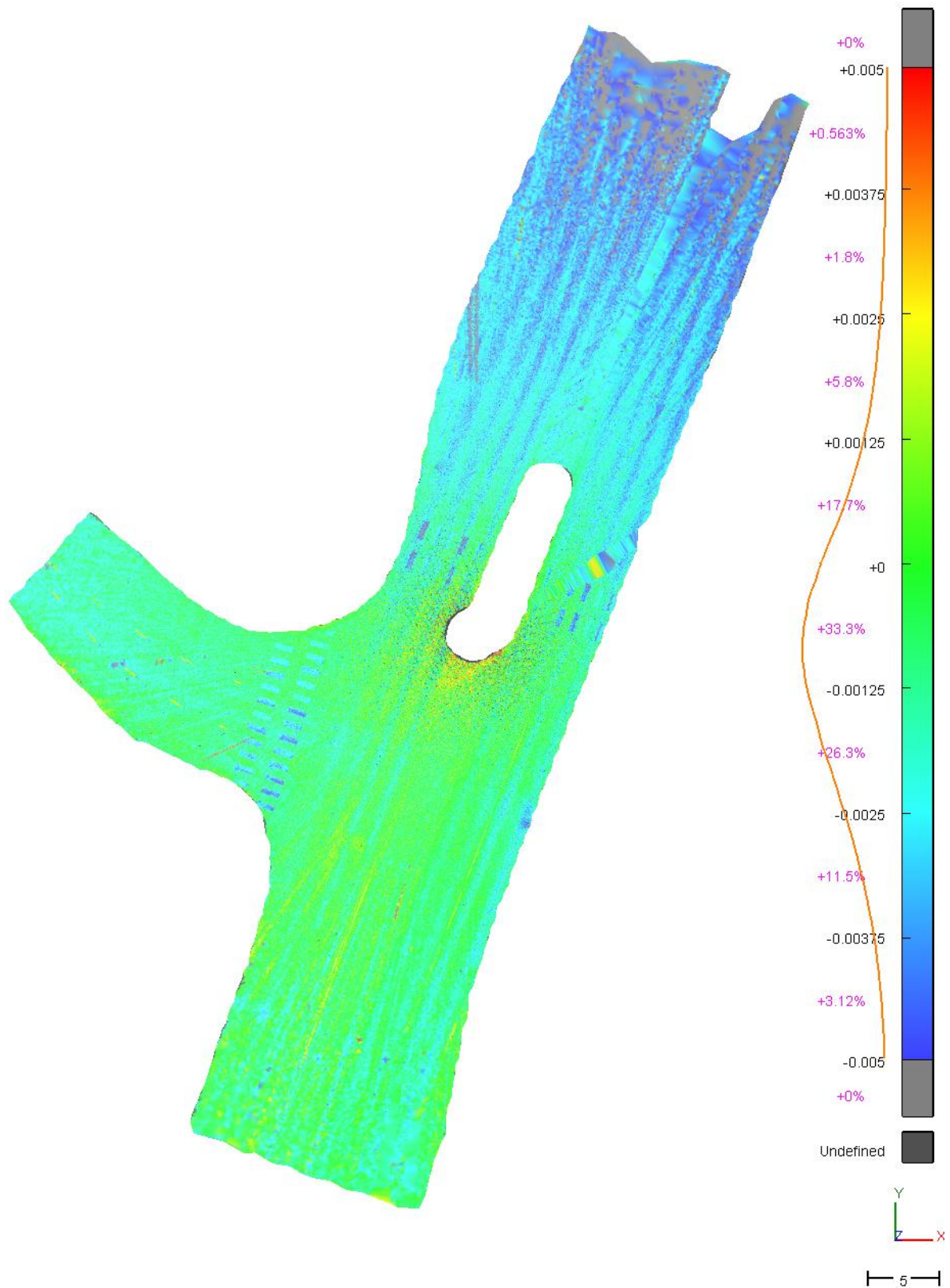
t2 - 2015 aasta mõõtmistel asetatud uus asfaldinael (vana murdunud) algse tähise t2 pesasse

s1- liiklusohutikkuse tõttu tõsteti 2015 a mõõtmistel s1 skaneerimisjaam uude asukohta (ohutussaarele)

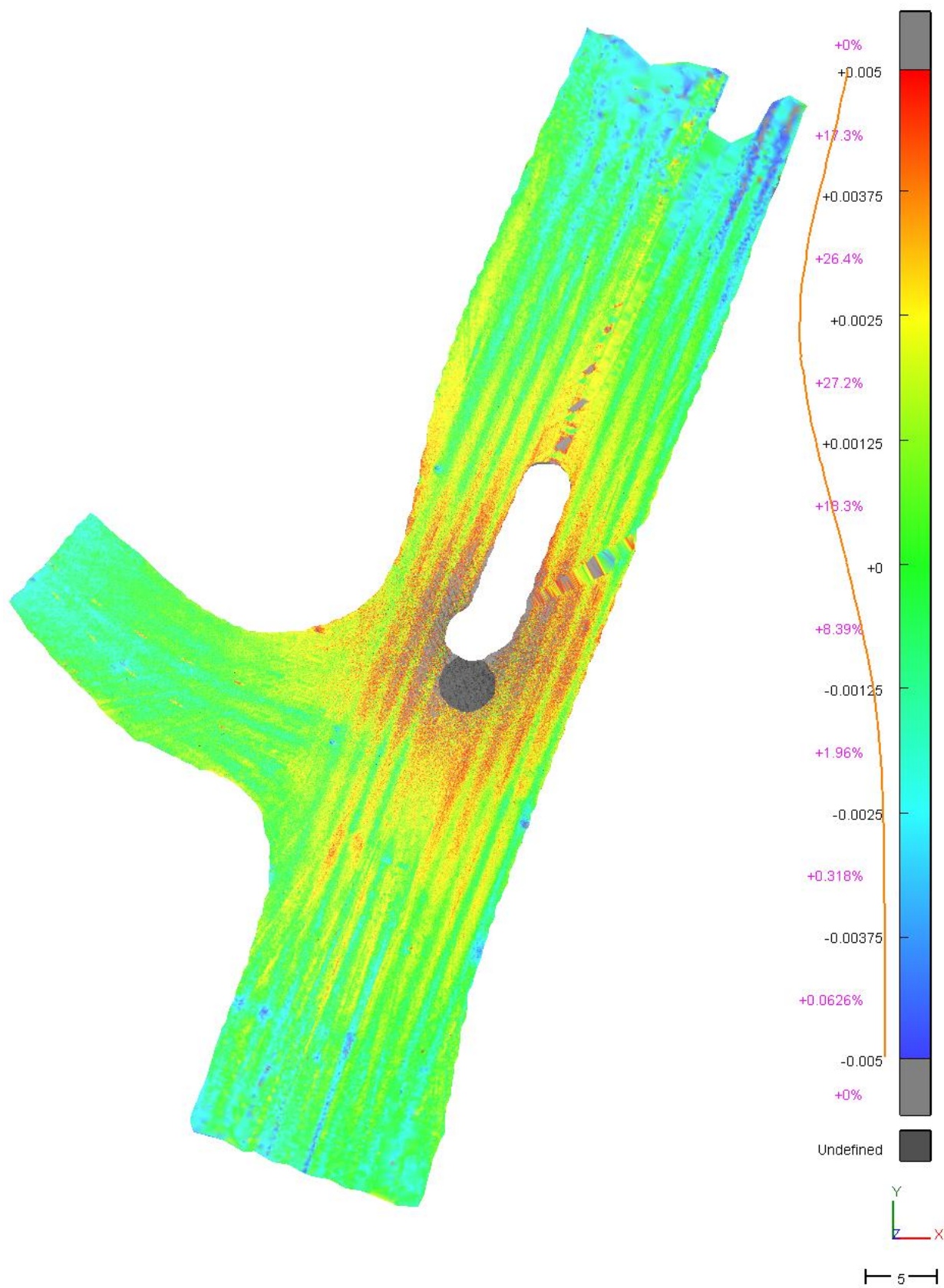




Roopa sügavused on reeglina 1 mm, ulatudes ülekaiguradade ümbruses 2-3 mm-ni.

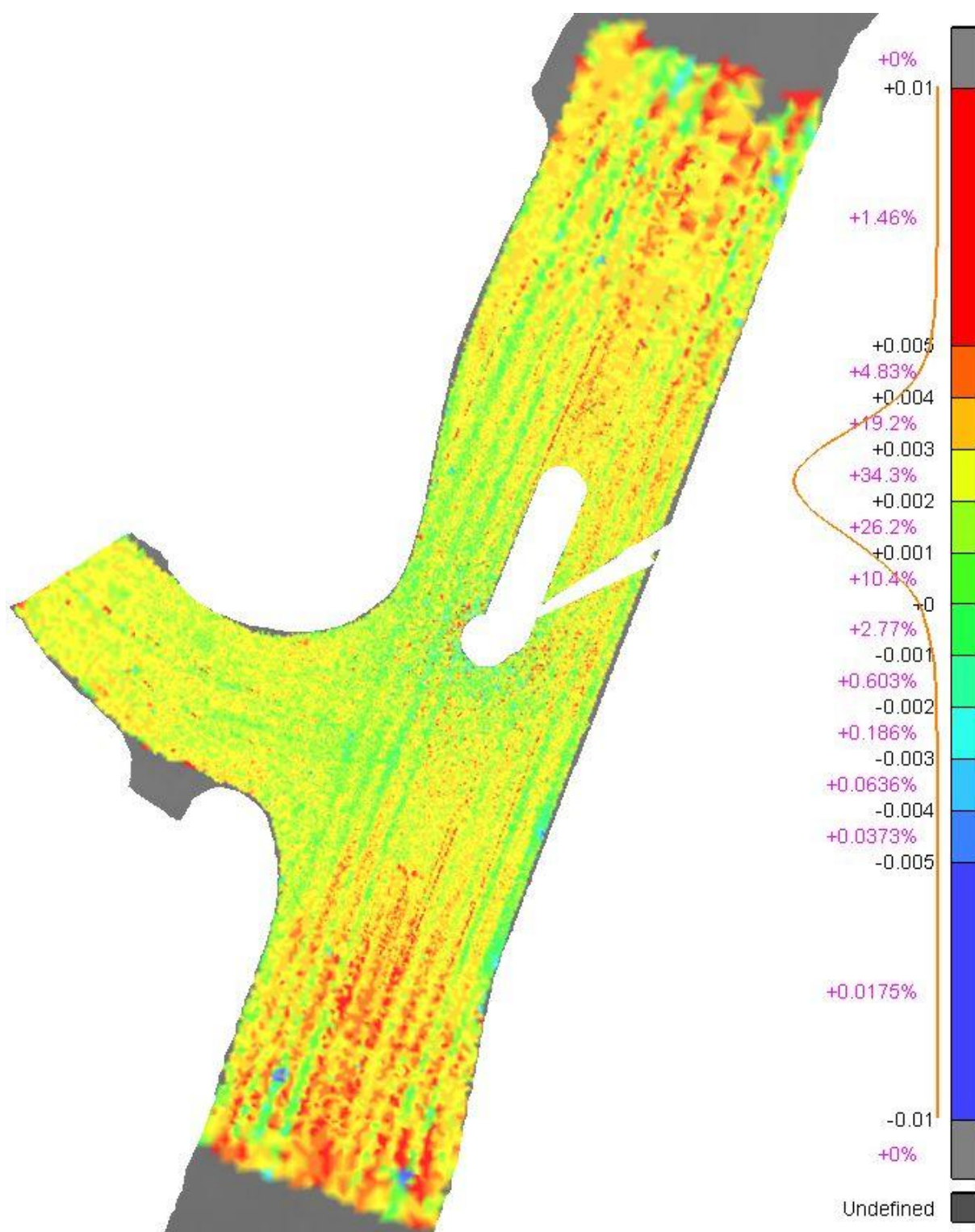


Roopa sügavus on suurenenud 1-2 mm võrra.



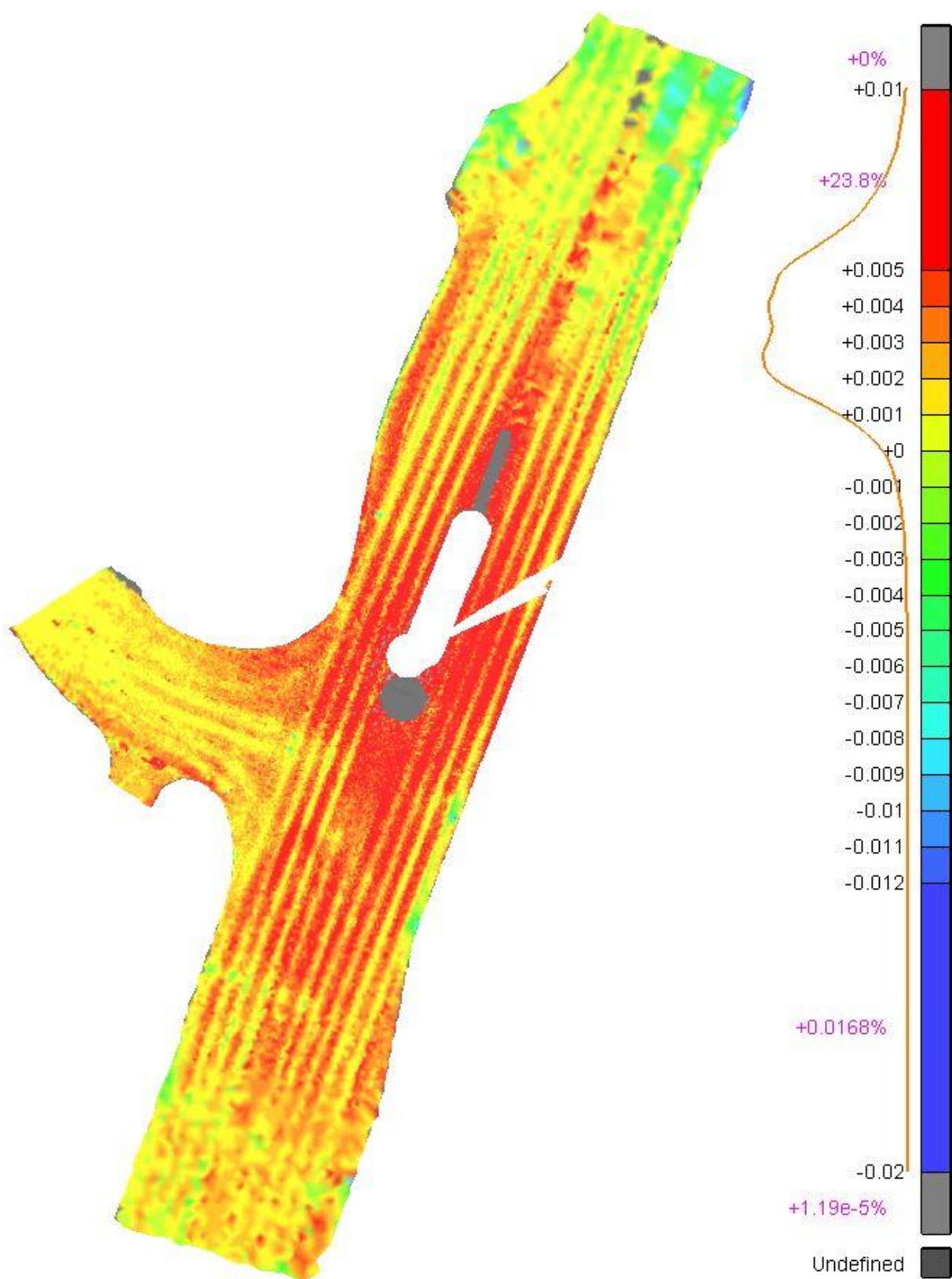
Roopa sügavused on reeglina 2-3 mm piires. Ülekäiguradade juures veidi suurem, u 4mm.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 2-3 mm piires.

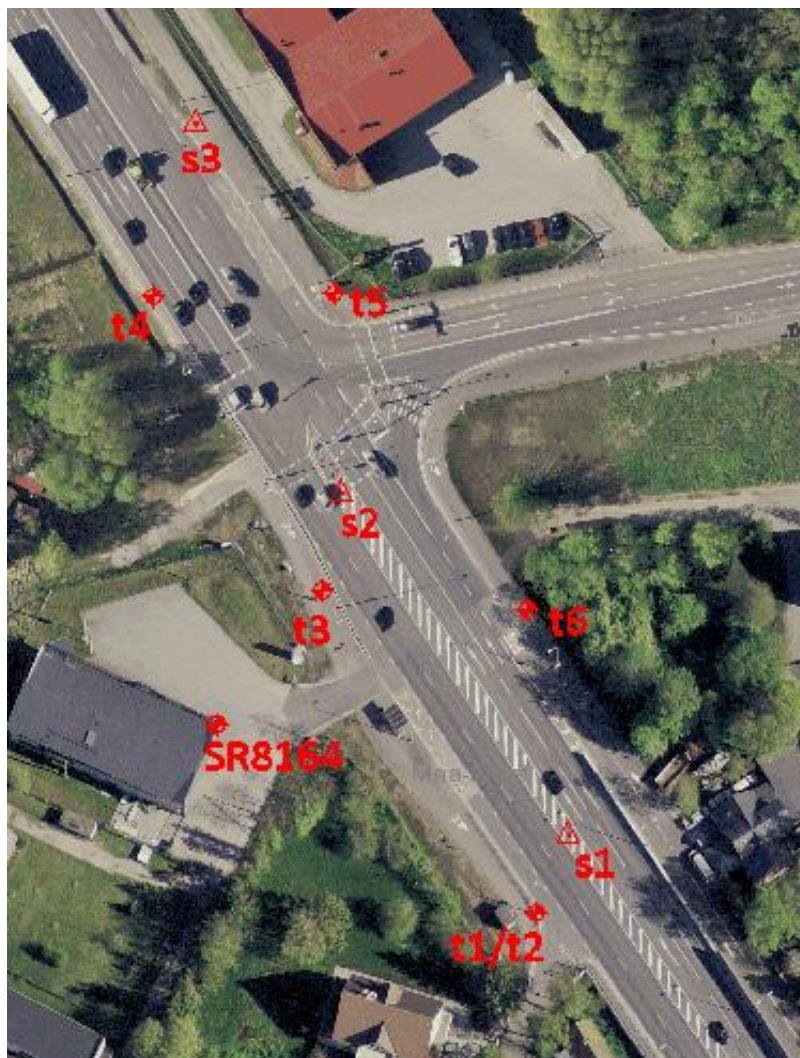
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Tegemist näikse olevat üldise tõusuga, mis võib tingitud olla asjaolust, et tealune pind käitub siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud lähtereeperid. Sellegi poolest on roobaste sügavus on ca 5-7 mm piires.

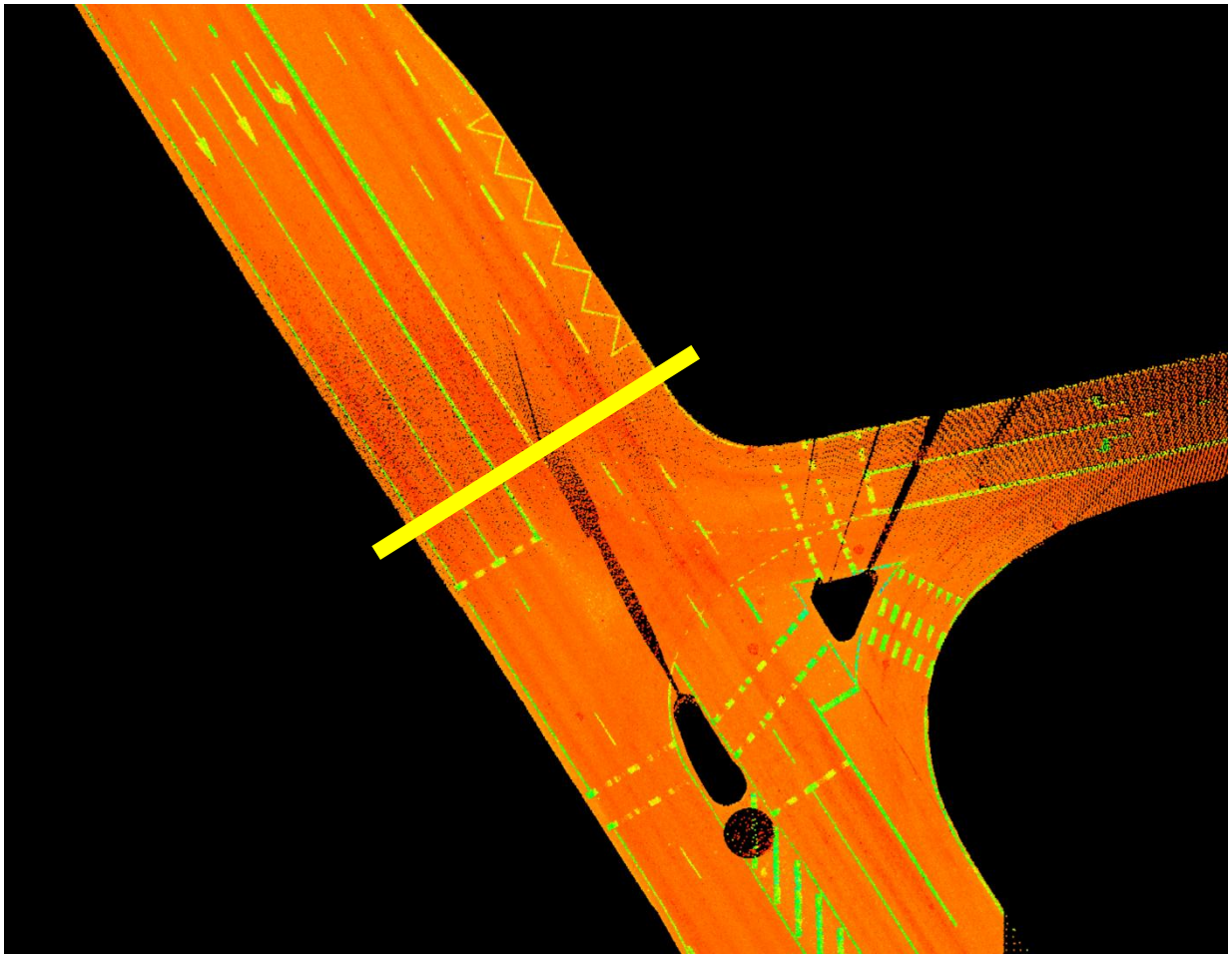
Lisa 1.3. Tartu mnt ja Kanali tee ristmiku laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

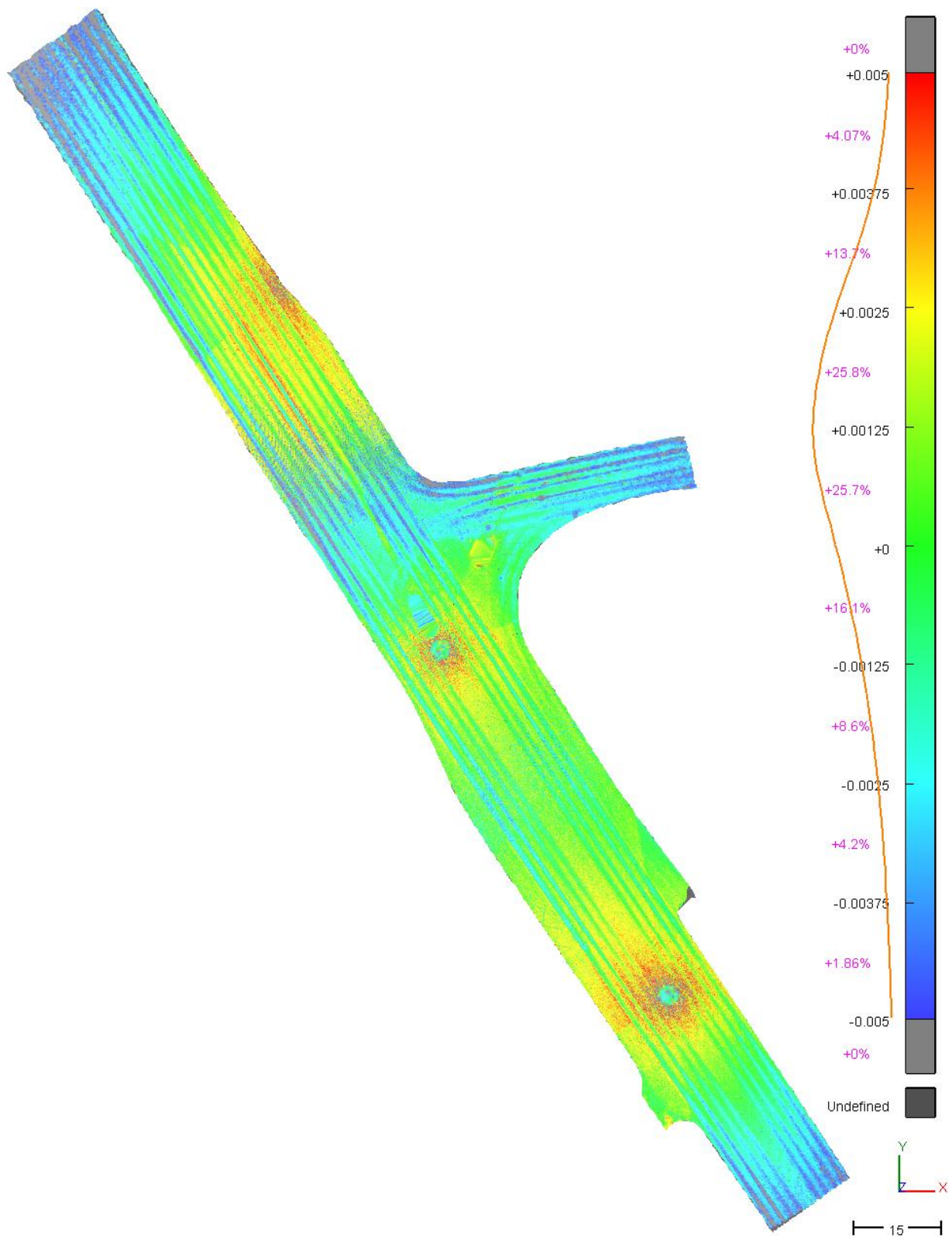


Tartu mnt ja Kanali tee ristmik				BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähise kõrgus 2018 [m]
		L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2017	2018	2015-2014	2017-2015	2018-2017	
Nr	E	N	H	H	H			mm	mm	mm	
Baasi algpunkt	t1/t2	545838.319	6585757.211	38,007	38,005	38,007	38,010	-2,5	2,8	3,1	0,2
	t3	545801.404	6585812.776	38,113	38,112	38,111	38,110	-1,0	-0,7	-1,0	0,2
	t4	545772.387	6585863.333	38,391	38,391	38,394	38,394	-0,4	3,8	-0,4	0,2
	t5	545803.556	6585863.873	38,504	38,501	38,502	38,503	-2,7	0,5	1,1	0,2
	t6	545836.796	6585809.372	38,019	38,019	38,023	38,024	0,0	3,6	1,2	0,2
	s1	545844.014	6585770.495	38,021	38,020	38,021	38,027	-1,2	1,6	5,8	
	s2	545805.030	6585829.472	38,304	38,304	38,304	38,307	-0,1	-0,2	3,7	
	s3	545779.728	6585893.060	38,469	38,466	38,470	38,469	-3,1	3,9	-0,4	
Lähtereeper	SR8164	x	x	37,558	37,558	37,558	37,558	0,0	0,0	0,0	
	SR										
Reeper	(nr-ta)	x	x	38,064	x	x	x				
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.											

Ristprofili asukoht

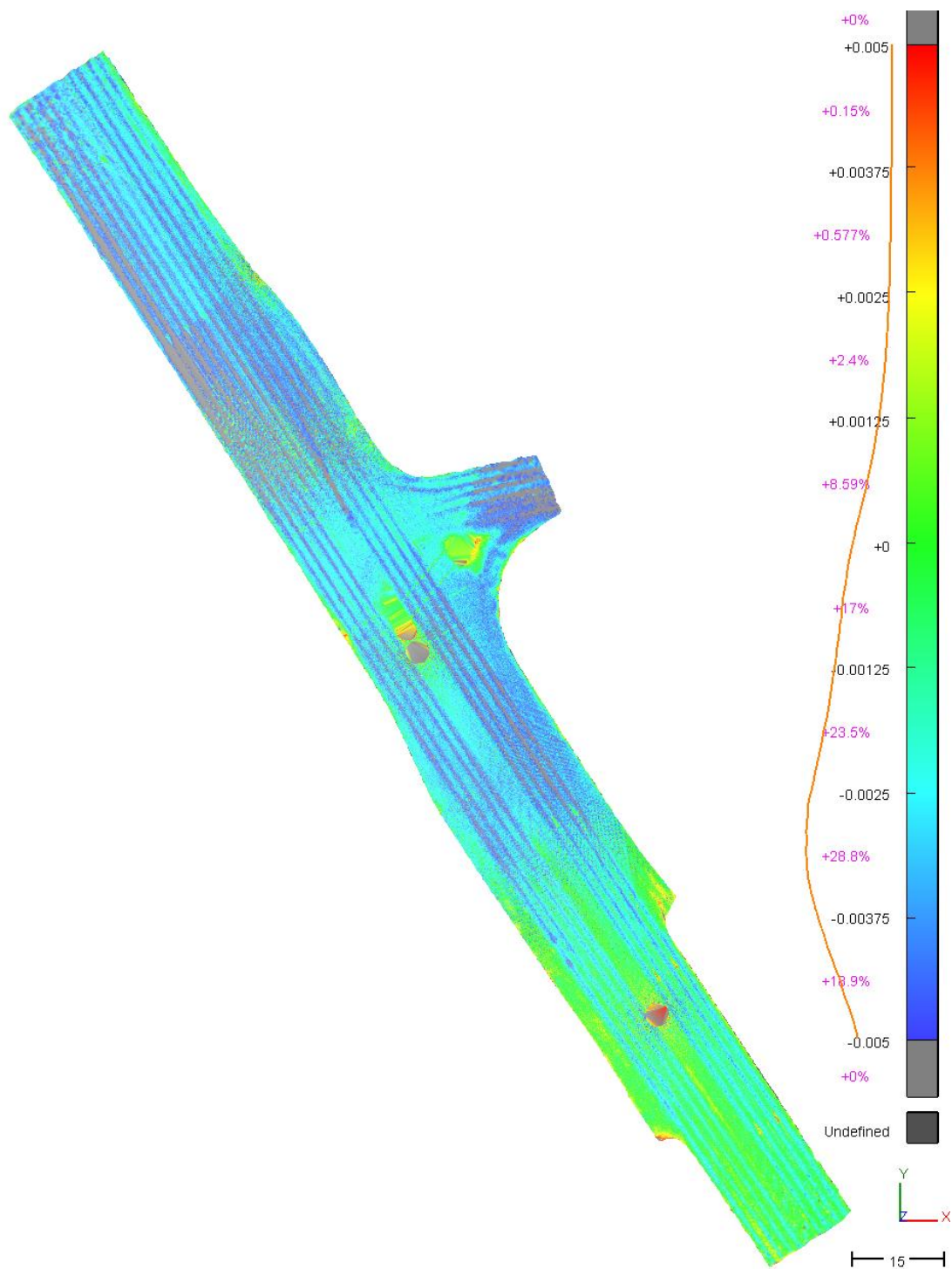


2014-2015



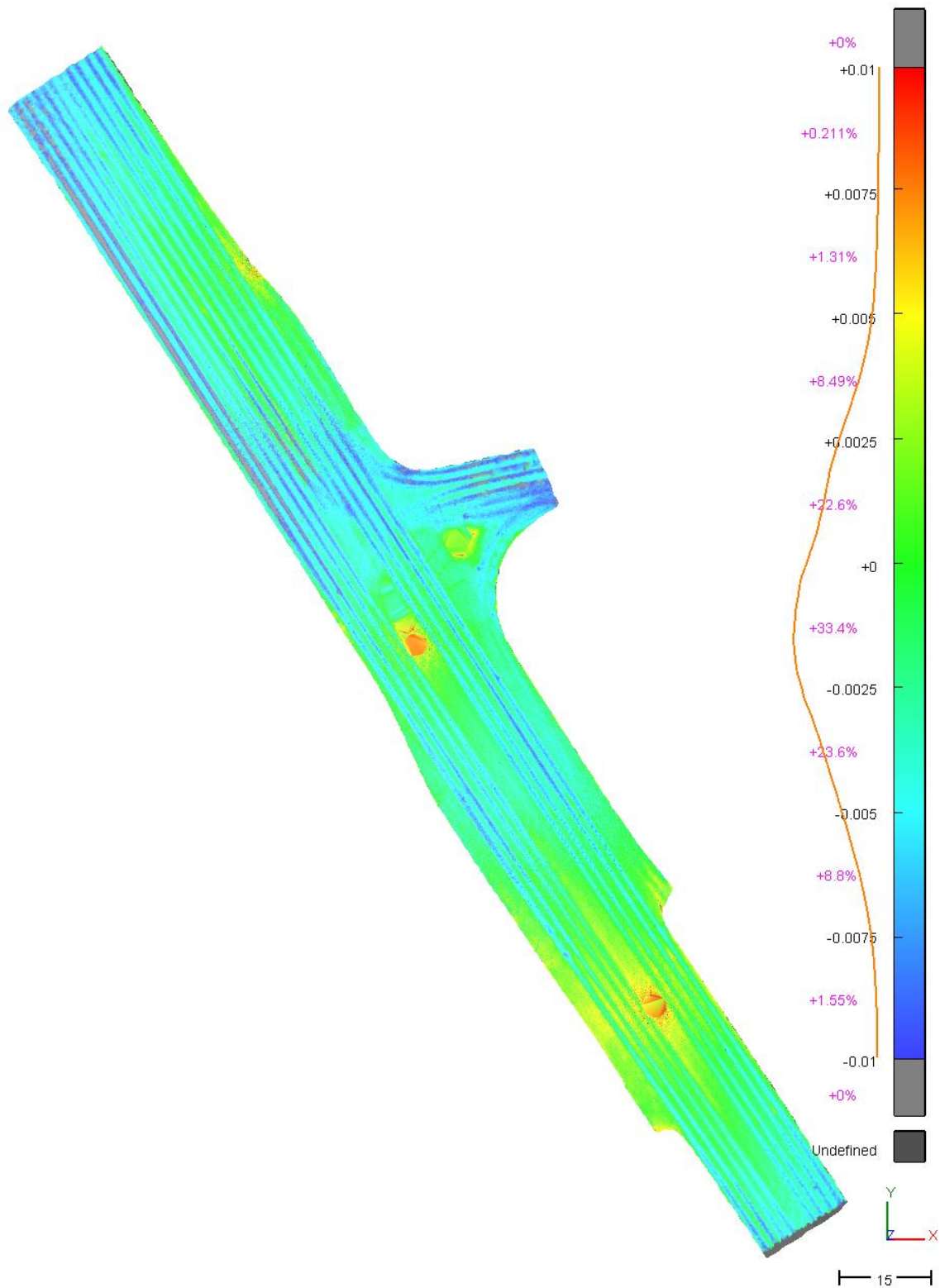
Roopa sügavused on reeglina 1-2 mm piires, suurema koormusega sõiduradadel ka 3 mm. Suurimad roopad on Tartu mnt linnast väljuva suuna parempoolsel sõidurajal stoppjoone ees – 5-6 mm.

2015-2017

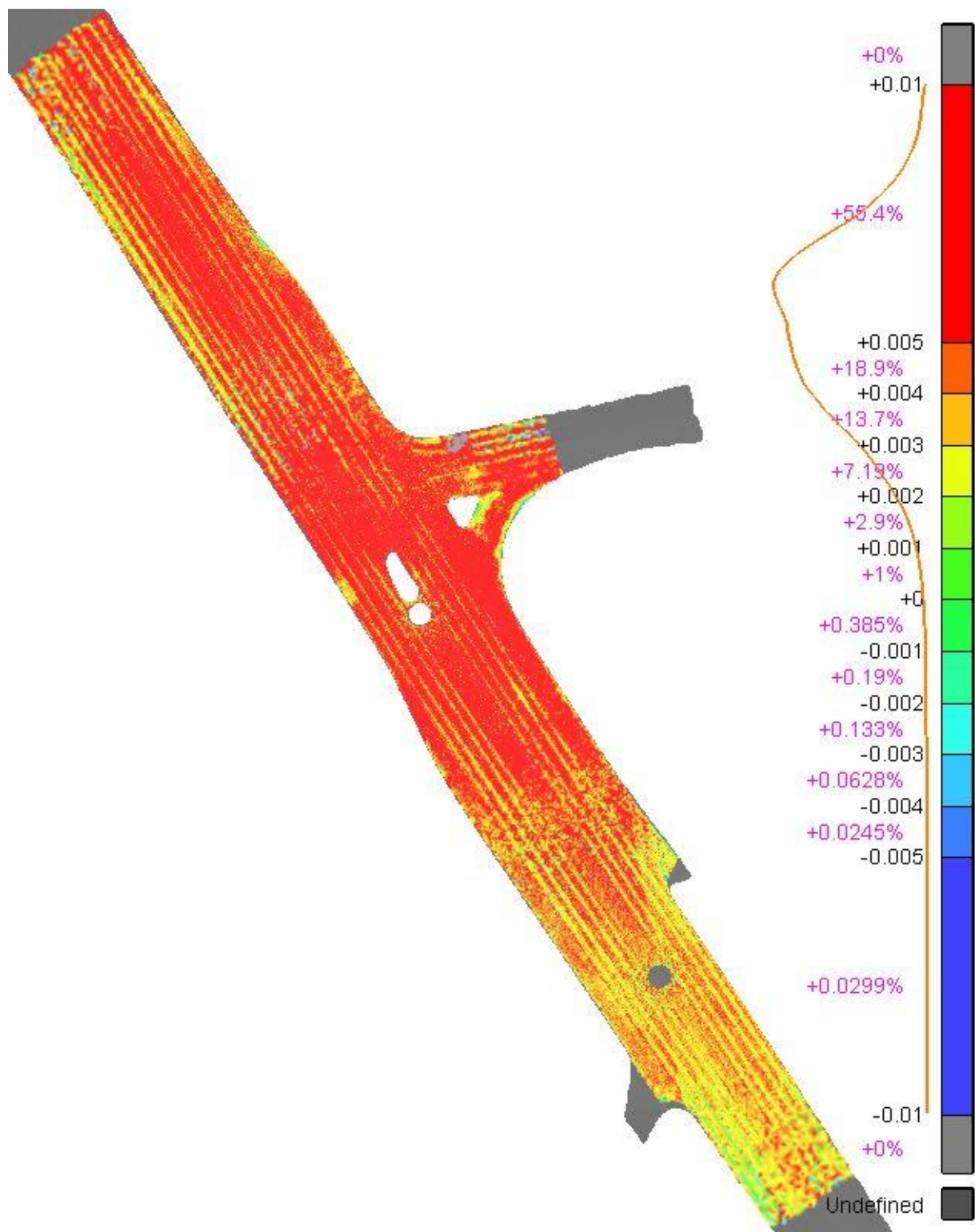


Enamus teepinnast on vajunud 2 mm. Roopad on suurenenud 2-3mm võrra.

2014-2017

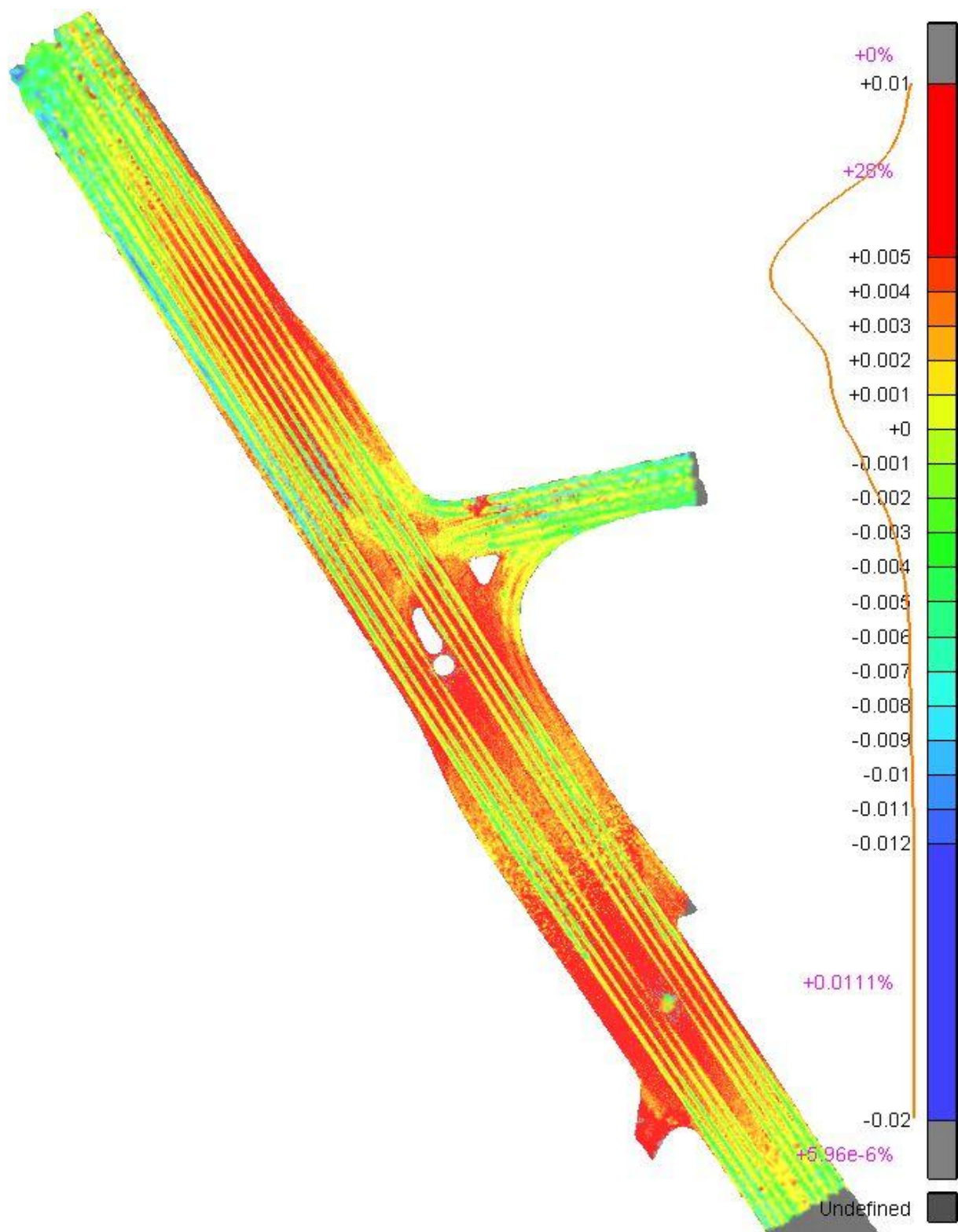


Roopa sügavused on reeglina 5mm piires. Stopppoonte ees suuremad, kuni 7-8 mm.



Tegemist näikse olevat üldise tõusuga, mis võib tingitud olla asjaolust, et tealune pind käitub siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud lähtereeperid. Siiski on poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 3-4 mm piires.

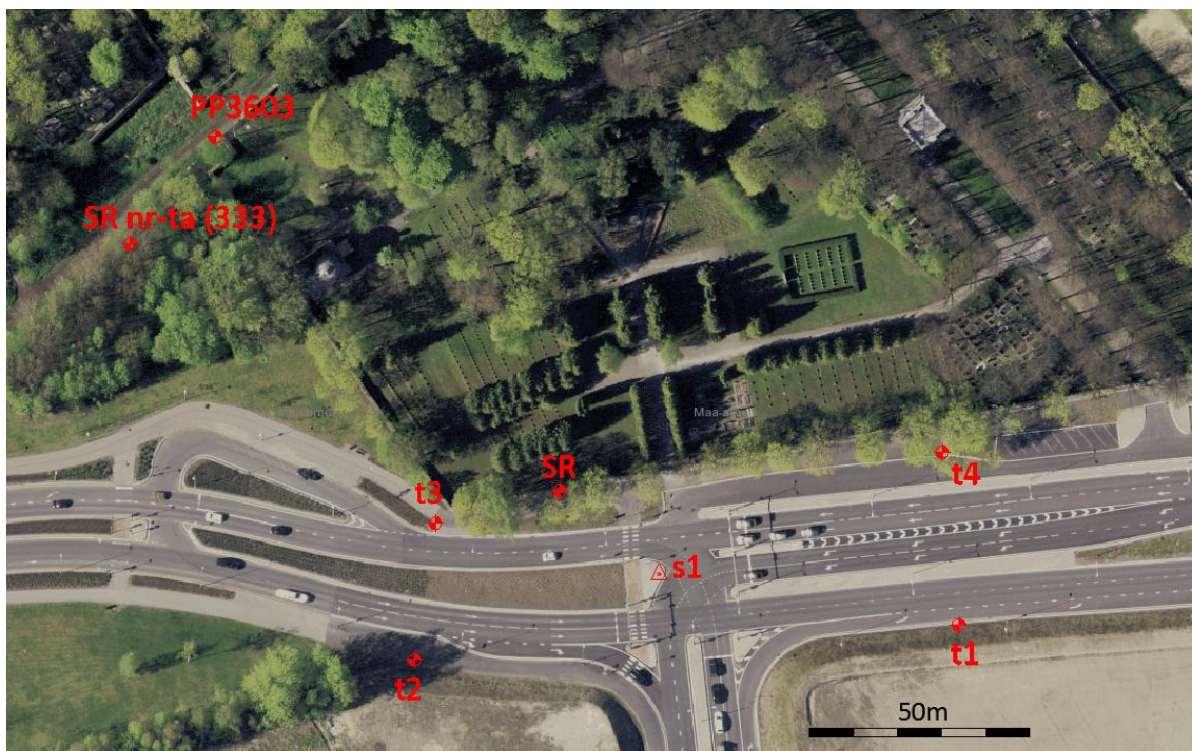
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Tegemist näikse olevat üldise tõusuga, mis võib tingitud olla asjaolust, et tealune pind käitub siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud lähtereeperid. Sellegi poolest on roobaste sügavus on ca 6-8 mm piires. Stoppjoonte ees kuni 9-11 mm.

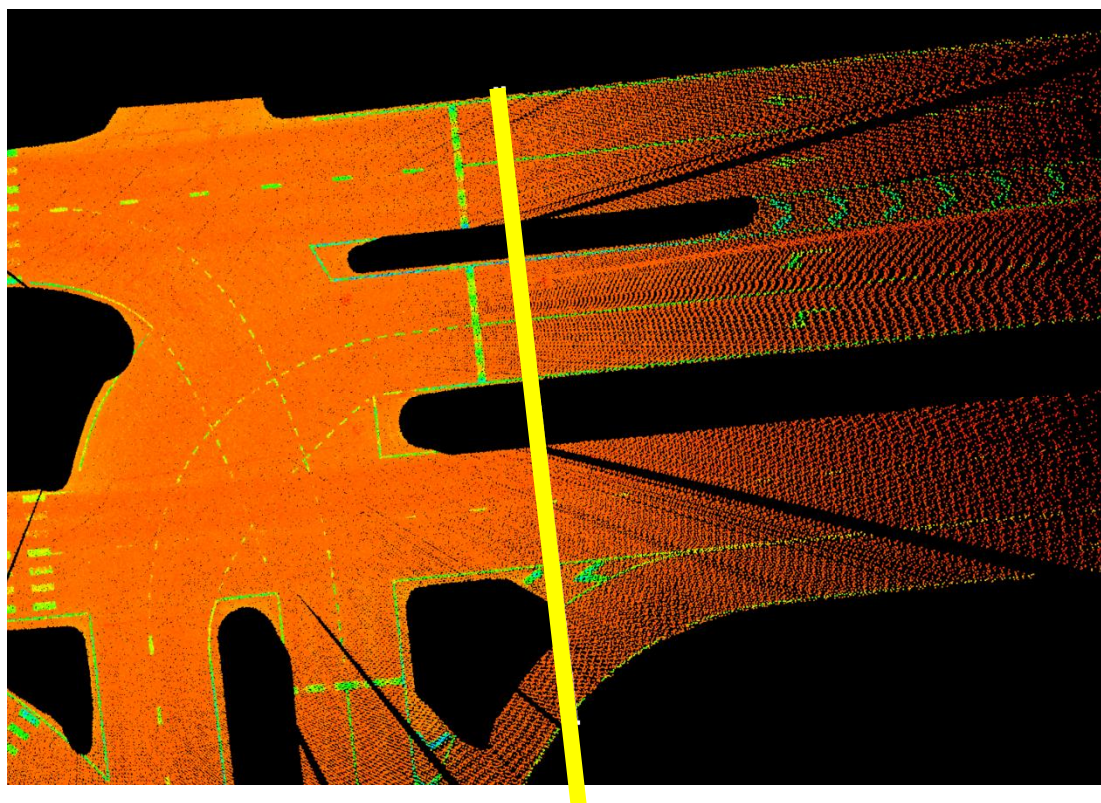
Lisa 1.4. Tehnika tn ja Veskiposti tn ristmiku laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

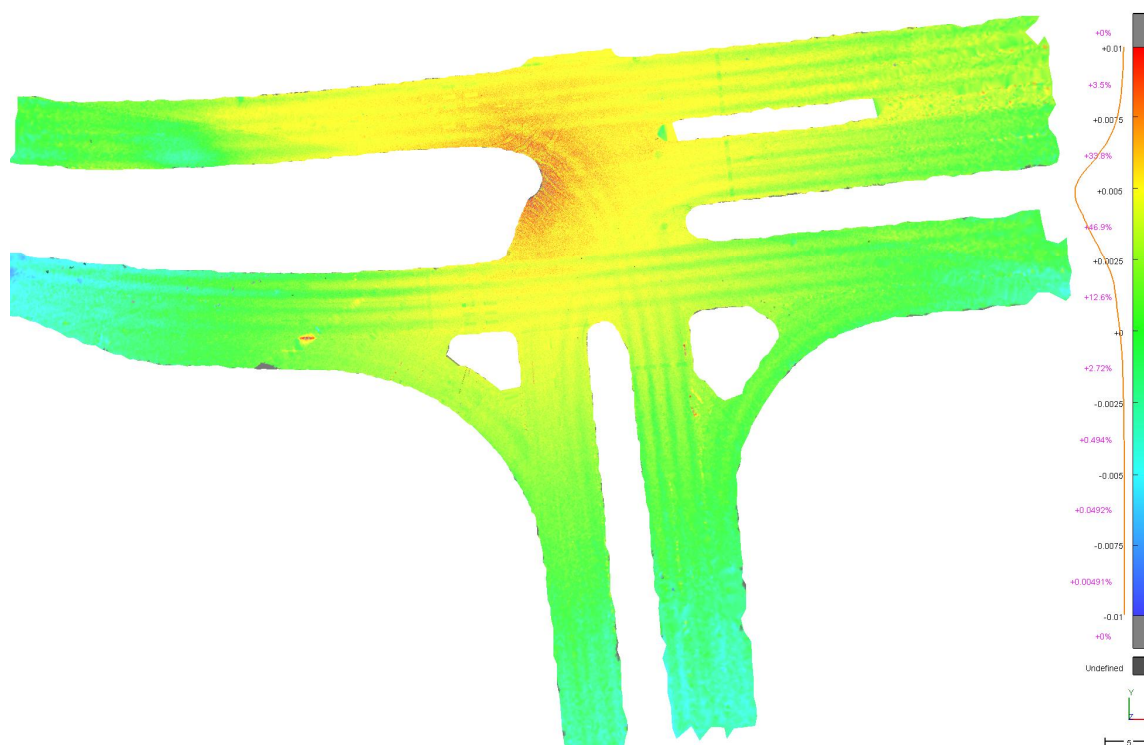


	Tehnika tn ja Veskiposti tn ristmik			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähiste kõrgus 2018 [m]
		L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016	
	Nr	E	N	H	H	H	H	mm	mm	mm	
Asendatud 201	t1	543529.198	6587244.595	29,073	29,069	29,075	29,076	-4,1	6,2	1,0	0,2
Baasi algpunkt	t2	543405.532	6587236.603	27,843	27,842	27,842	27,843	-1,3	0,6	0,2	0,2
	t3	543410.380	6587267.621	27,039	27,034	27,040	27,037	-4,6	5,9	-3,7	0,2
	t4	543525.414	6587283.711	29,570	29,569	29,570	29,571	-1,5	1,8	0,3	0,2
	s1	543461.208	6587256.059	28,283	28,282	LEIDMATA	leidmata	-1,3	x	x	
Lähte-reeper	SR nr-ta (333)	x	x	24,805	-		mõõtmata				
Polüg. punkt	PP3603	x	x	24,151	24,151	24,151	24,151				
Isese paigaldatud	SR	x	x	28,291	28,289	28,289	28,288	-2,4	0,0	-1,1	

Ristprofiili asukoht

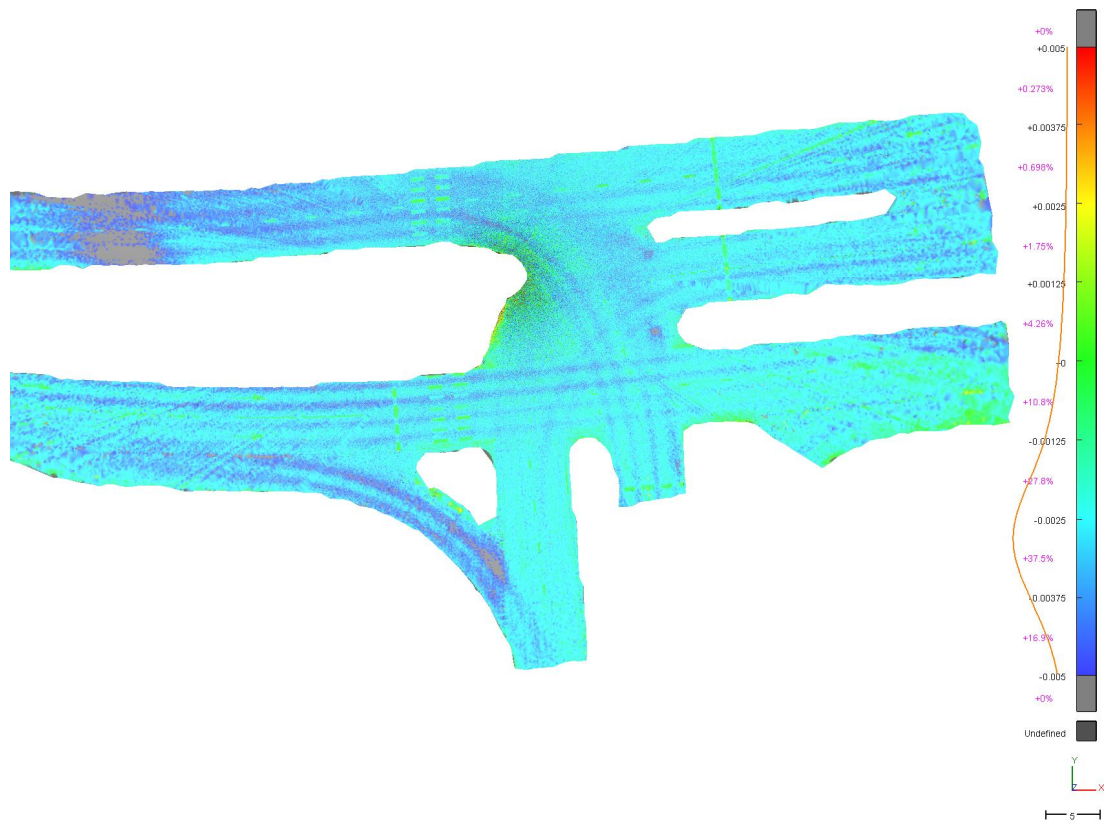


2014-2015



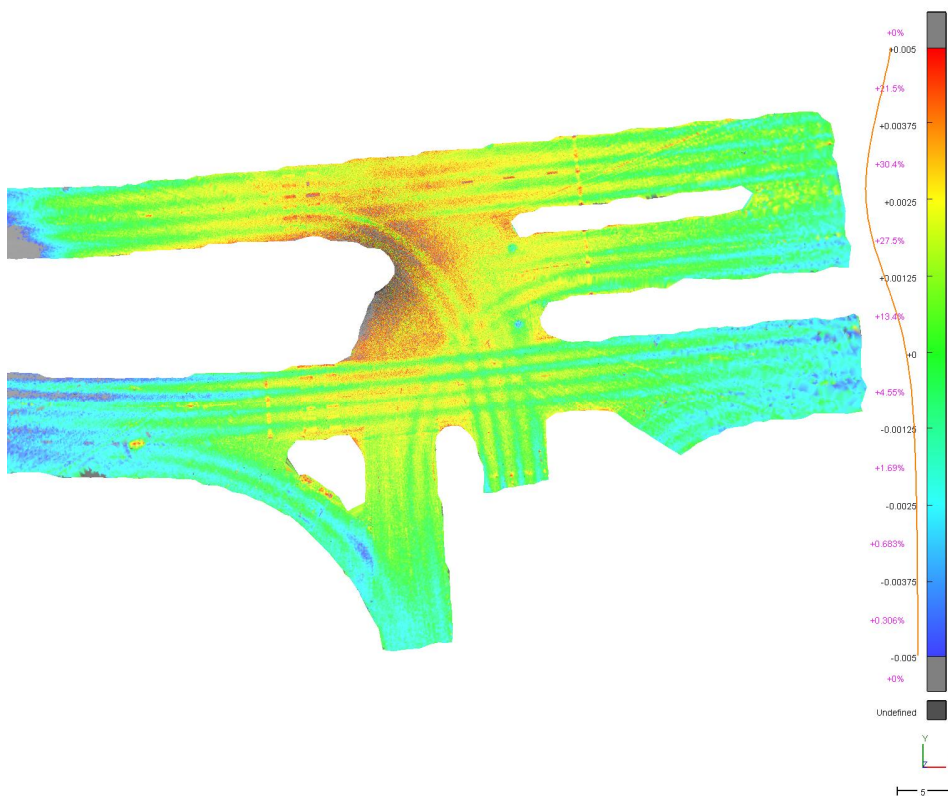
Roopa sügavused on reeglina 1 mm piires. Stoppjoone ees ulatuvad roopa sügavused 2-3 mm-ni.

2015-2016



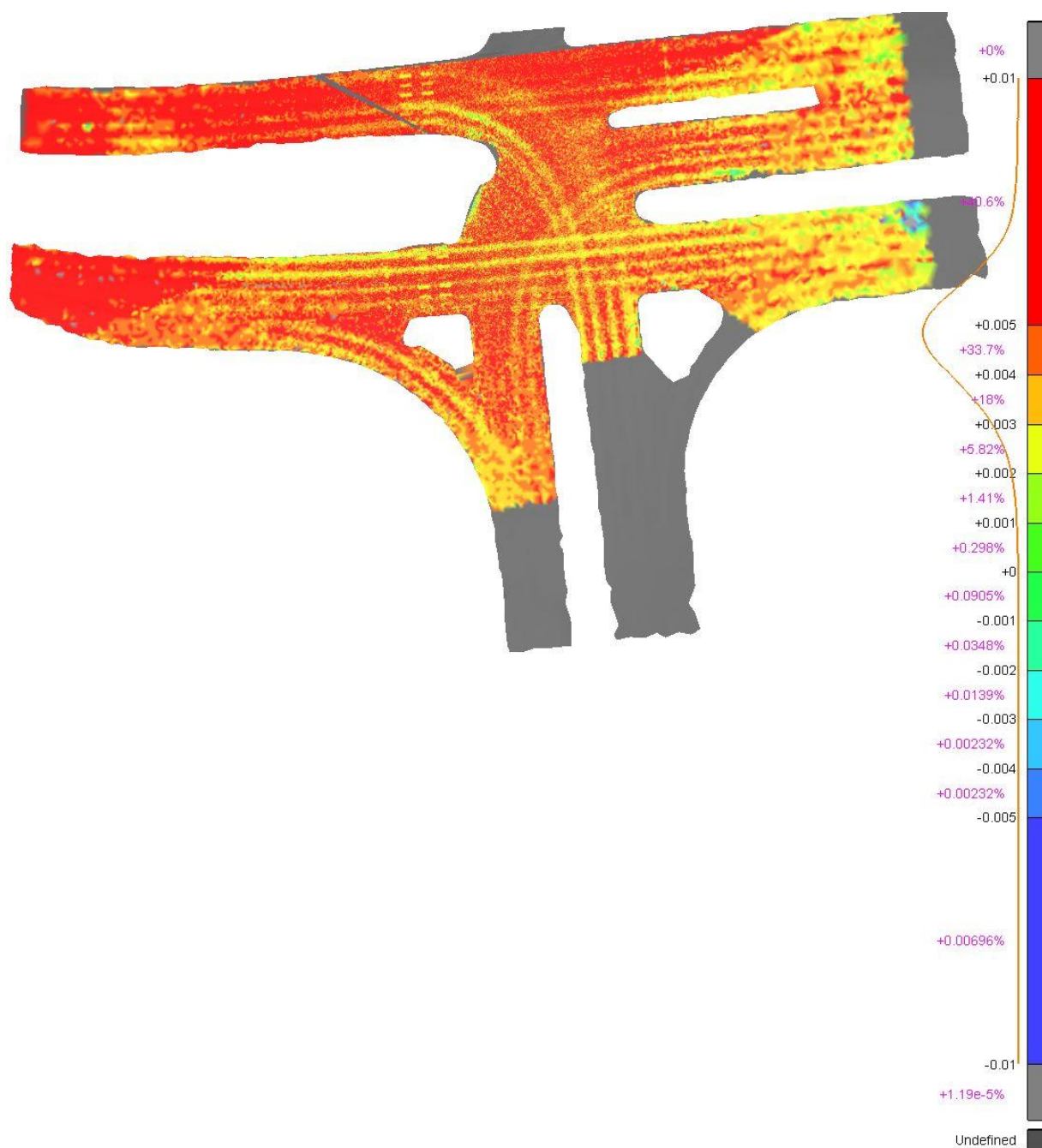
Roopad on suurenenud 1-2 mm võrra.

2014-2016



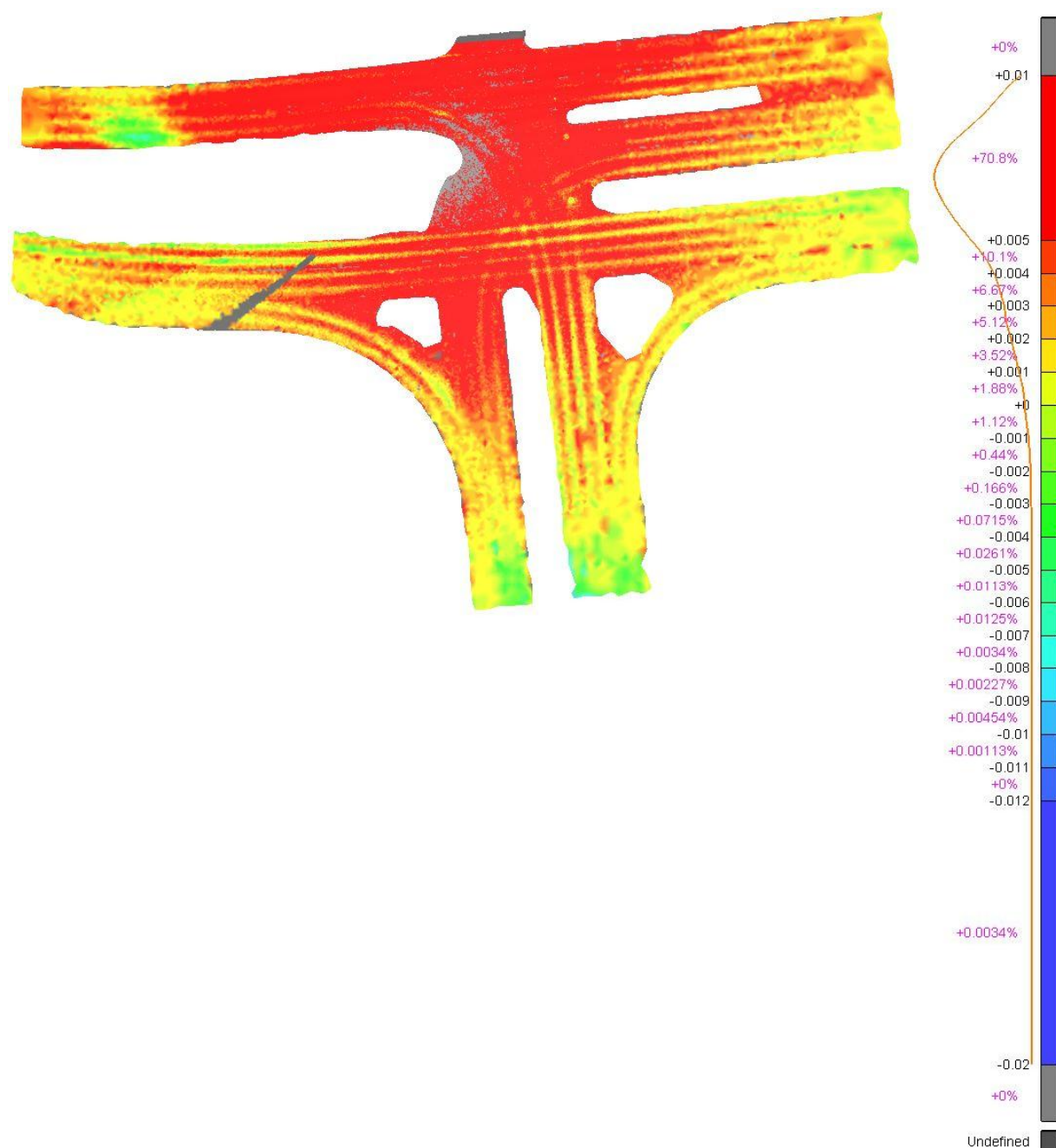
Roobaste sügavus on ühtlaselt 3-4 mm piires.

2016-2018



Tegemist näikse olevat üldise tõusuga, mis võib tingitud olla asjaolust, et tealune pind käitub siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud lähtereeperid. Siiski on poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 2-4 mm piires.

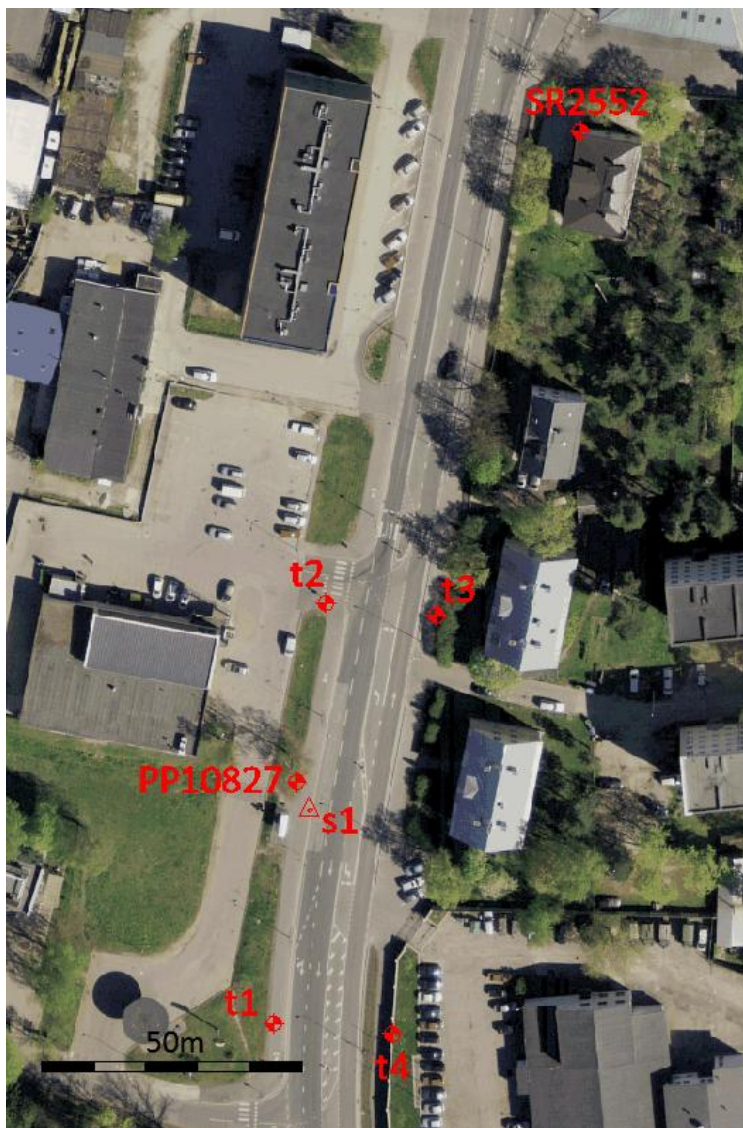
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Tegemist näikse olevat üldise tõusuga, mis võib tingitud olla asjaolust, et tealune pind käitub siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud lähtereeperid. Sellegi poolest on roobaste sügavus on ca 7-9 mm piires

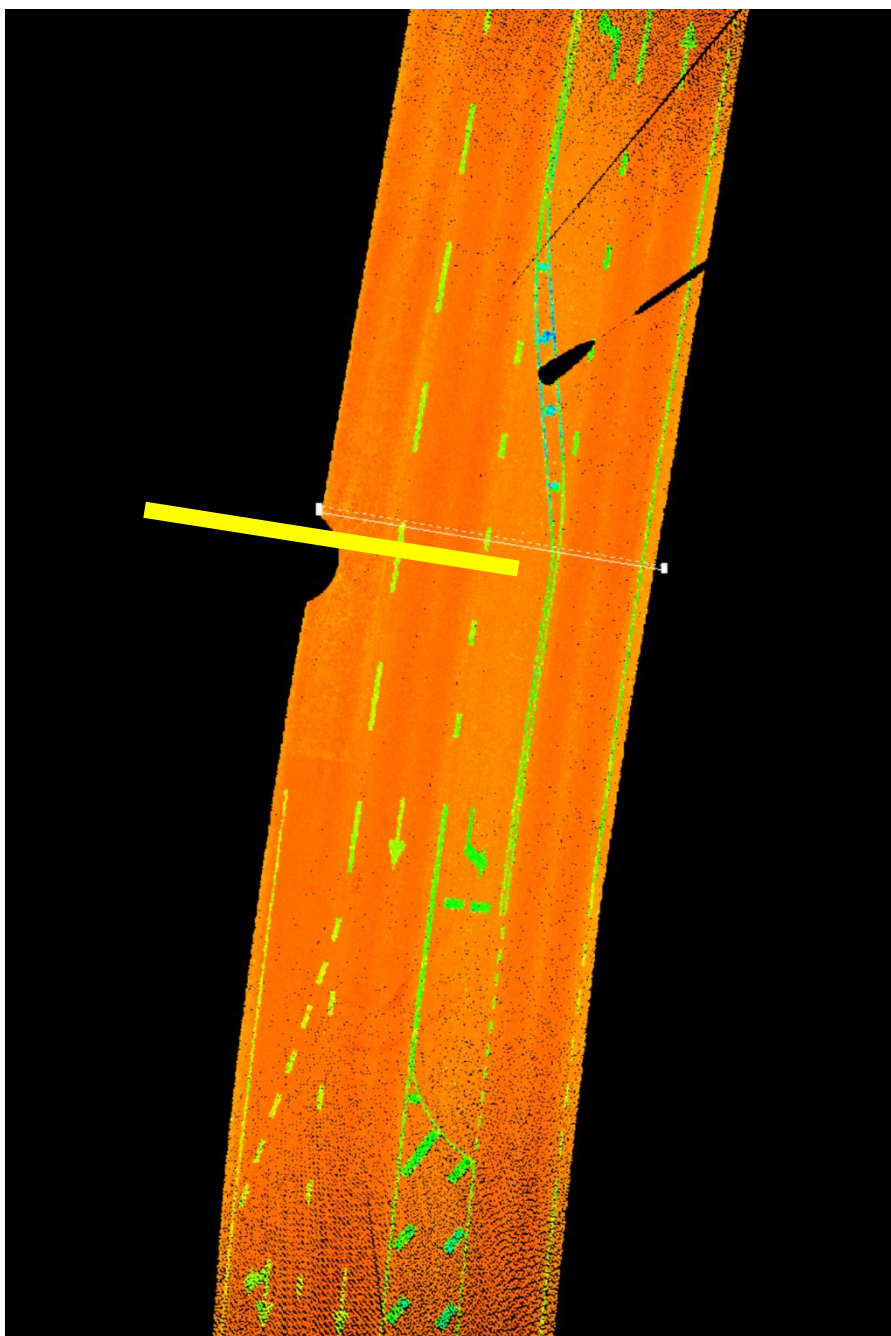
Lisa 1.5. Männiku tee registreerimise veahinnang ja statistika

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

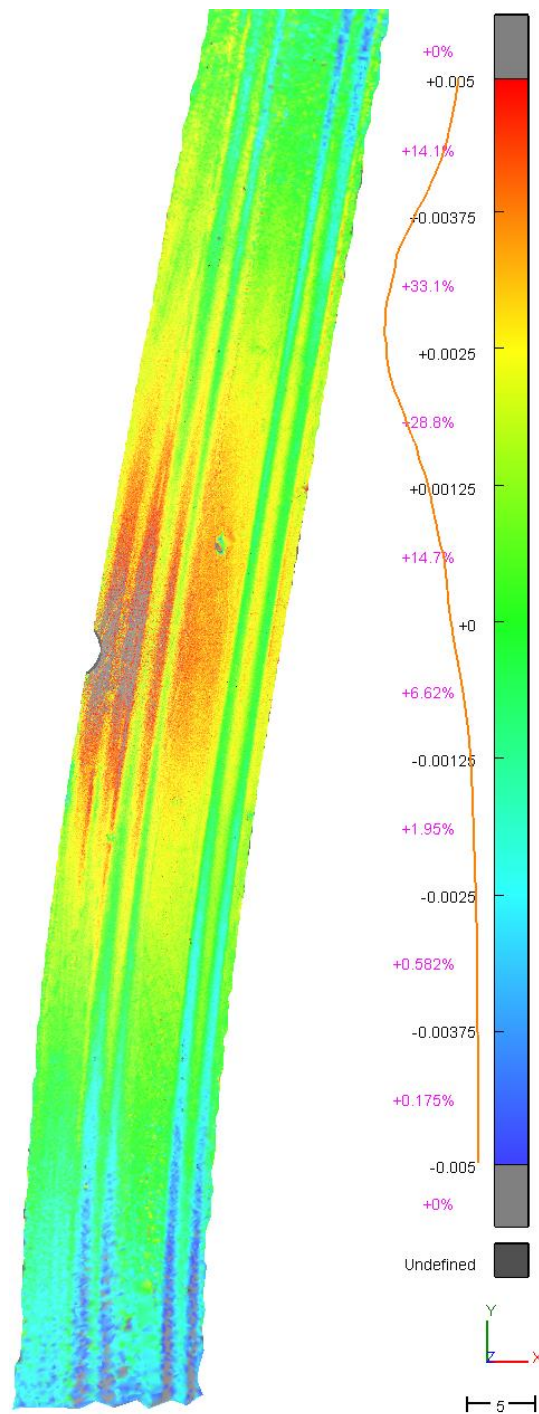


Männiku tee			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähiste kõrgus 2018 [m]
	L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016	
Nr	E	N	H	H	H	H	mm	mm	mm	
t1	540766.183	6581714.965	41,393	41,394	41,393	41,395	1,3	-0,8	1,6	0,2
t2	540776.170	6581796.000	40,669	40,669	leidmata	40,669	0,1	x	x	0,2
t3	540797.578	6581793.728	41,060	41,060	41,059	41,061	0,3	-0,9	1,9	0,2
t4	540789.047	6581712.982	41,335	41,335	41,334	41,333	0,4	-0,9	-1,2	0,2
s1	540773.169	6581756.108	41,177	41,177	41,176	41,177	0,1	-0,8	0,4	
PP10827	540770.666	6581761.619	40,716	40,716	40,716	40,716				
SR2552	x	x	41,911	x	x	x				

Ristprofiili asukoht

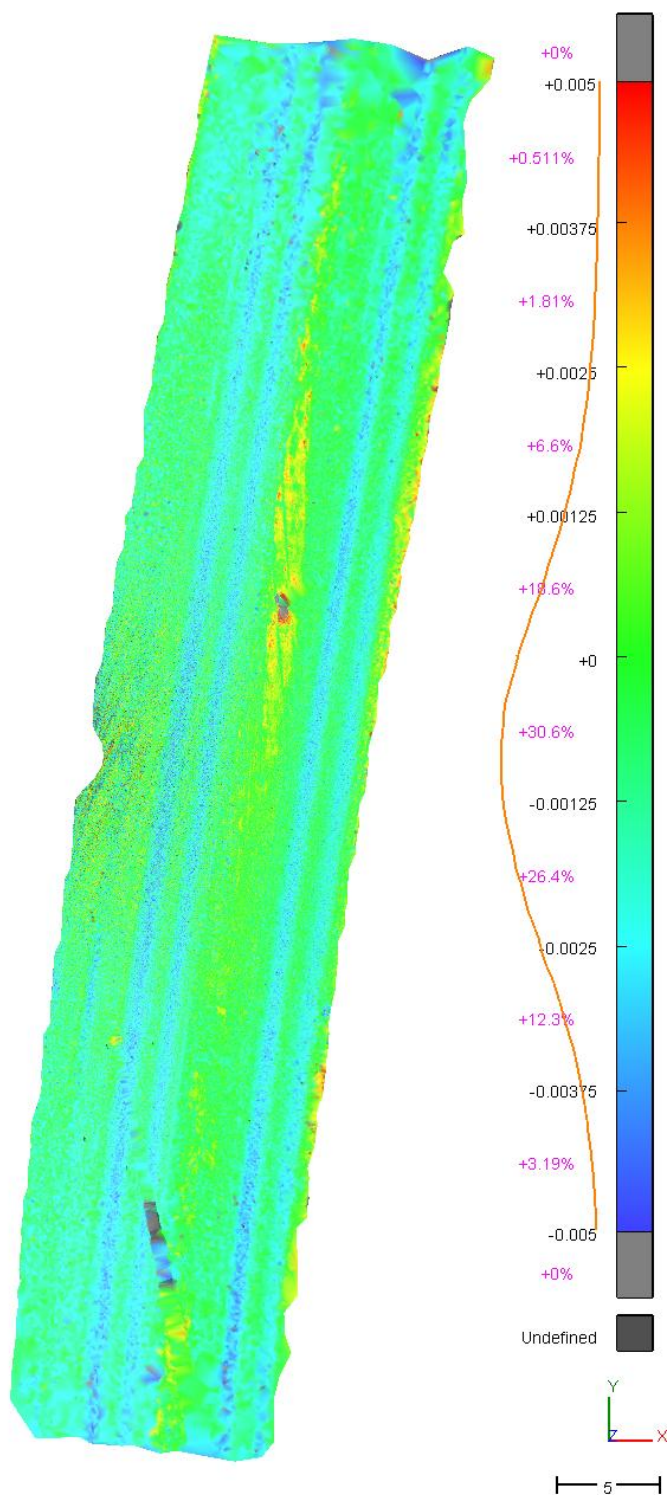


2014-2015



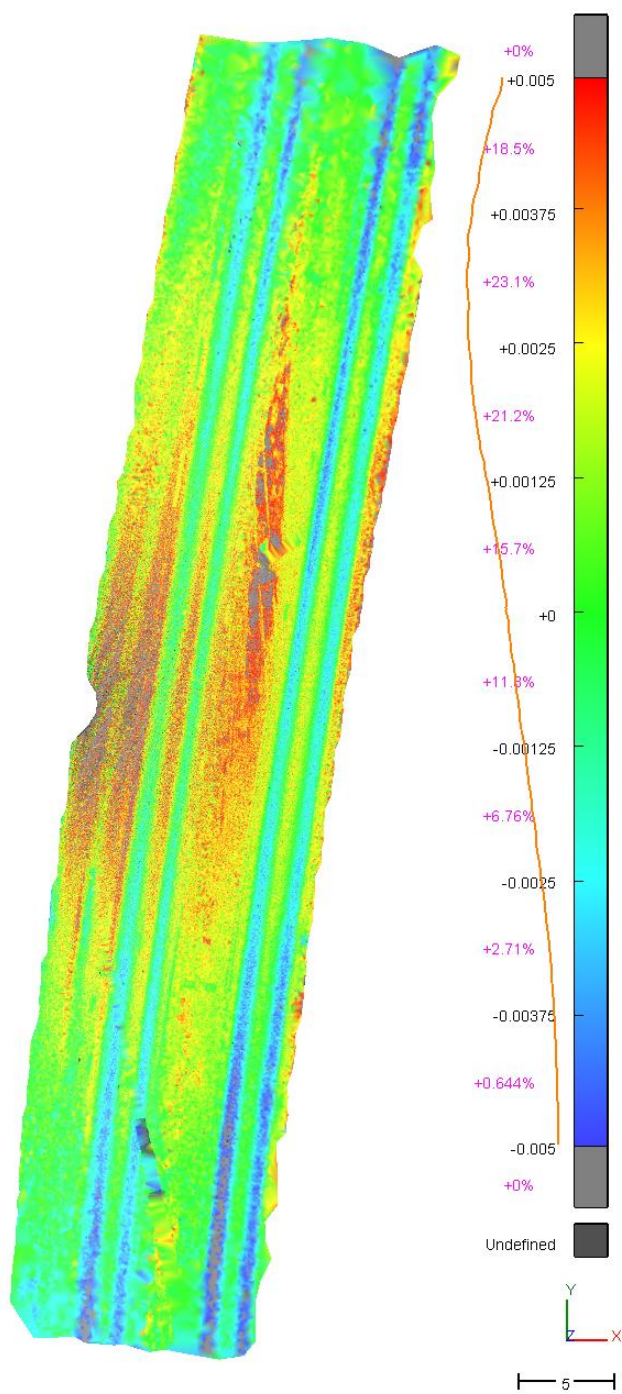
Männiku tee põhisuundadel on roobaste sügavus 2-3 mm

2015-2016



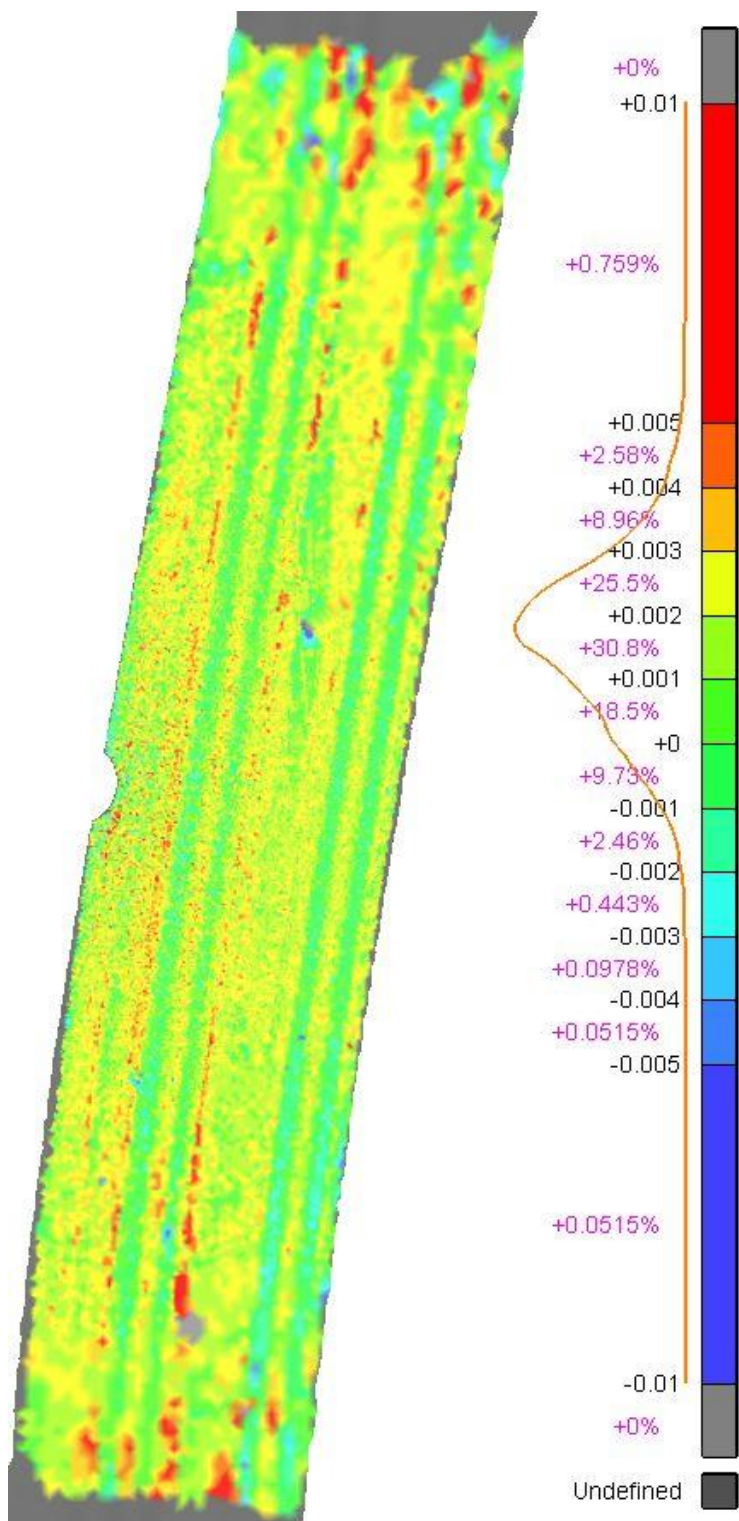
Roopad on suurenenud 1-2mm võrra.

2014-2016



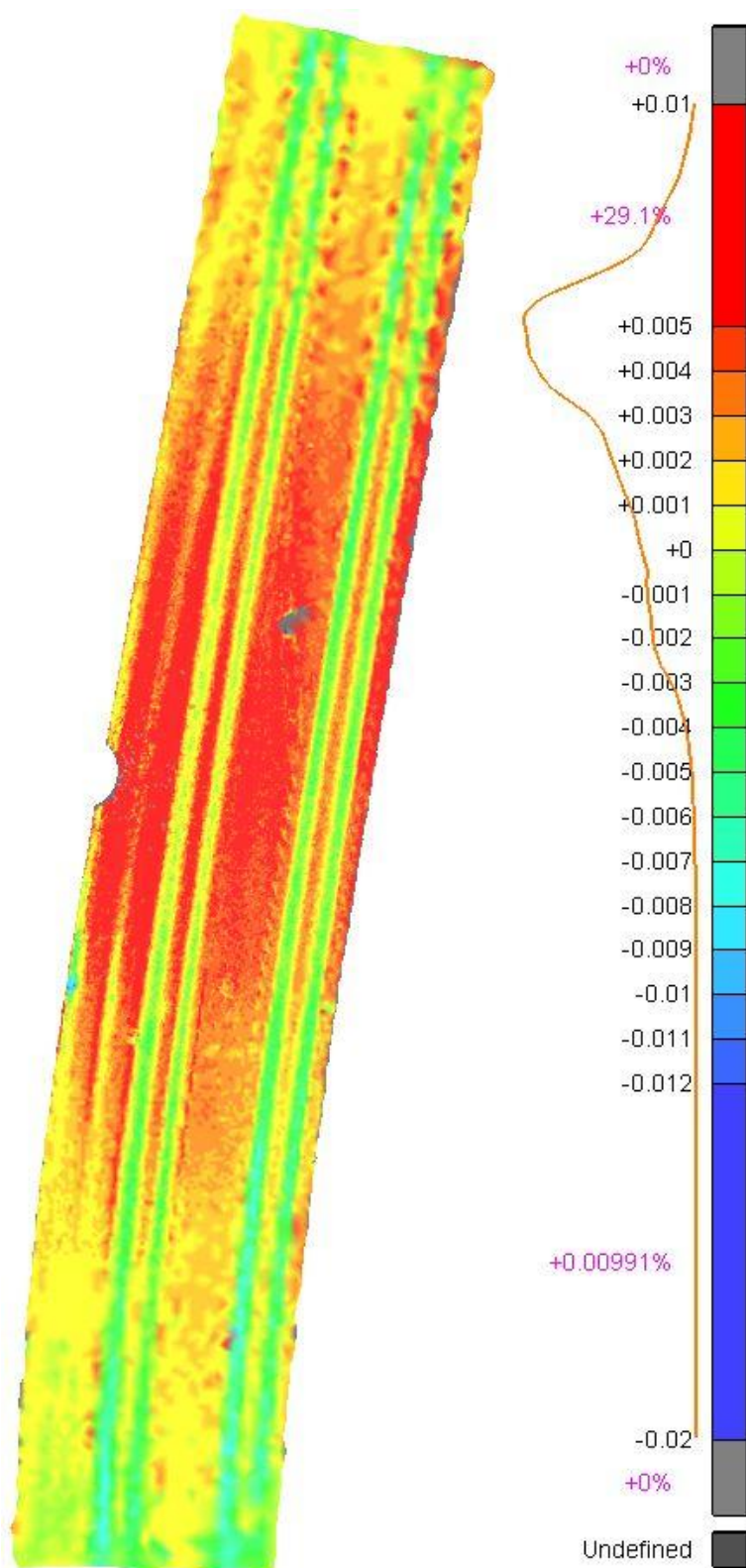
Roobaste sügavus on ca 3-4 mm.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 2-3 mm piires.

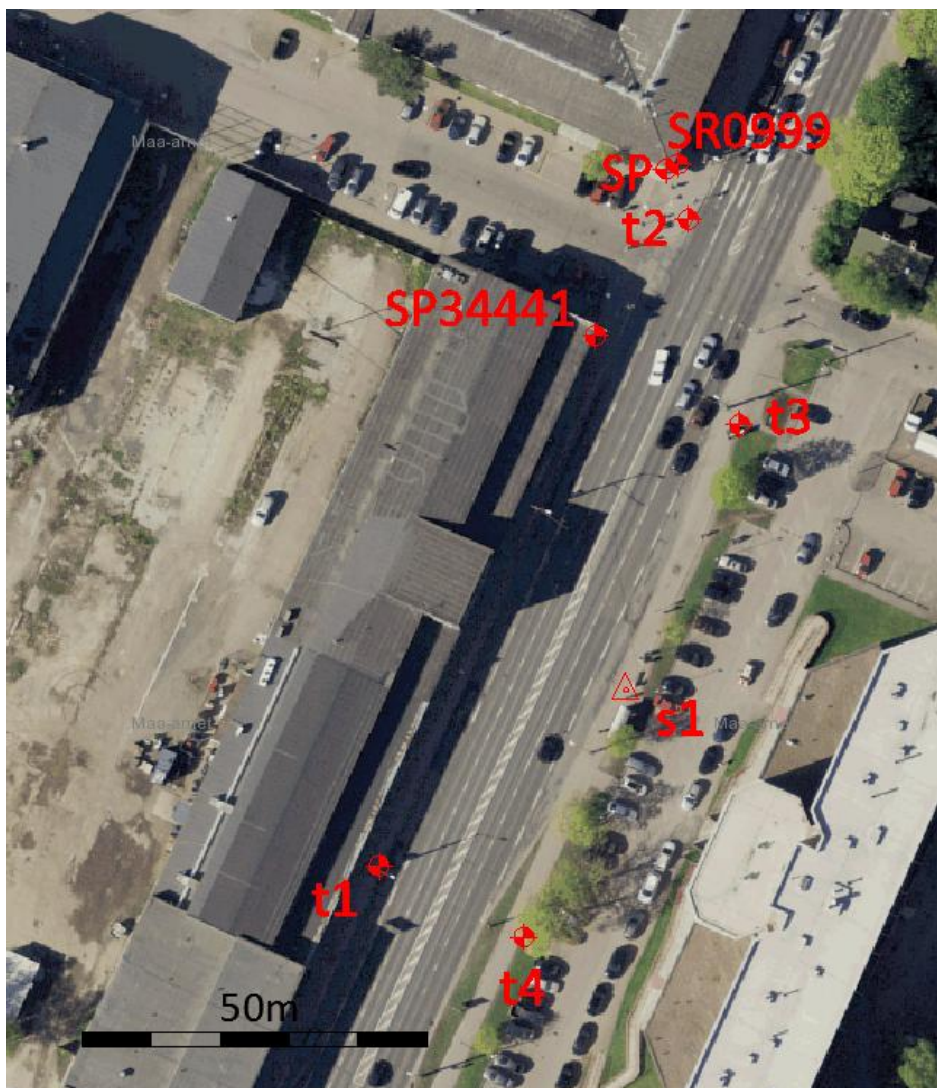
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Tegemist näikse olevat üldise tõusuga, mis võib tingitud olla asjaolust, et teelune pind käitub siiski veidi erinevalt kohtadest kuhu on paigutatud lähtereperid. Sellegi poolest on roobaste sügavus on ca 6-9 mm piires.

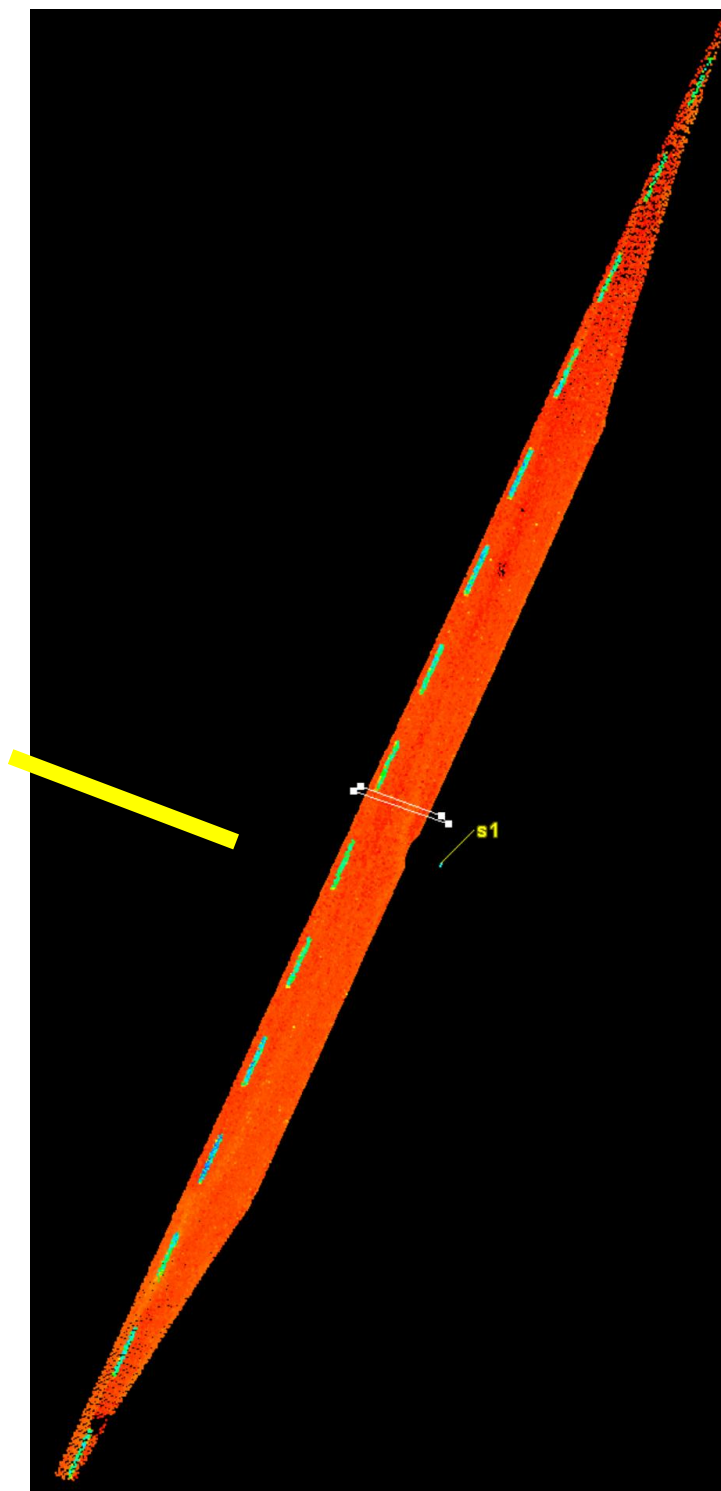
Lisa 1.6. Välja bussipeatuse laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

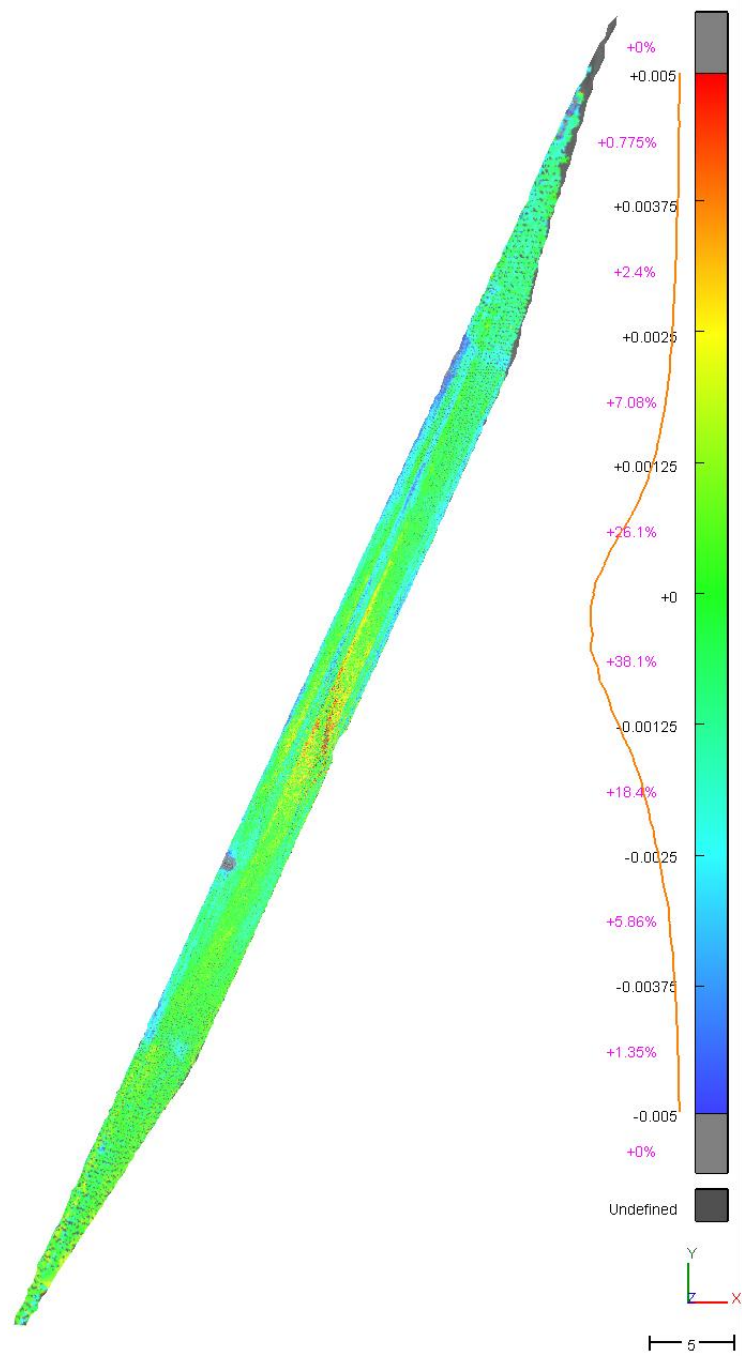


	Välja bussipeatus			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähiste kõrgus 2018 [m]
	Nr	E	N	2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016	
	L-EST97 (tahhümeetria)			H	H	H	H	mm	mm	mm	
	t1*	539755.628	6587660.025	5,15	5,151	5,149	5,152	0,9	-1,9	3,3	0,2
Baasi algpunkt (ühtlasi PP12303)	t2	539800.402	6587753.767	5,308	5,308	5,307	hävinud	0,0	-0,6	x	0,2
	uus t2	?	?	asetatud hävinud lähedusse			5,261			x	x
	t3	539807.818	6587724.034	5,409	5,407	5,406	hävinud	-1,8	-1,5	x	0,2
	t4	539776.632	6587649.772	5,212	5,210	5,209	5,210	-1,6	-1,5	1,2	0,2
	s1*	539791.436	6587685.592	5,277	5,276	hävinud	hävinud	-0,8	x		
uus 2016	s1	?	?	x	x	5,273	5,273			0,0	
Lähtereeper	SR0999	x	x	5,677	5,677	5,677	5,677	0,0	0,0	0,0	
Seina-	SP34441	x	x	6,274	6,273	6,274	6,274	-1,0	0,6	0,6	
polügonomeetria	SP	x	x	5,372	5,369	5,372	hävinud	-2,7	2,7	x	
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.											
2016 t1 löödud ca 1-2 mm allapoole; vana s1 hävinud, asendatud uuega											

Ristprofiili asukoht

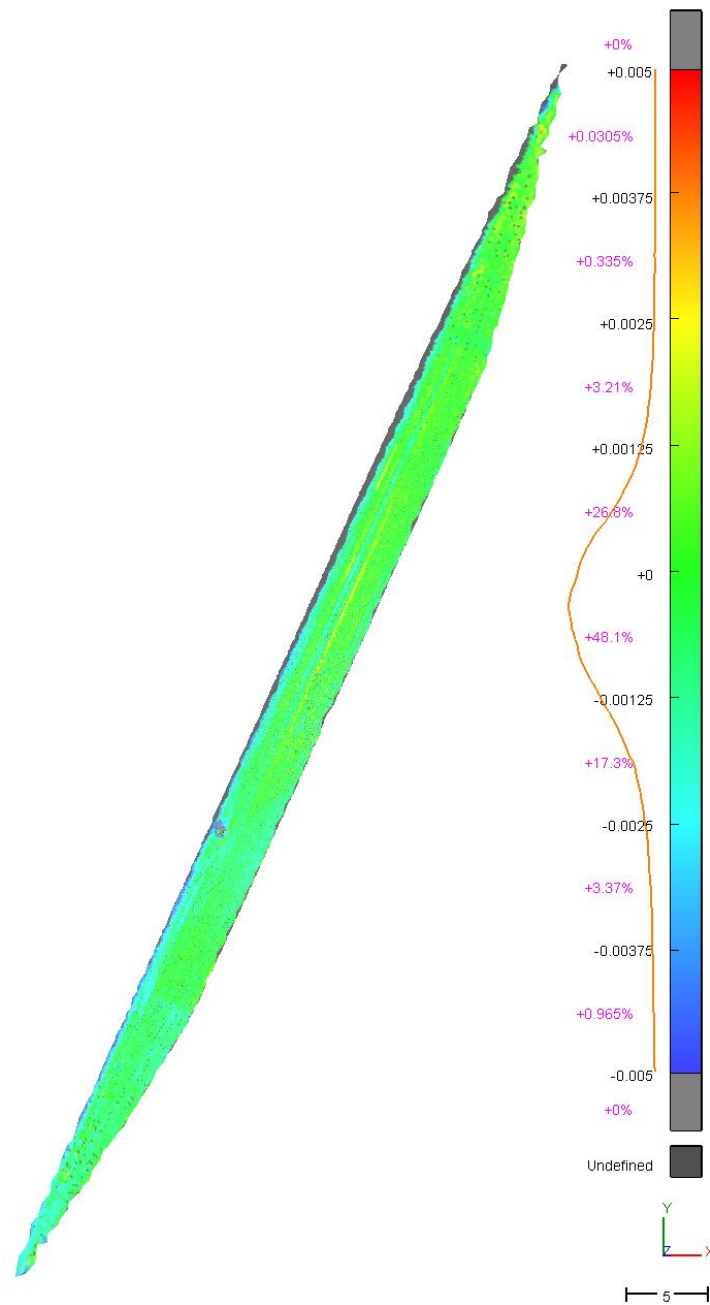


2014-2015



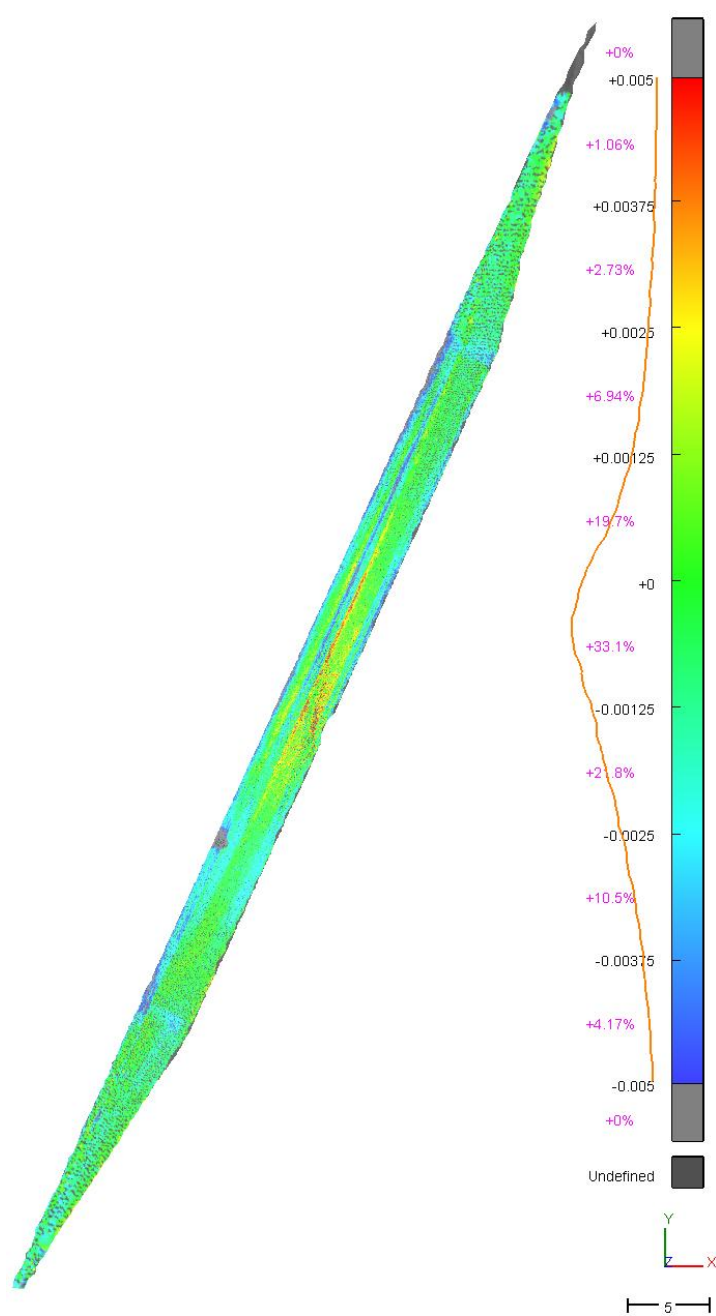
Roopa sügavused on 1 mm piires.

2015-2016



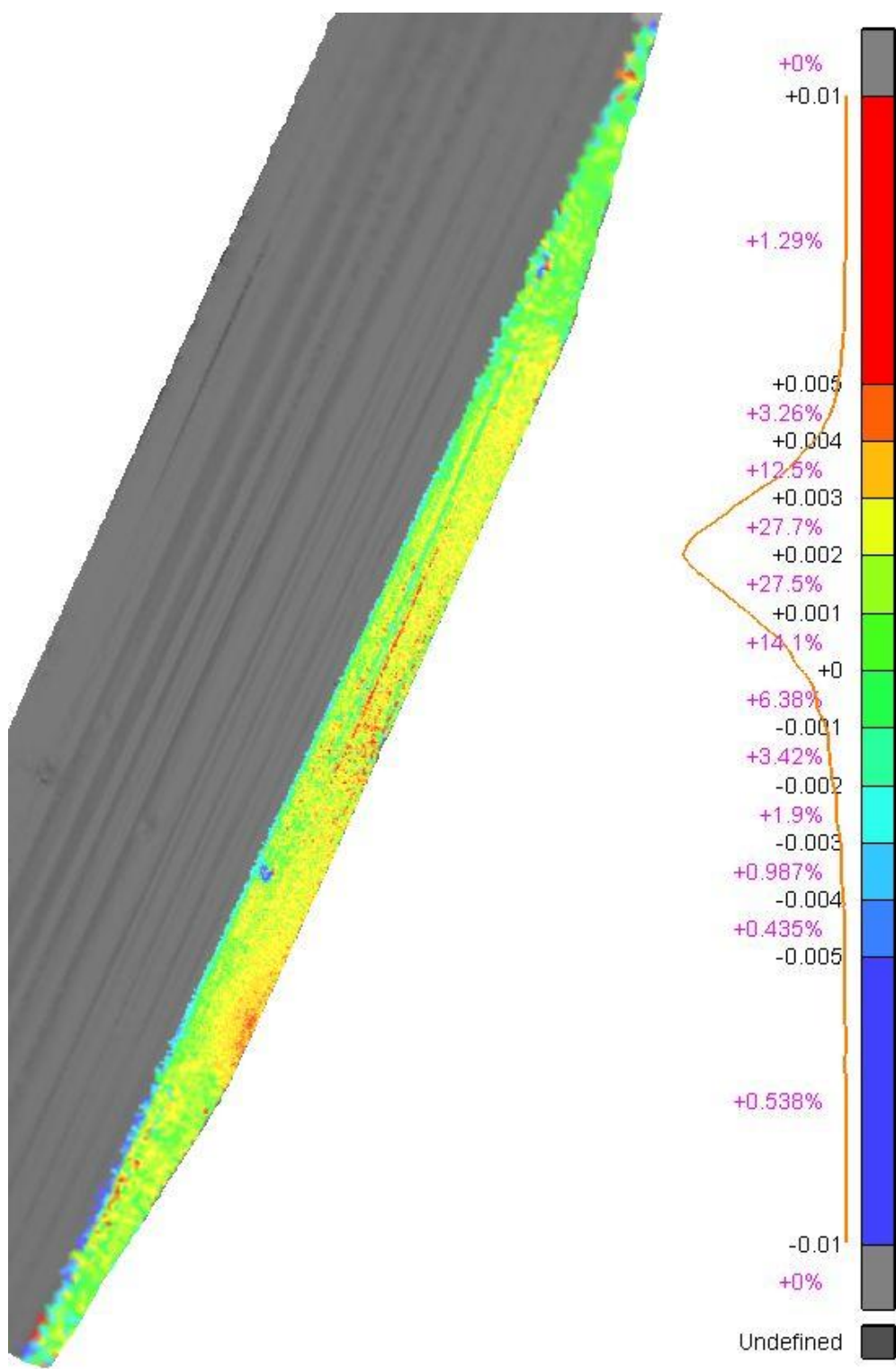
Olulist vajumist pole märgata, vähem kui 1mm.

2014-2016



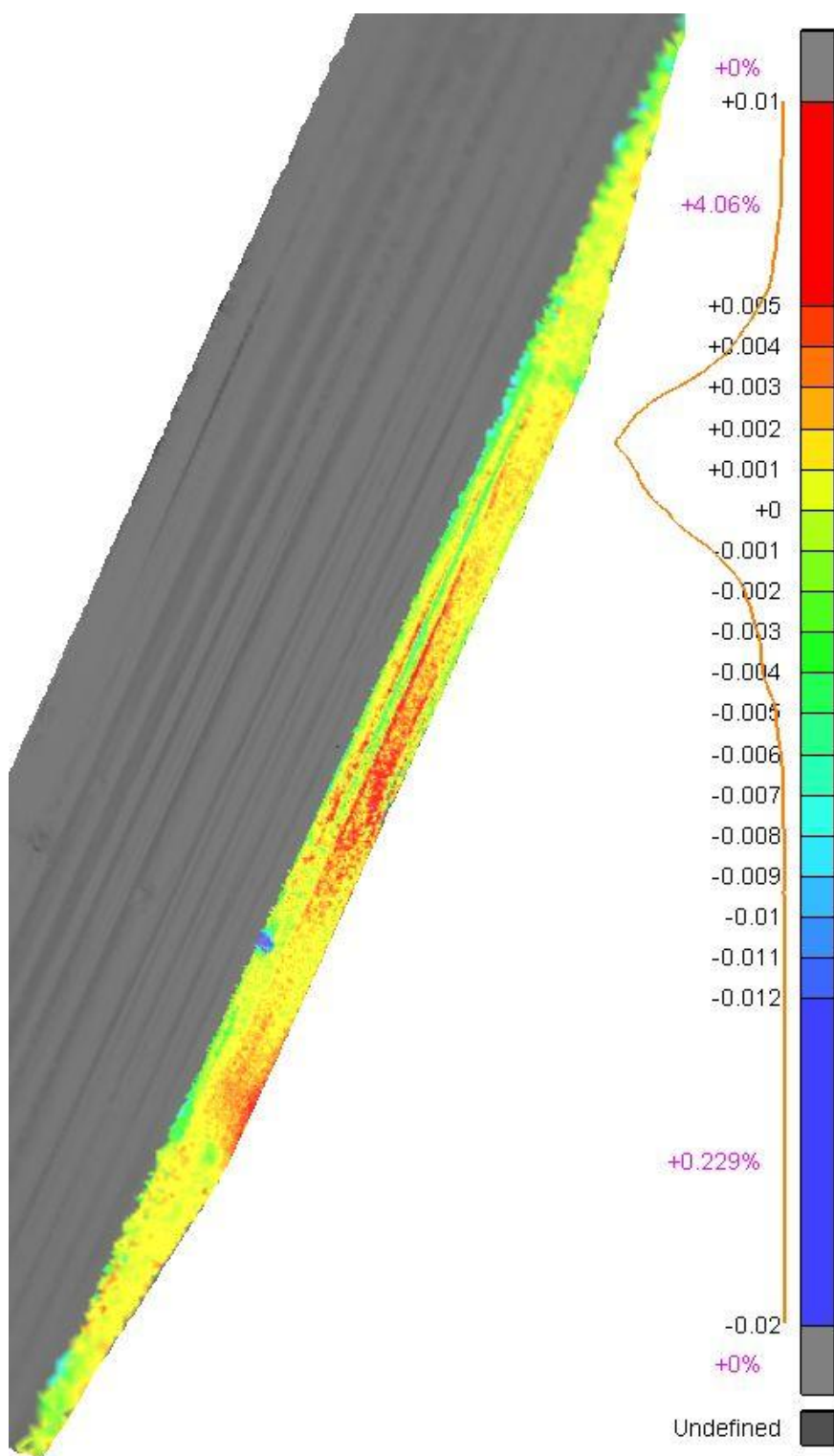
Roopa sügavused praktiliselt 1 mm piires.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on keskel ja põhjapoolses otsas (väljasõit linna keskuse poole) roopad süvendunud ca 1-3 mm piires. Lõunapoolses otsas ei ole olulist süvenemist märgata.

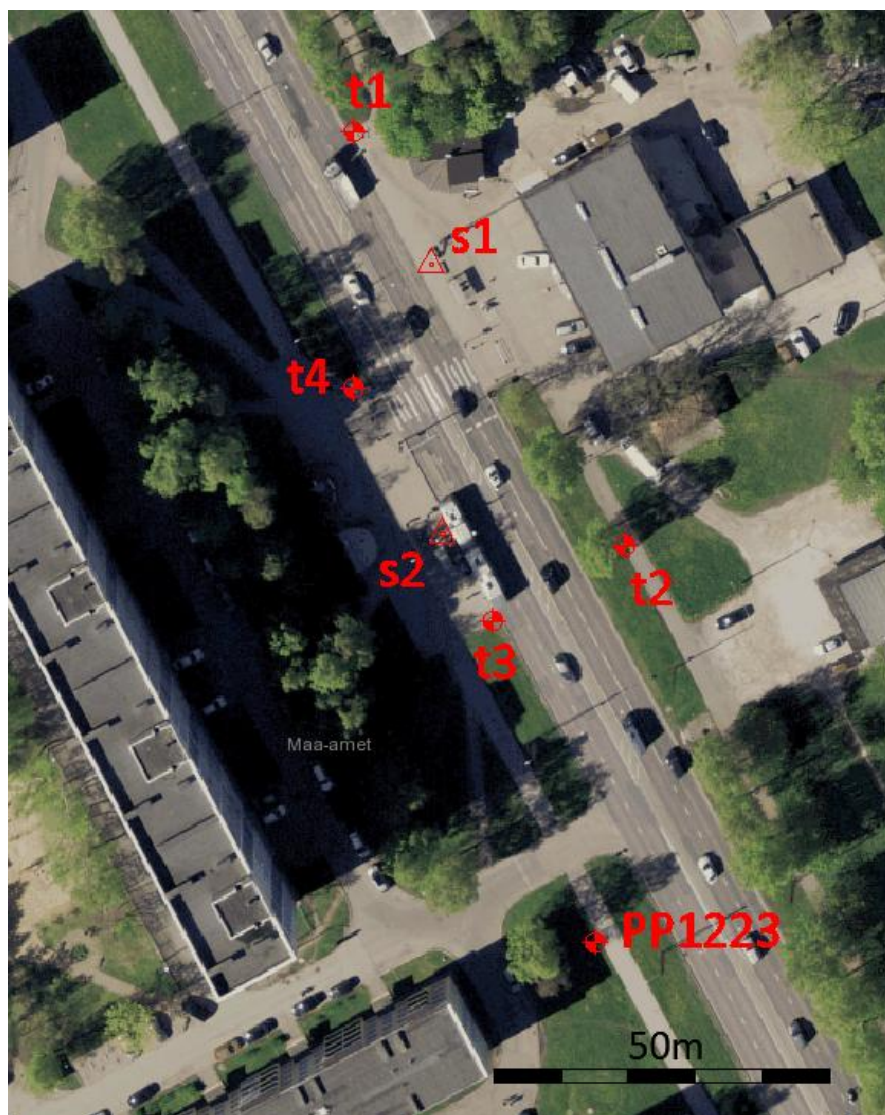
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Roobaste sügavus on bussipeatuse välja- ja sissesõidu aladel ca 1-2 mm piires, keskel aga ca 5-7 mm.

Lisa 1.7. Nisu bussipeatuse laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.



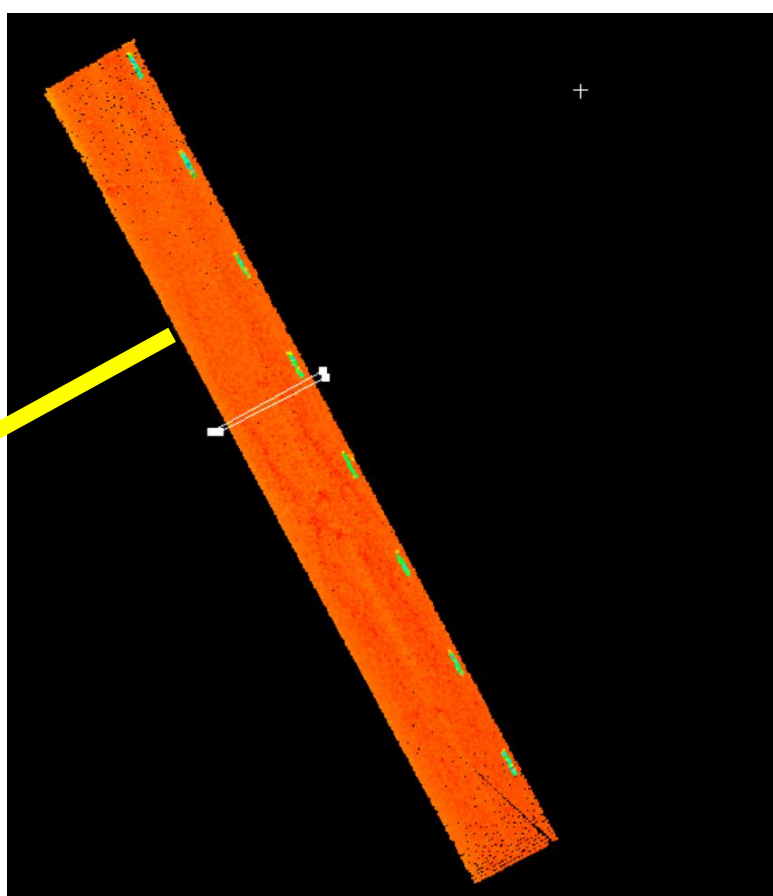
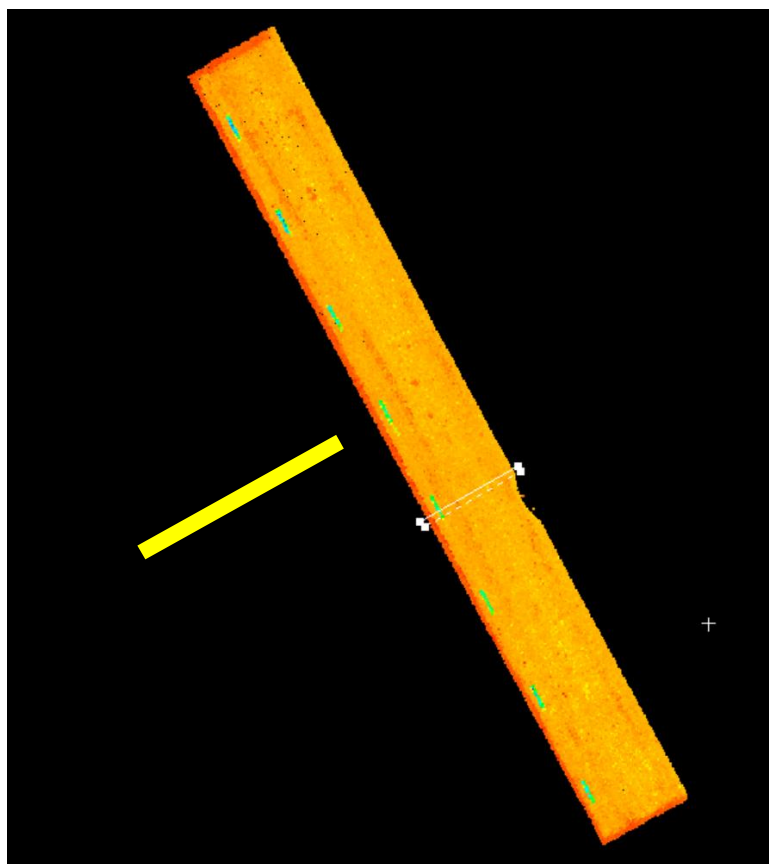
Nisu bussipeatused			BK77 (nivelleeritud)				Erinevused			Tähiste kõrgus 2018 [m]
Nr	L-EST97 (tahhümeetria)		2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016	
	E	N	H	H		H	mm	mm	mm	
t1	539951.069	6589707.482	6,315	6,316	6,322	6,325	0,8	5,7	2,9	0,2
t2	539991.469	6589645.681	6,29	6,290	6,293	6,289	0,3	2,3	-3,8	0,2
t3	539971.768	6589634.366	6,158	6,157	6,160	6,160	-0,6	2,1	0,0	0,2
t4	539950.952	6589669.213	6,366	6,366	6,364	6,363	0,0	-1,7	-1,5	0,2
s1	539962.604	6589687.635	6,385	6,384	6,384	6,386	-0,6	-0,3	2,0	
s2	539964.293	6589647.350	6,263	6,262	6,262	6,263	-0,7	0,1	0,2	
PP1223	x	x	5,681	5,681	5,681	5,681	0,0	0,0	0,0	
PP1224	x	x	6,145	6,145	mõõtmata	mõõtmata	0,5	x	x	

Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid. Antud juhul baas oli t4 ja esialgse t3 (hävinenud) vahel!

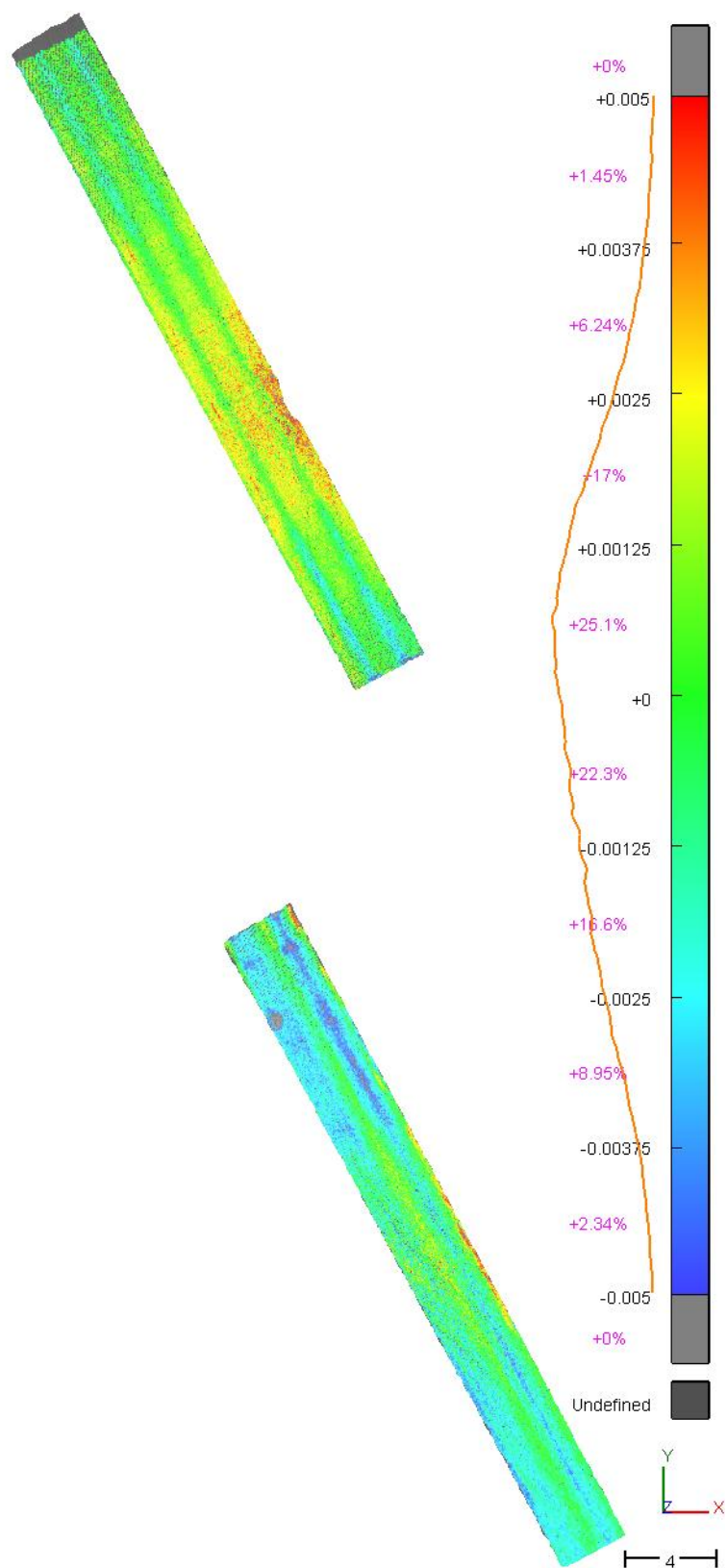
* Skaneerimisel oli tähise nimetuseks t5, et aga algne t3 on juba hävinud, siis nimetati see ümber t3-ks.

** 2016 t4 hävinenud, asetatud uus nael.

Ristprofiilide asukohad

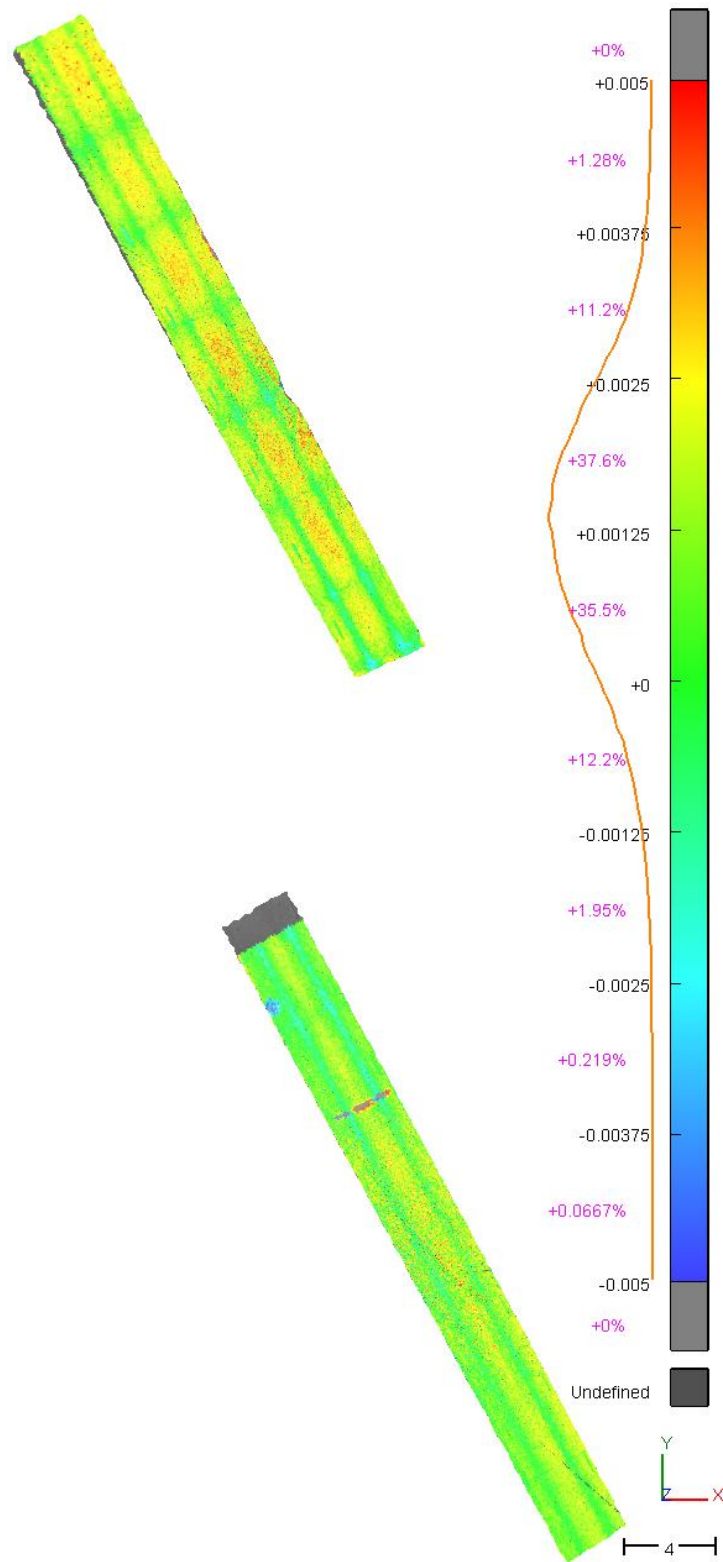


2014-2015



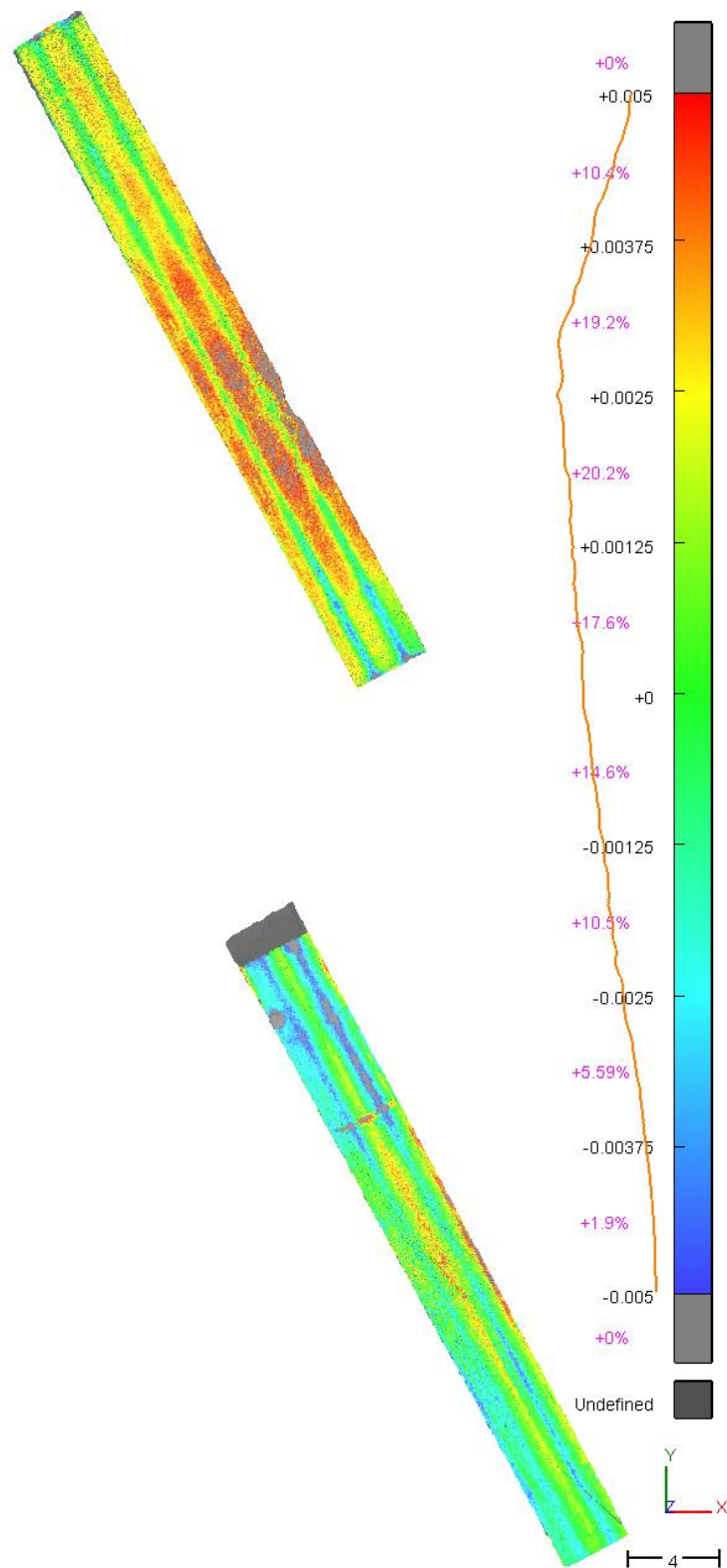
Nisu bussipeatuses on roobaste sügavus 1-2 mm.

2015-2016



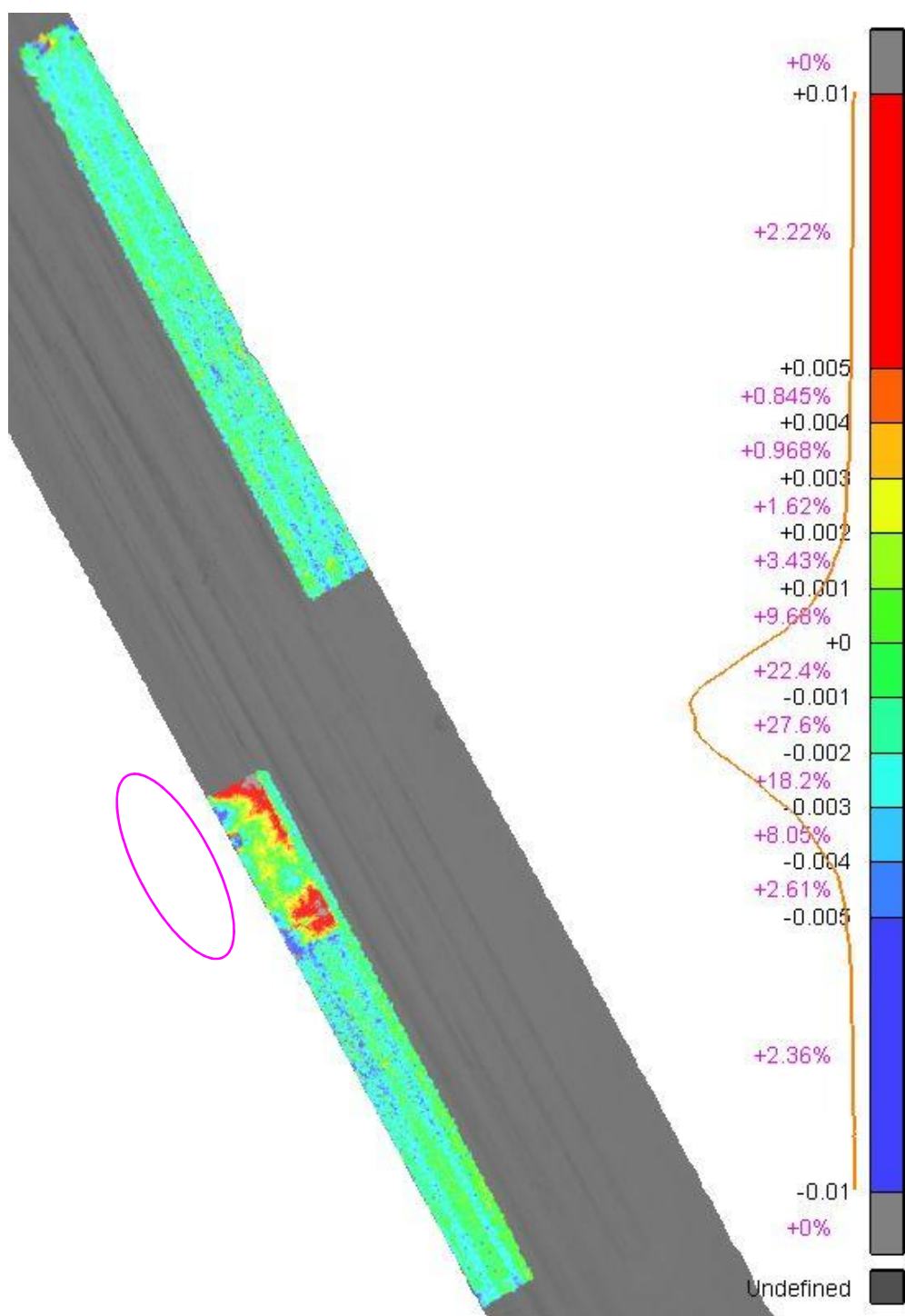
Roopa sügavus on suurenenud 1 mm võrra.

2014-2016



Roopa sügavused on reeglina 3mm piires.

2016-2018

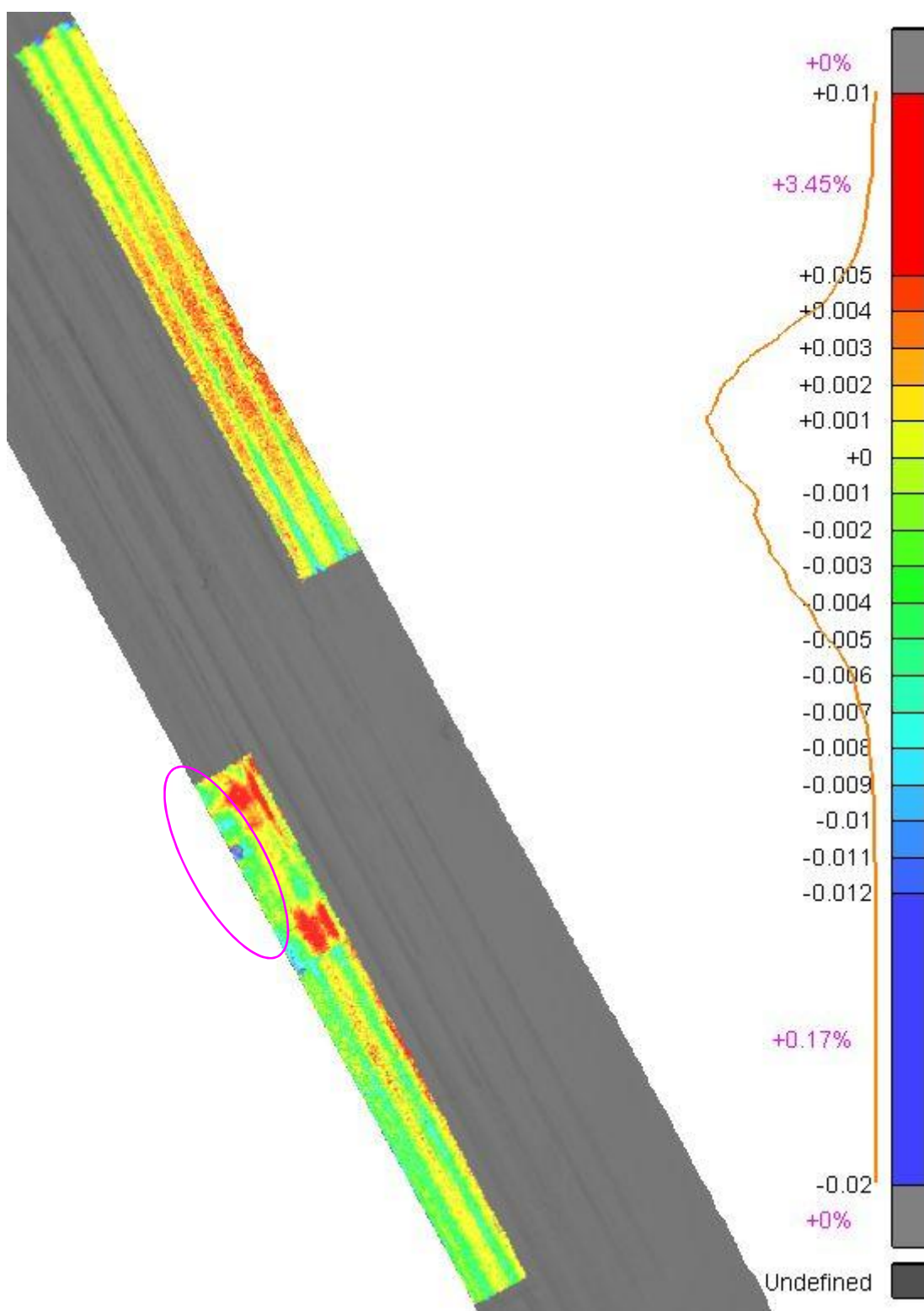


Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 1-2 mm piires. Sõõriga on esile tõstetud linna keskusesse suunduv busipeatus ajavahemikus 2016-2018 tekkinud lokaalsed deformatsioonid, sh. tõus (vt foto 1.7.1).



Foto 1.7.1 Vaade Sõle bussipeatuse kesklinna suuna katendile. On tuvastatav bussipeatuse keskme poole jääv vuugivahe, ning äärekivi lähedases servas katendi kulumine (vt võrdlusjoonist, sööri alumine osa), küll aga visuaalsel vaatlusel tõusudeformatsioonid (suurusjärgus 5...10 mm) ei ole tuvastatavad. Ilmselt on tegemist masside ümberpaiknemisega katendialuses kihis.

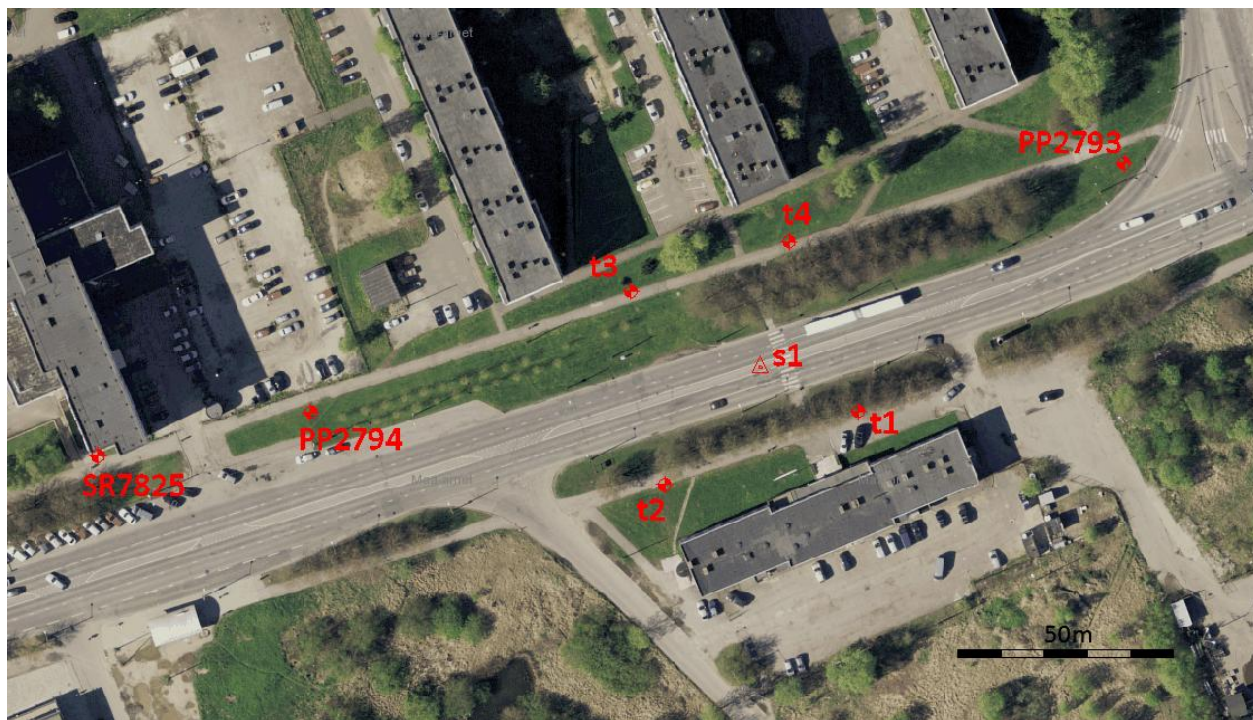
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Kopli suunal on roobaste sügavus ca 3-4 mm piires, linna keskusesse suunduval suunal aga ca 5-6 mm. Sõõriga on esile tõstetud linna keskusesse suunduvas bussipeatuses ajavahemikus 2016-2018 tekkinud lokaalsed deformatsioonid (vt foto 1.7.1).

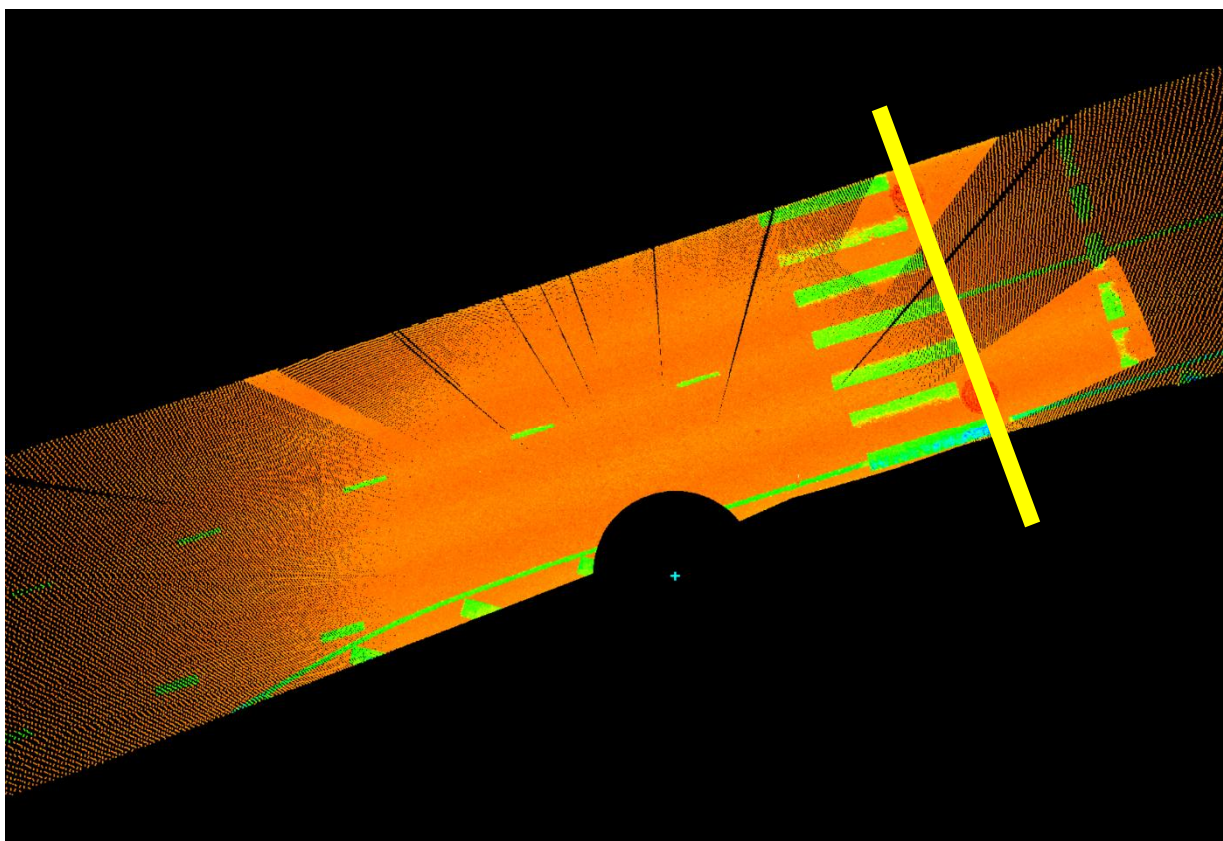
Lisa 1.8. Punase tänava kaevude laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

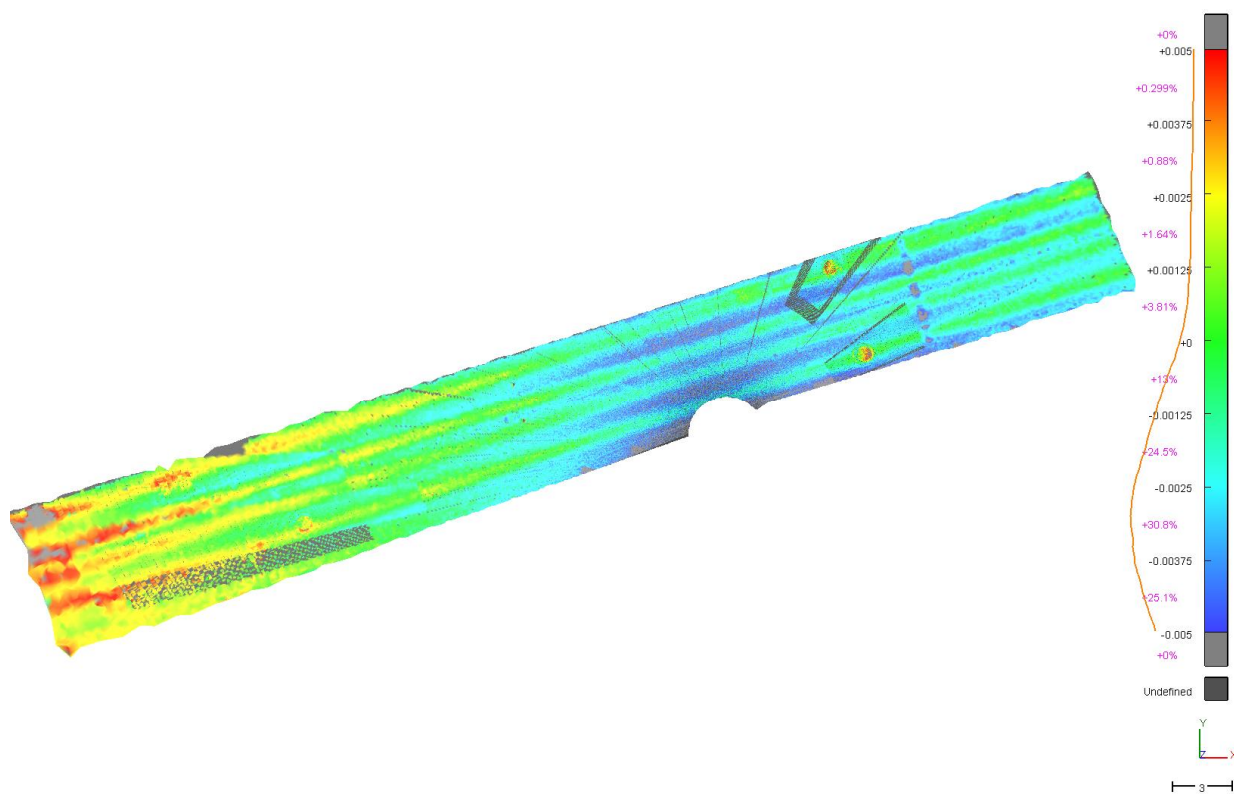


Punane tn kaevud		BK77 (nivelleeritud)					Erinevused			Tähiste kõrgus 2018 [m]
	L-EST97 (tahhümeetria)	2014	2015	2016	2018	2015-2014	2016-2015	2018-2016		
Nr	E	N	H	H	H	H	mm	mm	mm	
t1	548262.311	6589077.678	41,988	41,989	41,987	41,986	0,7	-1,7	-1,1	0,2
t2	548217.604	6589060.774	42,030	42,028	42,027	hävinud	-2,0	-1,3	x	0,2
t3	548209.796	6589105.468	41,894	41,892	41,891	41,890	-2,1	-0,5	-1,2	0,2
t4	548246.309	6589116.995	41,902	41,902	41,904	41,903	0,1	1,8	-1,1	0,2
s1	548239.722	6589087.938	41,718	41,719	41,718	41,720	0,8	-0,4	1,5	
PP2793	548323.709	6589135.074	41,256	41,256	41,256	41,256	0,0	0,0	-0,1	
PP2794	x	x	42,038	42,037	42,037	42,037	-0,6	0,0	-0,4	
SR7825	x	x	43,086	-	-					
Kaev 1	x	x	41,530	41,525	41,507	41,507	-5,4	-17,1	-0,6	
Kaev 2	x	x	41,652	41,648	41,633	41,624	-4,4	-14,5	-9,2	
Kaev 3	x	x	41,780	41,783	41,779	41,776	3,3	-4,4	-2,4	
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.										
Kaev 1	kaev ülekäigurajal, teeservas									
Kaev 2	kaev ülekäigurajal ohutussaare ligiduse									
Kaev 3	kaev teisel sõidurajal, ohutusribast ca 10 m polikliiniku poole									

Ristprofili asukoht

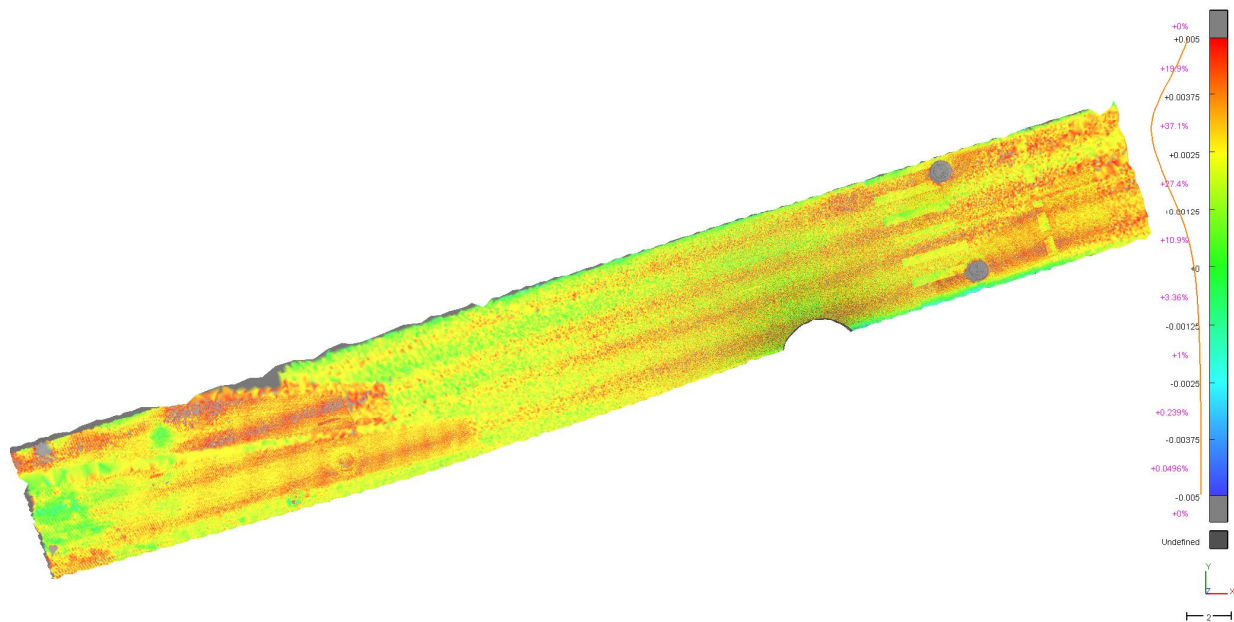


2015-2014

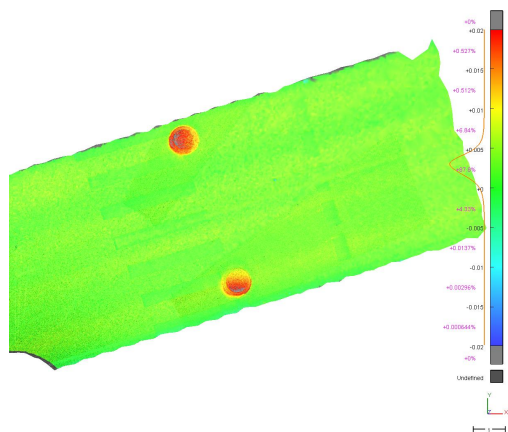


Teekatendis on 3 mm roopad. Kaevud vajunud ca 4 mm

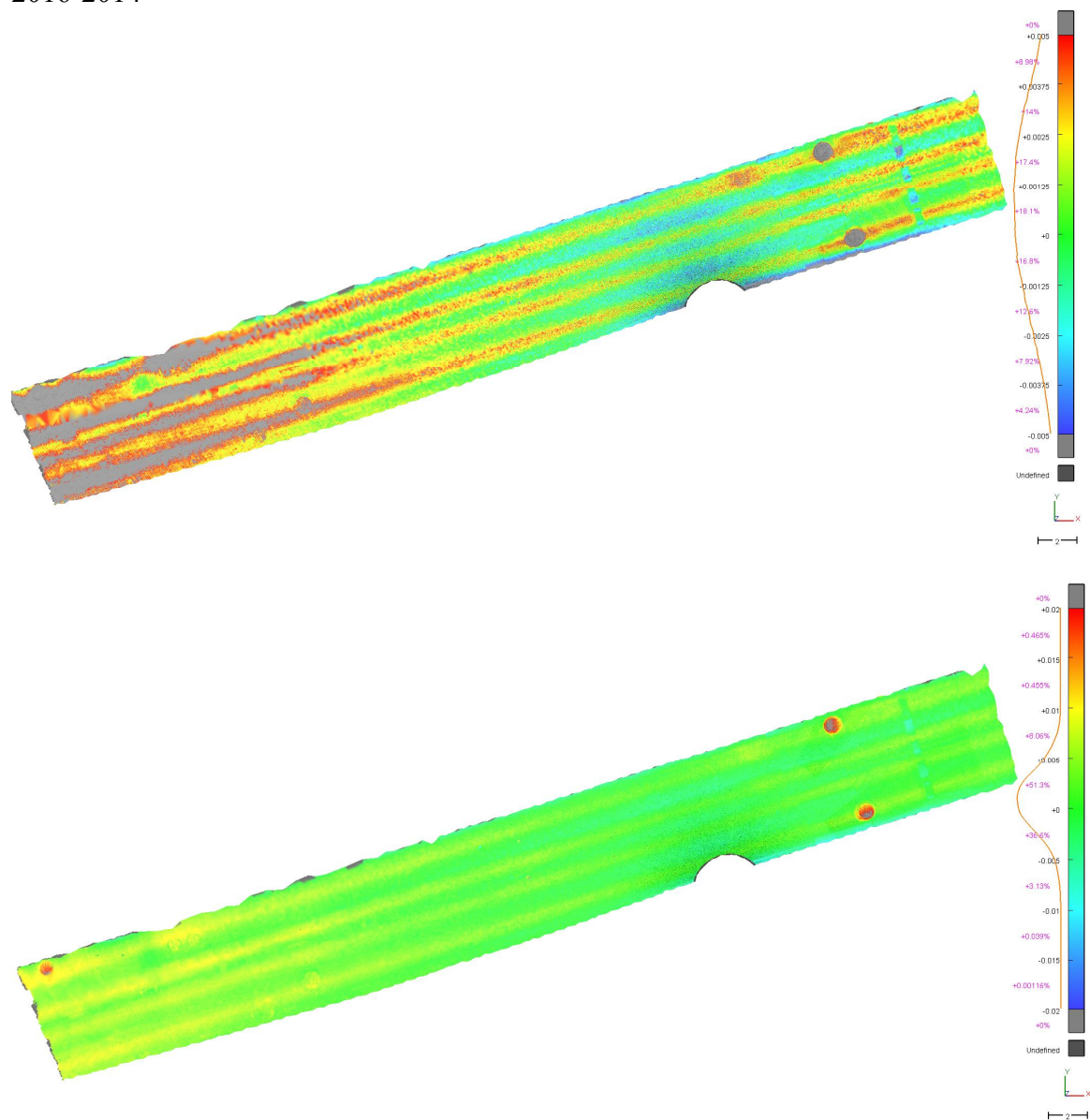
2016-2015



Roopad on suurenenud 1-2mm võrra. Teekatte vajumist kaevude ümbruses pole märgata. Ülekäiguraja juures olevad kaevud on vajunud üle 15mm.

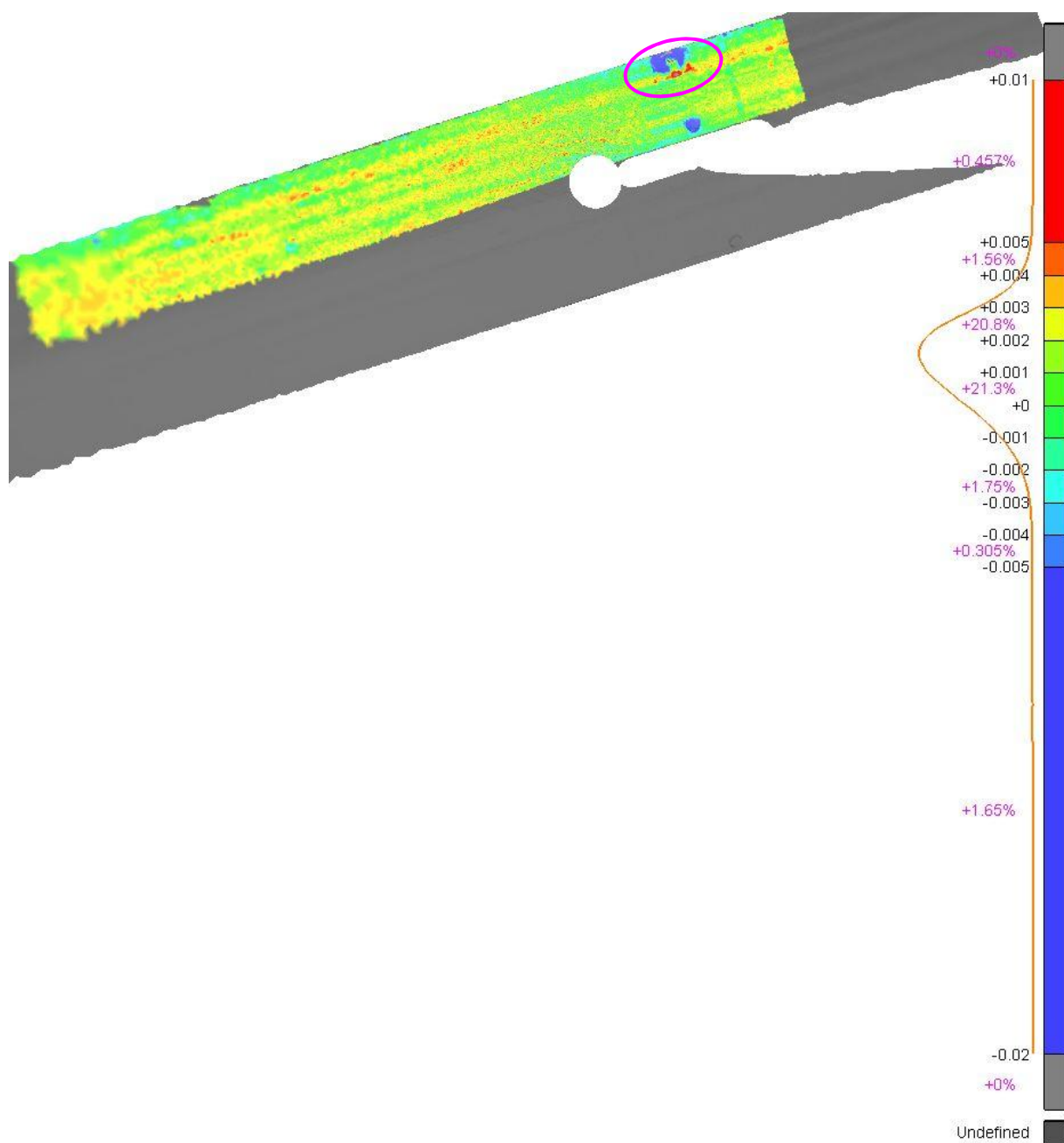


2016-2014



Roobaste sügavus kuni 4 mm. Kaevud on vajunud ca 20 mm. Kaevude ümbruses teekatke vajumist pole märgata.

2016-2018

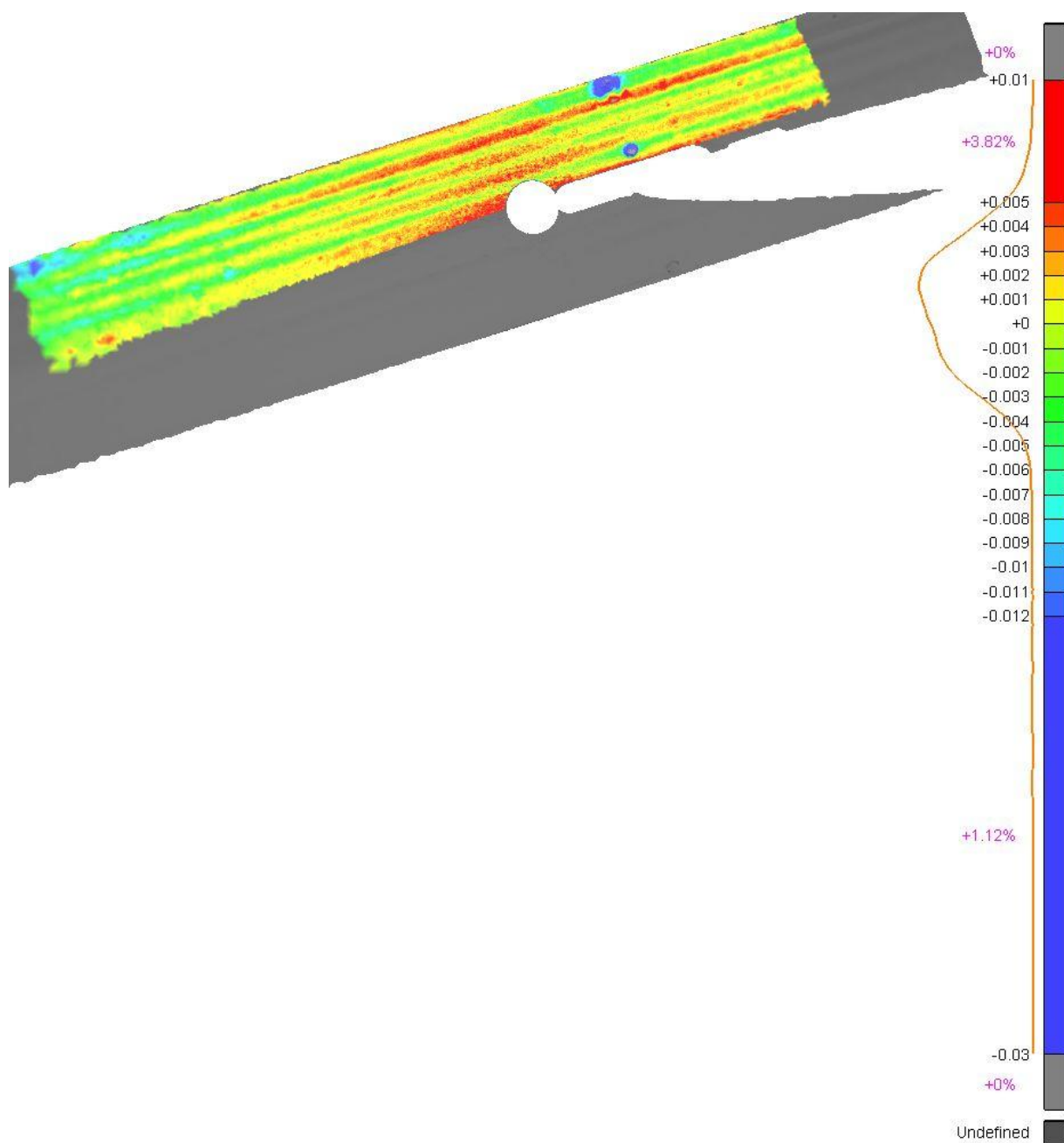


Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 2-3 mm piires. Ohutussaare läheduses olev umbkaev on vajunud ca 2 cm (seda kinnitab ka nivelleerimise tulemus). Sõõriga esile tõstetud kaevukaan on 2016. aastaga võrreldes samal kõrgusel, küll aga teda ümbritsev uus asfaltkatend on (vt foto 1.8.1) roopas ca 1 cm madalam kui eelnevates tsüklites.



Foto 1.8.1 Vaade Lasnamäe suunale

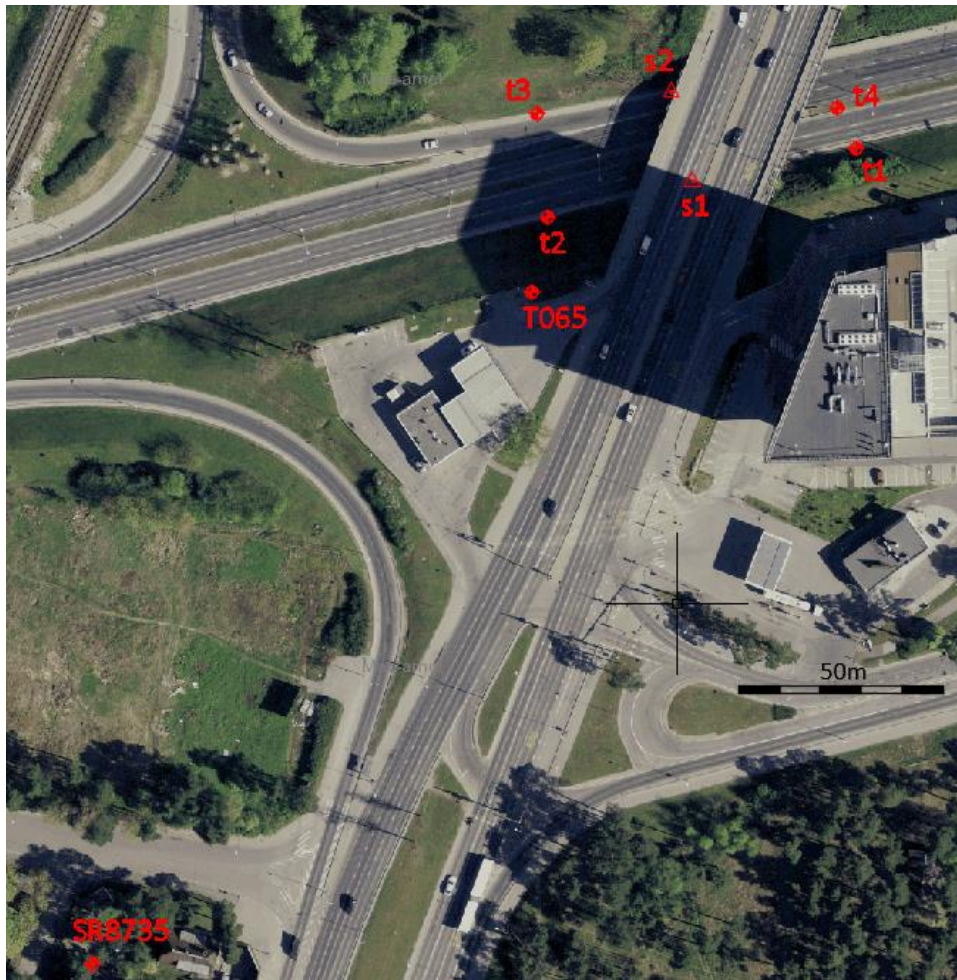
Roobaste kogusügavus (alates 2014)



Roobaste sügavus on ca 5-7 mm piires. Ohutussaare läheduses olev umbkaev on vajunud ca 3,5 cm. Restkaev ja selle ümbruses olev praegune uus asfaltkatend (vt PILT 3) on 2014. aasta teekatendiga võrreldes ca 3 cm madalamal.

Lisa 1.9. Tammsaare tee ja Pärnu mnt ristumise alumise tasandi laserskaneerimise tulemused

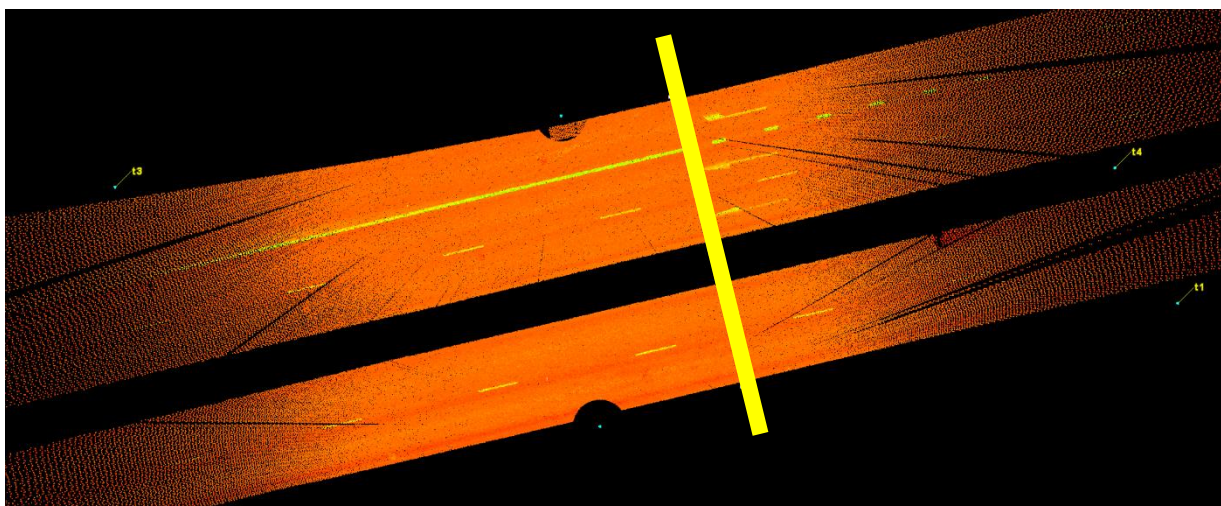
Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.



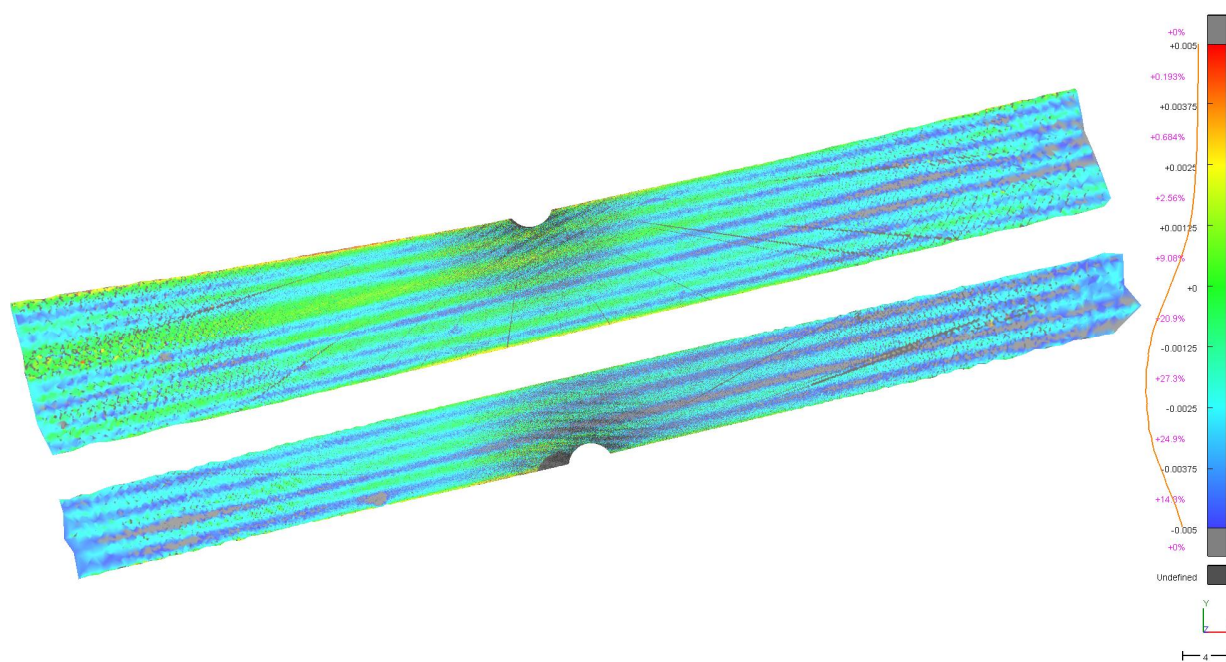
Kindelpunktide nivelleerimisel kasutatud lähtepunktide SR8735 ja T065 paiknemine, abriiss ning tsentritüüp on kirjeldatud Maa-ameti geodeetiliste punktide andmebaasis.

Tammsaare ja Pärnu mnt rist			BK77 (nivelleeritud)			Erinevused		Tähiste kõrgus 2018 [m]
L-EST97 (tahhümeetria)			2015	2016	2018	2016-2015	2018-2016	
Nr	E	N	H	H	H	mm	mm	
t1*	541487.584	6585238.415	28,871	28,871	28,871	0	0,0	0,2
t2	541412.149	6585221.622	27,983	27,982	27,982	-1,2	0,7	0,2
t3	541409.560	6585246.931	27,852	27,852	27,852	0,4	-0,2	0,2
t4	541482.962	6585248.340	28,717	28,717	28,716	0,3	-1,5	0,2
s1	541447.690	6585230.330	28,127	hävinud	hävinud			
s2	541442.520	6585252.200	28.049	hävinud	hävinud			
T065	x	x	34,935	X	X			
SR8735	x	x	35.887					
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.								
* Lähteks 2016 ja 2018 nivelleerimisel.								

Ristprofiili asukoht

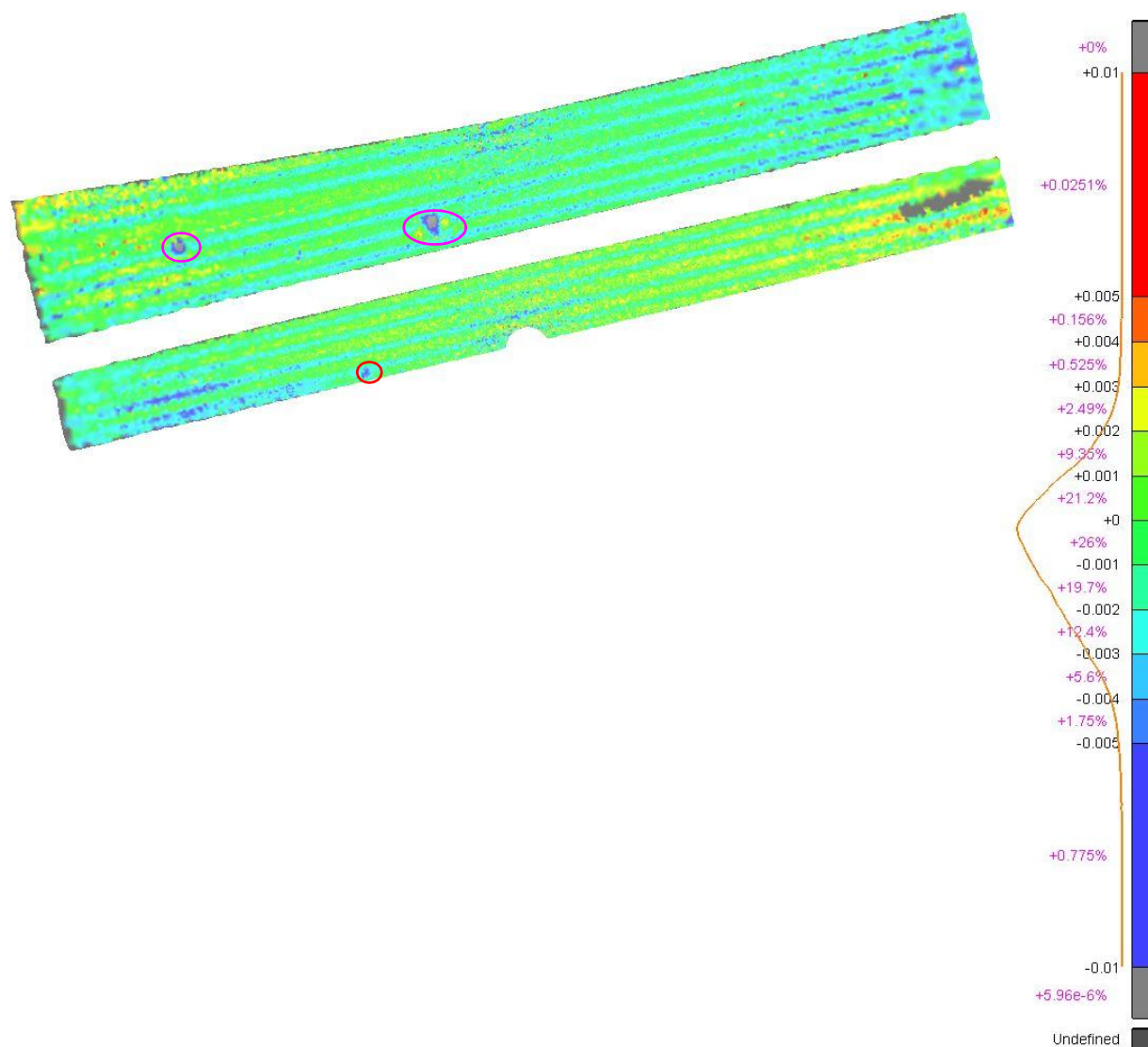


2015-2016



Kogu teepind on vajunud ca 2 mm. Roobaste sügavus on ca 3-5 mm.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 4-5 mm piires. Mustamäe suunal olevad kaevud on vajunud ning nende ümbrus on saanud uue asfaltkatendi (vt foto 1.9.1). Ülemiste sõõridega on esile tõstetud kaevude ümbruse katendiparandused (tekkinud ajavahemikus 2016-2018), alumine sõõr tähistab vajunud kaevu, vt foto 1.9.1. Ülemiste sõidusuuna katendi deformatsioonid avalduvad fotodel 1.9.2 ja 1.9.3



Foto 1.9.1 vaade viaduktilt Tondi suunas. Foto allosas kaev on vajunud, vastassõidusuunal on nähtavad kaevuümbruse katendiparandused.

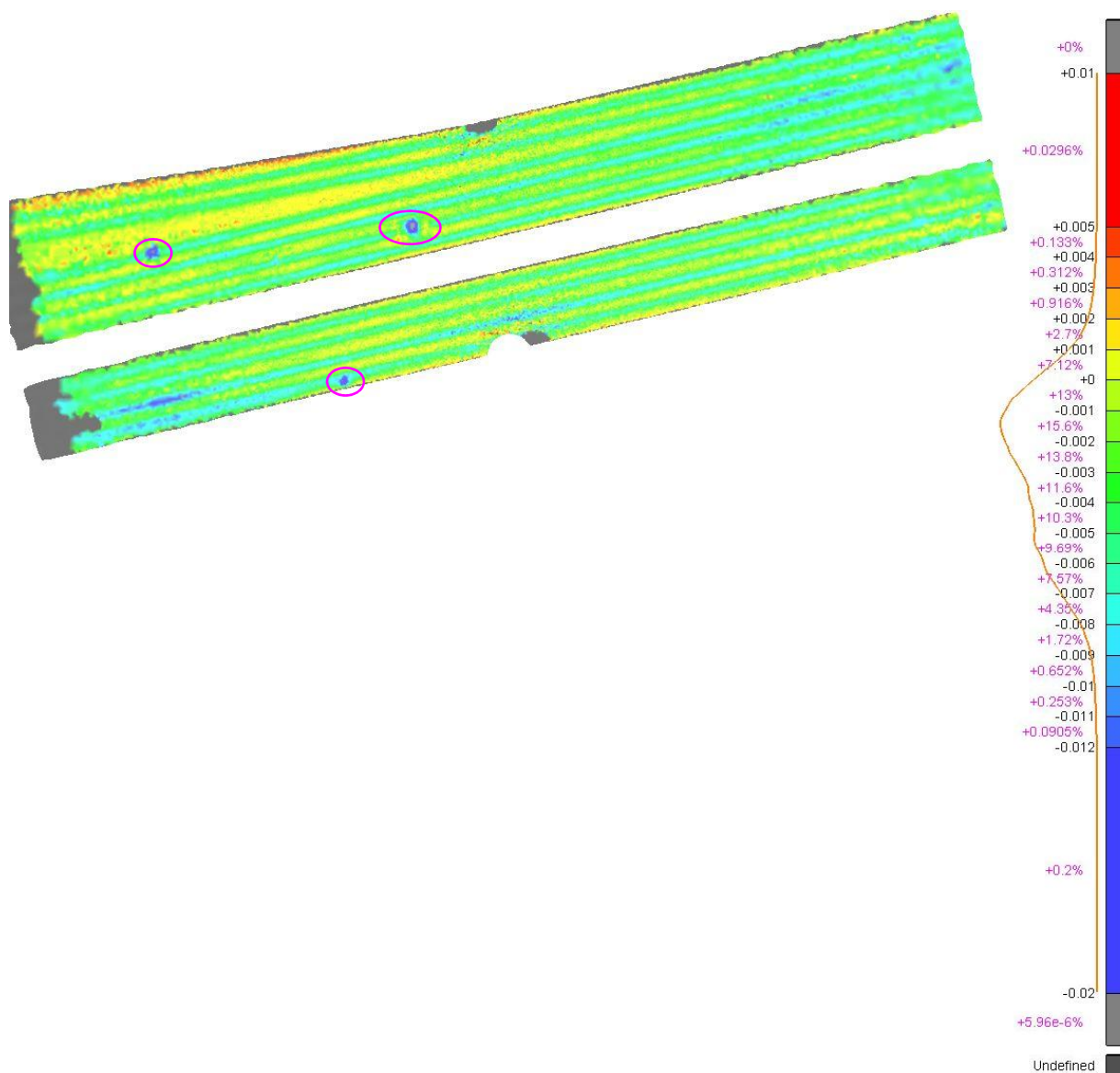


Foto 1.9.2 Vaade Ülemiste poolsele teesuunale (sõiduradade vahel üleskummuv seljandik)



Foto 1.9.3. Esiplaanil vaade Ülemiste poolsele teesuunale (sõiduradade vahel üleskummuv seljandik)

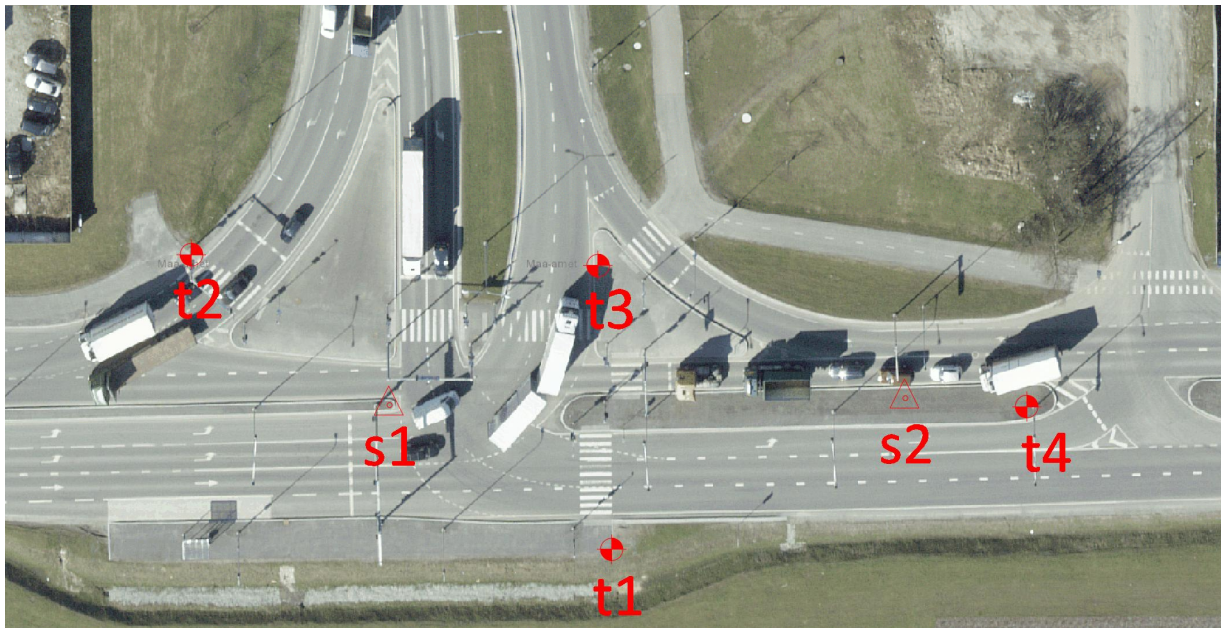
Roobaste kogusügavus (alates 2015)



Roobaste sügavus on ca 8-11 mm piires. Mustamäe sõidusuunale (tähistatud sõõridega) jäävad kaevud on vajunud ca 2 cm. Lennujaama sõidusuunal olev restkaev (tähistatud sõõriga) on vajunud ca 2,5 cm.

Lisa 1.10. Suur-Sõjamäe ja Smuuli tn ristmiku laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.



Kindelpunktide nivelleerimisel kasutatud lähtepunkti PR8038 paiknemine, selle abriiss ning tsentritüüp on kirjeldatud Maa-ameti geodeetiliste punktide andmebaasis.

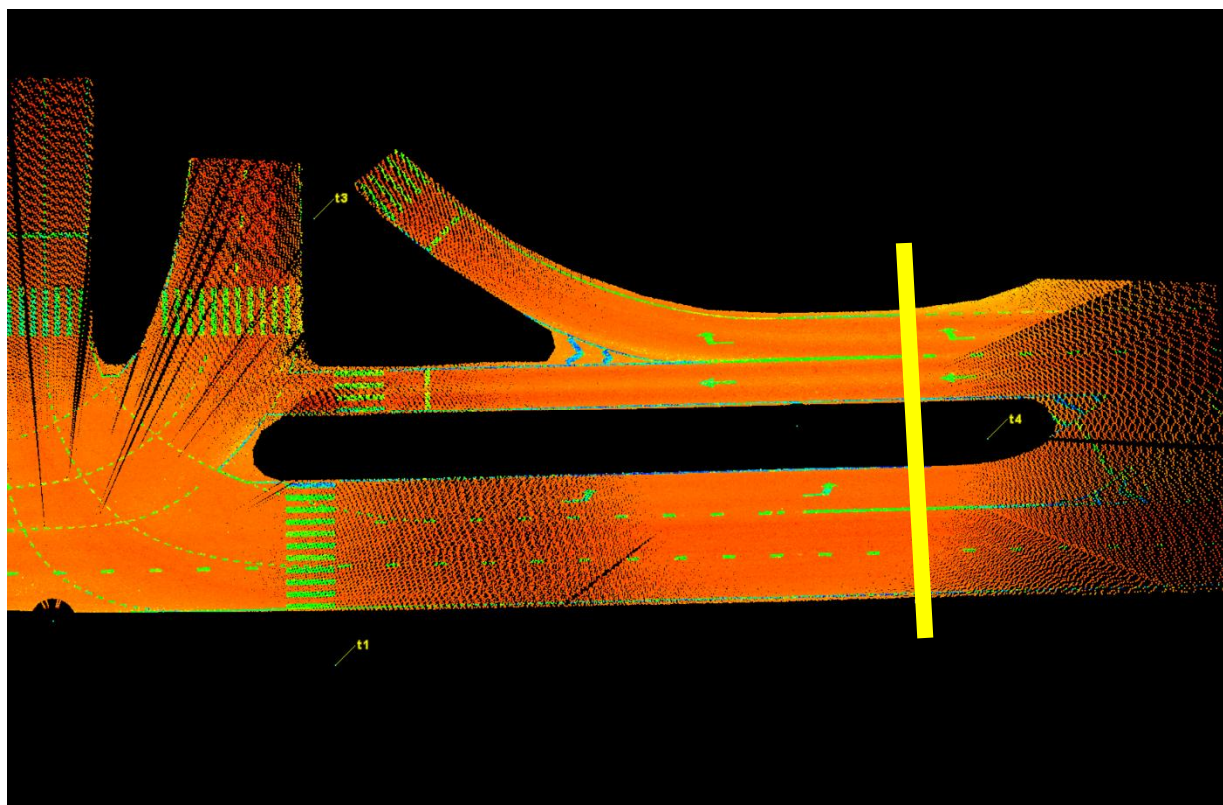
Suur-Sõjamäe ja Smuuli ris			BK77 (nivelleeritud)			Erinevused		Tähiste kõrgus 2018 [m]
	L-EST97 (tahhümeetria)		2015	2017	2018	2017-2015	2018-2017	
Nr	E	N	H	H	H	mm	mm	
t1	547986.470	6586715.743	40,694	40,694	40,693	0,5	-0,5	0,2
t2	547932.174	6586753.854	40,587	40,589	40,588	2,6	-1,1	0,2
t3	547984.702	6586752.459	40,972	40,973	40,973	0,7	0,5	0,2
t4	548040.089	6586734.301	40,848	40,849	40,849	0,5	0,2	0,2
vana s1*	x	x	40,957					
uus s1*	547957.773	6586734.478	41,295	41,295	41,296	0,1	1,1	
s2	548024.416	6586735.383	40,952	40,951	40,952	-1,3	1,1	
K1			40,581	40,577	40,578	-4,3	1,6	
PR8038	x	x	39,943	x				
Hallil taustal on GNSS mõõtmiste baasi otspunktid.								
* 2015. a paiknes jaam kõnniteel, 2016. a kitsal ohutusribal.								
**2017 a nivellimise lähtepunkt t1, 2018 a nivellimise lähtepunkt t4								

2018 aastal oli lähtepunkti t1 stabiilsuse osas kahtlusi (vt foto 1.10.1), see tõttu valiti 2018 aasta lähtepunktiks ohutussaarel paiknev t4.

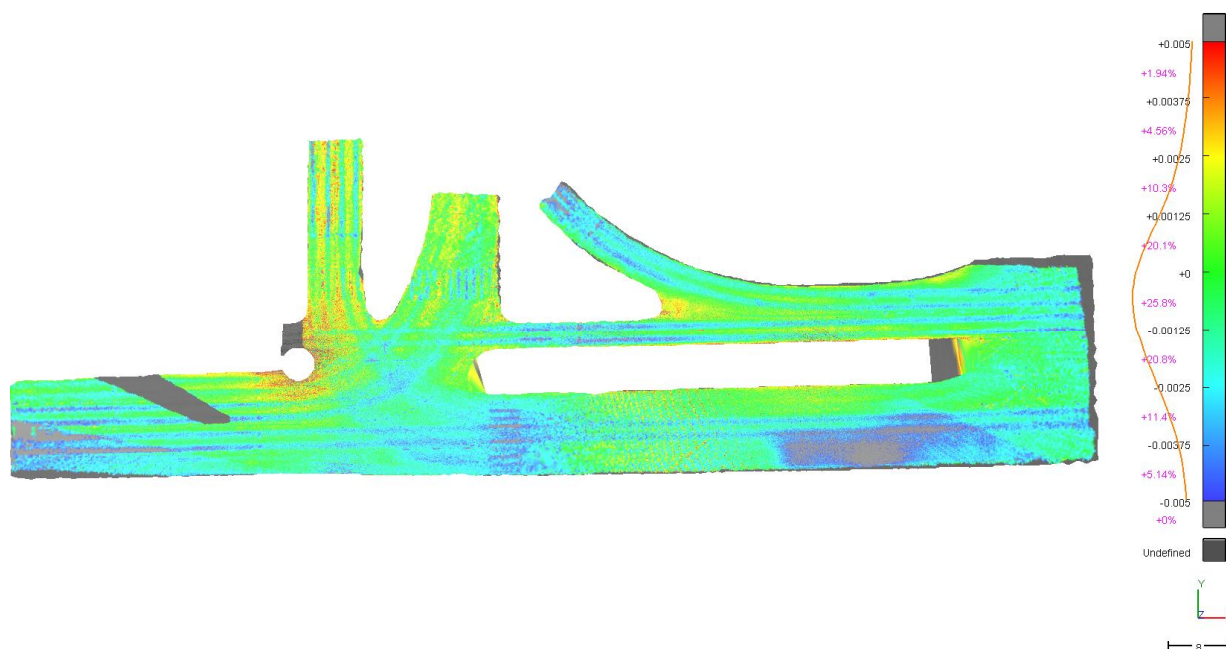


Foto 1.10.1

Ristprofiili asukoht

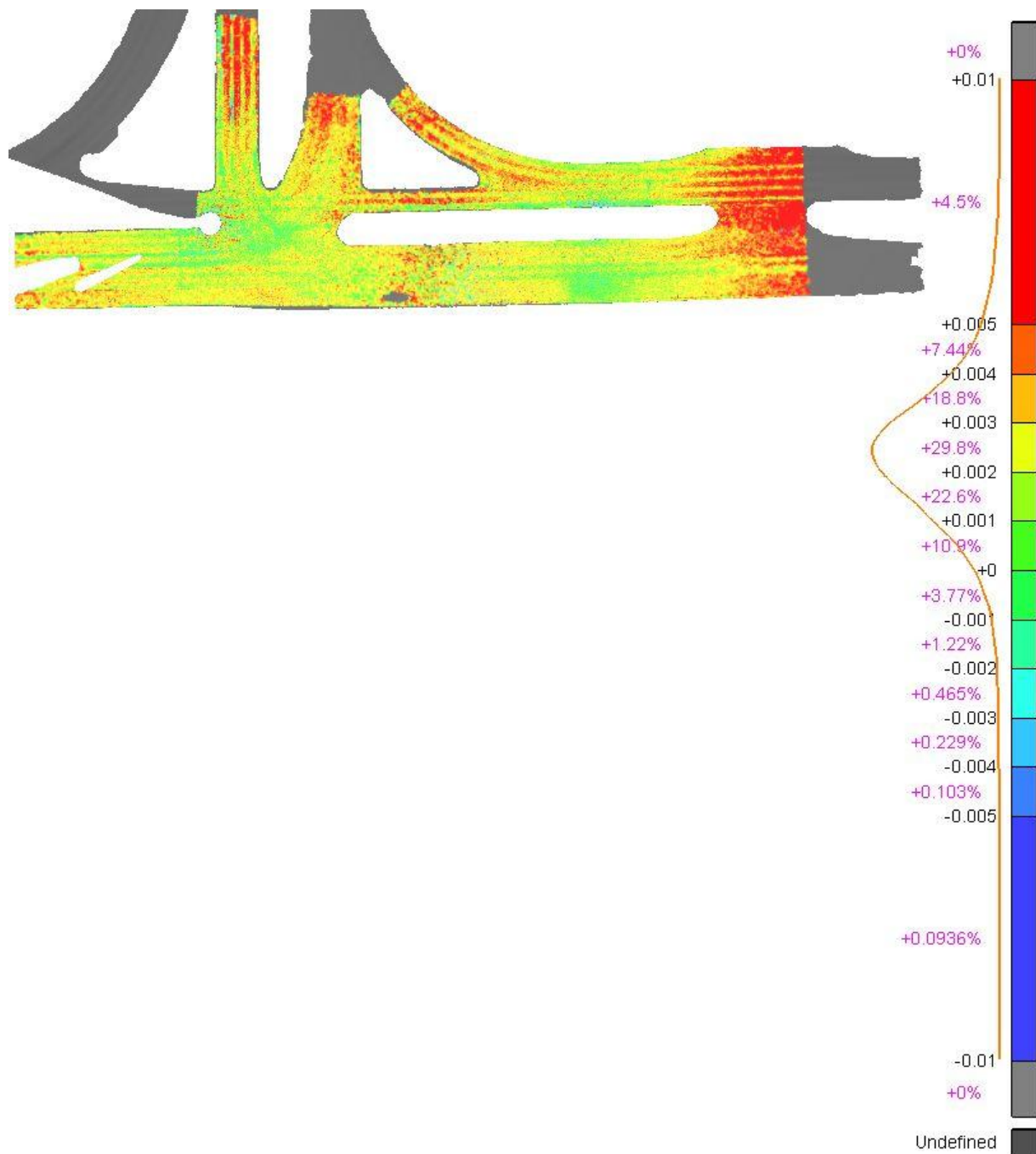


2015-2017



Roopad on 2-4mm sügavused. Kaev on vajunud ca 4 mm. Teekatte vajumist kaevu ümbruses pole märgata. Kohati on kogu teepind vajunud mõne mm võrra.

2017-2018



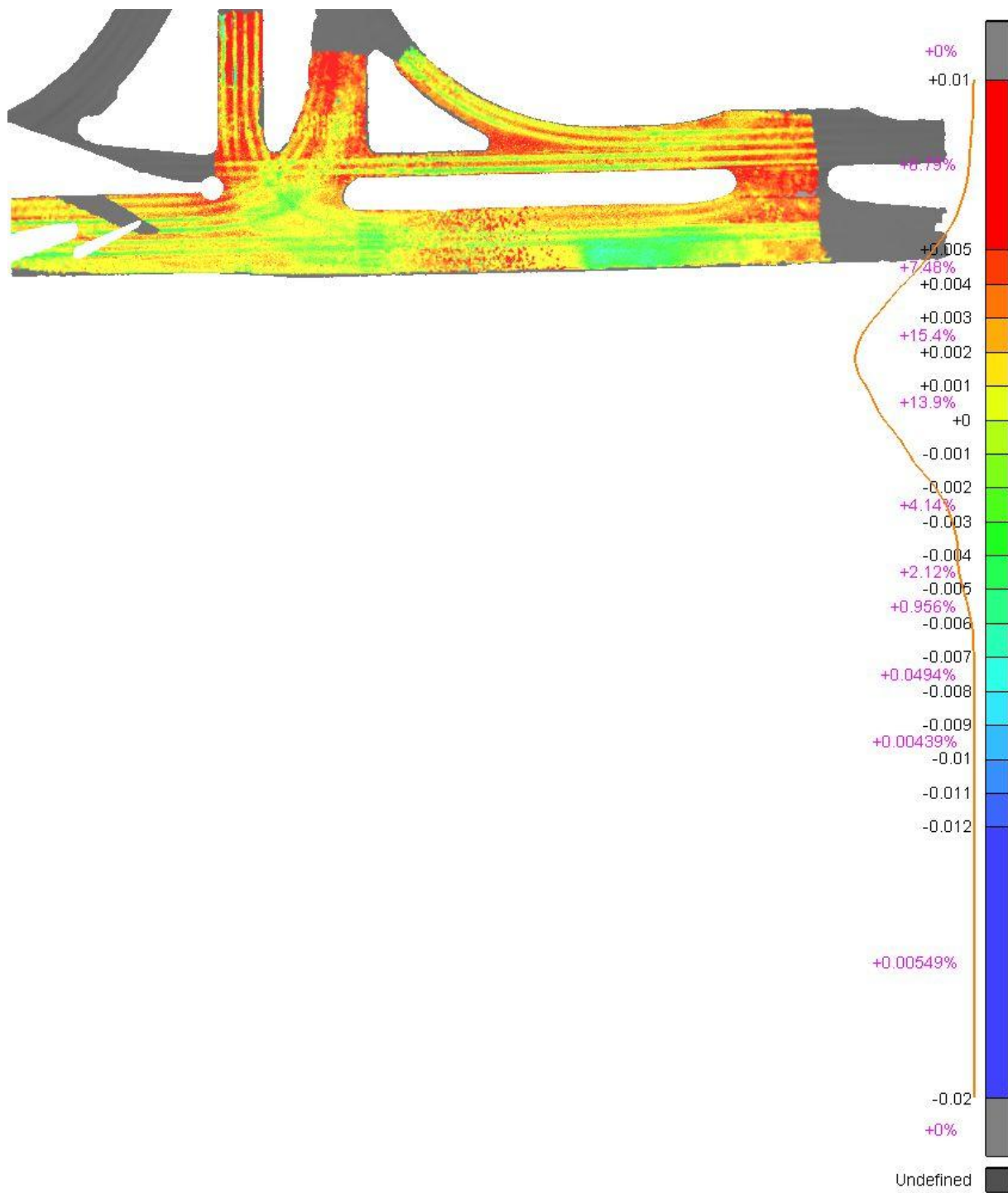
Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 2-4 mm piires.

Teel oleva kaevukaane (vt foto 1.10.2) kõrgus on stabiliseerunud (seda kinnitab ka nivelleerimistulemus).



Foto 1.10.1

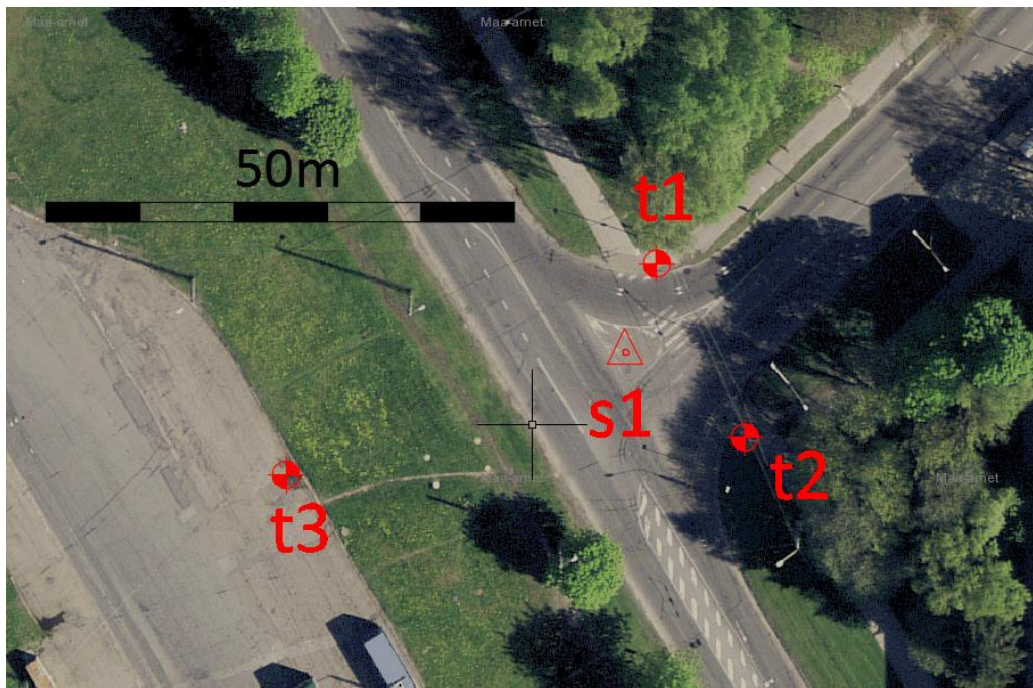
Roobaste kogusügavus (alates 2015)



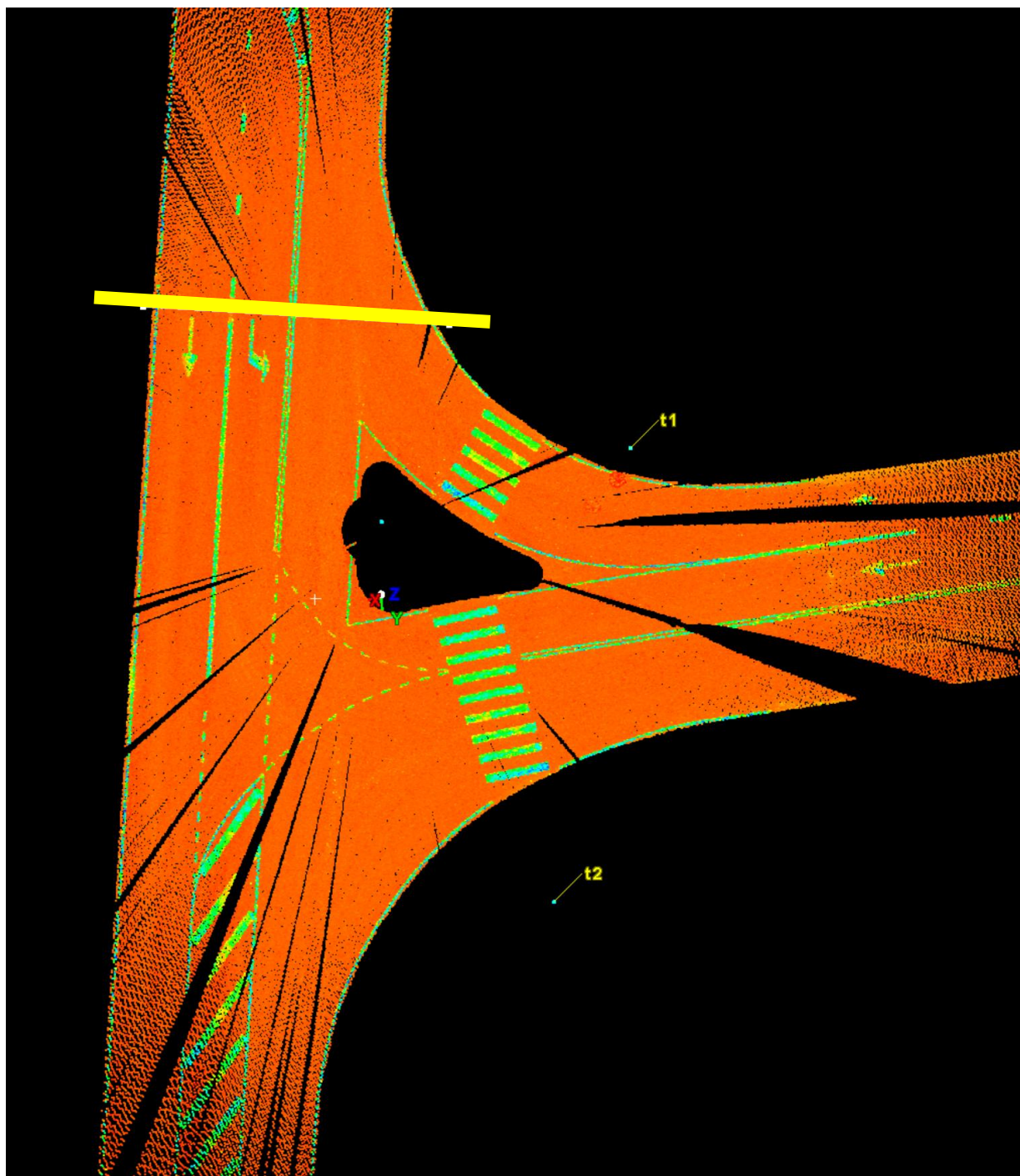
Roobaste sügavus on ca 4-6 mm piires. Ristmik ja linnast väljaviiv suund on kohati ca 3-4 mm vajunud. Kaevu koguaajum ca 5 mm.

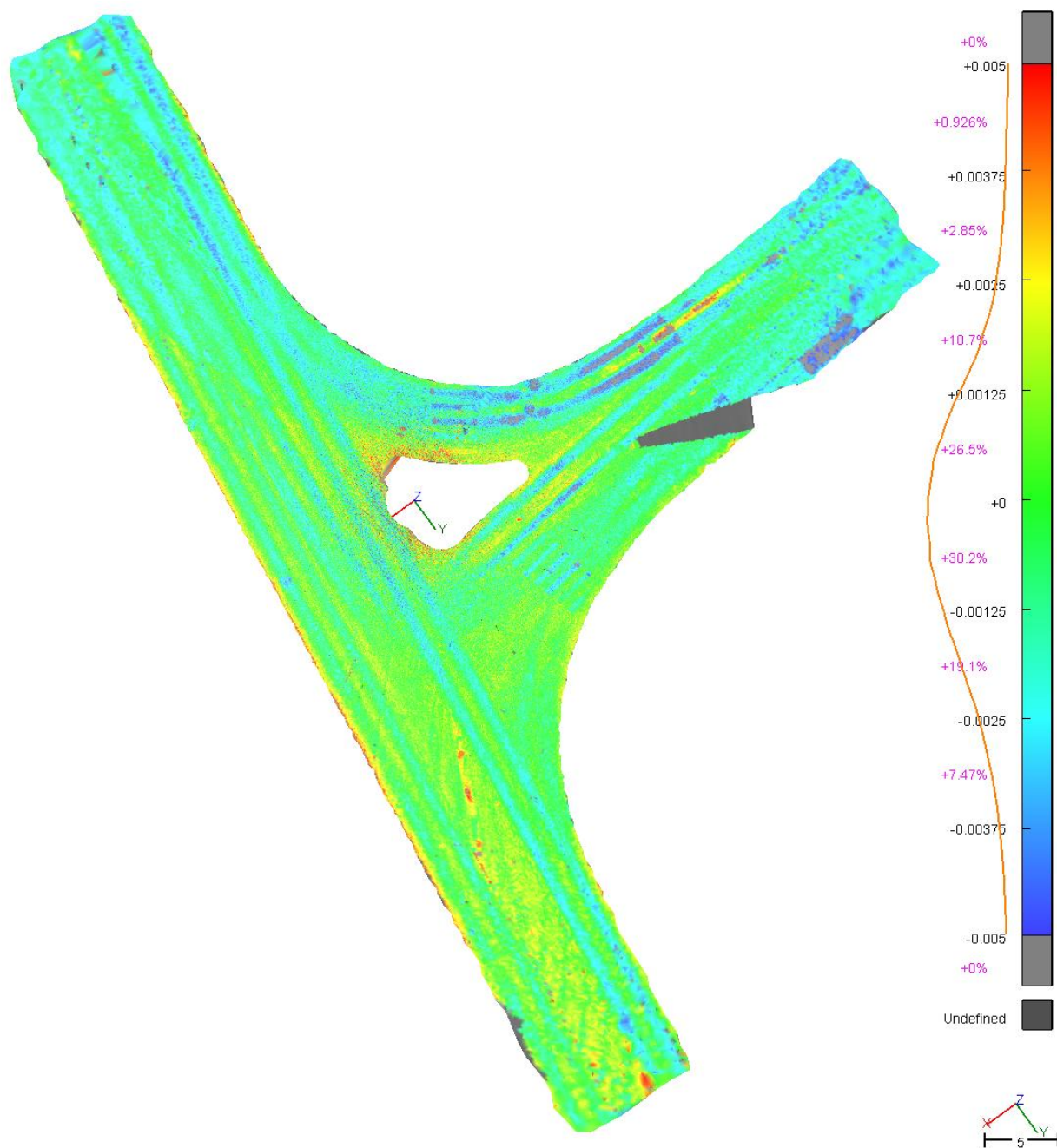
Lisa 1.11. Vilde tee ja Akadeemia tee ristmiku laserskaneerimise tulemused

Skaneerimise kindelpunktid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.



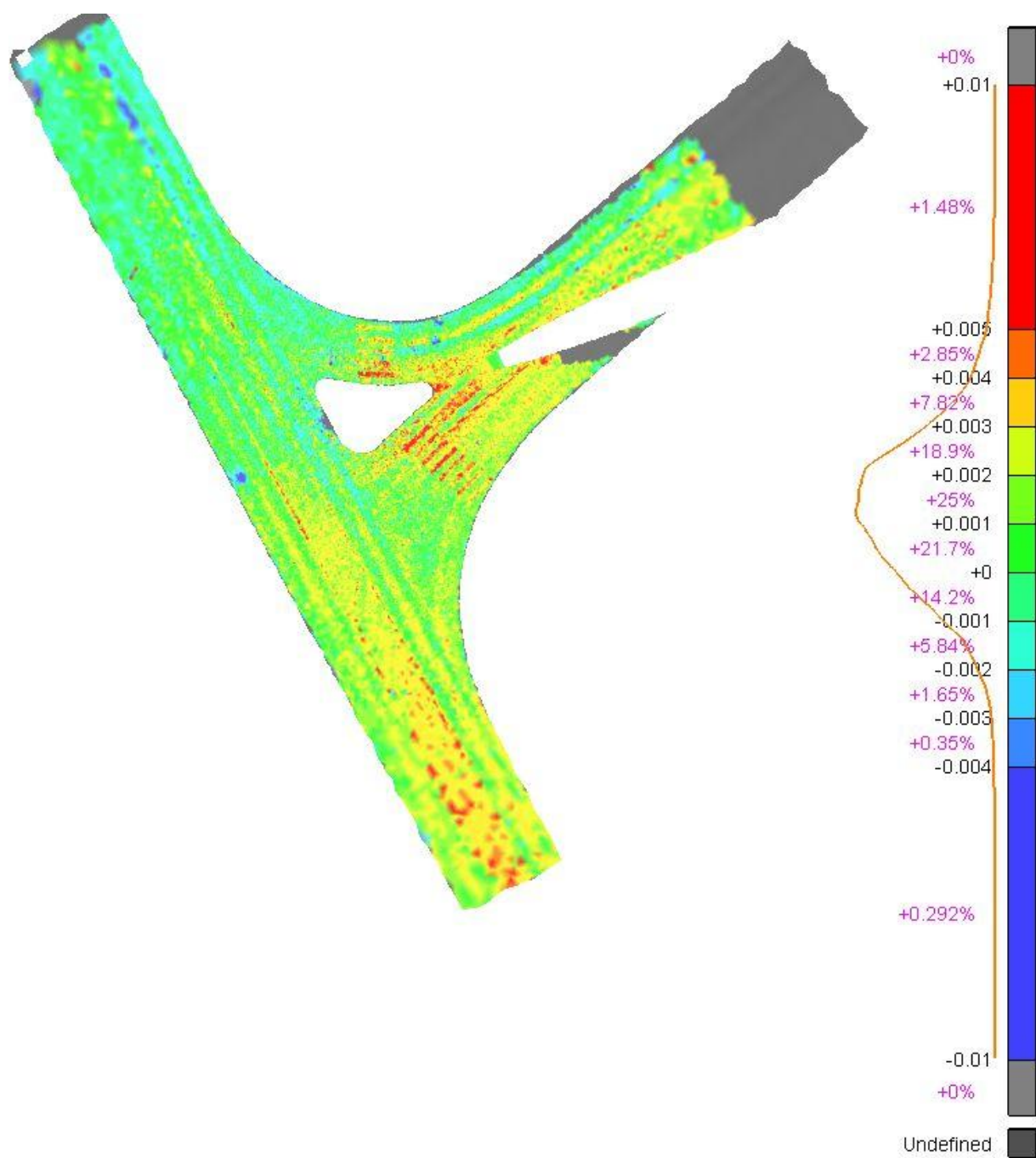
Vilde ja Akadeemia tee			BK77 (nivelleeritud)		Erinevused	
Nr	Lokaalsed koordinaadid		2016	2018	2018-2016	Tähiste kõrgus 2018 [m]
	x	y	H	H	mm	
t1*	-12,145	-3,057	16,144	16,14222	-1,3	0,2
t2	-6,801	18,668	16,368	16,37004	1,7	0,2
t3	35,739	-3,988	16,710	16,70796	-2,5	0,2
s1	0	0	16,445	16,44674	1,7	0,2
pp 1191		18.213	17,978	x		
RP 2	maja keskel		17,112	17,112	0	
PP1192	6584969.651	537463.234	16.081	16.07949	-1,5	
Nael ohutussaarel"				16.27791		
*2017 nael hävinud, 2018 asetatud uus nael t1						





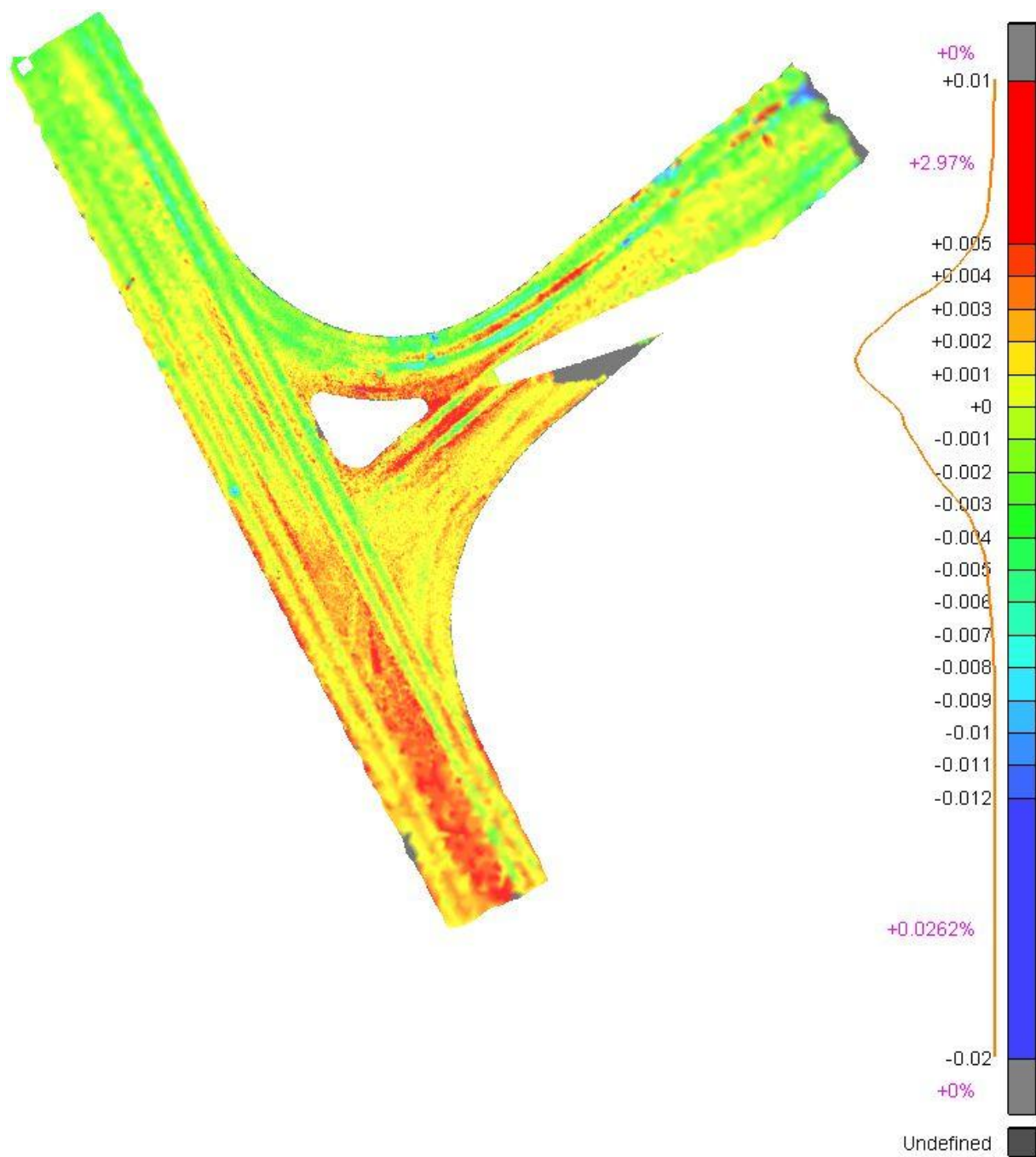
Roopa sügavused on 2 mm piires.

2016-2018



Poolteise aasta jooksul on roopad süvendunud ca 3-4 mm piires.

Roobaste kogusügavus (alates 2015)



Roobaste sügavus on ca 5-7 mm piires.

Lisa 1.12. Paldiski mnt betoontee laserskaneerimise tulemused

Esmase skaneerimise (2016) kindelpunktide koordinaadid ja kõrgtäpse nivelleerimise lähtepunktid ning tulemused on esitatud alljärgneval skeemil ning tabelis.

	Paldiski mnt betoontee			BK77
		L-EST97 (tahhümeetria)		
	Nr	E	N	H
märk lambipostil	n1	535911.807	6585995.027	4.352
	p1	535963.501	6586052.562	4.330
	t2	535816.418	6585870.242	4.388
	t3	535769.135	6585837.884	4.775
	t4	535700.343	6585802.289	4.748
	t5	535648.751	6585770.638	4.591
	t6	535569.699	6585721.808	4.338
	t7	535508.524	6585699.731	4.399
	t8	535445.724	6585684.929	4.549
	s1	535910.992	6586013.472	5.957
	s2	535862.795	6585947.466	6.328
	s3	535813.843	6585901.240	6.633
	s4	535759.810	6585859.955	6.720
	s5	535699.394	6585824.237	6.734
	s6	535638.901	6585788.582	6.635
	s7	535583.462	6585757.567	6.733
	s8	535520.809	6585726.082	6.534

Paraku ilmnes, et vahepeelsel ajal on kõrgusmäärangu üks lähtereeperitest (seinareeper 646A) hoone lammutamise tulemusena (toimus vahemikus mai-juuli 2018) hävinud.

Ka olid osad lähtepunktid hävinud, need tuli samades asukohtades asendada. Täiendavalt tuli T2 ja T3 vahele (kohakuti valgustuspostiga, kuid betoontee poolses servas) asetada uus vahepunkt VP1, vt foto 1.12.1 (noolega on tähistatud T2 asukoht), skaneerimisjaamade ja –tähiste skeemil on tähistatud sinise punktikesega.



Foto 1.12.1 Vahepunkt VP1 asukoht (kohakuti valgustuspostiga, kergliiklustee vastasservas)

2018 aastal kasutatud lähtepunktide kõrgused on esitatud alljärgnevas tabelis.

kuupäev	27.04.2016	ja	10.07.2018																	
Reeper tüüp	Reeper number	kõrguskasv [m]		erinevus [mm]	keskm. kõrguskasv	Kõrgus (I nivelleerimistsüklist)	Kõrgus 2018	Erinevus ed 2016-2018	Märkused 2018											
		edasi	tagasi																	
Seinareeper	646A					6,540	hävunud		hoone lammutatud											
		-0,8553	0,8560	0,7	-0,8556															
X	X1					5,684	x													
		-1,3512	1,3516	0,4	-1,3514															
T	P2					4,333	4,333	0,000												
		-0,5223	0,5245	2,1	-0,5234															
PP	955					3,810	3,804	-0,006	peale betoonitööde lõppu puhastatud/taastatud?											
		0,8584	-0,8583	0,1	0,8583															
T	P1					4,668	hävunud													
		-0,2783	0,2780	0,3	-0,2783															
T	T2					4,390	4,384	-0,006												
		0,3877	-0,3872	0,5	0,3877															
T	T3					4,777	4,770	-0,007	uus nael											
		-0,0292	0,0289	0,3	-0,0292															
T	T4					4,748	4,740	-0,009												
		-0,1620	0,1619	0,0	-0,162															
T	T5					4,586	4,578	-0,008												
		-0,2943	0,2933	1,0	-0,2943															
PP	2151					4,292	4,286	-0,006	võib teedetöödega saanud kahjustada (krae ja malmkape nihutatud vastu tsentrivarrast)											
		0,1084	-0,1050	3,4	0,1084															
T	T7					4,400	4,394	-0,006												
		-0,0396	0,0400	0,4	-0,0396															
PP	1975					4,361	hävunud													
		-0,9132	0,9123	0,9	-0,9132															
Pinnasereeper	1872					3,447	3,447	0,000	lähtereeper											
vahevaadetena			lähtepunkt																	
PP	5239	0,5076	PR 1872			3,955	hävunud													
T	T8	0,1488	T 7			4,549	4,538	-0,011												
T	T6	-0,2486	T 5			4,338	4,333	-0,004	uus nael											
SR	MAJA	1,2387	T 5			5,825	5,825													
	vp1						4,612		uus vahepunkt (koordinaatideta)											

Kergliiklusteedel paiknenud lähtepunktid on kahe aasta jooksul vajunud vahemikus 6-15 mm. Visuaalsel vaatlusel on tegemist siiski ühtlaste roobastega.

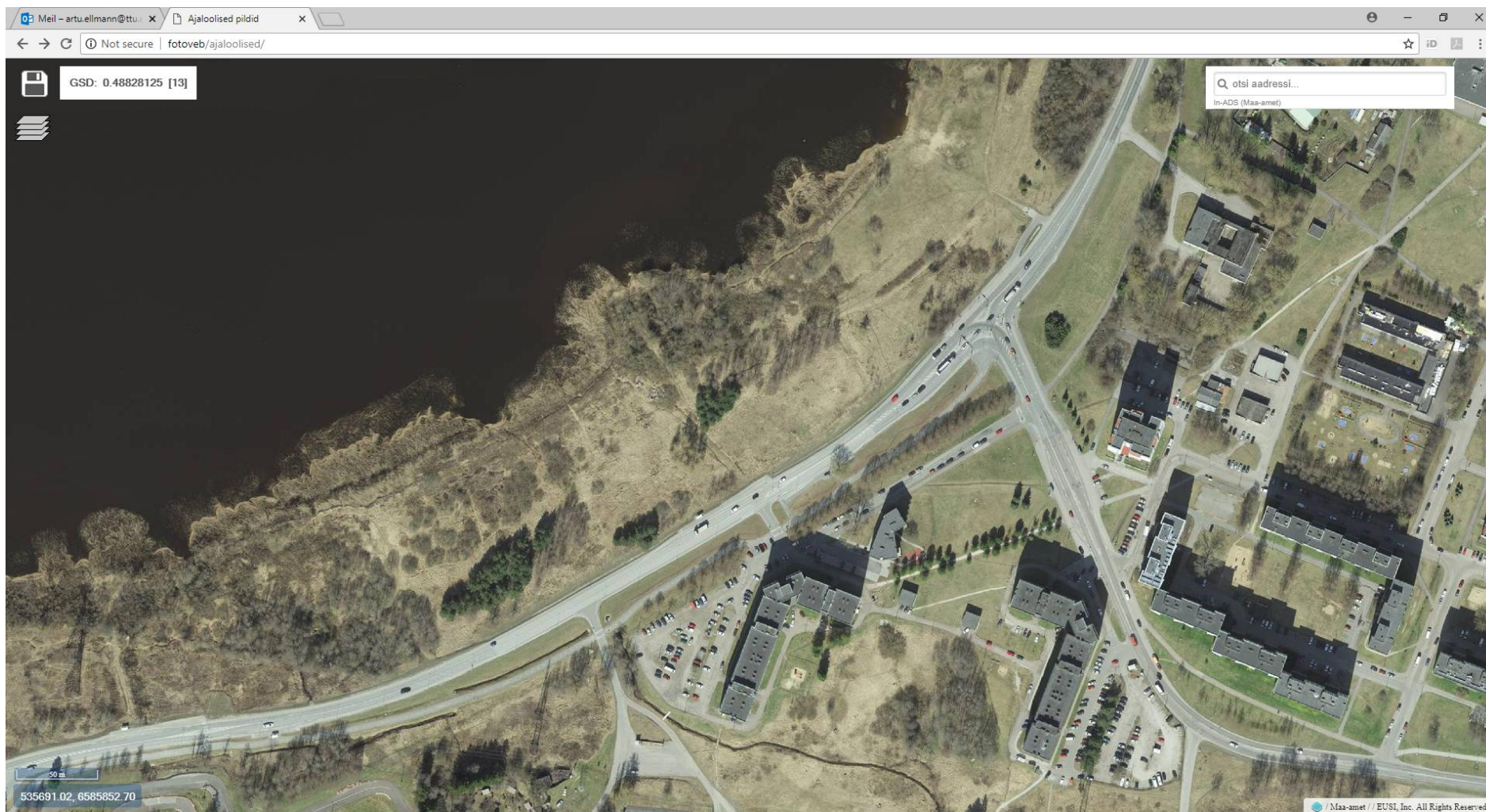
Betoontee laserskaneerimisel tuli tööohutuse tagamiseks skaneerimisjaamad valida seekord teeservadesse, samas kui Paldiski mnt betoontee lasekatendi esmane laserskaneerimine viidi läbi tee keskel enne liiklusele avamist. Siiski üritati võimalusel säilitada 2016 aasta jaamadele sarnast piketaaziväärtust. Laserskaneerimisjaamade ligikaudsed asukohad tähistati 2018 a. järgnevate skaneeringute tarbeks asfaldinaelaga ning parema leitavuse huvides markerivärviga, vt foto 1.12.2.



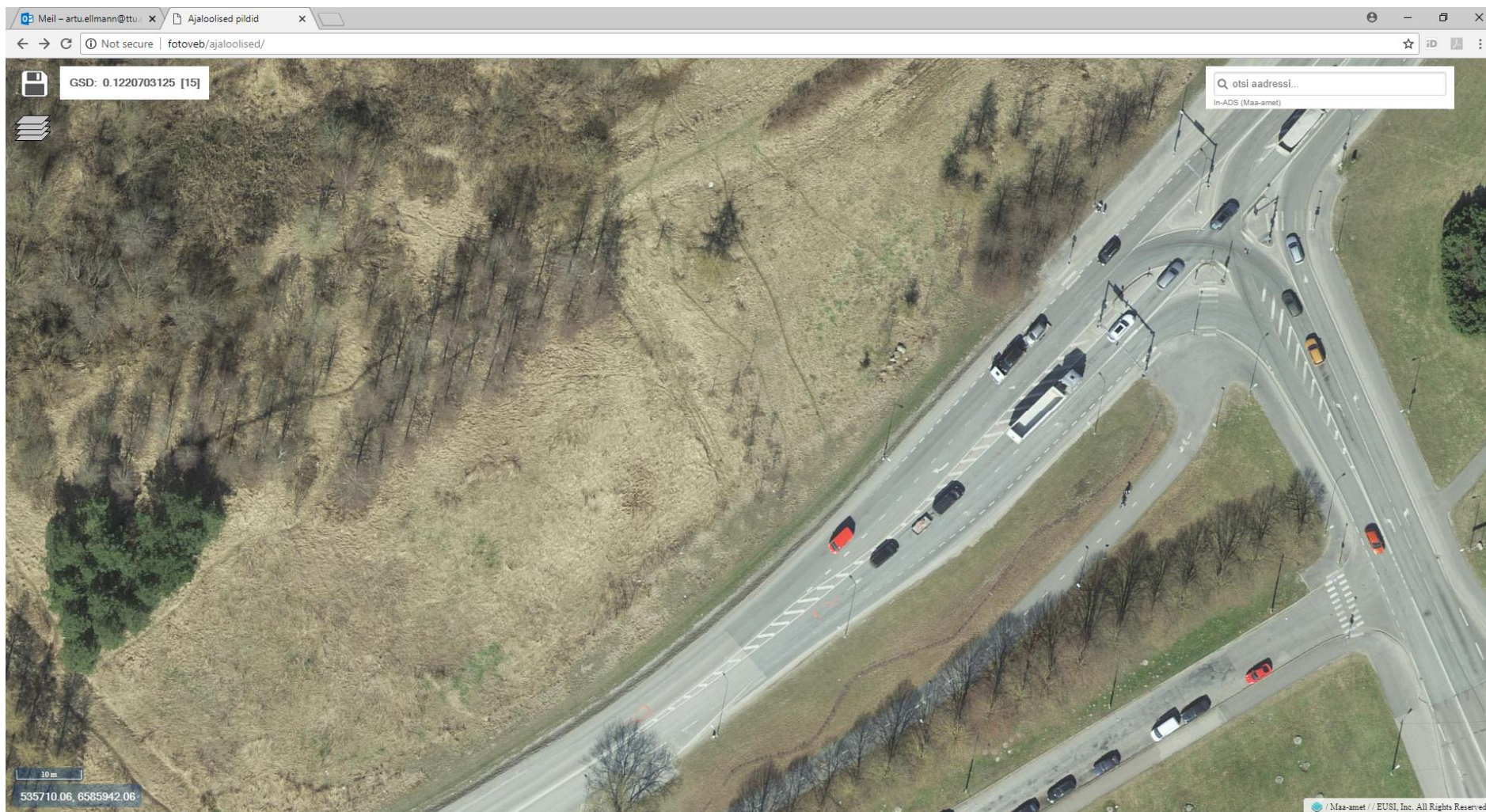
Foto 1.12.2 Skaneerimisjaam S3 asukoht



Skaneerimisjaamade ja tähispunktide asukohad 2016 aastal

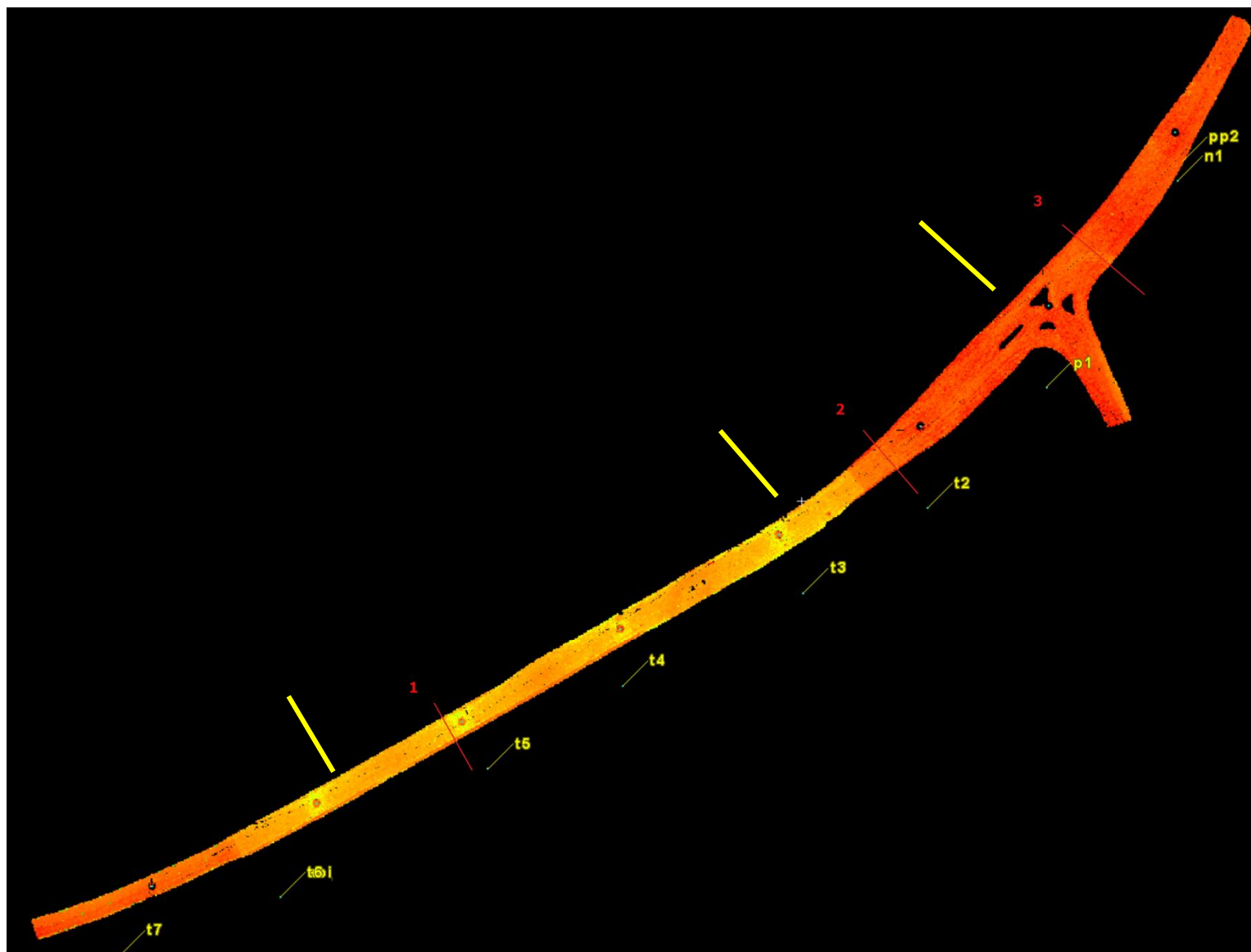


Paldiski mnt betoontee lõik tervikuna 2018 aasta maikuus

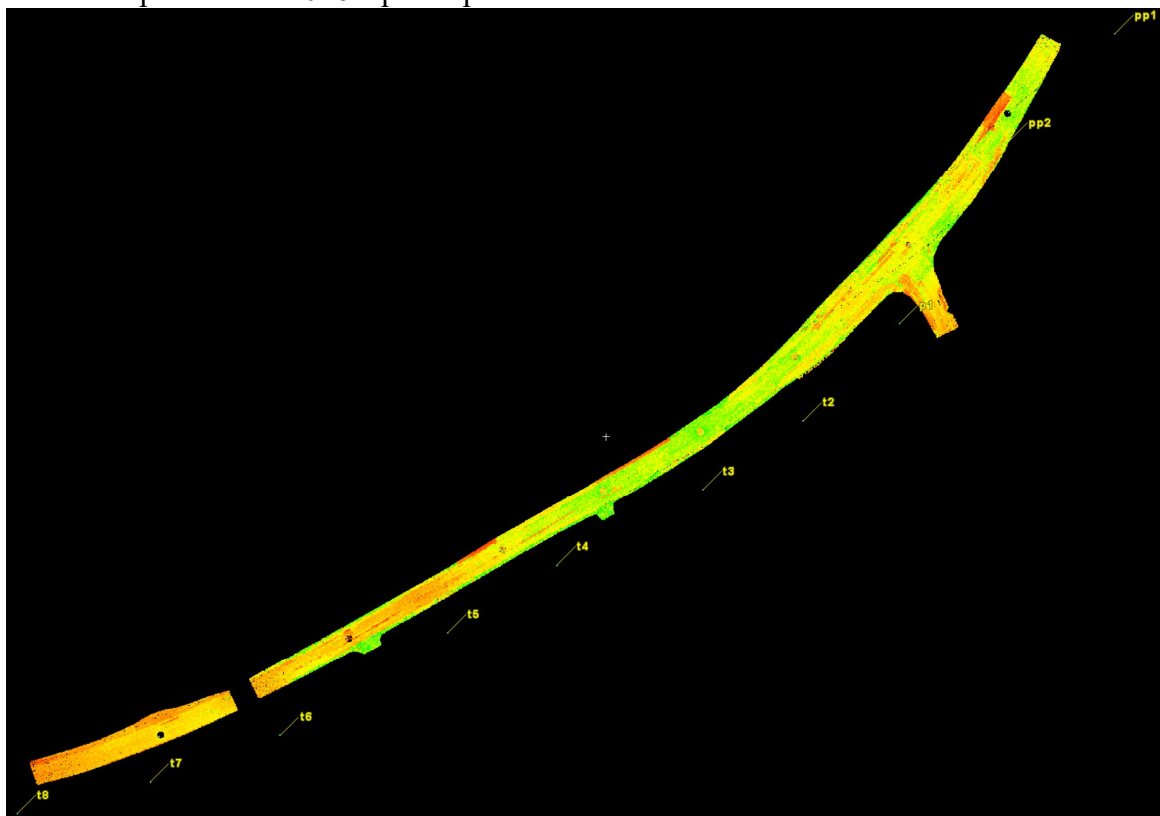


Paldiski mnt betoontee lõik, üleminek asfaltbetoonikatendiga lõigule, 2018 aasta maikuus

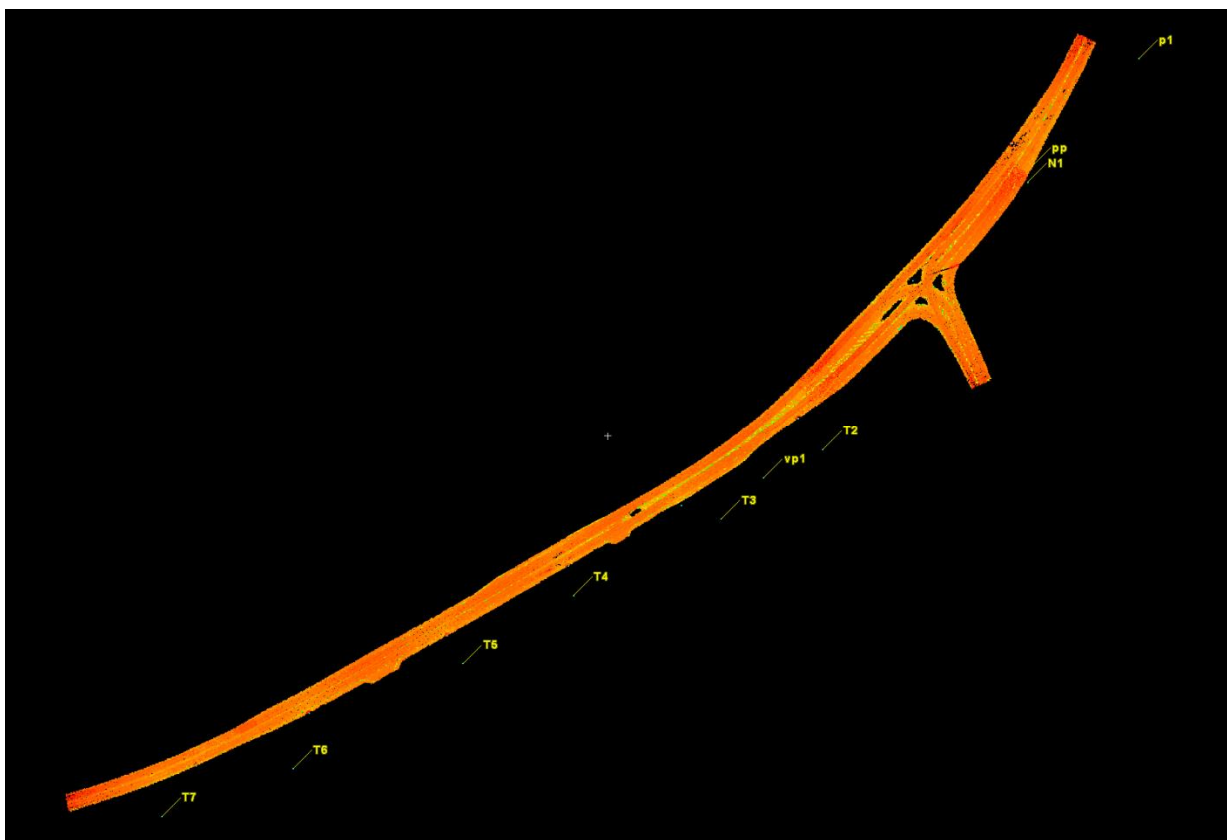
Ristprofiilide asukohad



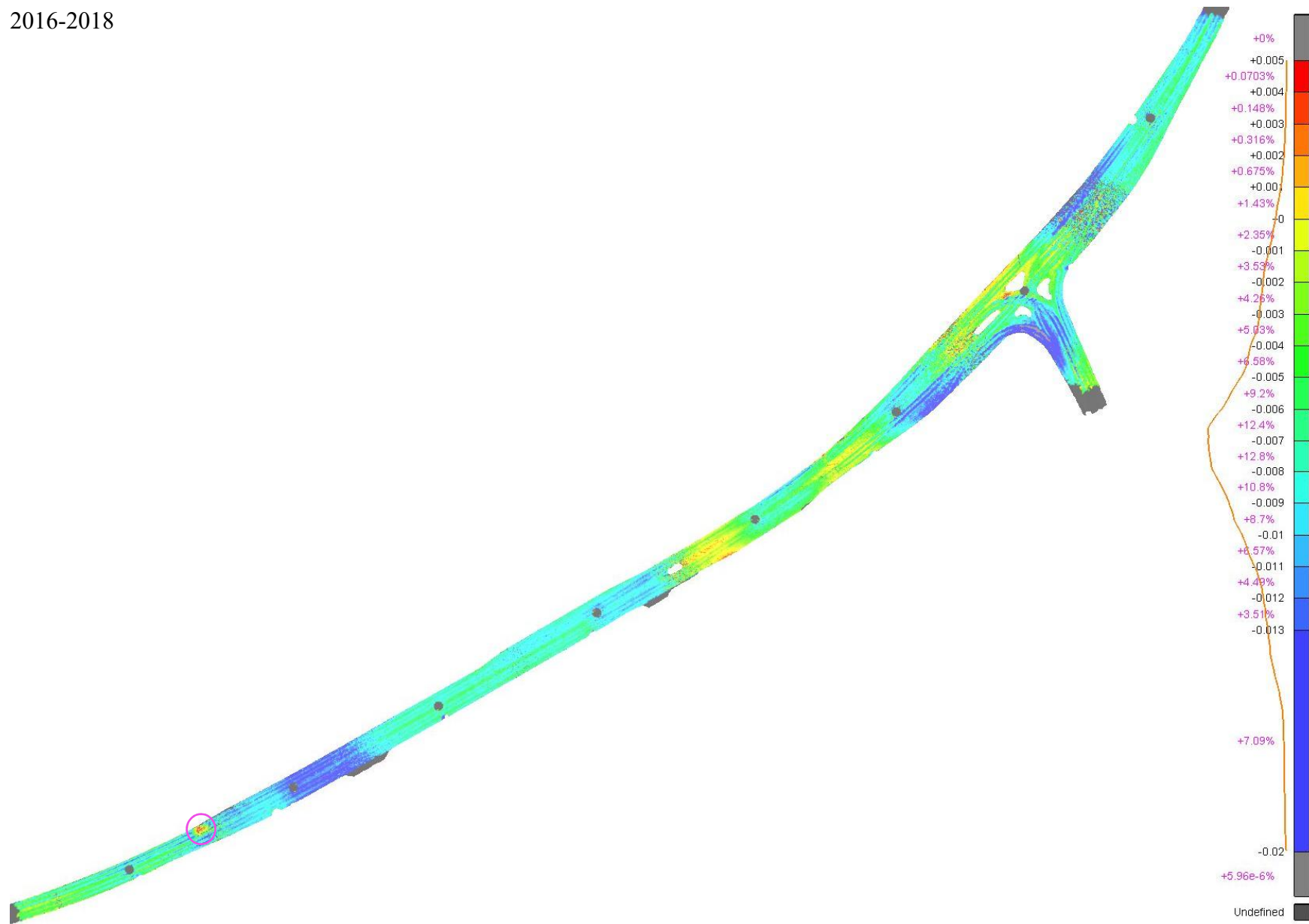
Ekraanikuva puhastatud 2016 a punkt pilvest

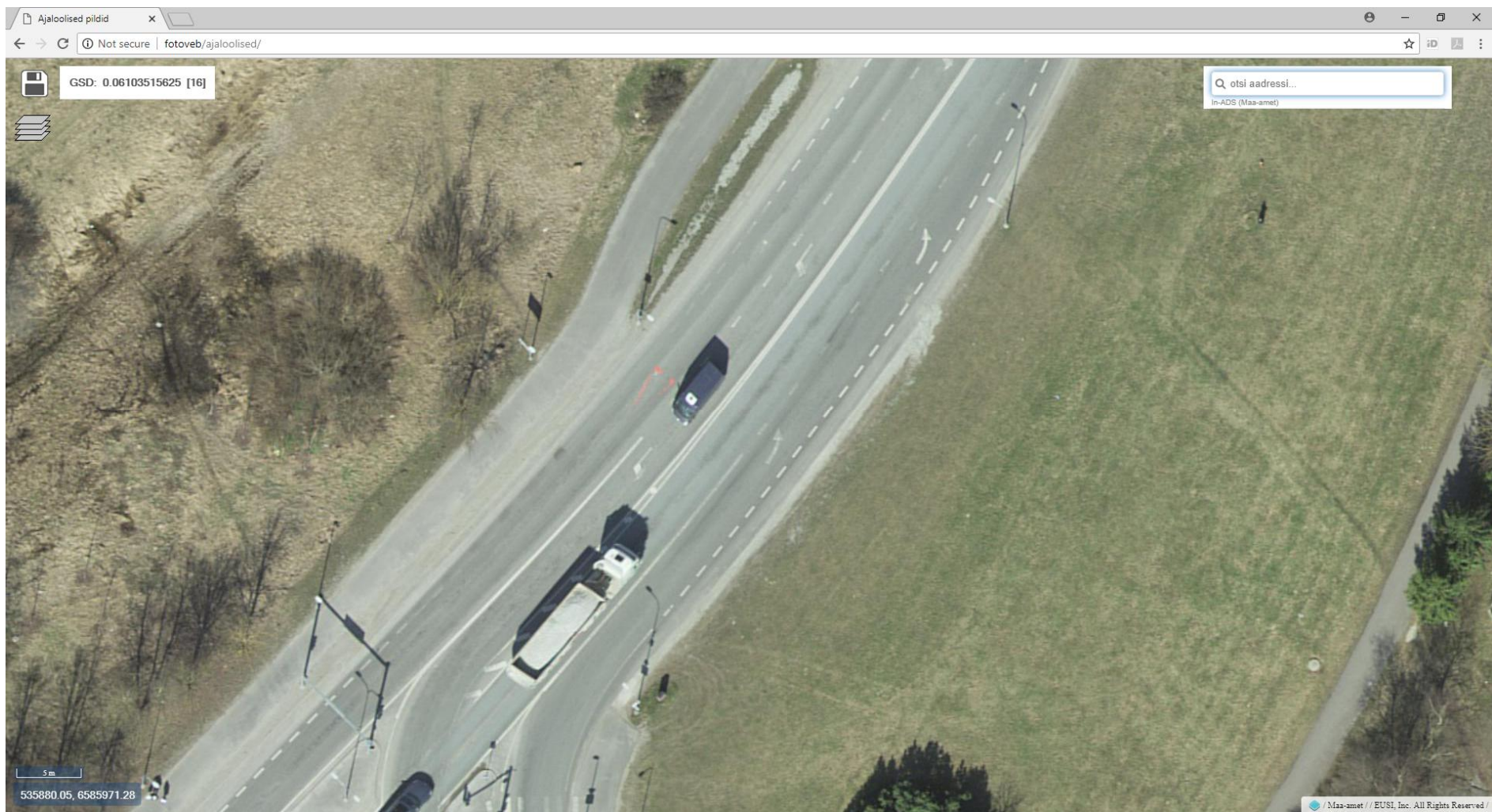


Ekraanikuva puhastatud 2018. aasta punkt pilvest



2016-2018





Roobaste tekkimine AB kaetud teelõigul (kesklinna poolsem teelõik)

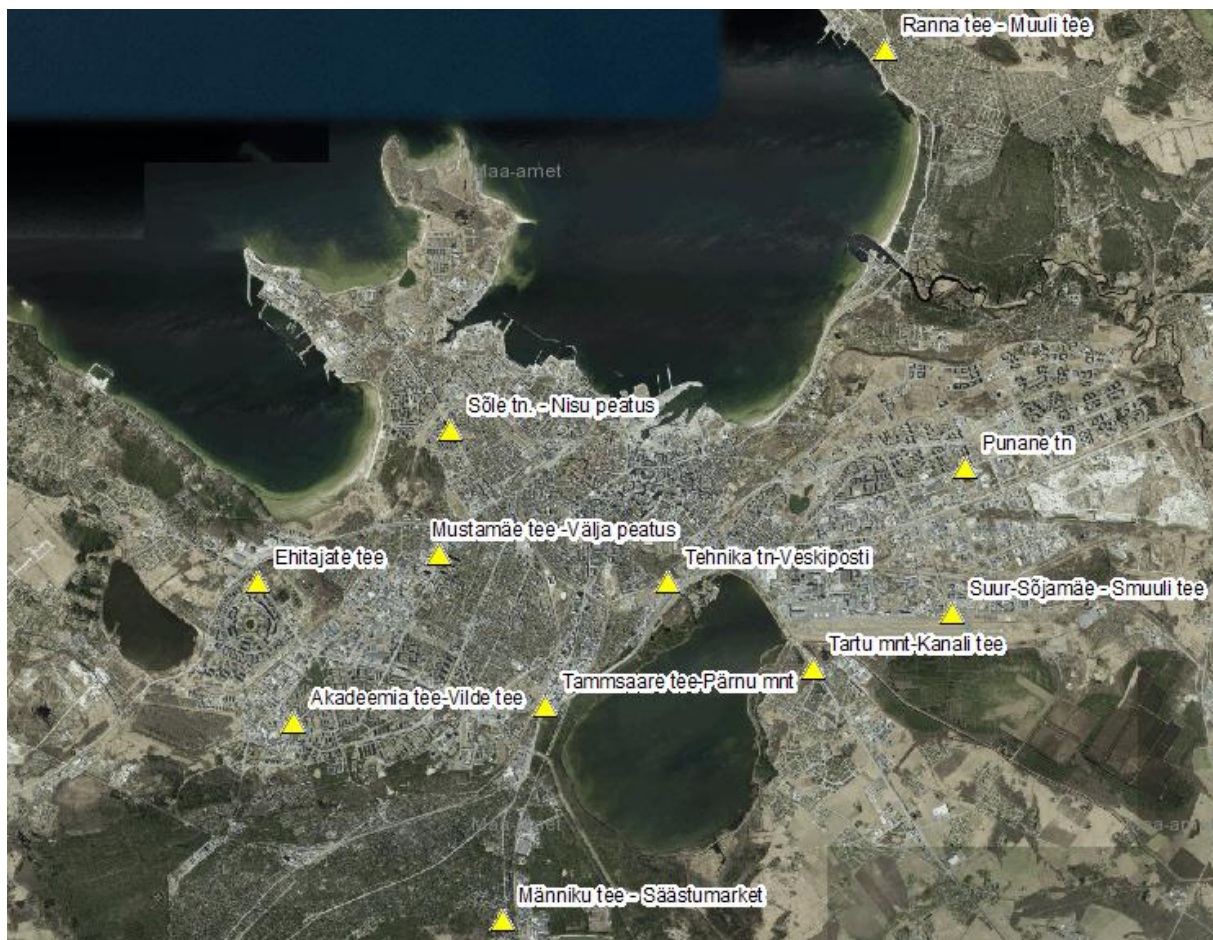
Kahe aasta jooksul on roobaste sügavus betoonteel ca 3-5 mm piires, asfaltbetoonkatendiga põhjapoolsel lõigul aga ca 5-6 mm. Betoonte tervikuna on vajunud enamasti 7-12 mm. Vana teosa (ilma betoonaluseta asfaltbetoon lõik) on vajunud kuni 3 mm ja seda ülemineku koha pool.

Sõõriga on esile tõstetud (ajavahemikus 2016-2018) katendiparandused, vt foto 1.12.2 Nimelt on asfaltbetoon katendiga teelõiku (betoonte rambiga liitumiskohas) on vahepealsel ajal remonditud.



Foto 1.12.2. Asfaltlõigu katendiparand liitumiskohas betoonte rambiga.

2. LIIKLUS- JA KOORMUSSAGEDUSED UURINGUSSE KAASATUD OBJEKTIDEL



Joonis 2.1. Uuringusse kaasatud objektide asukohad

Tabelites 2.1 ja 2.3 on esitatud uuringusse kaasatud objektidel esinevad keskmised ööpäevased liiklus- ja koormussagedused aastatel 2014-2018 vastavalt mõlemas suunas kokku ja enimkoormatud sõidurajal. Liiklus- ja koormussageduste määramiseks on kasutatud Stratum OÜ liikluse mudelit. Liiklussagedused on esitatud aastase keskmise ööpäevase liiklussagedusena (AKÖL, taandatud autot/ööpäevas), mille alusel on leitud vastavad koormussagedused (KS, 100 kN normtelge/ööpäevas). Enimkoormatud sõidurajaja liiklus- ja koormussagedus moodustavad vastavalt 45 % 2+2 sõidurajaga teedel ja 55 % 1+1 sõidurajaga teedel kogu tee liiklus- ja koormussagedusest mõlemas suunas kokku.

Tabelites 2.2 ja 2.4 on esitatud uuringusse kaasatud objektide katendit ületanud 100 kN standardtelgede arv aastatel 2014-2018 vastavalt mõlemas suunas kokku ja enimkoormatud sõidurajal.

Tabel 2.1. Keskmised ööpäevased liiklus- ja koormussagedused mõlemas suunas kokku

JRK	Asukoht	2014		2015		2016		2017		2018		2014-18 keskmine	
		AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS
		Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp
1	Ranna tee - Muuli tee ristmik	16967	688	18361	744	17258	699	17820	722	17965	727	17674	716
2	Ehitajate tee - Maxima lõikes	18703	1093	18538	1083	18068	1056	17801	1040	17484	1022	18119	1059
3	Tartu mnt-Kanali tee ristmik	40816	2902	40859	2905	39913	2838	39626	2818	39175	2786	40078	2850
4	Tehnika tn-Veskiposti ristmik	16700	866	15653	812	19385	1006	19931	1034	21274	1103	18589	964
5	Männiku tee - miniRimi	9521	663	9874	687	10570	735	11037	768	11562	805	10513	732
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	6664	1642	6963	1715	5476	1349	5180	1276	4586	1129	5774	1422
7	Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all	60523	4203	61080	4241	60705	4215	60951	4233	61042	4240	60860	4226
8	Akadeemia tee-Vilde tee ristmik	16086	1400	15553	1353	15808	1375	15538	1353	15399	1340	15677	1364
9	Punane tn - Polikliiniku juures	10300	1188	11742	1354	11792	1360	12770	1474	13516	1559	12024	1387
10	Sõle tn. - Nisu peatus	20554	1104	22162	1190	20817	1190	21441	1152	21572	1160	21309	1159
11	Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv	39932	2334	39820	2327	38237	2235	37635	2197	36787	2149	38482	2248
12	Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama	6796	149	6425	140	6443	140	6202	136	6025	132	6378	139
13	Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku	4430	312	5866	412	5782	406	6711	474	7387	521	6035	425
14	Paldiski mnt.	15400	1122	15640	1139	14142	1030	15250	1217	15450	1220	15176	1146

Tabel 2.2. Katendit ületanud 100 kN standardtelgede arv aastas mõlemas suunas kokku

JRK	Asukoht	2014	2015	2016	2017	2018	Kokku 2014-2018	Keskmiselt aastas
1	Ranna tee - Muuli tee ristmik	251029	271560	255834	263530	265355	1307308	261462
2	Ehitajate tee - Maxima lõikes	398945	395295	386496	379600	373030	1933366	386673
3	Tartu mnt-Kanali tee ristmik	1059230	1060325	1038708	1028570	1016890	5203723	1040745
4	Tehnika tn-Veskiposti ristmik	316181	296380	368196	377410	402595	1760762	352152
5	Männiku tee - miniRimi	241813	250755	269010	280320	293825	1335723	267145
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	599148	625975	493734	465740	412085	2596682	519336
7	Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all	1534004	1547965	1542690	1545045	1547600	7717304	1543461
8	Akadeemia tee-Vilde tee ristmik	510909	493845	503250	493845	489100	2490949	498190
9	Punane tn - Polikliiniku juures	433620	494210	497760	538010	569035	2532635	506527
10	Sõle tn. - Nisu peatus	402960	434350	435540	420480	423400	2116730	423346
11	Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv	851852	849462	817928	801905	784385	4105532	821106
12	Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama	54203	51100	51240	49640	48180	254363	50873
13	Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku	113698	150380	148596	173010	190165	775849	155170
14	Paldiski mnt.	409395	415776	376980	444205	445300	2091656	418331

Tabel 2.3. Keskmised ööpäevased liiklus- ja koormussagedused enimkoormatud sõidurajal

JRK	Asukoht	2014		2015		2016		2017		2018		2014-18 keskmine	
		AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS	AKÖL	KS
		Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp	Autot/ ööp	100 kN telge/ööp
1	Ranna tee - Muuli tee ristmik	7635	309	8262	335	7766	315	8019	325	8084	327	7953	322
2	Ehitajate tee - Maxima lõikes	8416	492	8342	487	8131	475	8010	468	7868	460	8154	477
3	Tartu mnt-Kanali tee ristmik	18367	1306	18387	1307	17961	1277	17832	1268	17629	1254	18035	1283
4	Tehnika tn-Veskiposti ristmik	7515	390	7044	365	8723	453	8969	465	9573	496	8365	434
5	Männiku tee - miniRimi	4761	331	4937	344	5285	368	5519	384	5781	403	5257	366
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	2999	739	3133	772	2464	607	2331	574	2064	508	2598	640
7	Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all	27235	1891	27486	1908	27317	1897	27428	1905	27469	1908	27387	1902
8	Akadeemia tee-Vilde tee ristmik	7239	630	6999	609	7114	619	6992	609	6930	603	7055	614
9	Punane tn - Polikliiniku juures	4635	535	5284	609	5306	612	5747	663	6082	702	5411	624
10	Sõle tn. - Nisu peatus	9249	497	9973	536	9368	536	9648	518	9707	522	9589	522
11	Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv	17969	1050	17919	1047	17207	1006	16936	989	16554	967	17317	1012
12	Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama	6796	149	6425	140	6443	140	6202	136	6025	132	6378	139
13	Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku	1994	140	2640	185	2602	183	3020	213	3324	234	2716	191
14	Paldiski mnt.	6930	505	7038	513	6364	464	6863	548	6953	549	6829	516

Tabel 2.4. Katendit ületanud 100 kN standardtelgede arv aastas enimkoormatud sõidurajal

JRK	Asukoht	2014	2015	2016	2017	2018	Kokku 2014-2018	Keskmiselt aastas
1	Ranna tee - Muuli tee ristmik	112963	122202	115125	118589	119410	588289	117658
2	Ehitajate tee - Maxima lõikes	179525	177883	173923	170820	167864	870015	174003
3	Tartu mnt-Kanali tee ristmik	476654	477146	467419	462857	457601	2341677	468335
4	Tehnika tn-Veskiposti ristmik	142282	133371	165688	169835	181168	792344	158469
5	Männiku tee - miniRimi	120906	125378	134505	140160	146913	667862	133572
6	Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	269616	281689	222180	209583	185438	1168506	233701
7	Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all	690302	696584	694211	695270	696420	3472787	694557
8	Akadeemia tee-Vilde tee ristmik	229909	222230	226463	222230	220095	1120927	224185
9	Punane tn - Polikliiniku juures	195129	222395	223992	242105	256066	1139687	227937
10	Sõle tn. - Nisu peatus	181332	195458	195993	189216	190530	952529	190506
11	Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv	383333	382258	368067	360857	352973	1847488	369498
12	Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama	54203	51100	51240	49640	48180	254363	50873
13	Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku	51164	67671	66868	77855	85574	349132	69826
14	Paldiski mnt.	184228	187099	169641	199892	200385	941245	188249

3. PINNASEVEE TASEME MÕÕTMISTULEMUSED VAATLUSKAEVUDES

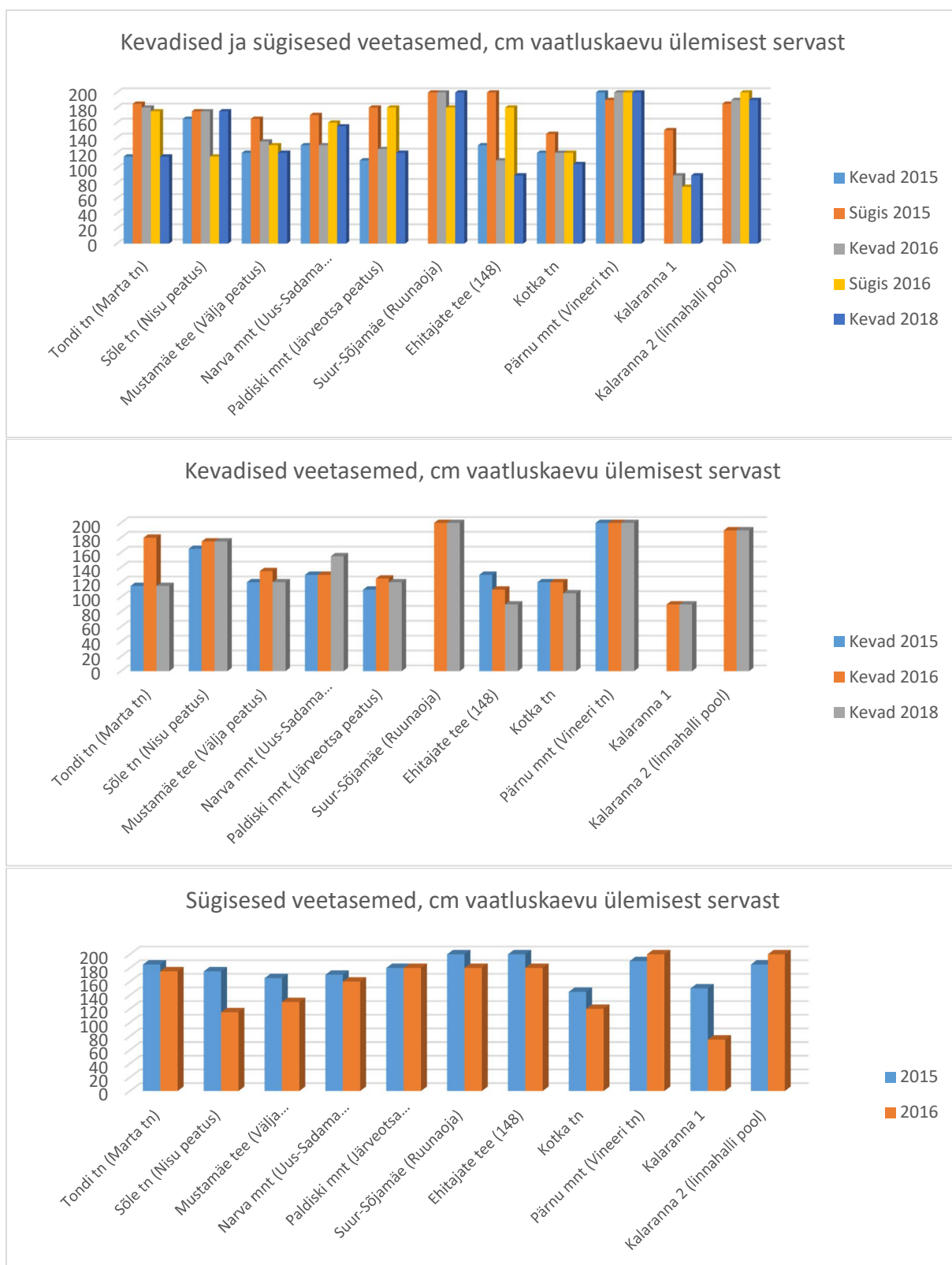
Tabelis 3.1 on esitatud pinnasevee taseme mõõtmistulemused vaatluskaevudes. Mõõtmisi on teostatud neljal korral: 2015.a. kevadel ja sügisel, 2016.a. kevadel ja sügisel ning 2018.a. kevadel.

Tabel 3.1. Pinnasevee tasemed vaatluskaevudes (cm vaatluskaevu ülemisest servast)

Vaatluskaevu asukoht	Mõõtmiste teostamise kuupäev					2015.a. kevadise ja sügise veetaseme vahe, cm	2016.a. kevadise ja sügise veetaseme vahe, cm
	19. – 20. 03. 2015	23. – 26.10. 2015	30.03.2016	30.11.2016	Kevad 2018		
1. Tondi tn (Marta tn)	115	185	180	175	115	70	-5
2. Sõle tn (Nisu peatus)	165	175	175	115	175	10	-60
3. Mustamäe tee (Välja peatus)	120	165	135	130	120	45	-5
4. Narva mnt (Uus-Sadama peatus)	130	170	130	160	155	40	30
5. Paldiski mnt (Järveotsa peatus)	110	180	125	180	120	70	55
6. Suur-Sõjamäe (Ruunaoja)	-	200	200	180	200	-	-20
7. Ehitajate tee (148)	130	200	110	180	90	70	70
8. Kotka tn	120	145	120	120	105	25	0
9. Pärnu mnt (Vineeri tn)	200	190	200	200	200	-10	0
10. Kalaranna 1	-	150	90	75	90	-	-15
11. Kalaranna 2 (linnahalli pool)	-	185	190	200	190	-	10

Võrreldes kevadise ja sügise veetasemeid, selgub, et 2015.a. olid enamuses vaatluskaevudes kevadised veetasemed sügisestest kõrgemad. Ainult ühes vaatluskaevus (Pärnu mnt.) oli sügisene veetase kevadisest kõrgem. 2016.a. oli aga sügisene veetase kõrgem kevadisest viies vaatluskaevus 11-st.

Üldiselt kevadise ja sügise veetasemete vahed ei ole nimetamisväärased, välja arvatud Paldiski mnt. ja Ehitajate tee vaatluskaevud, kus kevadine veetase on sügisest ca 70 cm kõrgem (vt. joonis 3.1).



Joonis 3.1. Pinnasevee tasemed vaatluskaevudes 2015. ja 2016.a. kevadel ja sügisel ning 2018.a. kevadel

4. KATENDIKONSTRUKTSIOONID UURINGUSSE KAASATUD OBJEKTIDEL

Kuna katendikonstruktsioonid olid määratud juba käesoleva uuringu 1. etapi aruandes koos katendi ehitamisel kasutatud materjalide spetsifikatsioonidega nimetatud aruande lisades, siis siin on allpool veelkord esitatud uuringu 1. etapi aruandes toodud katendikonstruktsioonid.

Tabel 4.1. Ehitajate tee katendikonstruktsioon

Õismäe poolsed sõidurajad	
Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 16 70/100	4
Asfaltbetoon AC 20 bin 70/100	6
Asfaltbetoon AC 32 base 70/100	6
Kiilutud killustikalus FR 32/63 kiiluda FR 12/16 (kulu 25kg/m ²) ja 8/12 (kulu 15 kg/m ²)	25
Keskliivast drenikiht $k \geq 1$ m/ööp	≥ 20
Täiteliiv, $k \geq 0,5$ m	≥ 20 cm
Olemasolev aluspinnas - peenliiv	
Loomaaia poolsed sõidurajad	
Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 12 70/100	4
Asfaltbetoon AC 20 bin 70/100	6
Asfaltbetoon AC 32 base 70/100	6
Kiilutud killustikalus FR 32/63 kiiluda FR 12/16 (kulu 25kg/m ²) ja 8/12 (kulu 15 kg/m ²)	25
Keskliivast drenikiht $k \geq 1$ m/ööp, (vajadusel)	≥ 20
Olemasolev täitepinnas – kruusane liiv	

Tabel 4.2. Ranna tee katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 16	4
Asfaltbetoon AC 20 bin	5
Asfaltbetoon AC 16 base tasanduskiht (vajadusel)	
Olemasolev asfaltbetoon	

Tabel 4.3. Tartu maantee katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 16	4
Asfaltbetoon AC 16 bin	4
Asfaltbetoon AC 32 base	6
Bituumenmakadam MUK 12/32	6
Optimaalse terakoostisega tarkivikillustik FR 0/31,5	12
Optimaalse terakoostisega lubjakivikillustik FR 0/31,5	13
Geotekstiil	
Dreenikiht $k \geq 3$ m/ööp	25
Täitepinnas $k \geq 0,5$ m/ööp	55
Olemasolev pinnas	

Tabel 4.4. Tehnika tänava katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 16 (LA15)	5
Asfaltbetoon AC 16 bin	5
Asfaltbetoon AC 32 base	6
Graniitkivikillustik segu nr 4	10
Kiilutud paekillustikust alus FR 32/64	13
Geovõrk, tõmbetugevus 30/30 kN	
Dreenkiht keskliivast, $k \geq 2$ m/ööp	20

Tabel 4.5. Männiku tee katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Tihe kuum asfaltbetoon AC 16 surf 70/100 (LA \leq 15)	4
Kuum poorne asfaltbetoon AC 16 base 70/100 (LA \leq 30)	5
Mustkillustik MUK 12/32 (LA \leq 30)	7
Paekivist killustikalus FR 32/64, kiiluda FR 12/16 (25 kg/m ²) ja FR 8/12 (15 kg/m ²)	25
Liivast alus, $k \geq 2$ m/ööp	30
Olemasolev tihendatud pinnas	

Tabel 4.6. Välja bussipeatuse katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 12 (LA15)	5
Betoon C30/37	20
Geotekstiil NordGeoSpec 2	6
Tsementstabiliseeritud alus TS-32	20
Paekivikillustik FR 32/64, kiilutud 16/32	13
Aluspinnas peenliiv	

Tabel 4.7. Nisu bussipeatuse katendikonstruktsioon (linna suund)

Linna suund	
Kiht	Paksus, cm
Killustikmastiksasfalt SMA 12 (LA15)	5
Betoon C30/37	20
Asfaltbetoon AC 16 base	6
Paekivikillustik	40
Aluspinnas jämetolmliiv	
Linnast välja suund	
Kiht	Paksus, cm
Betoon C40/50	24
Asfaltbetoon AC 16 base	5
Paekivikillustik FR 32/64, kiilutud 16/32	30
Aluspinnas jämetolmliiv	

Tabel 4.8. Tammsaare tee katendikonstruktsioon

Ülekate	
Kiht	Paksus, cm
SMA 16 surf	5
AC 16 bin	5
Geovõrk geotekstiiliga (Tensar AG)	
AC 8 bin	2
Olemasolev freesitud asfalt	
Uus konstruktsioon	
Kiht	Paksus, cm
SMA 16 surf	5
AC 16 bin	5
AC 32 base	7
Kiilutud killustikust alus FR 32/63 (20 cm) + FR 16/32 (10 cm) kiiluda FR 8/16	30
Geovõrk geotekstiiliga (Tensar Tx190L)	
Olemasolev alus	

Tabel 4.9. Suur-Sõjamäe tee katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Asfaltbetoon AC 20 surf	5
Asfaltbetoon AC 16 bin	5
Asfaltbetoon AC 32 base	7
Mustkillustik MUK 12/32	7
Kiilutud lubjakivikillustik FR 32/63 kiiluda FR 12/16 (25 kg/m ²) ja FR 8/12 (15 kg/m ²)	20
Geotekstiil	
Dreenkiht keskliivast, $k \geq 2$ m/ööp	20
Täiteliiv $k \geq 0,5$ m/ööp	
Olemasolev pinnas (lubjakivi)	

Tabel 4.10. Akadeemia tee katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
AC 20 surf	5
AC 20 bin	6
AC 20 bin	vajadusel
Olemasolev asfalt	

Tabel 4.11. Paldiski mnt katendikonstruktsioon

Kiht	Paksus, cm
Betonkate	
Betoon C35/45	25
SMA kate betoonalusel	
Killustikmastiksfalt SMA12	5
Betoon C30/37	20
Asfaltbetoonkate	
Killustikmastiksfalt SMA16	5
Asfaltbetoon AC 20 bin, gilsoniidiga	6
Vajadusel AC 12 bin	muutuv
Olemasolev freesitud asfalt	

5. KANDEVÖIME MÕÕTMISED UURINGUSSE KAASATUD OBJEKTIDEL

Kandevõime mõõtmised uuringusse kaasatud objektidel toimusid 1.mail 2017.a. ja 2.mail 2018.a. Mõõtmised teostas Juha-Matti Vainio Soome firmast West Coast Road Masters Oy seadmega KUAB 50 (FWD) ja kohaliku konsultandina oli kaasatud Sven Sillamäe GeoTech Consulting OÜ-st. Mõõtmistulemused on esitatud Lisas 2.1 Teekonstruktsioonide kandevõime mõõtmiste tulemused Tallinnas 2017. ja 2018. aastal ning koondtulemused tabelis 5.1.

Kõik kandevõime E_{2_T} (MPa) väärtused tabelis 5.1 on arvatud Soome süsteemi kohaselt:

- kandevõime E_{2_T} (MPa) arvutamine lähtudes juhendist <http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/1-pplmittaus.pdf> ;
- temperatuuriparandatud tingimusel, et asfaltkatte paksus on 150 mm;
- Poissoni tegurina kasutatud 0,5.

Kandevõime $E_{eq2001-52}$ arvutamine toimus põhinedes Andrus Aaviku doktoritööl (TTÜ, 2003) ja saadud väärtus on võrreldav Maanteeameti Elastsete teekatendite arvutamise juhendiga (katendikonstruktsiooni üldine elastsusmoodul).

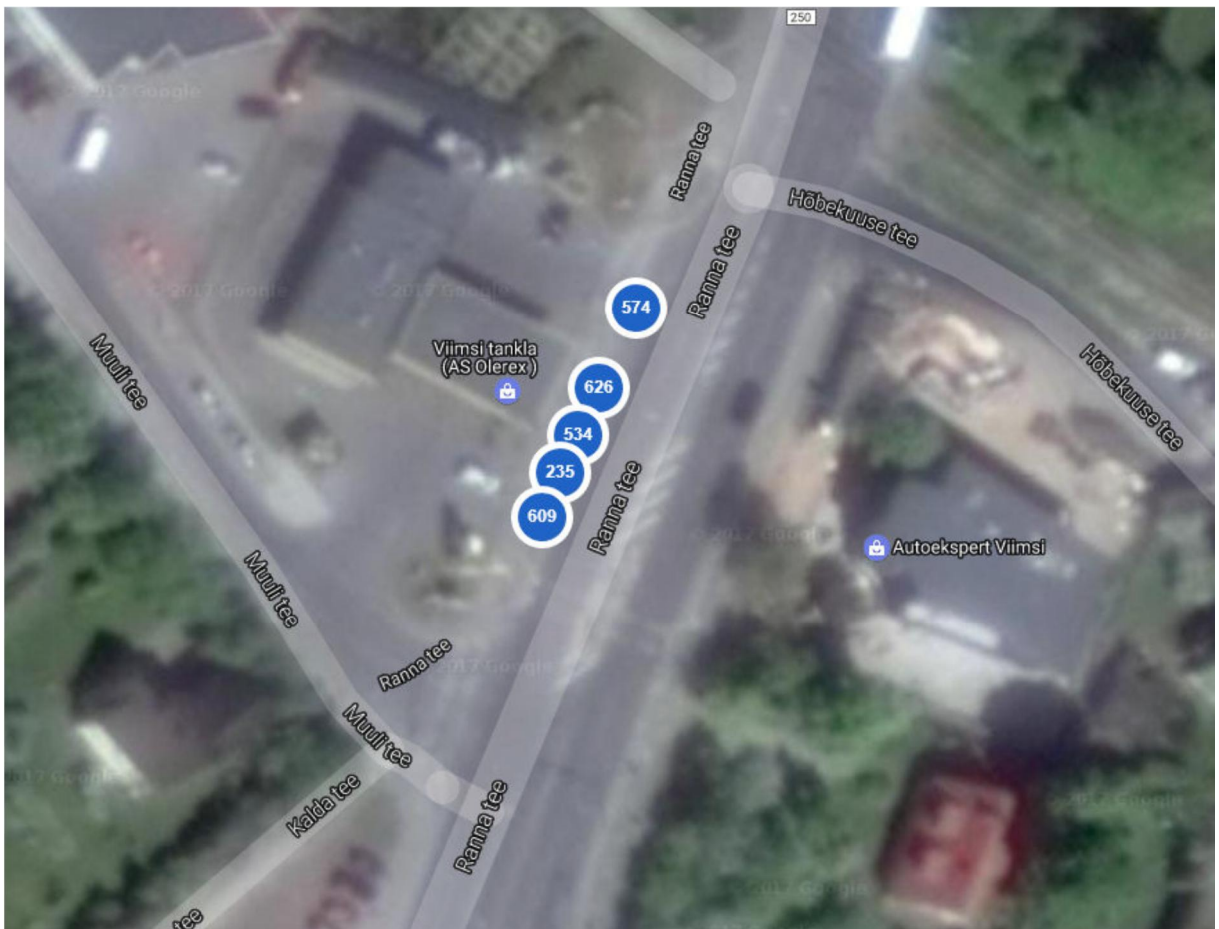
Tabel 5.1. Kandevõime mõõtmiste koondtulemused uuringusse kaasatud objektidel 2017. ja 2018. aastal

Punkti nr.	Objekti asukoht	E_{2_T} , MPa*		$E_{eq\ 2001-52}$ (ETM), MPa**		Vajumikausi parameetrid					
						SCI		BDI		BCI	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
1. Ranna tee - Muuli tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg											
1	Olerexi tankla sissesõidu lõpust (üks äärekivi enne raadiuse lõppu)	574	518	422	375	82	86	71	71	15	15
2	10 m esimesest punktist (tänavavalgustuspost)	626	575	453	408	72	70	67	70	14	14
3	15 m esimesest punktist	534	504	399	371	94	88	78	76	16	17
4	20 m esimesest punktist	235	553	208	399	446	73	75	67	18	17
5	25 m esimesest punktist	609	611	443	432	66	57	67	62	16	17
2. Ehitajate tee - Õismäe tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg											
1	Enne Õismäe tee ristmikku, kohakuti geodeetilise punktiga	753	726	523	495	33	41	47	38	14	15
2	10 m esimesest punktist	740	723	516	494	36	38	44	39	17	14
3	20 m esimesest punktist (vahetult peale stopp-joont)	598	677	434	472	57	40	63	45	20	15

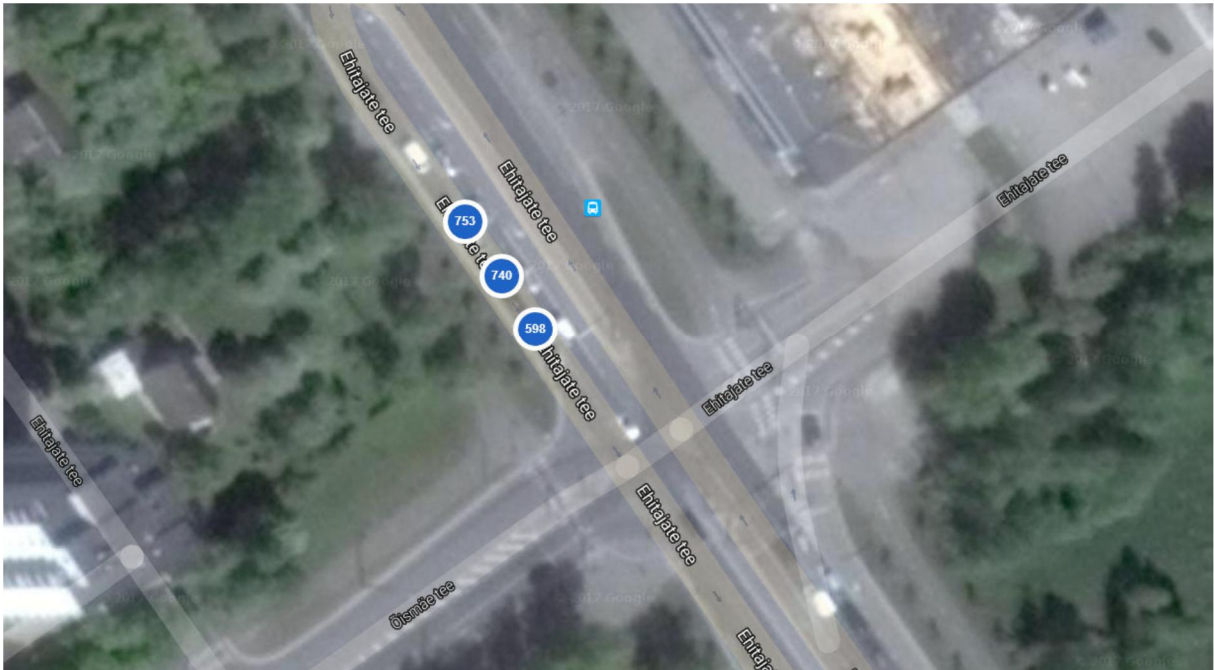
Punkti nr.	Objekti asukoht	E _{2,T} , MPa*		E _{eq 2001-52} (ETM), MPa**		Vajumikausi parameetrid					
						SCI		BDI		BCI	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
3. Tartu mnt - Kanali tee ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg											
1	Ristuva kraavi nõlva lõpust	482	431	367	328	70	77	87	86	25	27
2	10 m esimesest punktist	514	496	387	366	66	65	86	78	23	23
3	20 m esimesest punktist	516	523	388	382	69	64	78	67	25	22
4. Tehnika tn - Veskiposti ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg											
1	Vahetult peale ristmikku, samal joonel valgusfooriga	741	773	516	524	34	36	42	36	20	13
2	10 m esimesest punktist	735	704	512	483	44	47	47	44	17	14
3	20 m esimesest punktist	687	646	486	451	45	55	51	45	19	15
5. Männiku tee (Männiku tee 121 juures, linna sisenev suund, parempoolne rattajalg)											
1	Enne Männiku tee 121 mahasõitu, kohakuti tv-postiga	638	670	457	465	83	57	54	49	13	11
2	10 m esimesest punktist	718	732	502	498	71	56	51	47	11	8
3	20 m esimesest punktist	704	725	494	498	61	51	54	45	14	11
4	50 m esimesest punktist	593	681	432	474	61	46	62	46	19	13
5	60 m esimesest punktist	688	678	486	473	55	50	48	46	18	13
6. Suur - Sõjamäe (linnast väljuv suund peale Smuuli tee ristmikku, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg)											
1	1 m äärekivi lõpust	741	745	517	506	30	38	39	35	21	17
2	10 m esimesest punktist	754	777	525	526	24	27	36	32	22	19
3	20 m esimesest punktist	687	742	487	507	47	35	38	37	21	15
7. Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all. Linna sisenev suund											
1	Esimene valgustuspost enne viadukti (parempoolne sõidurada)	541	549	402	397	60	51	70	60	22	24
4	Kohakuti rambi äärekiviga (parempoolne sõidurada)	757	689	526	479	33	46	53	49	20	19
11	Kohakuti rambi äärekiviga (vasakpoolne sõidurada)	599	774	436	521	53	44	70	48	24	15
12	Viadukti viimane samm viadukti all (vasakpoolne sõidurada)	732	613	502	436	35	55	53	61	18	19
16	Esimene valgustuspost enne viadukti (vasakpoolne sõidurada)	560	657	414	457	55	44	62	52	25	19

Punkti nr.	Objekti asukoht	E _{2,T} , MPa*		E _{eq 2001-52} (ETM), MPa**		Vajumikausi parameetrid					
						SCI		BDI		BCI	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
8. Akadeemia tee - Vilde tee ristmik - linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg											
1	Parempöörde keskelt	1237	976	774	631	19	31	20	28	13	11
2	10 m esimesest punktist	1138	1084	725	685	24	24	17	17	16	11
3	20 m esimesest punktist	919	987	612	637	23	16	26	23	17	13
14. Paldiski mnt betoontee katselõik, asfaltkattega teelõik. Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg											
1	23 m betoonlõigust	1664	1546	981	902	12	17	12	14	9	5
2	75 m betoonlõigust	979	949	644	617	35	33	29	30	12	9
3	100 m betoonlõigust	875	770	589	523	35	47	36	38	14	10
4	300 m betoonlõigust	460	477	353	357	58	50	81	66	25	23
5	325 m betoonlõigust	546	593	404	422	44	35	56	44	27	19
Märkused:											
*Arvutatud lähtudes Soome süsteemist (http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/1-pplmittaus.pdf). Temperatuuriparandatud tingimusel, et asfaltkatte paksus on 150 mm. Poissoni tegurina kasutatud 0.5											
**Seoses tavapärasest külmema ja vihmase kevadega on kandevõime arvutamisel kasutatud aprilli kuutegurit											

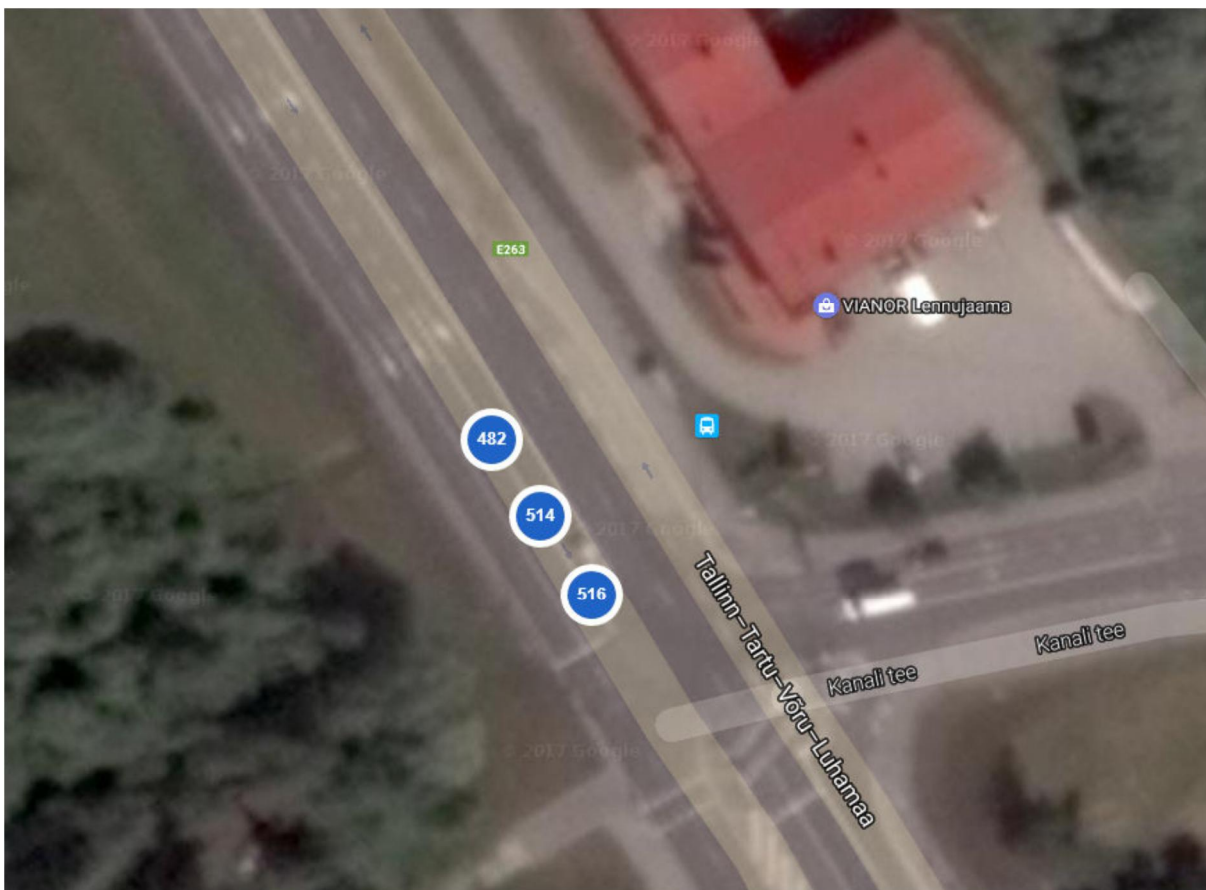
Mõõtmispunktide asukohad on joonistel 5.1-5.9 (kandevõime väärtused joonistel 2017.a. mõõtmistulemuste alusel). Fotod objektidest joonistel 5.1-5.9 on võetud esimese mõõtepunkti kohalt 2017.a..



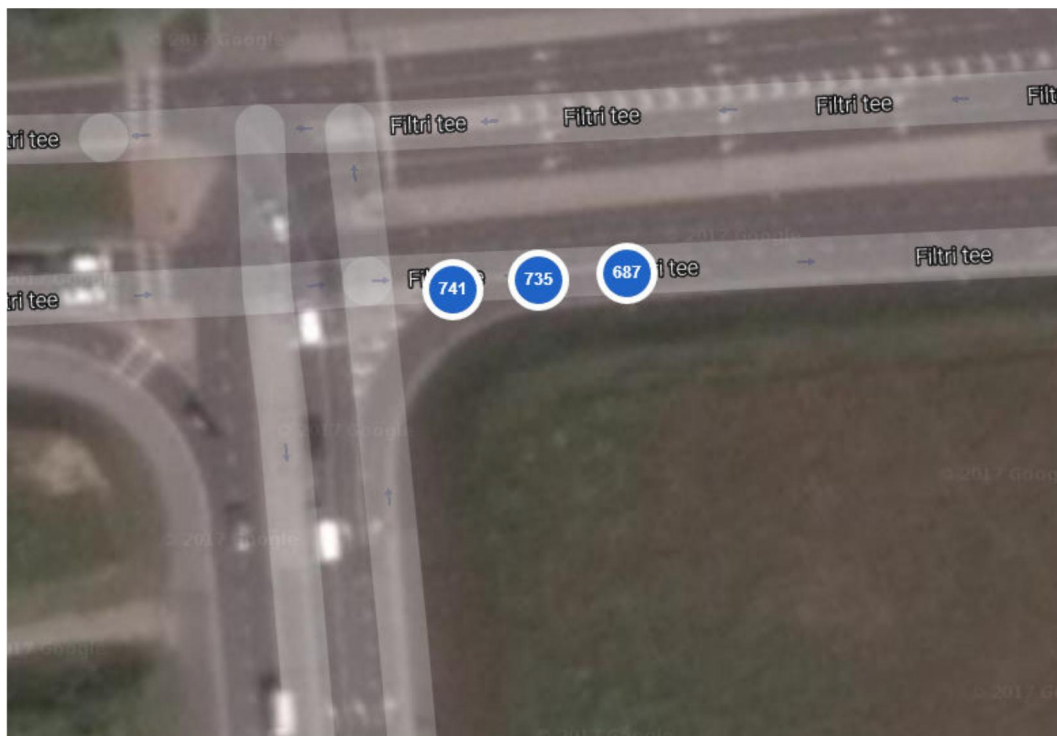
Joonis 5.1. Ranna tee - Muuli tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg



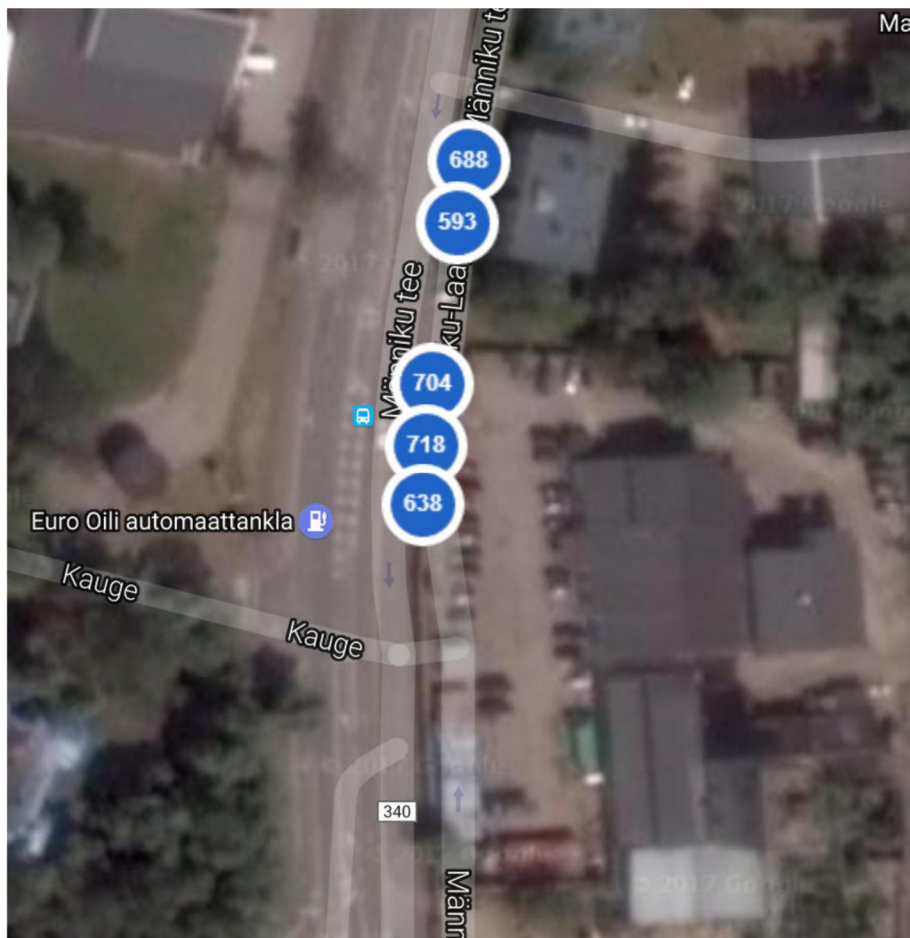
Joonis 5.2. Ehitajate tee - Öismäe tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg



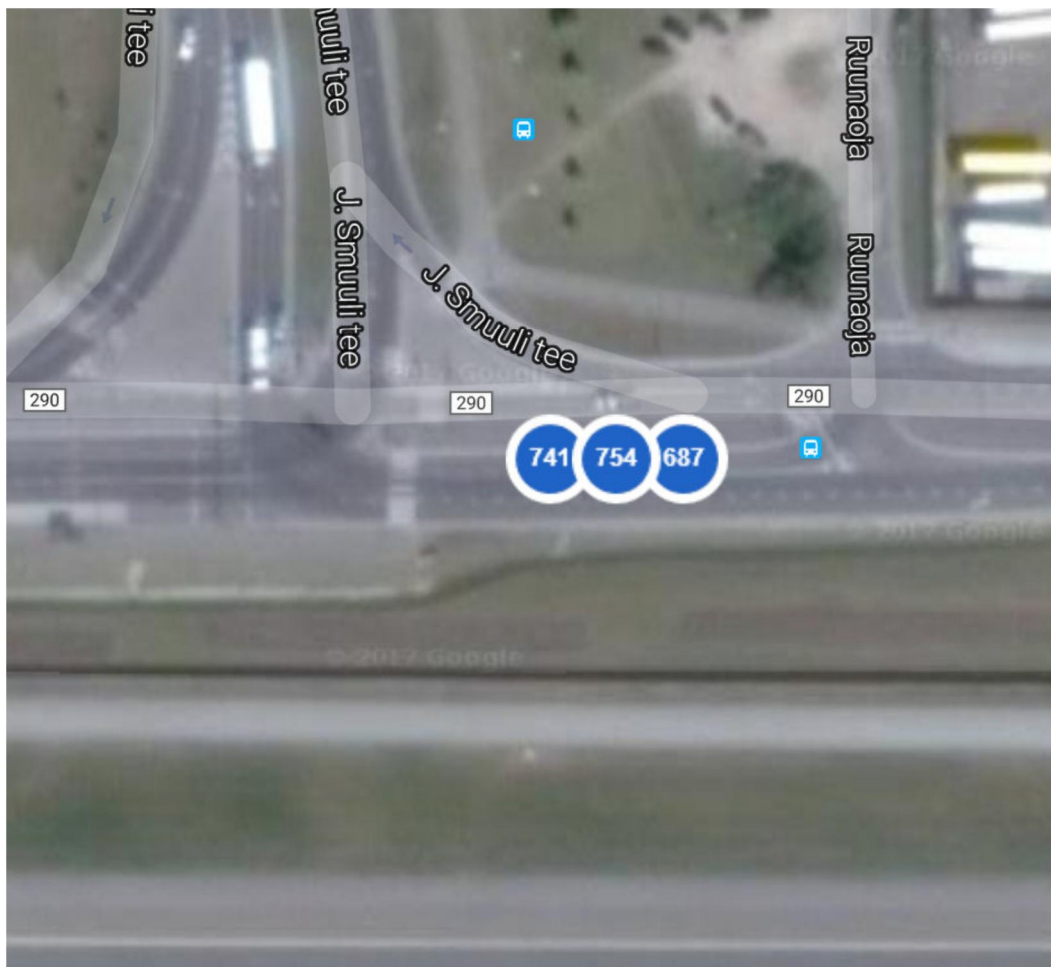
Joonis 5.3. Tartu mnt - Kanali tee ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajälg



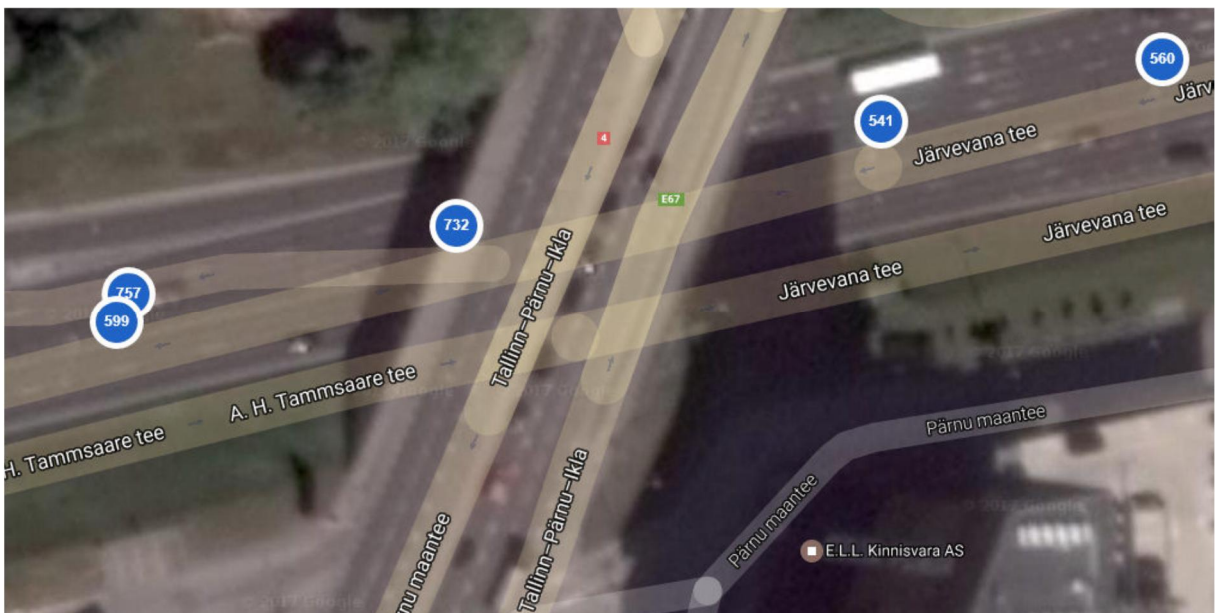
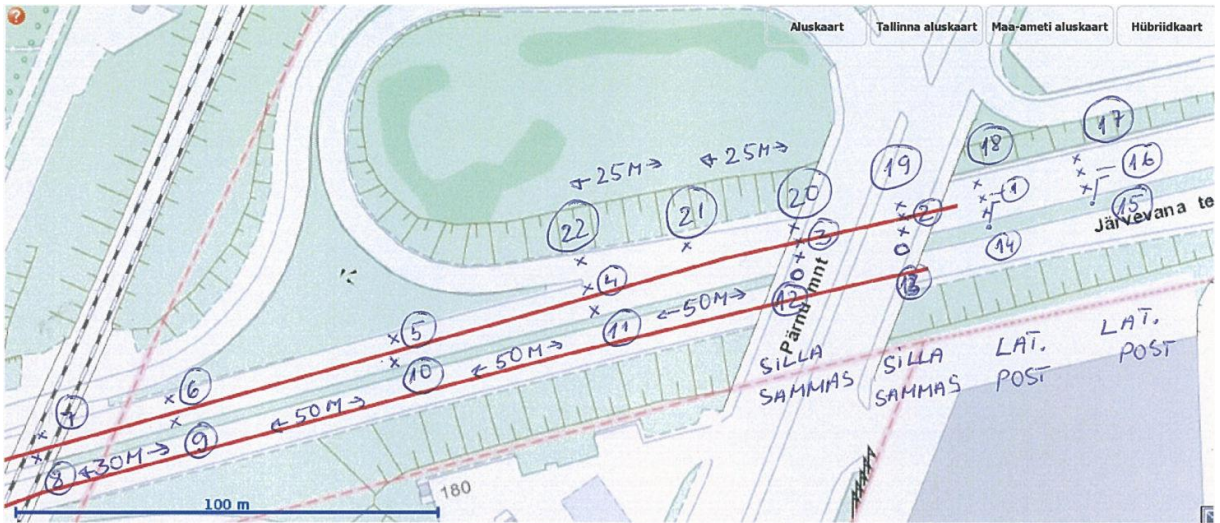
Joonis 5.4. Tehnika tn - Veskiposti ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg



Joonis 5.5. Männiku tee (Männiku tee 121 juures, linna sisenev suund, parempoolne rattajälg)

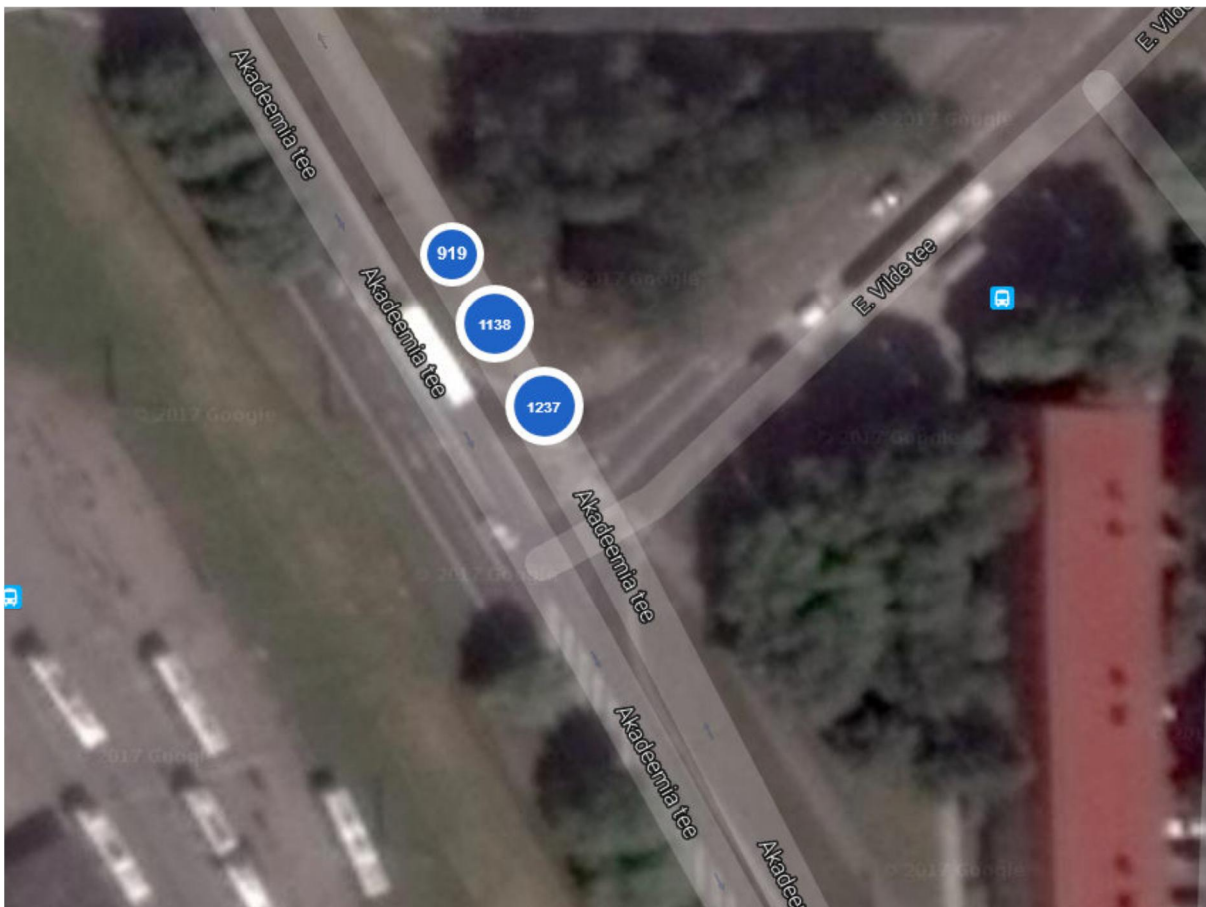


Joonis 5.6. Suur - Sõjamäe (linnast väljuv suund peale Smuuli tee ristmikku, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg)

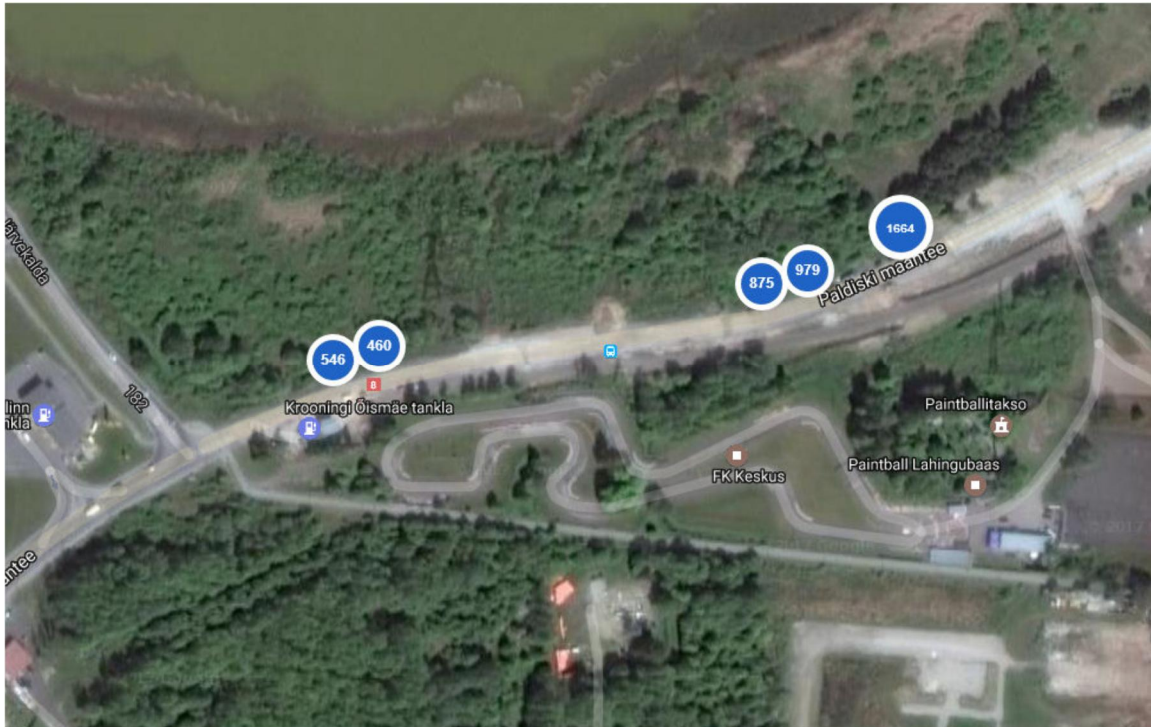


Mõõtmispunktid valiti lähtudes 16.06.15 toimunud möödistusest, mis tehti vahetult peale objekti valmimist.

Joonis 5.7. Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all. Linna sisenev suund.



Joonis 5.8. Akadeemia tee - Vilde tee ristmik- Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg



Joonis 5.9. Paldiski mnt betoontee katselõik, asfaltkattega teelõik. Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg

Selleks, et võrrelda FWD mõõtmistulemuste alusel arvatud katendi üldise elastsusmooduli ja vajumikausi parameetrite SCI, BDI ja BCI väärtuseid nõutavatega, tuleb need nõutavad väärtused arvutada:

1. Katendi vajalik elastsusmoodul

Tee koormussageduse alusel (tabel 2.1) on võimalik arvutada vähim vajalik E-moodul. Seos vajaliku elastsusmooduli E_{vaj} määramiseks:

$$E_{vaj} = (a * \log(Q) + b) * K_{tt} \quad (5.1)$$

kus: Q – koormussagedus (tabel 2.1);
a ja b – konstandid (a=67,6; b=61,3);
 K_{tt} – katendi tugevustegur (=1).

2. Maksimaalsed lubatavad vajumikausi parameetrite väärtused

Sisestades nõutava E-mooduli (E_{vaj}) väärtuse võrrandisse (5.2) saab arvutada suurima lubatava vajumikausi parameetri ehk selle piirväärtuse antud teelõigu kohta.

Vajumikausi parameetrite piirväärtuste arvutamise võrrandil on astmefunktsiooni kuju:

$$y = a_0 * x^{a_1} \quad (5.2)$$

kus x – nõutav (vajalik) E-moodul E_{vaj} , MPa;
y – otsitav vajumikausi parameeter (SCI, BDI, BCI);
 a_0, a_1 – konstandid vastavalt tabelile 5.2.

Tabel 5.2. Konstantide a_0 ja a_1 väärtused vajumikausi parameetrite suurimate lubatavate piirväärtuste arvutamise võrrandis (5.2)

Katte liik	Vajumikausi parameeter y	Konstantide väärtused	
		a_0	a_1
AB-kate killustik-alusega	SCI	498 577	-1,45
	BDI	10 645	-0,84
	BCI	51 984	-1,31
AB-kate tasandus-freesimisel	SCI	655 780 050	-2,76
	BDI	15 319 713 999	-3,47
	BCI	11 182	-1,13

Lähtudes eeltoodust saame arvutada uuringusse kaasatud objektide vajalikud elastsusmoodulid ja vajumikausi parameetrite SCI, BDI ja BCI suurimad lubatavad väärtused (tabel 5.3)

- Surface Curvature Index (SCI) e. pinna kõverustegur – iseloomustab ülemiste katendikihtide seisukorda;
- Base Damage Index (BDI) e. aluse vigastatuse tegur – iseloomustab alusekihtide seisukorda;
- Base Curvature Index (BCI) e. aluse kõverustegur – iseloomustab aluspinnase seisukorda.

Tabel 5.3. Arvutatud vajalikud elastsusmoodulid ja vajumikausi parameetrite maksimaalsed väärtused uuringusse kaasatud objektidel

Objekt	Vajalik E-moodul, MPa	Vajumikausi parameetrite maksimaalsed piirväärtused		
	E_{vaj}	SCI_{piir}	BDI_{piir}	BCI_{piir}
Ranna tee - Muuli tee ristmik	257	147	67	21
Ehitajate tee -Tulevase Maxima lõikes	266	152	98	35
Tartu mnt-Kanali tee ristmik	295	130	90	30
Tehnika tn-Veskiposti ristmik	257	160	101	36
Männiku tee -miniRimi	254	163	102	37
Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	281	141	93	32
Tammsaare tee-Pärnu mnt viadukti all	307	90	36	17
Akadeemia tee-Vilde tee ristmik	272	125	54	20
Punane tn - Polikliiniku juures	275	145	95	33
Sõle tn. - Nisu peatus - äärmised sõidurajad	256	(161)	(101)	(36)
Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv	250	(166)	(103)	(37)
Hiiu tn - enne Hiiu raudteejaama	206	221	121	49
Kotka tn - enne Nõmme tee ristmikku	241	175	106	39
Paldiski mnt.	265	(153)	(98)	(35)

Märkus: Nisu ja Välja peatuse ja Paldiski mnt. vajumikausi parameetrite väärtused on sulgudes, kuna neil objektidel on tegemist betoonkatetega ja vajumikausi parameetrite arvutamise meetodika kehtib asfaltkatetele.

Peale vajumikausi parameetrite tegelike, FWD mõõtmistulemuste alusel arvutatud väärtuste (tabel 5.1) ja maksimaalselt lubatavate piirväärtuste (tabel 5.3) arvutamist võrreldakse esimesi viimastega ja juhul, kui:

- Arvutatud tegelik SCI väärtus on suurem, kui tema maksimaalselt lubatav piirväärtus ($SCI > SCI_{piir}$), esineb meil probleeme ülemistes katendi kihtides (kuni 30 cm sügavuseni) ja mis tuleb meil remondiga kõrvaldada/praendada.
- Arvutatud tegelik BDI väärtus on suurem, kui tema maksimaalselt lubatav piirväärtus ($BDI > BDI_{piir}$), esineb meil probleeme teekonstruktsioonis 30-60 cm sügavusel.
- Arvutatud tegelik BCI väärtus on suurem, kui tema maksimaalselt lubatav piirväärtus ($BCI > BCI_{piir}$), esineb meil probleeme ilmselt aluspinnases (120-150 cm sügavuses).

Tabelis 5.4 on esitatud FWD mõõtmistulemuste alusel arvutatud kandevõime ja vajumikausi parameetrite võrdlus piirväärtustega 2017. ja 2018. aasta mõõtmistulemuste alusel.

Üldjuhul on tagatud kõigi katendikonstruktsioonide üldised nõutavad elastsusmoodulid ja ka vajumikausi parameetrid SCI, BDI ja BCI ei ületa neile arvutatud piirväärtuseid (tabel 5.4). Eranditeks on Ranna tee (Muuli tee ristmik) ja Tammsaare tee (Pärnu mnt. viadukti alune lõik) nii 2017. kui ka 2018. aastal. Ranna teel esineb probleeme BDI piirväärtustega, mis tähendab meil esineb probleeme teekonstruktsioonis 30-60 cm sügavusel ehk aluse kihtides. Tammsaare teel ületavad piirväärtuseid nii BDI kui BCI väärtused, mis viitab probleemidele teekonstruktsioonis 30-60 cm sügavusel ja aluspinnases (120-150 cm sügavusel). Nii Ranna tee kui ka Tammsaare tee puhul on meil tegemist remondiobjektidega, kus on teostatud põhimõtteliselt ainult ülekate ja katendikonstruktsiooni aluskihte ei ole remondi käigus uuendatud (vt. tabelid 4.2 ja 4.8).

Tabel 5.4. FWD mõõtmistulemuste alusel arvatud kandevõime ja vajumikausi parameetrite võrdlus piirväärtustega 2017. ja 2018. aastal

Punkti nr.	Objekti asukoht	E _N õutav, MPa	E _{eq} 2001-52, MPa			Vajumikausi parameetrid											
			2017	2018	+/-	SCI _{piir}	SCI			BDI _{piir}	BDI			BCI _{piir}	BCI		
							2017	2018	+/-		2017	2018	+/-		2017	2018	+/-
1. Ranna tee - Muuli tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																	
1	Olerexi tankla sissesõidu lõpust (üks äärekiivi enne raadiuse lõppu)	257	422	375	-11%	147	82	86	5%	67	71	71	0%	21	15	15	0%
2	10 m esimesest punktist (tänavavalgustuspost)		453	408	-10%		72	70	-3%		67	70	4%		14	14	0%
3	15 m esimesest punktist		399	371	-7%		94	88	-6%		78	76	-3%		16	17	6%
4	20 m esimesest punktist		208	399	92%		446	73	-84%		75	67	-11%		18	17	-6%
5	25 m esimesest punktist		443	432	-2%		66	57	-14%		67	62	-7%		16	17	6%
2. Ehitajate tee - Õismäe tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																	
1	Enne Õismäe tee ristmikku, kohakuti geodeetilise punktiga	266	523	495	-5%	152	33	41	24%	98	47	38	-19%	35	14	15	7%
2	10 m esimesest punktist		516	494	-4%		36	38	6%		44	39	-11%		17	14	-18%
3	20 m esimesest punktist (vahetult peale stopp-joont)		434	472	9%		57	40	-30%		63	45	-29%		20	15	-25%
3. Tartu mnt - Kanali tee ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																	
1	Ristuva kraavi nõlva lõpust	295	367	328	-11%	130	70	77	10%	90	87	86	-1%	30	25	27	8%
2	10 m esimesest punktist		387	366	-5%		66	65	-2%		86	78	-9%		23	23	0%
3	20 m esimesest punktist		388	382	-2%		69	64	-7%		78	67	-14%		25	22	-12%
4. Tehnika tn - Veskiposti ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																	
1	Vahetult peale ristmikku, samal joonel valgusfooriga	257	516	524	2%	160	34	36	6%	101	42	36	-14%	36	20	13	-35%
2	10 m esimesest punktist		512	483	-6%		44	47	7%		47	44	-6%		17	14	-18%
3	20 m esimesest punktist		486	451	-7%		45	55	22%		51	45	-12%		19	15	-21%
5. Männiku tee (Männiku tee 121 juures, linna sisenev suund, parempoolne rattajalg)																	
1	Enne Männiku tee 121 mahasõitu, kohakuti tv-postiga	254	457	465	2%	163	83	57	-31%	102	54	49	-9%	37	13	11	-15%
2	10 m esimesest punktist		502	498	-1%		71	56	-21%		51	47	-8%		11	8	-27%
3	20 m esimesest punktist		494	498	1%		61	51	-16%		54	45	-17%		14	11	-21%
4	50 m esimesest punktist		432	474	10%		61	46	-25%		62	46	-26%		19	13	-32%
5	60 m esimesest punktist		486	473	-3%		55	50	10%		48	46	-4%		18	13	-28%

Punkti nr.	Objekti asukoht	ENõutav, MPa	E _{eq} 2001-52, MPa			Vajumikausi parameetrid											
			2017	2018	+/-	SCI _{piir}	SCI			BDI _{piir}	BDI			BCI _{piir}	BCI		
							2017	2018	+/-		2017	2018	+/-		2017	2018	+/-
6. Suur - Sõjamäe (linnast väljuv suund peale Smuuli tee ristmikku, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg)																	
1	1 m äärekivi lõpust	281	517	506	-2%	141	30	38	27%	93	39	35	-10%	32	21	17	-19%
2	10 m esimesest punktist		525	526	0%		24	27	13%		36	32	-11%		22	19	-14%
3	20 m esimesest punktist		487	507	4%		47	35	-26%		38	37	-3%		21	15	-29%
7. Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all. Linna sisenev suund																	
1	Esimene valgustuspost enne viadukti (parempoolne sõidurada)	307	402	397	-1%	90	60	51	-15%	36	70	60	-14%	17	22	24	9%
4	Kohakuti rambi äärekiviga (parempoolne sõidurada)		526	479	-9%		33	46	39%		53	49	-8%		20	19	-5%
11	Kohakuti rambi äärekiviga (vasakpoolne sõidurada)		436	521	19%		53	44	-17%		70	48	-31%		24	15	-38%
12	Viadukti viimane samm viadukti all (vasakpoolne sõidurada)		502	436	-13%		35	55	57%		53	61	15%		18	19	6%
16	Esimene valgustuspost enne viadukti (vasakpoolne sõidurada)		414	457	10%		55	44	-20%		62	52	-16%		25	19	-24%
8. Akadeemia tee - Vilde tee ristmik- Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg																	
1	Parempöörde keskelt	272	774	631	-18%	125	19	31	63%	54	20	28	40%	20	13	11	-15%
2	10 m esimesest punktist		725	685	-6%		24	24	0%		17	17	0%		16	11	-31%
3	20 m esimesest punktist		612	637	4%		23	16	-30%		26	23	-12%		17	13	-24%
14. Paldiski mnt betoontee katselõik, asfaltkattega teelõik. Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg (vt. märkus allpool)																	
1	23 m betoonlõigu algusest	265	981	902	-8%	153	12	17	42%	98	12	14	17%	35	9	5	-44%
2	75 m betoonlõigu algusest		644	617	-4%		35	33	-6%		29	30	3%		12	9	-25%
3	100 m betoonlõigu algusest		589	523	-11%		35	47	34%		36	38	6%		14	10	-29%
4	300 m betoonlõigu algusest		353	357	1%		58	50	-14%		81	66	-19%		25	23	-8%
5	325 m betoonlõigu algusest		404	422	4%		44	35	-20%		56	44	-21%		27	19	-30%

- Märkused:
- punasega on tähistatud piirväärtustele mitte vastavad väärtused
 - sinisega on tähistatud vajumikausi parameetrite väärtuse kasv >10%, mis tähendab struktuurse seisukorra halvenemist vastavas katendikonstruktsiooni osas 2018 vs 2017 (vajumikausi parameetri väärtuse vähenemine 2018 vs 2017 tähendab, et struktuurne seisukord vastavas kihis on paranenud või stabiliseerunud)
 - Paldiski mnt. objektil on tegemist betoonkattega ja vajumikause parameetrite arvutamise meetodika kehtib asfaltkatetele, mistõttu siintoodud väärtused on indikatiivsed

Sarnaselt vana katte freesimise ja tasandamisega on remondi käigus piiratud ka Akadeemia teel (vt. tabel 4.10), kuid sellist probleemi vanade aluskihtidega ja aluspinnasega seal ei esine.

Eeltoodust saab järeldada, et olemasolevate katete remontide planeerimisel on oluline remondi projekteerimisel teostada objektidel kandevõime mõõtmised FWD seadmega ning analüüsida ka vajumikausi parameetreid, võrreldes neid maksimaalsete lubatavate piirväärtustega ning mille alusel on võimalik otsustada ka kattest sügavamale jäävate vana katendikonstruktsiooni kihtide ja aluspinnase seisukorra üle.

Keskmine kandevõime muutus 2017 vs 2018 oli -2,37%, kusjuures keskmine kandevõime kasv 11-s mõõtepunktis (analüüsist on välja jäetud Ranna tee – Muuli tee ristmikult mõõtepunkt, kus kandevõime kasv oli 92%) oli +5,54% ning keskmine kandevõime langus 23-s mõõtepunktis oli -6,68% (tabel 5.4).

Vajumikausi parameetri SCI väärtused, mis iseloomustavad katendikonstruktsiooni ülemise osa (0-300 mm) seisukorda, on keskmiselt kasvanud +1,25%, 15-ne mõõtepunkti keskmine SCI väärtuse kasv on olnud +23,63% ja 19-st mõõtepunkti keskmine SCI väärtuse langus -16,41% (tabel 5.4). Kõigi vajumikausi parameetrite – SCI, BDI ja BCI – väärtuste kasv tähendab katendi struktuurse seisukorra halvenemist. Seega saame 2017. ja 2018. aasta SCI väärtuste muutuste põhjal järeldada, et keskmiselt on nende kahe aasta võrdluses katete struktuurne seisukord halvenenud.

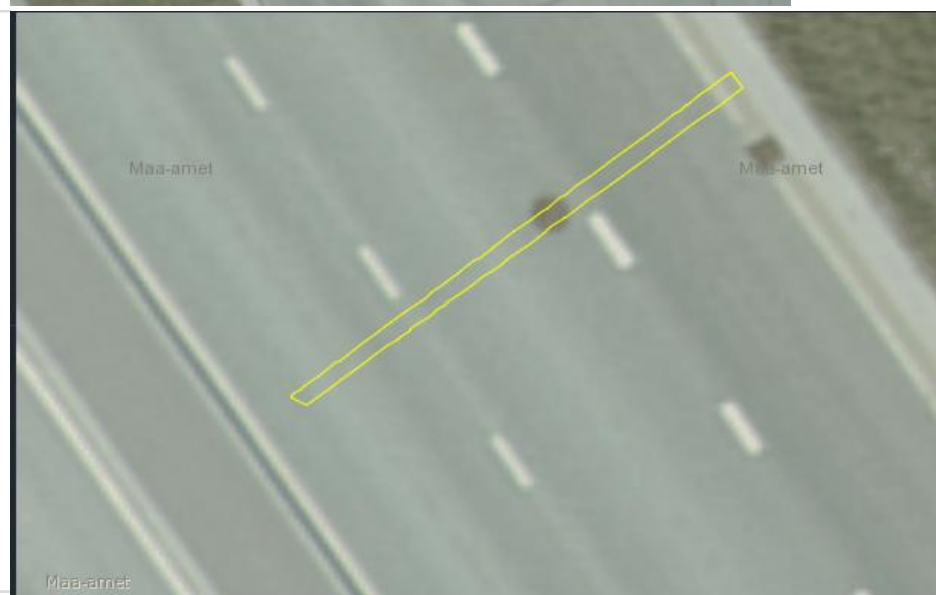
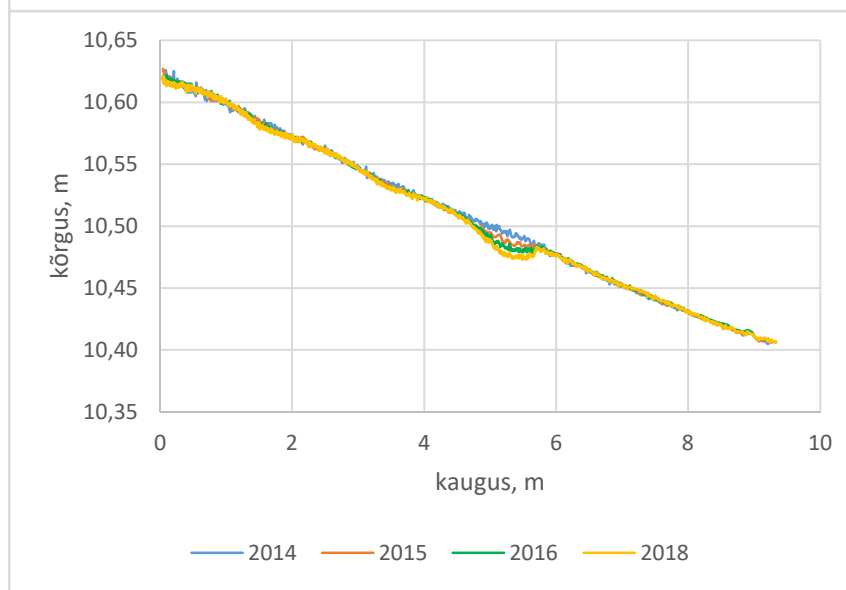
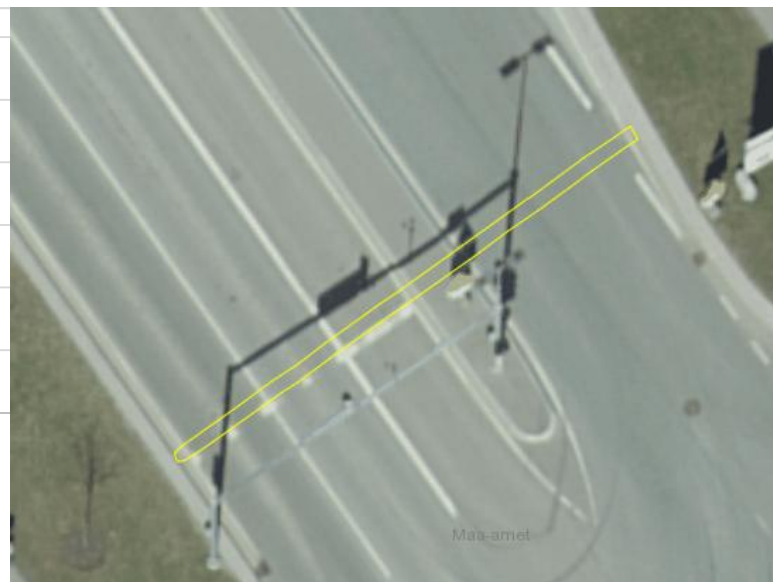
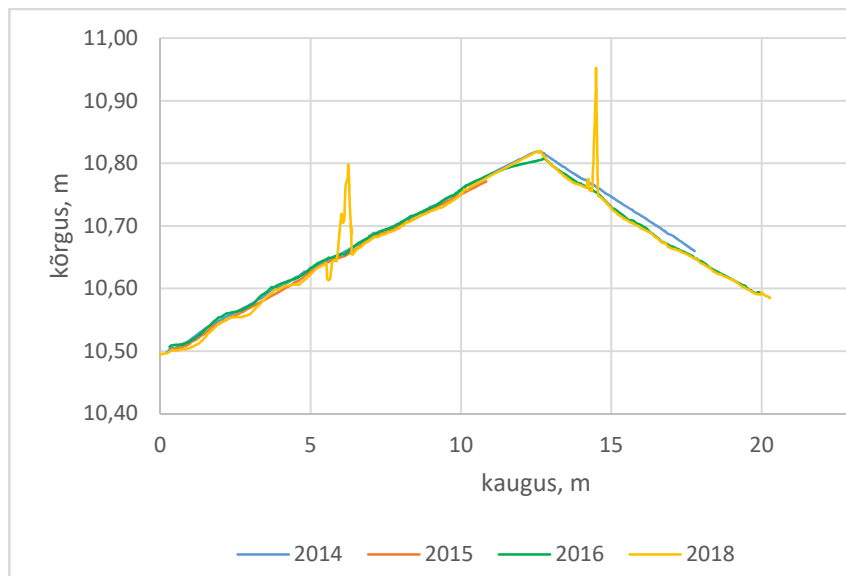
Vajumikausi parameetrite BDI (iseloomustab katendikonstruktsiooni seisukorda 300-600 mm sügavusel) ja BCI (vastavalt 1200-1500 mm sügavusel) väärtused on 2018. aastal võrreldes 2017. aastaga keskmiselt vähenenud vastavalt -7,43% (27-s punktis vähenenud keskmiselt -12,79% ja 8 punktis kasvanud +10,66%) ning -15,67% (26-s punktis vähenenud keskmiselt -22,73% ja 9 punktis kasvanud +4,70%) (tabel 5.4). Vajumikausi parameetrite BDI ja BCI väärtuse vähenemine 2018 vs 2017 tähendab, et struktuurne seisukord vastavas kihis on paranenud või stabiliseerunud (näiteks kihid on peale ehitust järeltihenenud). Alumiste kihtide struktuurse seisukorra paranemise põhjuseks ei saa olla parem niiskusolukord, kuna veetaseme mõõtmised vaatluskaevudes ei tähelda olulist veetaseme muutust 2018. aasta kevadel võrreldes 2017. aasta kevadega.

6. KOORMUSSAGEDUSTE MÕJU KATENDIS TEKKINUD DEFORMATSIOONIDELE

Järgnevalt on esitatud tabelites 6.1-6.12 uuringusse kaasatud objektide koormussagedused ja neil uuringuperioodil toimunud roobaste areng. Samuti on tabelites 6.1-6.12 esitatud ka katendi tugevusnäitajate (elastsusmoodul ja vajumikausi parameetrid). Roobaste aastane juurdekasv on enamikul uuringusse kaasatud objektidel 1-3 mm (max 5 mm Tammsaare teel) ning maksimaalne roopasügavuse kasv kogu uuringuperioodil (2014-2018) on 8 mm (Tartu mnt.). Keskmise aastane roopasügavuse juurdekasv on 1,78 mm ning kui võtta kriitiliseks roopasügavuseks 20 mm, mille juures tuleks hakata tegelema roobaste remondiga, siis oleks katte remontide vaheliseks perioodiks 10-11 aastat, mis on väga hea tulemus.

Tabel 6.1. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Ehitajate teel

Ehitajate tee (Maxima lõikes)													
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad		2014			2015			2016			2017		2018
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal		492			487			475			468		460
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal		179525			177883			173923			170820		167900
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil		2014-2015			2015-2016			2017-06.2018			2014-06.2018		
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm		2			2			3			7		
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal		178704			177715			255902			612321		
Elastsusmoodul ja vajumikausi parameetrid		E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud		266			152			98			35		
Mõõdetud		2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
		523	495	-5%	33	41	24%	47	38	-19%	14	15	7%
		516	494	-4%	36	38	6%	44	39	-11%	17	14	-18%
		434	472	9%	57	40	-30%	63	45	-29%	20	15	-25%
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.1)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes 2018.a. (ülemine profiil, joonis 6.1), mm		16	15	7	5								
Roopasügavus rattajäljes 2018.a. (alumine profiil, joonis 6.1, kaev), mm		7	19										

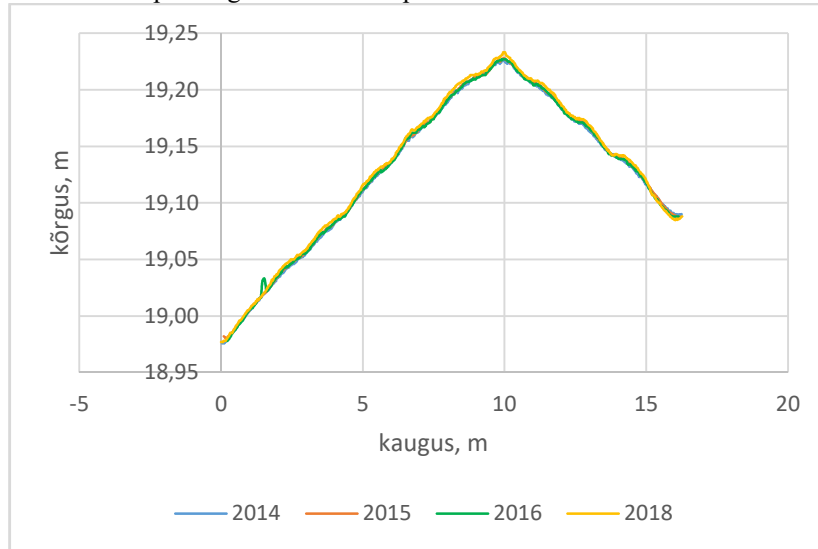


Joonis 6.1. Ehitajate tee ristprofiilid koos nende asukohtadega (alumisel profiilil näha kaevu vajumine 2 cm)

Tabel 6.2. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Ranna teel

Ranna tee - Muuli tee ristmik															
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad				2014	2015	2016	2017	2018							
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				309	335	315	325	327							
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				112963	122202	115125	118529	119355							
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil				2014-2015	2015-2016	2017-06.2018	2014-06.2018								
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm				1	2	3	6								
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				117582	124675	179052	529402								
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid				E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud				257			147			67			21		
Mõõdetud				2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
				422	375	-11%	82	86	5%	71	71	0%	15	15	0%
				453	408	-10%	72	70	-3%	67	70	4%	14	14	0%
				399	371	-7%	94	88	-6%	78	76	-3%	16	17	6%
				208	399	92%	446	73	-84%	75	67	-11%	18	17	-6%
443	432	-2%	66	57	-14%	67	62	-7%	16	17	6%				
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.2)				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm				4	6	8	9	5	6	7	6	9	6		

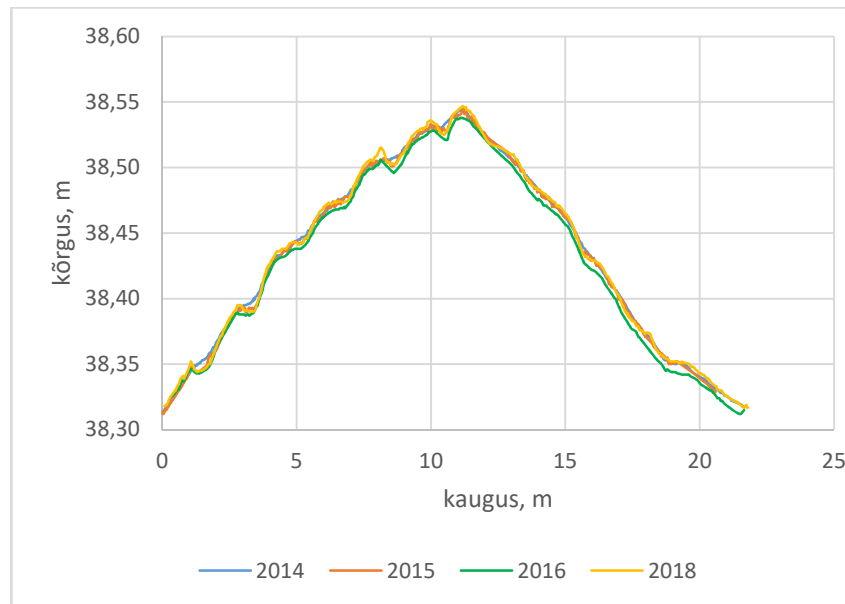
Märkus: punasega on tähistatud piirväärtustele mitte vastavad väärtused



Joonis 6.2. Ranna tee ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.3. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Tartu maanteel

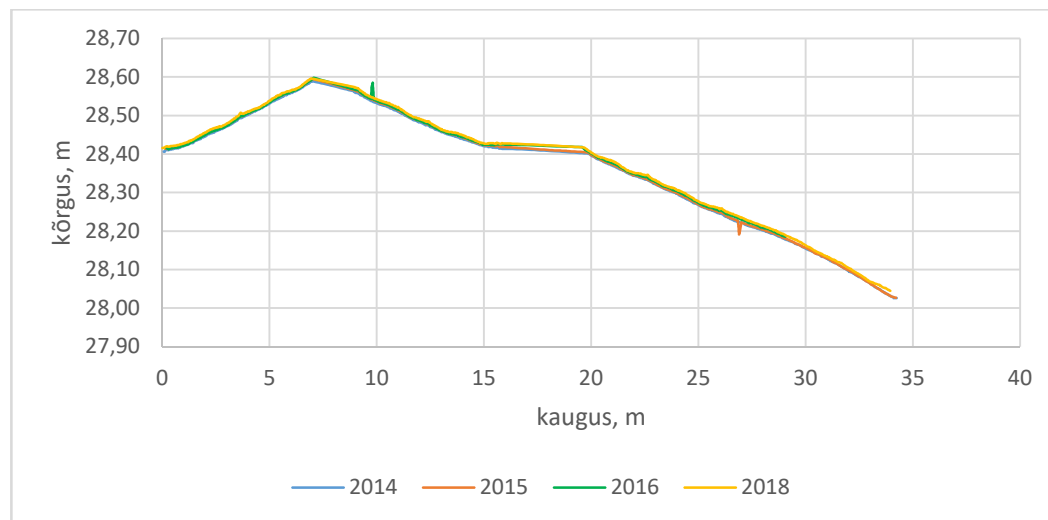
Tartu mnt - Kanali tee ristmik															
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad				2014	2015	2016	2017	2018							
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				1306	1307	1277	1268	1254							
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				476654	477146	467419	462857	457710							
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil				2014-2015	2015-2016	2017-06.2018	2014-06.2018								
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm				2	3	3	8								
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				476900	477965	694792	1649657								
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid				E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud				295			130			90			30		
Mõõdetud				2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
				367	328	-11%	70	77	10%	87	86	-1%	25	27	8%
				387	366	-5%	66	65	-2%	86	78	-9%	23	23	0%
				388	382	-2%	69	64	-7%	78	67	-14%	25	22	-12%
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.3)				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm				17	22	10	11	16	13	10	6	13	9	11	3



Joonis 6.3. Taru mnt. ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.4. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Tehnika tänaval

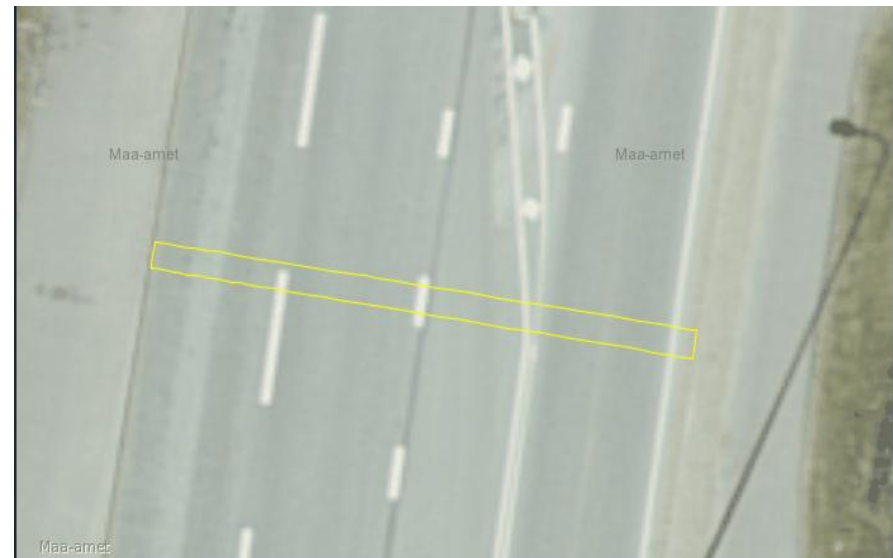
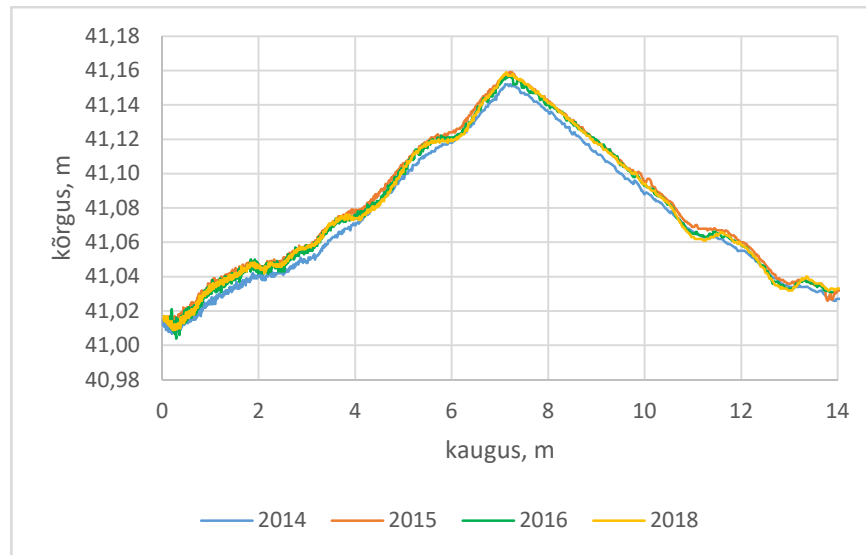
Tehnika tn - Veskiposti ristmik														
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad			2014		2015		2016		2017		2018			
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal			390		365		453		465		496			
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal			142282		133371		165688		169835		181040			
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil			2014-2015		2015-2016		2017-06.2018		2014-06.2018					
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm			1		1		3		5					
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal			137826		131330		261660		530816					
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid			E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud			257			160			101			36		
Mõõdetud			2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
			516	524	2%	34	36	6%	42	36	-14%	20	13	-35%
			512	483	-6%	44	47	7%	47	44	-6%	17	14	-18%
			486	451	-7%	45	55	22%	51	45	-12%	19	15	-21%
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.4)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm	10	5	2	4	6	4	4	0	6	5	3	6	0	2



Joonis 6.4. Tehnika tn. (Veskiposti) ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.5. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Männiku teel

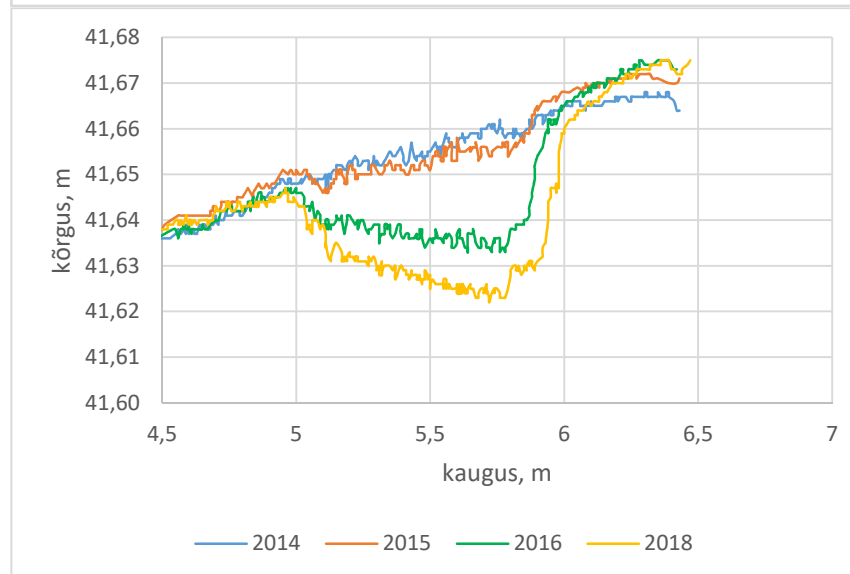
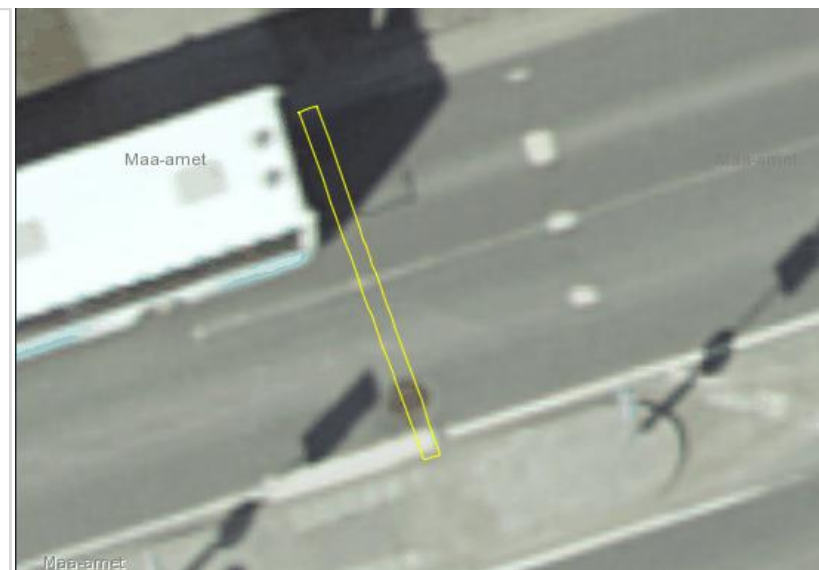
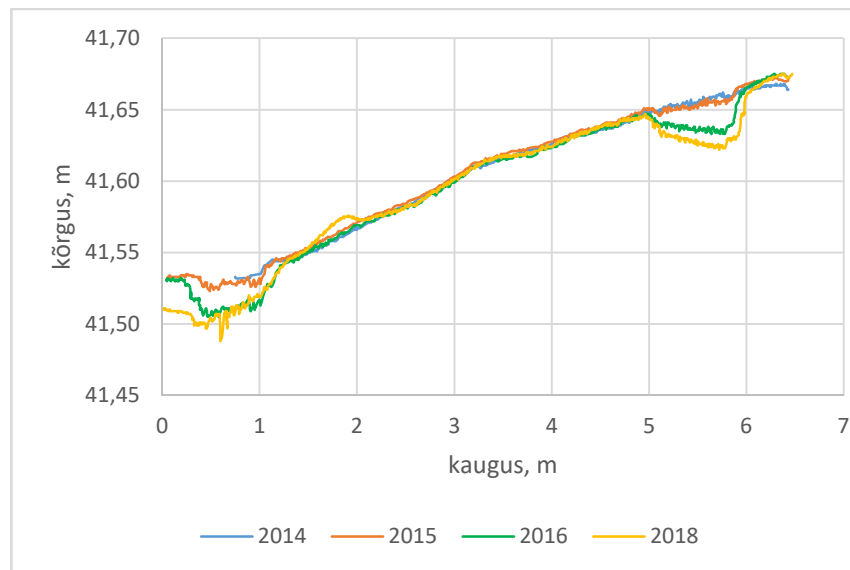
Männiku tee (miniRimi)															
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad				2014	2015	2016	2017	2018							
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				364	378	368	384	403							
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				132997	137915	134505	140160	147095							
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil				2014-2015	2015-2016	2017-06.2018	2014-06.2018								
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm				2	2	3	7								
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				135456	139312	214623	489391								
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid				E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud				254			163			102			37		
Mõõdetud	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-			
	457	465	2%	83	57	-31%	54	49	-9%	13	11	-15%			
	502	498	-1%	71	56	-21%	51	47	-8%	11	8	-27%			
	494	498	1%	61	51	-16%	54	45	-17%	14	11	-21%			
	432	474	10%	61	46	-25%	62	46	-26%	19	13	-32%			
	486	473	-3%	55	50	-9%	48	46	-4%	18	13	-28%			
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.5)				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm				12	11	14		15	15						



Joonis 6.5. Männiku tee ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.6. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Punasel tänaval

Punane tn (Polikliiniku juures)																
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad				2014	2015	2016	2017	2018								
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				535	609	612	663	702								
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				195129	222395	223992	242105	256230								
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil				2014-2015	2015-2016	2017-06.2018	2014-06.2018									
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm				3	1	2	6									
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				208762	229534	371892	810188									
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid				E, MPa			SCI			BDI			BCI			
Nõutud				275			145			95			33			
Ei ole mõõdetud, kaevude uuringu objekt				2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.6)				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Roopasügavus rattajäljes 2018.a. (kaev), mm				21	12	6	37									

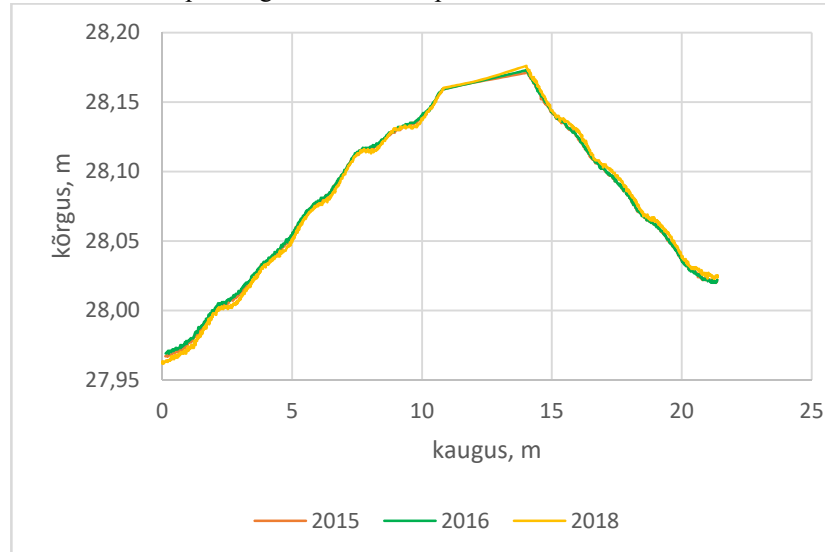


Joonis 6.6. Punase tn ristprofiil koos selle asukohaga (alumisel graafikul näha kaevu vajumine kolmandal aastal 2 cm ja neljandal aastal 1 cm)

Tabel 6.7. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Tammsaare teel

Tammsaare tee (Pärnu mnt viadukti all)												
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad	2014			2015			2016			2017		2018
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	1891			1908			1897			1905		1908
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	690302			696584			694211			695270		696420
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil	2014-2015			2015-2016			2017-06.2018			2015-06.2018		
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm	-			2			5			7		
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	693443			699103			1048250			1747353		
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid	E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud	307			90			36			17		
Mõõdetud	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
	402	397	-1%	60	51	-15%	70	60	-14%	22	24	9%
	526	479	-9%	33	46	39%	53	49	-8%	20	19	-5%
	436	521	19%	53	44	-17%	70	48	-31%	24	15	-38%
	502	436	-13%	35	55	57%	53	61	15%	18	19	6%
414	457	10%	55	44	-20%	62	52	-16%	25	19	-24%	
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.7)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm	6	8	4	7	7	9	8	5	5	9		

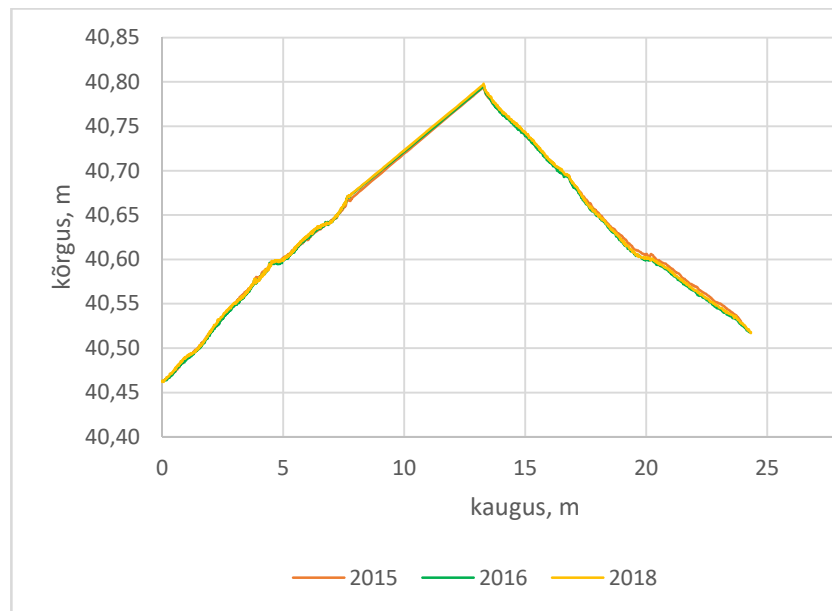
Märkus: punasega on tähistatud piirväärtustele mitte vastavad väärtused



Joonis 6.7. Tammsaare tee ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.8. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Suur-Sõjamäe tänaval

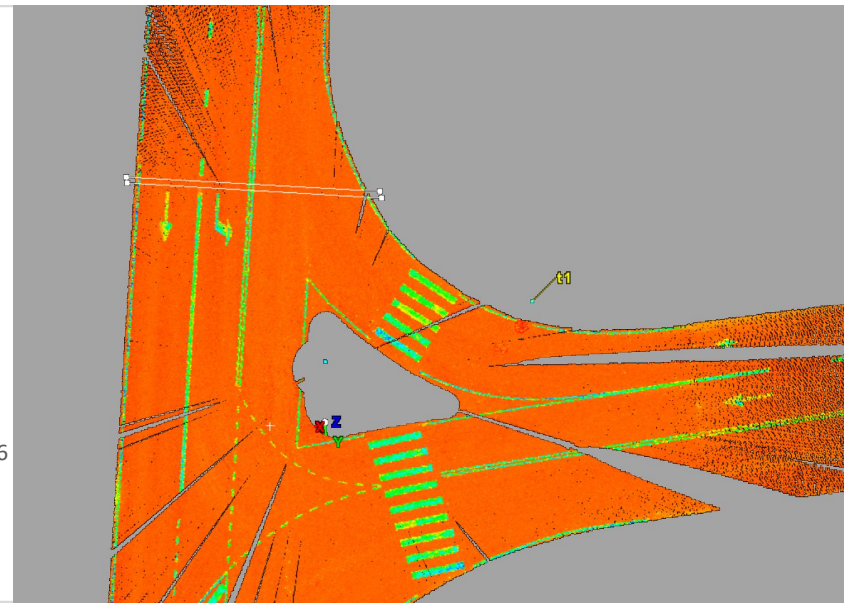
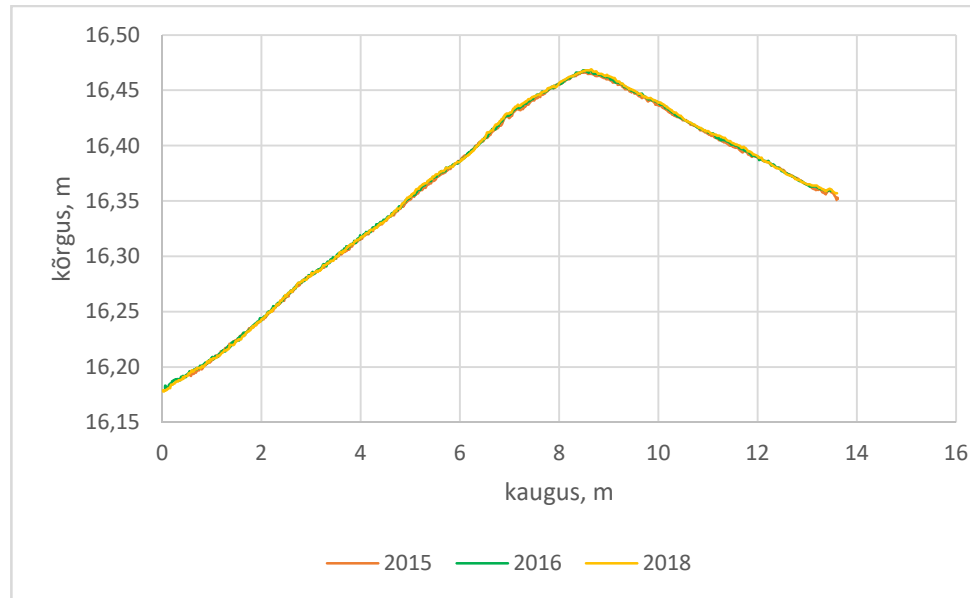
Suur-Sõjamäe tn (peale Smuuli tee ristmikku)															
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad	2014			2015			2016			2017			2018		
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	739			772			607			574			508		
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	269616			281689			222180			209583			185420		
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil	2014-2015			2015-2016			2017-06.2018			2015-06.2018					
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm	-			3			3			6					
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	275653			285122			303572			864347					
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid	E, MPa			SCI			BDI			BCI					
Nõutud	281			141			93			32					
Mõõdetud	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-			
	517	506	-2%	30	38	27%	39	35	-10%	21	17	-19%			
	525	526	0%	24	27	13%	36	32	-11%	22	19	-14%			
	487	507	4%	47	35	-26%	38	37	-3%	21	15	-29%			
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.8)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm	6	6	8	7	0	3	5	3	0	0					



Joonis 6.8. Suur-Sõjamäe tn. ristprofiil koos selle asukohaga (peale Smuuli pikendust, vasakpöörde Ruunaoja teele)

Tabel 6.9. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Akadeemia teel

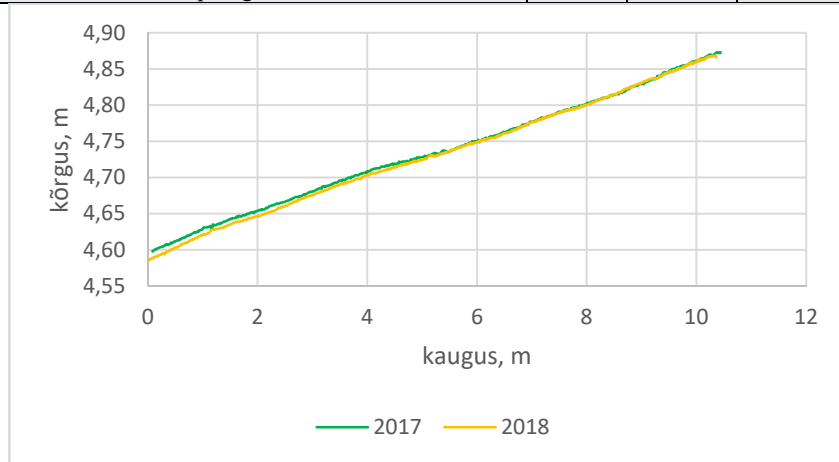
Akadeemia tee - Vilde tee ristmik															
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad				2014	2015	2016	2017	2018							
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				630	609	619	609	603							
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				229909	222230	226463	222230	220095							
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil				2014-2015	2015-2016	2017-06.2018	2014-06.2018								
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm				-	2	3	5								
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal				-	220641	333785	554426								
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid				E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud				272			125			54			20		
Mõõdetud				2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
				774	631	-18%	19	31	63%	20	28	40%	13	11	-15%
				725	685	-6%	24	24	0%	17	17	0%	16	11	-31%
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.9)				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm				6	4	5	0	4	1						



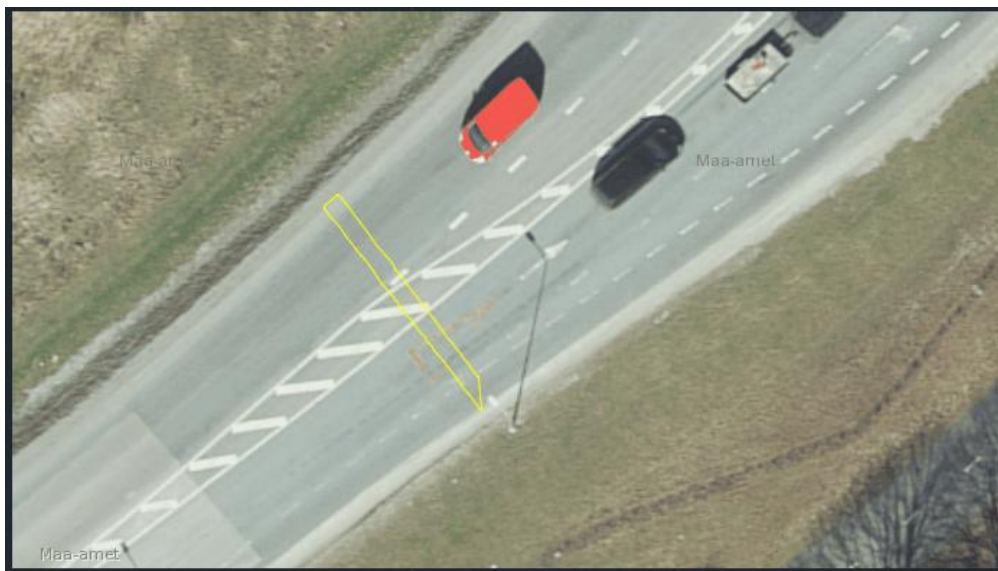
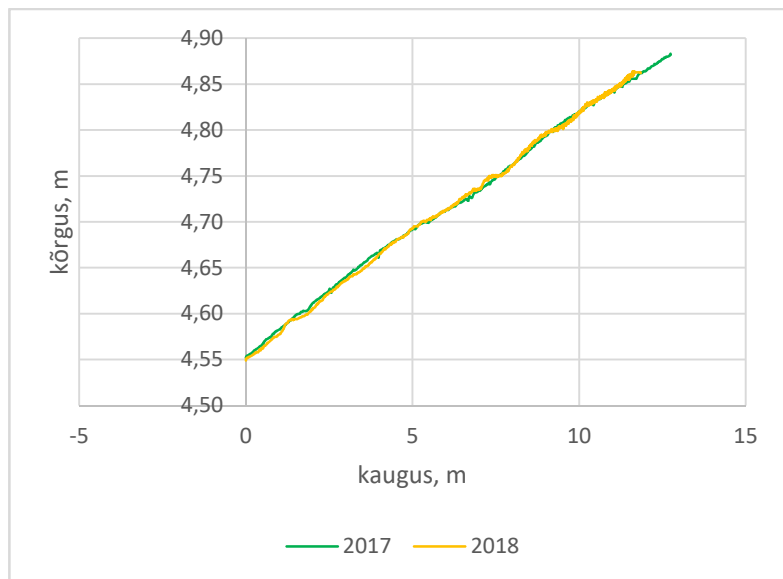
Joonis 6.9. Akadeemia tee ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.10. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Paldiski mnt.

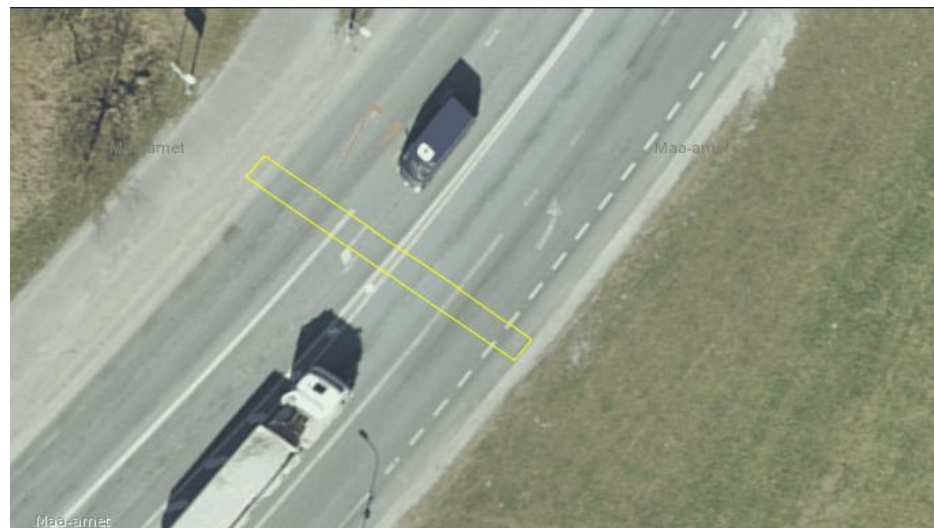
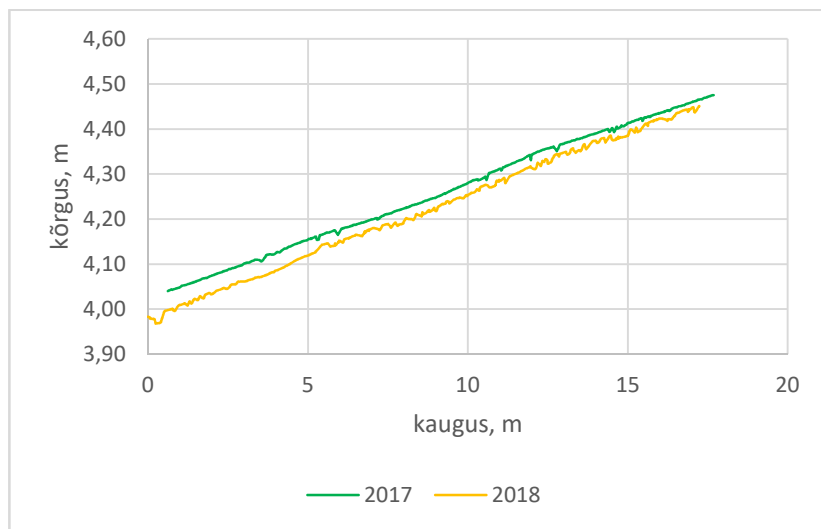
Paldiski mnt.															
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad	2014			2015			2016			2017			2018		
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	505			513			464			548			549		
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	184228			187099			169641			199892			200385		
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil	2014-2015			2016			2017-06.2018			2016-06.2018					
Betoonkatte roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm	-			-			4			4					
A/b-ga kaetud betoonkatte roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm	-			-			6			6					
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	-			50892			301457			352349					
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid	E, MPa			SCI			BDI			BCI					
Nõutud	265			153			98			35					
Mõõdetud – asfaltbetoon (betoonkattel ja asfaldist kulumiskihiga betoonkattel FWD-ga ei ole mõõdetud)	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-			
	981	902	-8%	12	17	42%	12	14	17%	9	5	-44%			
	644	617	-4%	35	33	-6%	29	30	3%	12	9	-25%			
	589	523	-11%	35	47	34%	36	38	6%	14	10	-29%			
	353	357	1%	58	50	-14%	81	66	-19%	25	23	-8%			
	404	422	4%	44	35	-20%	56	44	-21%	27	19	-30%			
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonised 6.10-6.12)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Betoonkatte roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm	4	0	4	4											
Asfaltbetooniga betoonkatte roopasügavus 2018, mm	8	3	9	4											
Asfaltbetoonkatte roopasügavus 2018.a., mm	0	8	0	0											



Joonis 6.10. Paldiski mnt. betoonkatte ristprofiil koos selle asukohaga



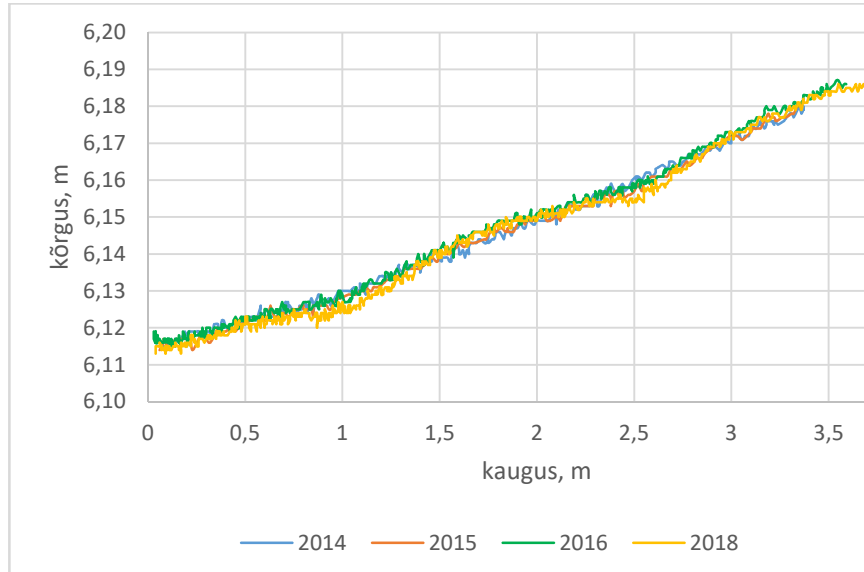
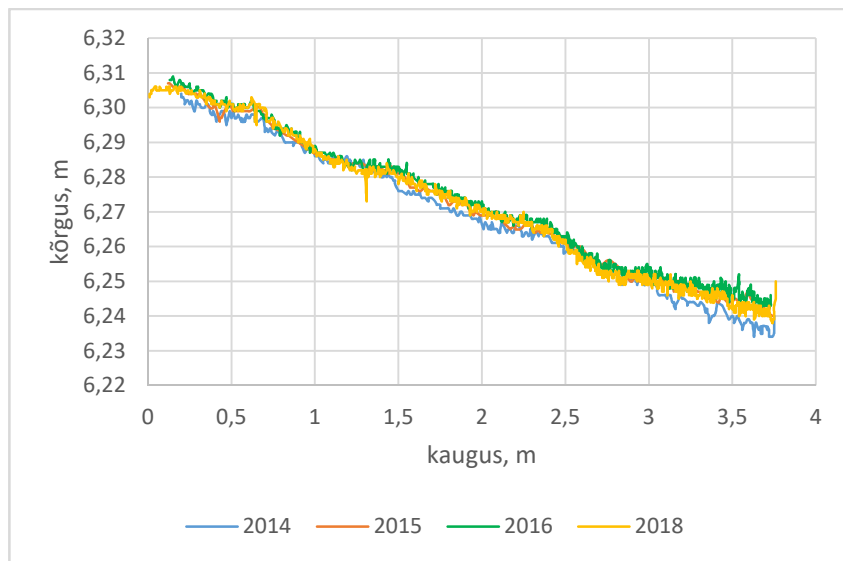
Joonis 6.11. Paldiski mnt. asfaltbetooniga kaetud betoonkatte ristprofiil koos selle asukohaga



Joonis 6.12. Paldiski mnt. asfaltbetoonkatte ristprofiil koos selle asukohaga

Tabel 6.11. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Sõle tänava Nisu peatsuses

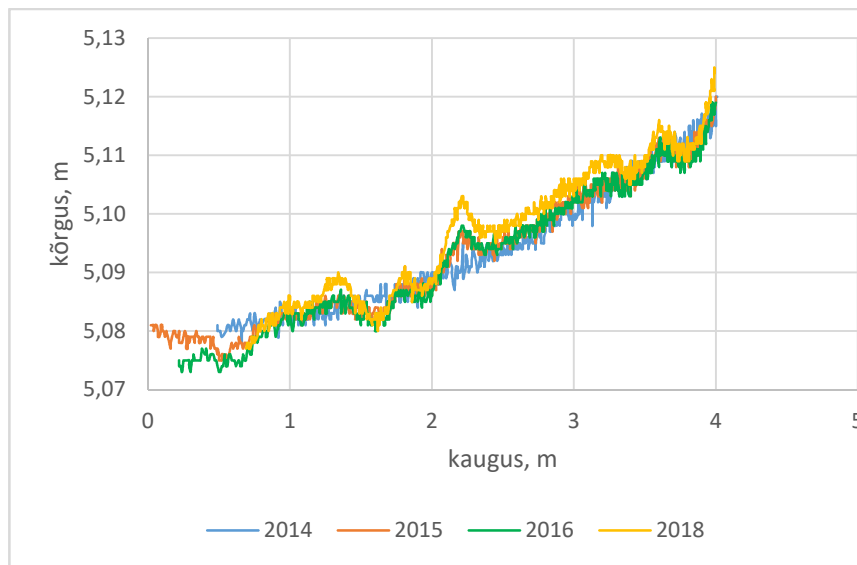
Sõle tn. - Nisu peatus												
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad	2014			2015			2016			2017		2018
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	497			536			536			518		522
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	181332			195458			195993			189216		190530
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil	2014-2015			2015-2016			2017-06.2018			2014-06.2018		
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm	2			1			1			4		
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge enimkoormatud sõidurajal	188395			199266			285786			673447		
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid	E, MPa			SCI			BDI			BCI		
Nõutud	256			(161)			(101)			(36)		
	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-
Betoonkattel FWD-ga ei ole mõõdetud												
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.13)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Roopasügavus rattajäljes (ülemine profiil, joonis 6.13) 2018.a., mm	6	6										
Roopasügavus rattajäljes (alumine profiil, joonis 6.13) 2018.a., mm	7	8										



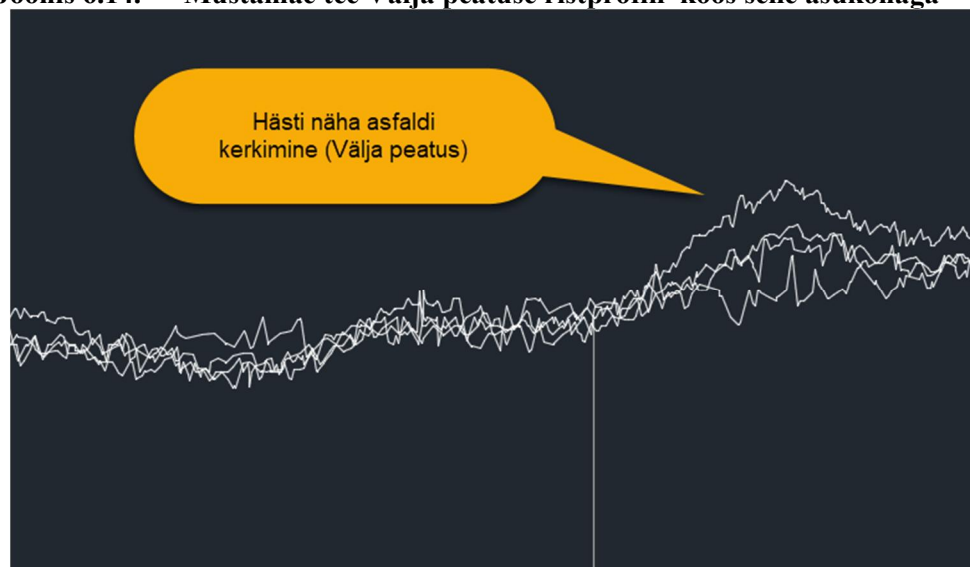
Joonis 6.13. Sõle tänava Nisu peatuse ristprofiilid koos nende asukohtadega

Tabel 6.12. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Mustamäe teel Välja peatuses

Mustamäe tee -Välja peatus linna suunduv														
Liiklus- ja koormussagedused / Aastad				2014	2015	2016	2017	2018						
Koormussagedus ööpäevas, 100 kN telge ühistranspordipeatuses				345	345	345	345	345						
Summaarne koormussagedus aastas, 100 kN telge ühistranspordipeatuses				125936	125936	126281	126281	126281						
Roobaste areng ja liiklus- ning koormussagedused uuringuperioodil				2014-2015	2015-2016	2017-06.2018	2014-06.2018							
Roobaste areng laserskaneerimise andmete alusel, mm				1	0	3	4							
Summaarne koormussagedus vastaval uuringuperioodil, 100 kN telge ühistranspordipeatuses				125936	126108	190106	442150							
Elastusmoodul ja vajumikausi parameetrid		E, MPa			SCI			BDI			BCI			
Nõutud		250			(166)			(103)			(37)			
Betoonkattel FWD-ga ei ole mõõdetud		2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	2017	2018	+/-	
Rattajälje number ristlõikes vasakult paremale (joonis 6.14)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Topeltratta kuju 1		Jälje keskelt		Topeltratta kuju 2								
Roopasügavus rattajäljes 2018.a., mm		9	12	6	2	7	9							



Joonis 6.14. Mustamäe tee Välja peatuse ristprofiil koos selle asukohaga



Joonis 6.15. Asfaldi deformatsioon Mustamäe tee Välja peatuses

KOKKUVÕTE

Katendite kandevõime ja vajumikausi parameetrid SCI, BDI ja BCI:

Üldjuhul on tagatud kõigi katendikonstruktsioonide üldised nõutavad elastsusmoodulid ja vajumikausi parameetrid SCI, BDI ja BCI ei ületa neile arvatud piirväärtuseid (tabel 5.4). Eranditeks on nii 2017. kui ka 2018. aasta mõõtmistulemuste alusel Ranna tee (Muuli tee ristmik) ja Tammsaare tee (Pärnu mnt. viadukti alune lõik). Ranna teel esineb mõlemal mõõtmiste teostamise aastal probleeme BDI piirväärtustega, mis tähendab meil esineb probleeme teekonstruktsioonis 30-60 cm sügavusel ehk aluse kihtides. Tammsaare teel ületavad piirväärtuseid nii BDI kui BCI väärtused, mis viitab probleemidele teekonstruktsioonis 30-60 cm sügavusel ja aluspinnases (120-150 cm sügavusel). Nii Ranna tee kui ka Tammsaare tee puhul on meil tegemist remondiobjektidega, kus on teostatud põhimõtteliselt ainult ülekate ja katendikonstruktsiooni aluskihte ei ole remondi käigus uuendatud (vt. tabelid 4.2 ja 4.8). Sarnaselt vana katte freesimise ja tasandamisega on remondi käigus piiratud ka Akadeemia teel (vt. tabel 4.10), kuid sellist probleemi vanade aluskihtidega ja aluspinnasega seal ei esine.

Eeltoodust saab järeldada, et olemasolevate katete remontide planeerimisel on oluline remondi projekteerimisel teostada objektil kandevõime mõõtmised FWD seadmega ning analüüsida ka vajumikausi parameetreid, võrreldes neid maksimaalsete lubatavate piirväärtustega ning mille alusel on võimalik otsustada ka kattest sügavamale jäävate vana katendikonstruktsiooni kihtide ja aluspinnase seisukorra üle ja vajadusel projekteerida meetmed võimalike probleemide kõrvaldamiseks olemasolevas katendikonstruktsioonis.

Keskmine kandevõime muutus 2017 vs 2018 oli -2,37%, kusjuures keskmine kandevõime kasv 11-s mõõtepunktis oli +5,54% ning keskmine kandevõime langus 23-s mõõtepunktis oli -6,68% (tabel 5.4).

Vajumikausi parameetri SCI väärtused, mis iseloomustavad katendikonstruktsiooni ülemise osa (0-300 mm) seisukorda, on keskmiselt kasvanud +1,25%, 15-ne mõõtepunkti keskmine SCI väärtuse kasv on olnud +23,63% ja 19-st mõõtepunkti keskmine SCI väärtuse langus -16,41% (tabel 5.4). Kõigi vajumikausi parameetrite – SCI, BDI ja BCI – väärtuste kasv tähendab katendi struktuurse seisukorra halvenemist. Seega saame 2017. ja 2018. aasta SCI väärtuste muutuste põhjal järeldada, et keskmiselt on nende kahe aasta võrdluses katete struktuurne seisukord halvenenud.

Vajumikausi parameetrite BDI (iseloomustab katendikonstruktsiooni seisukorda 300-600 mm sügavusel) ja BCI (vastavalt 1200-1500 mm sügavusel) väärtused on 2018. aastal võrreldes 2017. aastaga keskmiselt vähenenud vastavalt -7,43% (27-s punktis vähenenud keskmiselt -12,79% ja 8 punktis kasvanud +10,66%) ning -15,67% (26-s punktis vähenenud keskmiselt -22,73% ja 9 punktis kasvanud +4,70%) (tabel 5.4). Vajumikausi parameetrite BDI ja BCI väärtuse vähenemine 2018 vs 2017 tähendab, et struktuurne seisukord vastavas kihis on paranenud või stabiliseerunud.

Roobaste areng sõltuvalt liiklus- ja koormussagedusest:

Tabelis K.1 on esitatud andmed objektidel mõõdetud keskmise katendi üldise elastsusmooduli ($E_{eq2001-52}$), enimkoormatud sõiduraja koormussageduse ja aastas tekkinud roopa sügavuse kohta.

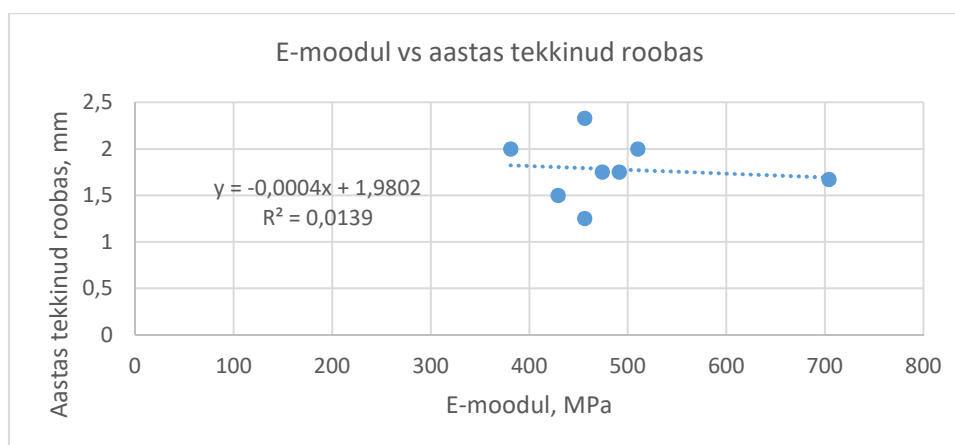
Tabel K.1. Objektidel mõõdetud keskmise katendi üldise elastsusmoodul ja aastas tekkinud roopa sügavus

Objekt	Keskmine mõõdetud elastsusmoodul $E_{eq2001-52}$, MPa	100 kN telge / ööp.	Roopa areng, mm/aastas
Ranna tee - Muuli tee ristmik	429	322	1,5
Ehitajate tee - Tulevase Maxima lõikes	491	477	1,75
Tartu mnt - Kanali tee ristmik	381	1283	2
Tehnika tn - Veskiposti ristmik	456	434	1,25
Männiku tee - miniRimi	474	366	1,75
Suur-Sõjamäe - peale Smuuli tee ristmikku	510	640	2
Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all	456	1902	2,33
Akadeemia tee - Vilde tee ristmik	704	614	1,67

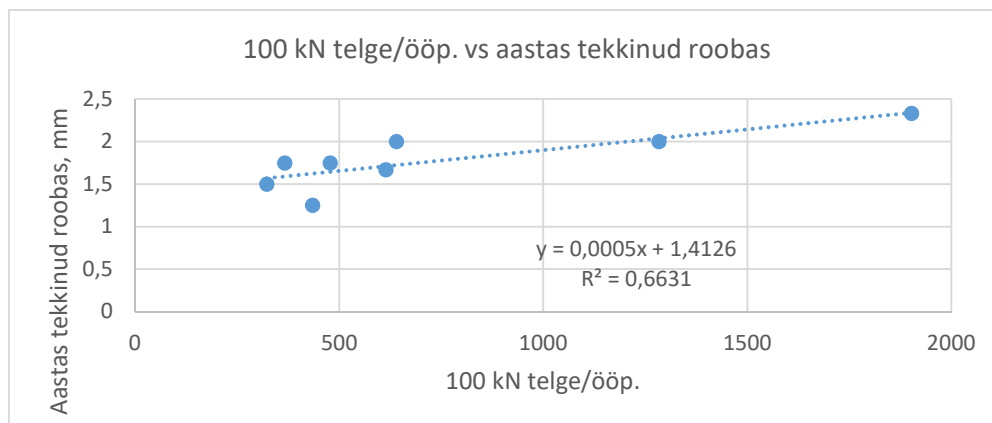
Roobaste aastane juurdekasv on enamikul uuringusse kaasatud objektidel 1-3 mm (max 5 mm Tammsaare teel) ning maksimaalne roopasügavuse kasv kogu uuringuperioodil (2014-2018) on 8 mm (Tartu mnt.). **Keskmine aastane roopasügavuse juurdekasv on 1,78 mm (tabel K.1) ning kui võtta kriitiliseks roopasügavuseks 20 mm, mille juures tuleks hakata tegelema roobaste remondiga, siis oleks katte remontide vaheliseks perioodiks 10-11 aastat, mis on väga hea tulemus.**

Kõige kiirem roopa areng on toimunud Tartu maanteel Kanali tee ristmiku lähedal – kahe aastaga 8 mm (2 + 3 + 3 mm) ning Tammsaare teel kahe aastaga 7 mm (2 + 5 mm). Tammsaare teel on ka suurim koormussagedus – 1902 100kN normtelge/ööp. ja Tartu maanteel 1283 normtelge/ööp. enimkoormatud sõidurajal. Ka on roopasügavuse keskmine aastane juurdekasv suurim Tammsaare teel (2,33 mm).

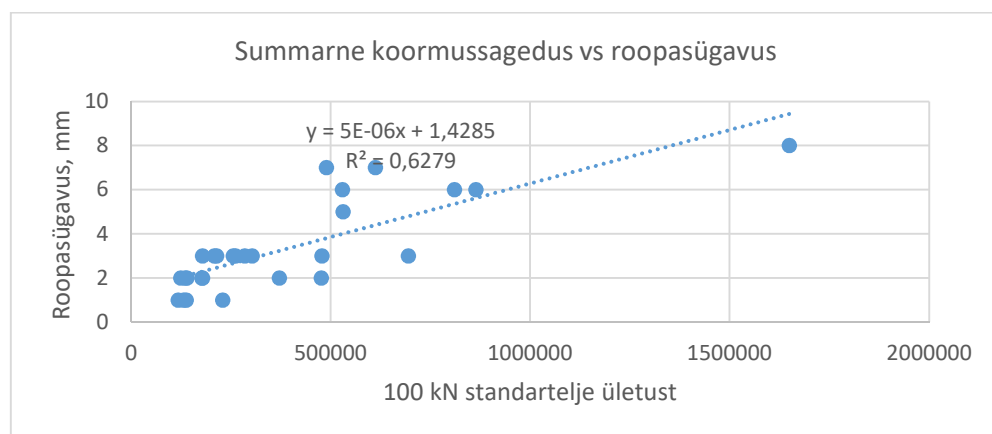
Seosed roopa arengu ja katendi elastsusmooduli ning koormussageduse vahel on esitatud joonistel K.1, K.2 ja K.3.



Joonis K.1. Roopa areng aastas enimkoormatud sõidurajal vastava katendi elastsusmooduli juures



Joonis K.2. Roopa areng aastas enimkoormatud sõidurajal vastava enimkoormatud sõiduraja ööpäevase koormussageduse juures



Joonis K.3. Roopa areng enimkoormatud sõidurajal vastava enimkoormatud sõidurada ületanud standarttelgede summaarse arvu juures

Jooniselt K.1 selgub, et katendi üldise elastsusmooduli ja aastas tekkinud roopasügavuse vahel seos puudub. Küll aga esineb nimetamisväärne seos roopa arengu ja enimkoormatud sõiduraja ööpäevase koormussageduse vahel (joonis K.2) (determinatsioonikordajad vastavalt väärtustega 0,01 ja 0,66). Samuti esineb arvestatav seos enimkoormatud sõiduraja roopasügavuse ja seda ületanud standarttelgede summaarse arvu vahel (joonis K.3) (determinatsioonikordaja 0,63).

Kaasatud objektide roopaarengu uuringud on kestnud enamustel objektidel 4 aastat ja keskmine tekkinud roopasügavus on 6,3 mm (maksimaalselt 8 mm), mille puhul on tegemist suurusjärguga, mis vastab katte makrotekstuurile. Seetõttu on roopa arengu kiiruse ja liiklus- ning koormussageduste vahelise seose määramine hetkel ennatlik. Suurema tõenäosusega seoste saamiseks on vajalik alustatud uuringute pikemaajalisem jätkamine (vähemalt kuni 8-10 aastat, mõõtmiste teostamine vähemalt igal teisel aastal), et suurendada seoste leidmiseks vajalikku mõõtmistulemuste andmebaasi.

Soovitused

1. Olemasolevate katete remontide planeerimisel on oluline remondi projekteerimisel teostada objektidel kandevõime mõõtmised FWD seadmega ning analüüsida vajumikausi parameetreid, võrreldes neid maksimaalsete lubatavate piirväärtustega ning mille alusel on võimalik otsustada ka kattest sügavamale jäävate vana katendikonstruktsiooni kihtide ja aluspinnase seisukorra üle ja vajadusel projekteerida meetmed võimalike probleemide kõrvaldamiseks olemasolevas katendikonstruktsioonis.
2. Katete seisukorra jälgimine on näidanud, et asfaltbeoonülekate tsementbetoonkattel ei tööta soovitud (vt. lisa 1.7 Nisu bussipeatuse kesklinna suund, joonised 6.14 ja 6.15 Mustamäe tee Välja peatus ja tabel 6.10 Paldiski mnt. katselõik). Nisu peatuses on lisaks roobastele tekkinud paar lokaalset deformatsiooni, Mustamäe tee välja peatuses on tekkinud roobas asfaldi nihkumisest ning Paldiski maanteel on asfaltülekattes roopasügavus suurem, kui betoonkattes ja betoonaluseta asfaltkattes. Seetõttu asfaltülekattega betoonkatet ei soovita kasutada.
3. Tallinna tüüpkatendite juhendi ülevaatamisel pöörata tähelepanu nihkekindlamate asfaltbetoonisegude kasutamisele/nõuetele just ristmikualadel, kuna kliima soojenemine põhjustab suvel kõrgemaid õhutemperatuure ja sellega kaasnevalt ka kõrgemaid katte temperatuure, mis omakorda põhjustab roobaste teket just ristmikualadel.
4. Kuigi laserskaneerimine ei võimalda määrata kulumise osatähtsust roopa kogusügavusest, on selge, et naastrehvide kasutamine on roobaste tekke üks komponente, seetõttu tuleks kaaluda ka kulumiskindlamate materjalide kasutamist asfaltbetooni täitematerjalina suure liikluskogusega teedel.
5. Laserskaneerimine on näidanud mõnedel objektidel kogu teekonstruktsiooni ühtlast vajumist 1-2 cm (näiteks Ehitajate tee), mille põhjuseks on ilmselt ebapiisav tihendamine. Tihendatust kontrollitakse kihi elastsusmooduli määramisega Inspector seadmega. Tiheduse määramine läbi elastsusmooduli nõude ei ole ilmselt otstarbekas vaid võiks kaaluda teisi lahendusi – näiteks Inspectori poolt määratava tihedusnäitaja sidumist meil kasutusel oleva tihendusteguriga.
6. Suurema tõenäosusega seoste saamiseks roobaste tekke seosest koormussagedusega ning kandevõimega on vajalik alustatud uuringute pikemaajalisem jätkamine (vähemalt kuni 8-10 aastat, mõõtmiste teostamine vähemalt igal teisel aastal).
7. Lisaks senisele roobaste mõõtmisele tuleks hakata uuringusse kaasatud objektidel hindama ka teisi katte defekte (praod, murenemine jmt.), mis võimaldaks paremini hinnata kogu katendikonstruktsiooni ja katendi väsimuskindlust liikluskoguse all.

7. TEMPERATUURIGRADIENDID PALDISKI MNT. BETOONKATTES PERCOSTATION JAAMA ANDMETEL

Temperatuurigradientide andmestik on oluline faktor tsementbetoonkatendite projekteerimisel. Temperatuurigradient põhjustab betoonplaatide kõverdumise, mis osaliselt kompenseeritakse betoonplaadi omakaalu abil. Kuid positiivsete temperatuurigradientide $d_t > 0,02$ °C/mm puhul koostoimimisel liikluskoormusega on vaja teada vastavate gradientide esinemissagedusi.

Paldiski mnt betoonkatendisse paigaldatud temperatuuriandurid on koondatud Percostation (PS) moodulisse. PS-st edastatakse andmed ftp serverisse: <ftp.tallinn.ee> (kasutaja: [percystation](#), parool: p35k057aalt).

Percostation jaama andmete töötlusprogrammi rakendus on esitatud TTÜ uurimustöös: Tallinna teede ja tänavate katendite deformatsioonide ja katete kulumise määramine, lähtudes liiklussagedusest ja teekatendi konstruktsioonist. Tallinna Kommunaalamet 2017.

Rakendus vajab tööks http protokolliga toetavat veebiserverit, kuhu on installeeritud PHP 7.0 (või uuem) ning MYSQL andmebaas alates versioonist 5.

Rakendus võimaldab koostada järgnevad graafikud (joonis 7.1):

1. Välistemperatuurigraafik CH4
2. Temperatuurigraafik CH3 betoonplaadi sees sügavusel $h=12$ cm
3. Temperatuurigraafik CH0 betoonplaadi all $h=25$ cm
4. Temperatuurigraafik CH1 killustiku kihis $h=42$ cm
5. Temperatuurigraafik CH2 liivakihis $h=100$ cm
6. Temperatuurigradiendi graafikud
 - $\text{delta-t-int} = (\text{CH4}-\text{CH0})/130$
 - $\text{delta-t} = (\text{CH4}-\text{CH0})/250$
 - $\text{delta-t-ext} = (\text{CH4}-\text{CH3})/120$

Käesolevas analüüsis vaadeldakse ainult positiivseid ja lineaarseid temperatuurigradiente perioodil 01.07.2016 kuni 01.07.2018. Sellele vastab kõige konservatiivsem gradient delta-t-int .

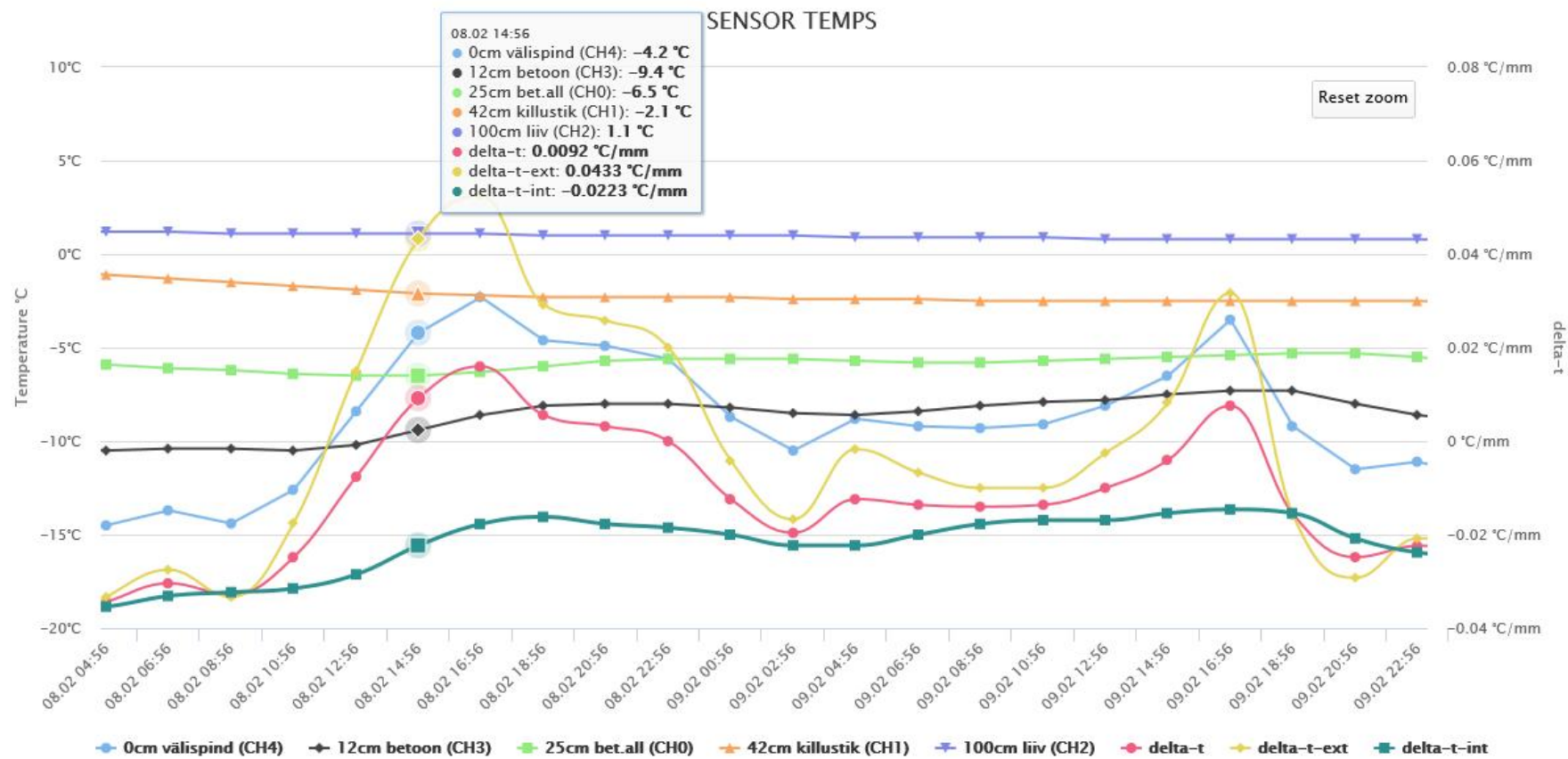
Koondtemperatuurigraafikud on esitatud Lisas 2.2.

Betoonplaadi temperatuurigraafikud on esitatud Lisas 2.3.

Temperatuurigraafikud liiva kihis on esitatud Lisas 2.4.

Perioodil 01.07.2016 kuni 01.07.2018 saadi temperatuurigradientide esinemissagedusteks vastavalt (Lisa 2.2):

- $d_t > 0,02$ 17,1 %
- $d_t > 0,04$ 4,1 %
- $d_t > 0,06$ 0,5 %
- $d_t > 0,08$ 0,2 %



Joonis 7.1. Näide Percostation jaama andmete töölusprogrammiga saadavatest tulemustest

8. PALDISKI MNT. BETOONKATTE SEISUKORRA HINDAMINE

Paldiski mnt. betoonkatte seisukorra hindamine toimus visuaalselt juunis-juulis 2018.a.

Paldiski mnt. betoonkatte katselõigu vuukide plaaniline asetus (betooni laotamisplaan ja projektlahendus) on esitatud Lisas 2.5.

Betoonkattega lõigus pk 4+00 kuni pk 6+70 on 62 põikvuuki ja 3 pikivuuki.

Betoonkatte seisukorra hindamisel saab teha järgnevaid järeldusi:

1. Kummitihendid on püsinud põikvuukides normikohaselt (joonis 8.1).
2. Betoonplaatide vahel ei ole kõrguslikke erinevusi. Üleskerkeid ei esine (joonis 8.1).
3. Põikvuukide joonel (50 mm mõlemale poole) ei esine olulisi betoonserva murdumisi ja tükide äratulemist (joonis 8.1).
4. Betoonplaatide nurkades ei esine pragusid ega murdumisi (joonis 8.1).
5. Betoonpinnal ei esine betooni kihtide lahtikoorumist, mõranemist ega betoontükkide väljatulemist. Betoonpinnal on võimalik eristada teemantlihvimise sooni sügavusega 2-3 mm (joonis 8.1).
6. Seisvat sadevett pinnal ei esine. Põikkalle tagab sadevee eemaldumise betoonkattelt.
7. Pikivuukides ei ole tekkinud betoonplaatide laialivalgumist. Kummitihend püsib normikohaselt (joonis 8.2).
8. Asfaltbetoonist tugevdatud teepeenra ühendusjoon betoonplaadiga on püsinud rahuldavas olukorras. Laialivajumist ei ole praktiliselt toimunud (joonis 8.3).
9. Linnast väljuval suunal pk 6+70 kuni pk 6+20 on toimunud teepeenra äravajumine. See on tingitud sõiduraja markeeringust ,kus veokid valivad sõidutrajektoori nii ,et veoki parempoolsed rattad satuvad peenrale (joonis 8.4).

Asfaltbetoonist kulumiskihiga betoonkatte seisukorrast:

1. 2018.a talveperioodi lõpuks tekkisid 3-5 pragu asfaltbetooni kulumiskihti Paldiski mnt ja Järveotsa tee ristmiku piirkonnas ning Paldiski mnt pk 8+00 -pk 8+40 vahelises lõigus. 3 suuremat pragu on garantiiremondi käigus täidetud ja kaetud peeneteralise asfaltbetooniga (joonis 8.5).

Kokkuvõttes on nii betoonkatte kui ka asfaltbetoonist kulumiskihiga betoonkatte seisukord 2018.a. suvel hea.



Joonis 8.1. Betoonkatte vuugid



Joonis 8.2. Betoonkatte pikivuuk



Joonis 8.3. Betoonkatte ja asfaltbetooniga tugevdatud peenra ühenduskohad



Joonis 8.4. Teepeenra äravajumine linnast väljuval suunal pk 6+70 kuni pk 6+20



Joonis 8.5. Asfaltbetoonist kulumiskihiga betoonkattes tekkinud praod

Tabelite ja jooniste loetelu

Tabel 1.1.	Skaneerimispunktide arvud ja registreerimise kõrguslikud veahinnangud 2018
Tabel 1.2.	Ristprofiilide asukohad (L-EST koordinaatidena)
Tabel 2.1.	Keskmsed ööpäevased liiklus- ja koormussagedused mõlemas suunas kokku
Tabel 2.2.	Katendit ületanud 100 kN standardtelgede arv aastas mõlemas suunas kokku
Tabel 2.3.	Keskmsed ööpäevased liiklus- ja koormussagedused enimkoormatud sõidurajal
Tabel 2.4.	Katendit ületanud 100 kN standardtelgede arv aastas enimkoormatud sõidurajal
Tabel 3.1.	Pinnasevee tasemed vaatluskaevudes (cm vaatluskaevu ülemisest servast)
Tabel 4.1.	Ehitajate tee katendikonstruktsioon
Tabel 4.2.	Ranna tee katendikonstruktsioon
Tabel 4.3.	Tartu maantee katendikonstruktsioon
Tabel 4.4.	Tehnika tänava katendikonstruktsioon
Tabel 4.5.	Männiku tee katendikonstruktsioon
Tabel 4.6.	Välja bussipeatuse katendikonstruktsioon
Tabel 4.7.	Nisu bussipeatuse katendikonstruktsioon (linna suund)
Tabel 4.8.	Tammsaare tee katendikonstruktsioon
Tabel 4.9.	Suur-Sõjamäe tee katendikonstruktsioon
Tabel 4.10.	Akadeemia tee katendikonstruktsioon
Tabel 4.11.	Paldiski mnt katendikonstruktsioon
Tabel 5.1.	Kandevõime mõõtmiste koondtulemused uuringusse kaasatud objektidel 2017. ja 2018. aastal
Tabel 5.2.	Konstantide a_0 ja a_1 väärtused vajumikausi parameetrite suurimate lubatavate piirväärtuste arvutamise võrrandis (5.2)
Tabel 5.3.	Arvutatud vajalikud elastsusmoodulid ja vajumikausi parameetrite maksimaalsed väärtused uuringusse kaasatud objektidel
Tabel 5.4.	FWD mõõtmistulemuste alusel arvutatud kandevõime ja vajumikausi parameetrite võrdlus piirväärtustega 2017. ja 2018. aastal
Tabel 6.1.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Ehitajate teel
Tabel 6.2.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Ranna teel
Tabel 6.3.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Tartu maanteel
Tabel 6.4.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Tehnika tänaval
Tabel 6.5.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Männiku teel
Tabel 6.6.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Punasel tänaval
Tabel 6.7.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Tammsaare teel
Tabel 6.8.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Suur-Sõjamäe tänaval
Tabel 6.9.	Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Akadeemia teel

- Tabel 6.10. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Paldiski mnt.
- Tabel 6.11. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Sõle tänava Nisu peatsuses
- Tabel 6.12. Koormussagedused, katendi tugevusnäitajad ning roobaste areng uuringuperioodil Mustamäe teel Välja peatuses
- Tabel K.1. Objektidel mõõdetud keskmise katendi üldise elastsusmoodul ja aastast tekkinud roopa sügavus
-
- Joonis 2.1. Uuringusse kaasatud objektide asukohad
- Joonis 3.1. Pinnasevee tasemed vaatluskaevudes 2015. ja 2016.a. kevadel ja sügisel ning 2018.a. kevadel
- Joonis 5.1. Ranna tee - Muuli tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajälg
- Joonis 5.2. Ehitajate tee - Õismäe tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajälg
- Joonis 5.3. Tartu mnt - Kanali tee ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajälg
- Joonis 5.4. Tehnika tn - Veskiposti ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajälg
- Joonis 5.5. Männiku tee (Männiku tee 121 juures, linna sisenev suund, parempoolne rattajälg)
- Joonis 5.6. Suur - Sõjamäe (linnast väljuv suund peale Smuuli tee ristmikku, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajälg)
- Joonis 5.7. Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all. Linna sisenev suund.
- Joonis 5.8. Akadeemia tee - Vilde tee ristmik- Linnast väljuv suund, parempoolne rattajälg
- Joonis 5.9. Paldiski mnt betoontee katselõik, asfaltkatttega teelõik. Linnast väljuv suund, parempoolne rattajälg
- Joonis 6.1. Ehitajate tee ristprofiilid koos nende asukohtadega (alumisel profiilil näha kaevu vajumine 2 cm)
- Joonis 6.2. Ranna tee ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.3. Taru mnt. ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.4. Tehnika tn. (Veskiposti) ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.5. Männiku tee ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.6. Punase tn ristprofiil koos selle asukohaga (alumisel graafikul näha kaevu vajumine kolmandal aastal 2 cm ja neljandal aastal 1 cm)
- Joonis 6.7. Tammsaare tee ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.8. Suur-Sõjamäe tn. ristprofiil koos selle asukohaga (peale Smuuli pikendust, vasakpööre Ruunaoja teele)
- Joonis 6.9. Akadeemia tee ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.10. Paldiski mnt. betoonkatte ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.11. Paldiski mnt. asfaltbetooniga kaetud betoonkatte ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.12. Paldiski mnt. asfaltbetoonkatte ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.13. Sõle tänava Nisu peatuse ristprofiilid koos nende asukohtadega
- Joonis 6.14. Mustamäe tee Välja peatuse ristprofiil koos selle asukohaga
- Joonis 6.15. Asfaldi deformatsioon Mustamäe tee Välja peatuses

- Joonis K.1. Roopa areng aastas enimkoormatud sõidurajal vastava katendi elastsusmooduli juures
- Joonis K.2. Roopa areng aastas enimkoormatud sõidurajal vastava enimkoormatud sõiduraja ööpäevase koormussageduse juures
- Joonis K.3. Roopa areng enimkoormatud sõidurajal vastava enimkoormatud sõidurada ületanud standardtelgede summaarse arvu juures
- Joonis 7.1. Näide Percostation jaama andmete töötlusprogrammiga saadavatest tulemustest
- Joonis 8.1. Betoonkatte vuugid
- Joonis 8.2. Betoonkatte pikivuuk
- Joonis 8.3. Betoonkatte ja asfaltbetooniga tugevdatud peenra ühenduskohad
- Joonis 8.4. Teepeenra äravajumine linnast väljuval suunal pk 6+70 kuni pk 6+20
- Joonis 8.5. Asfaltbetoonist kulumiskihiga betoonkattes tekkinud praod

LISAD 2

Lisa 2.1. Teekonstruktsioonide kandevoime mõõtmiste tulemused Tallinnas 2017. ja 2018. aastal

Punkti nr.	Objekti asukoht	Koordinaadid		Kuupäev	Kellaeg	Temperatuur, °C		Kontakt- pinge, kPa	Koor- mus, kN	Läbivajumine, µm								E2_T*	Eeq 2001- 52 (ETM), Mpa**	SCI (piir 150)	BDI (piir 74)	BCI (piir 15)
		Lat	Lon			Teekate	Õhk			D0	D20	D30	D60	D75	D90	D120	D150					
1. Ranna tee - Muuli tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																						
1	Olerexi tankla sissesõidu lõpust (üks äärekivi enne raadiuse lõppu)	59,497967	24,829026	01.05.17	11:30:29	16,0	10,0	726	51,32	263	212	181	110	85	68	43	28	574	422	82	71	15
2	10 m esimesest punktist (tänavavalgustuspost)	59,497888	24,828953	01.05.17	11:31:14	15,0	10,0	725	51,27	239	196	167	100	76	60	37	23	626	453	72	67	14
3	15 m esimesest punktist	59,497843	24,828912	01.05.17	11:33:11	17,0	11,0	728	51,48	286	230	192	114	86	68	40	24	534	399	94	78	16
4	20 m esimesest punktist	59,497806	24,828878	01.05.17	11:31:57	15,0	10,0	726	51,30	638	224	192	117	90	71	43	25	235	208	446	75	18
5	25 m esimesest punktist	59,497762	24,828842	01.05.17	11:34:15	16,0	11,0	724	51,15	247	208	181	114	88	71	45	29	609	443	66	67	16
2. Ehitajate tee - Öismäe tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja																						
1	Enne Öismäe tee ristmiku, kohakuti geodeetilise punktiga	59,421350	24,649184	01.05.17	12:47:14	19,0	13,0	721	50,98	204	186	171	124	103	92	68	54	753	523	33	47	14
2	10 m esimesest punktist	59,421274	24,649283	01.05.17	12:48:08	19,0	13,0	719	50,83	207	187	171	127	108	95	72	55	740	516	36	44	17
3	20 m esimesest punktist (vahetult peale stopp-joont)	59,421200	24,649374	01.05.17	12:48:49	21,0	14,0	724	51,15	262	229	205	142	117	101	77	57	598	434	57	63	20
3. Tartu mnt - Kanali tee ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja																						
1	Ristuva kraavi nõlva lõpust	59,408297	24,805876	01.05.17	10:53:10	14,0	12,0	739	52,21	314	275	244	157	123	97	58	33	482	367	70	87	25
2	10 m esimesest punktist	59,408222	24,805969	01.05.17	10:53:59	15,0	12,0	736	52,06	296	262	230	144	110	85	48	25	514	387	66	86	23
3	20 m esimesest punktist	59,408144	24,806067	01.05.17	10:54:43	15,0	12,0	732	51,74	293	254	224	146	115	91	55	30	516	388	69	78	25
4. Tehnika tn - Veskiposti ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja																						
1	Vahetult peale ristmiku, samal joonel valgusfooriga	59,420842	24,765866	01.05.17	11:58:59	19,0	12,0	724	51,15	208	189	174	132	113	99	75	55	741	516	34	42	20
2	10 m esimesest punktist	59,420851	24,766036	01.05.17	11:59:45	20,0	12,0	726	51,29	212	187	168	121	101	88	66	49	735	512	44	47	17
3	20 m esimesest punktist	59,420858	24,766211	01.05.17	12:00:27	20,0	12,0	726	51,35	227	201	182	131	109	95	71	52	687	486	45	51	19
5. Männiku tee (Männiku tee 121 juures, linna sisenev suund, parempoolne)																						
1	Enne Männiku tee 121 mahasõitu, kohakuti tv-postiga	59,371426	24,717302	01.05.17	13:06:47	21,0	15,0	722	51,04	245	188	162	108	90	79	63	50	638	457	83	54	13
2	10 m esimesest punktist	59,371514	24,717313	01.05.17	13:07:30	21,0	15,0	723	51,10	218	173	147	96	79	71	56	45	718	502	71	51	11
3	20 m esimesest punktist	59,371606	24,717331	01.05.17	13:08:15	21,0	15,0	722	51,02	222	183	161	107	89	77	59	45	704	494	61	54	14
4	50 m esimesest punktist	59,371844	24,717403	01.05.17	13:10:26	19,0	15,0	724	51,15	260	225	199	137	113	98	69	50	593	432	61	62	19
5	60 m esimesest punktist	59,371935	24,717435	01.05.17	13:11:08	20,0	15,0	725	51,23	226	192	171	123	103	90	68	50	688	486	55	48	18

Punkti nr.	Objekti asukoht	Koordinaadid		Kuupäev	Kellaeg	Temperatuur, °C		Kontakt- pinge, kPa	Koor- mus, kN	Läbivajumine, µm							E2_T*	E _{eq} 2001- 52 (ETM), Mpa**	SCI (piir 150)	BDI (piir 74)	BCI (piir 15)	
		Lat	Lon			Teekate	Õhk			D0	D20	D30	D60	D75	D90	D120						D150
6. Suur - Sõjamäe (linnast väljuv suund peale Smuuli tee ristmikku, parempoolse																						
1	1 m äärekivi lõpust	59,415671	24,845539	01.05.17	11:06:11	15,0	10,0	736	52,04	205	188	175	136	118	104	77	56	741	517	30	39	21
2	10 m esimesest punktist	59,415671	24,845716	01.05.17	11:06:54	16,0	10,0	736	52,05	203	190	179	143	125	110	84	62	754	525	24	36	22
3	20 m esimesest punktist	59,415671	24,845898	01.05.17	11:07:45	16,0	9,0	733	51,80	222	189	175	137	119	105	80	59	687	487	47	38	21
7. Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all. Linna sisenev suund																						
1	Esimene valgustuspost enne viadukti (parempoolne sõidurada)	59,403209	24,730421	01.05.17	12:09:13	19,0	14,0	722	51,03	284	250	224	154	125	104	70	48	541	402	60	70	22
4	Kohakuti rambi äärekiviga (parempoolne sõidurada)	59,403012	24,728735	01.05.17	12:10:21	18,0	14,0	727	51,42	203	188	170	117	93	77	50	30	757	526	33	53	20
11	Kohakuti rambi äärekiviga (vasakpoolne sõidurada)	59,402979	24,728707	01.05.17	12:12:56	18,0	14,0	725	51,28	256	228	203	133	105	83	50	26	599	436	53	70	24
12	Viadukti viimane samm viadukti all (vasakpoolne sõidurada)	59,403090	24,729469	01.05.17	12:11:56	8,0	14,0	725	51,25	194	178	159	106	83	66	40	22	732	502	35	53	18
16	Esimene valgustuspost enne viadukti (vasakpoolne sõidurada)	59,403280	24,731051	01.05.17	12:08:02	18,0	13,0	724	51,16	273	240	218	156	130	110	80	55	560	414	55	62	25
8. Akdeemia tee - Viide tee ristmik - Linnast väljuv suund, parempoolne																						
1	Parempöörde keskelt	59,401177	24,659112	01.05.17	12:23:09	20,0	14,0	726	51,31	126	113	107	87	77	70	56	43	1237	774	19	20	13
2	10 m esimesest punktist	59,401257	24,659020	01.05.17	12:23:56	20,0	14,0	721	50,98	136	118	112	95	86	79	67	51	1138	725	24	17	16
3	20 m esimesest punktist	59,401331	24,658938	01.05.17	12:24:43	19,0	14,0	716	50,63	166	152	143	117	105	95	76	59	919	612	23	26	17
14. Paldiski mnt betoontee katselõik, asfaltkattega teelõik. Linnast väljuv																						
1	23 m betoonlõigust	59,408025	24,625607	01.05.17	12:33:37	18,0	15,0	724	51,21	92	84	80	68	61	58	51	42	1664	981	12	12	9
2	75 m betoonlõigust	59,407854	24,624758	01.05.17	12:34:59	19,0	15,0	727	51,36	158	136	123	94	81	74	60	48	979	644	35	29	12
3	100 m betoonlõigust	59,407792	24,624338	01.05.17	12:35:53	19,0	15,0	723	51,12	176	155	141	105	91	80	65	51	875	589	35	36	14
4	300 m betoonlõigust	59,407501	24,620865	01.05.17	12:37:13	21,0	16,0	721	50,93	339	310	281	200	171	147	112	87	460	353	58	81	25
5	325 m betoonlõigust	59,407439	24,620439	01.05.17	12:38:13	21,0	17,0	716	50,63	284	260	240	184	159	141	111	84	546	404	44	56	27

Märkused:

*Arvutatud lähtudes Soome süsteemist (<http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/1-pplmittaus.pdf>). Temperatuuriparandatud tingimusel, et asfaltkatte paksus on 150 mm. Poissoni tegurina kasutatud 0.5

**Seoses tavapärasest külmema ja vihmase kevadega on kandevõime arutamisel kasutatud aprilli kuutegurit

Punkti nr.	Objekti asukoht	Koordinaadid		Kuupäev	Kellaeg	Temperatuur, °C		Kontakt- pinge, kPa	Koormus , kN	Läbivajumine, µm*							E _{2-T} **	Eeq 2001- 52	SCI (piir 150)	BDI (piir 74)	BCI (piir 15)	
		Lat	Lon			Teekate	Õhk			D0	D20	D30	D60	D75	D90	D120						D150
1. Ranna tee - Muuli tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																						
1	Olerexi tankla sissesõidu lõpust (üks äärekivi enne raadiuse lõppu)	59,497968	24,829025	02.05.18	0:23:31	6,0	4,0	735	51,95	274	220	188	117	93	72	46	31	518	375	86	71	15
2	10 m esimesest punktist (tänavavalgustuspost)	59,497889	24,828953	02.05.18	0:24:20	6,0	4,0	739	52,21	248	205	178	108	84	65	41	27	575	408	70	70	14
3	15 m esimesest punktist	59,497846	24,828915	02.05.18	0:25:00	7,0	4,0	734	51,86	283	228	195	119	94	72	44	27	504	371	88	76	17
4	20 m esimesest punktist	59,497806	24,828882	02.05.18	0:25:38	7,0	4,0	737	52,07	259	213	186	119	96	75	47	30	553	399	73	67	17
5	25 m esimesest punktist	59,497766	24,828849	02.05.18	0:26:20	7,0	4,0	735	51,96	234	202	177	115	93	74	48	31	611	432	57	62	17
2. Ehitajate tee - Oismäe tee ristmik. Linna sisenev suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																						
1	Enne Oismäe tee ristmikku, kohakuti geodeetilise punktiga	59,421351	24,649184	02.05.18	1:31:22	7,0	7,0	728	51,46	195	166	154	116	99	87	67	52	726	495	41	38	15
2	10 m esimesest punktist	59,421274	24,649283	02.05.18	1:32:03	7,0	7,0	729	51,55	196	172	158	119	105	91	69	55	723	494	38	39	14
3	20 m esimesest punktist (vahetult peale stopp-joont)	59,421204	24,649374	02.05.18	1:32:43	8,0	7,0	730	51,59	211	188	171	126	110	94	72	57	677	472	40	45	15
3. Tartu mnt - Kanali tee ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																						
1	Ristuva kraavi nõva lõpust	59,408294	24,805883	02.05.18	2:03:10	7,0	7,0	726	51,30	327	282	250	164	132	103	64	37	431	328	77	86	27
2	10 m esimesest punktist	59,408218	24,805980	02.05.18	2:03:54	7,0	7,0	732	51,75	287	251	222	144	116	90	54	31	496	366	65	78	23
3	20 m esimesest punktist	59,408140	24,806077	02.05.18	2:04:38	7,0	6,0	729	51,52	271	235	207	140	112	88	55	33	523	382	64	67	22
4. Tehnika tn - Veskiposti ristmik. Linnast väljuv suund, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg																						
1	Vahetult peale ristmikku, samal joonel valgusfooriga	59,420846	24,765850	02.05.18	0:48:52	8,0	6,0	734	51,90	186	164	150	114	101	89	70	57	773	524	36	36	13
2	10 m esimesest punktist	59,420860	24,766012	02.05.18	0:49:33	7,0	6,0	732	51,73	202	171	155	111	96	82	63	49	704	483	47	44	14
3	20 m esimesest punktist	59,420865	24,766189	02.05.18	0:50:15	7,0	6,0	734	51,91	221	184	166	121	102	88	67	52	646	451	55	45	15
5. Männiku tee (Männiku tee 121 juures, linna sisenev suund, parempoolne rattajalg)																						
1	Enne Männiku tee 121 mahasõitu, kohakuti tv-postiga	59,371424	24,717299	02.05.18	1:47:26	7,0	7,0	731	51,68	212	176	155	106	89	77	61	50	670	465	57	49	11
2	10 m esimesest punktist	59,371515	24,717309	02.05.18	1:48:12	7,0	7,0	738	52,15	196	161	140	93	80	69	53	45	732	498	56	47	8
3	20 m esimesest punktist	59,371606	24,717327	02.05.18	1:48:57	8,0	7,0	733	51,82	198	165	147	102	88	74	57	46	725	498	51	45	11
4	50 m esimesest punktist	59,371869	24,717404	02.05.18	1:49:50	8,0	7,0	727	51,39	209	181	163	117	100	86	64	51	681	474	46	46	13
5	60 m esimesest punktist	59,371959	24,717432	02.05.18	1:50:34	8,0	7,0	731	51,67	211	180	161	115	99	85	66	53	678	473	50	46	13
6. Suur - Sõjamäe (linnast väljuv suund peale Smuuli tee ristmikku, parempoolse sõiduraja parempoolne rattajalg)																						
1	1 m äärekivi lõpust	59,415666	24,845538	02.05.18	0:02:15	7,0	5,0	740	52,31	193	168	155	120	104	92	69	52	745	506	38	35	17
2	10 m esimesest punktist	59,415669	24,845721	02.05.18	0:03:08	8,0	5,0	742	52,42	187	171	160	128	114	101	78	59	777	526	27	32	19
3	20 m esimesest punktist	59,415670	24,845891	02.05.18	0:03:52	8,0	6,0	743	52,49	196	174	161	124	110	96	73	58	742	507	35	37	15
7. Tammsaare tee - Pärnu mnt viadukti all. Linna sisenev suund																						
1	Esimene valgustuspost enne viadukti (parempoolse sõidurada)	59,403209	24,730439	02.05.18	0:56:36	7,0	6,0	731	51,70	259	228	208	148	125	103	71	47	549	397	51	60	24
4	Kohakuti rambi äärekiviga (parempoolne sõidurada)	59,403012	24,728733	02.05.18	0:58:05	8,0	6,0	736	52,01	209	181	163	114	93	77	52	33	689	479	46	49	19
11	Kohakuti rambi äärekiviga (vasakpoolne sõidurada)	59,402980	24,728757	02.05.18	1:00:06	7,0	6,0	737	52,10	185	159	141	93	75	58	36	21	774	521	44	48	15
12	Viadukti viimane samm viadukti all (vasakpoolne sõidurada)	59,403077	24,729576	02.05.18	1:01:18	8,0	6,0	735	51,98	235	202	180	119	95	74	44	25	613	436	55	61	19
16	Esimene valgustuspost enne viadukti (vasakpoolne sõidurada)	59,403247	24,731091	02.05.18	1:03:17	7,0	5,0	730	51,60	216	189	172	120	100	82	56	37	657	457	44	52	19
8. Akdeemia tee - Vilde tee ristmik- Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg																						
1	Parempöörde keskelt	59,401164	24,659125	02.05.18	1:13:21	8,0	6,0	733	51,79	147	127	116	88	75	64	50	39	976	631	31	28	11
2	10 m esimesest punktist	59,401239	24,659037	02.05.18	1:14:03	8,0	6,0	731	51,65	132	115	108	91	84	77	64	53	1084	685	24	17	11
3	20 m esimesest punktist	59,401315	24,658950	02.05.18	1:14:44	8,0	6,0	736	52,04	146	139	130	107	96	87	70	57	987	637	16	23	13
14. Paldiski mnt betoontee katselõik, asfaltkattega teelõik. Linnast väljuv suund, parempoolne rattajalg																						
1	23 m betoonlõigust	59,408021	24,625623	02.05.18	1:20:56	7,0	7,0	732	51,73	92	80	75	61	56	51	43	38	1546	902	17	14	5
2	75 m betoonlõigust	59,407851	24,624755	02.05.18	1:22:15	8,0	7,0	736	52,06	152	131	119	89	78	69	55	46	949	617	33	30	9
3	100 m betoonlõigust	59,407791	24,624325	02.05.18	1:23:15	8,0	7,0	732	51,72	186	155	139	101	89	76	60	50	770	523	47	38	10
4	300 m betoonlõigust	59,407495	24,620848	02.05.18	1:24:23	8,0	7,0	733	51,82	301	272	251	185	161	136	102	79	477	357	50	66	23
5	325 m betoonlõigust	59,407432	24,620417	02.05.18	1:25:27	7,0	7,0	732	51,76	240	221	205	161	145	125	100	81	593	422	35	44	19

Märkused:

*Mõõdetud tegelik läbipaine

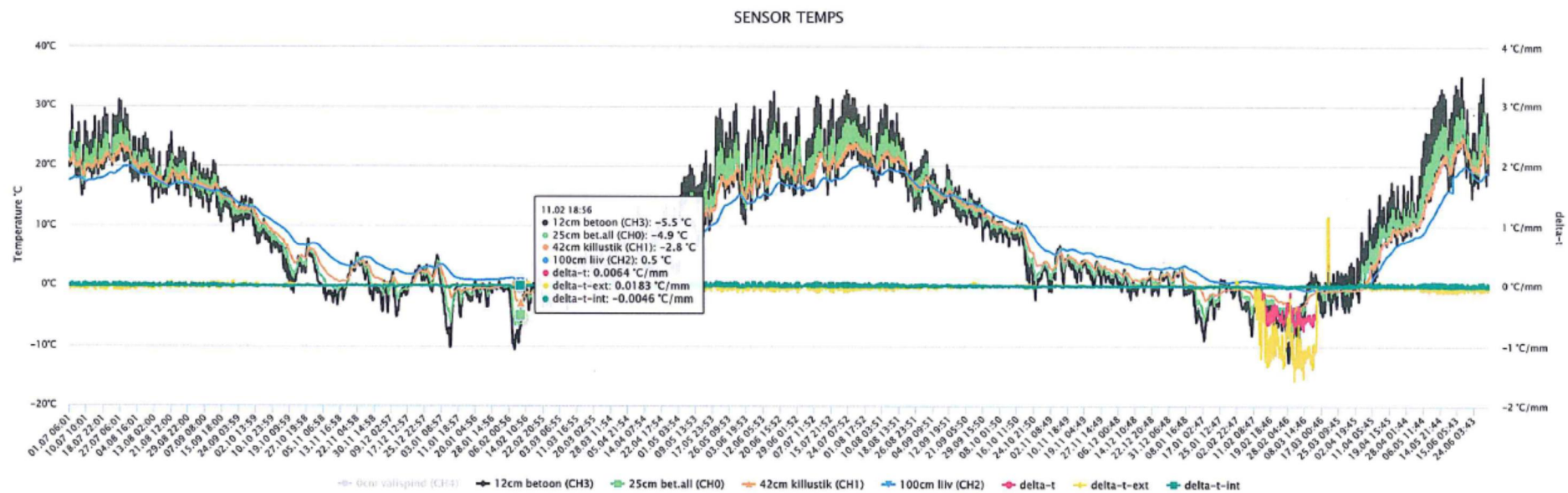
**Arvutatud lähtudes Soome süsteemist (<http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/1-pplmittaus.pdf>). Temperatuuriparandatud tingimusel, et asfaltkatte paksus on 150 mm. Poissoni tegurina kasutatud 0.5

***Seoses tavapärasest külmema ja vihmase kevadega on kandevõime arvatamisel kasutatud aprilli kuutegurit

Lisa 2.2. Paldiski mnt. Percostation jaama koondtemperatuurigraafikud 01.07.2016-01.07.2018

01.07.2016-01.07.2018

FROM: 2016-07-01 TO: 2018-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset



0cm välispind (CH0) 12cm betoon (CH3) 25cm bet.all (CH0) 42cm killustik (CH1) 100cm liiv (CH2) delta-t delta-t-ext delta-t-int

Kokku mõõtmisi 8477x

Päevased mõõtmised 06-00 6355x *

Arvestatud delta-t-int 2001x

Arvestatud delta-t-ext 4354x

$\Delta t > 0.02$: 1088x (17.12%)

$\Delta t > 0.04$: 262x (4.12%)

$\Delta t > 0.06$: 29x (0.46%)

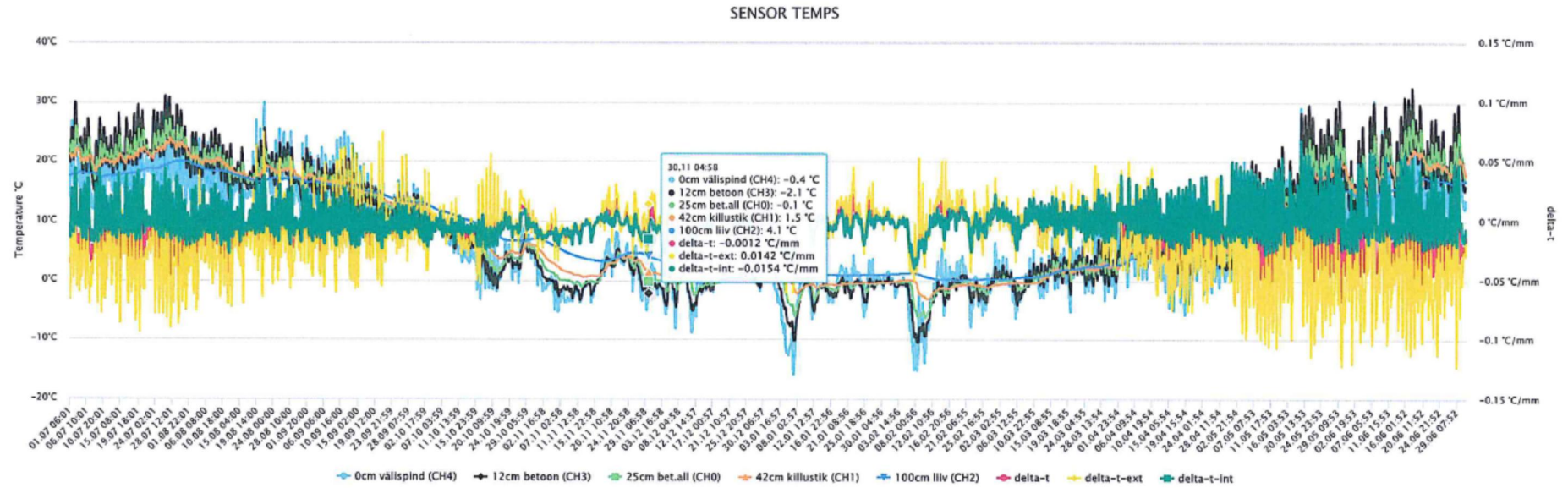
$\Delta t > 0.08$: 13x (0.2%)

ch1 < 0°C : 2680h

ch2 < 0°C : 574h

01.07.2016-01.07.2017

FROM: 2016-07-01 TO: 2017-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset



Kokku mõõtmisi 4379x

Päevased mõõtmised 06-00 3283x *

Arvestatud delta-t-int 1107x

Arvestatud delta-t-ext 2176x

Δt > 0.02 : 601x (18.31%)

Δt > 0.04 : 128x (3.9%)

Δt > 0.06 : 7x (0.21%)

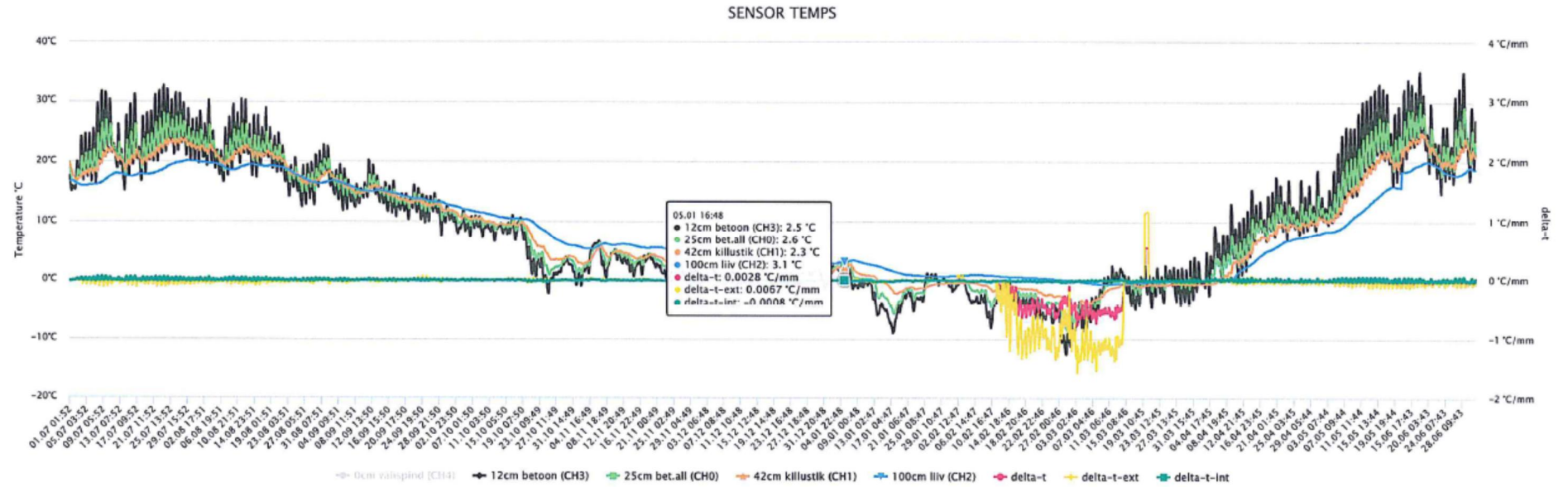
Δt > 0.08 : 0x (0%)

ch1 < 0°C : 1192h

ch2 < 0°C : 0h

01.07.2017-01.07.2018

FROM: 2017-07-01 TO: 2018-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset



Kokku mõõtmisi 4110x

Päevased mõõtmised 06-00 3081x *

Arvestatud delta-t-int 903x

Arvestatud delta-t-ext 2178x

$\Delta t > 0.02$: 487x (15.81%)

$\Delta t > 0.04$: 134x (4.35%)

$\Delta t > 0.06$: 22x (0.71%)

$\Delta t > 0.08$: 13x (0.42%)

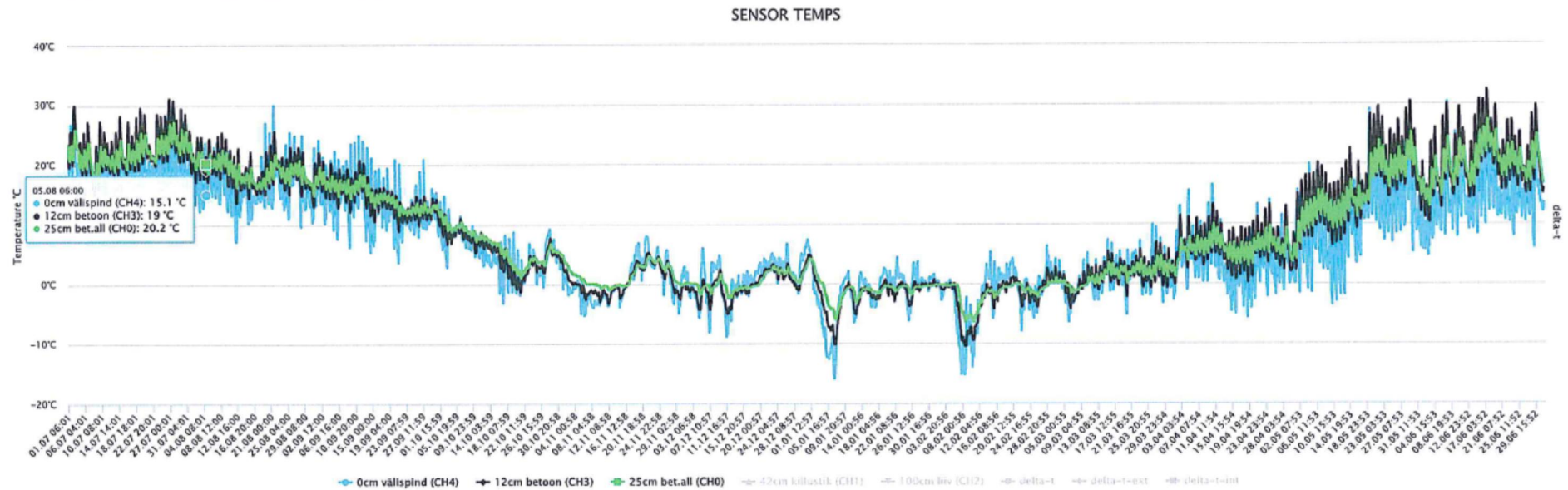
ch1 < 0°C : 1488h

ch2 < 0°C : 574h

Lisa 2.3. Paldiski mnt. Percostation jaama betoonplaadi temperatuurigraafikud 01.07.2016-01.07.2018

01.07.2016-01.07.2017

FROM: 2016-07-01 TO: 2017-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset



Kokku mõõtmisi 4379x

Päevased mõõtmised 06-00 3283x *

Arvestatud delta-t-int 1107x

Arvestatud delta-t-ext 2176x

$\Delta t > 0.02$: 601x (18.31%)

$\Delta t > 0.04$: 128x (3.9%)

$\Delta t > 0.06$: 7x (0.21%)

$\Delta t > 0.08$: 0x (0%)

ch1 < 0°C : 1192h

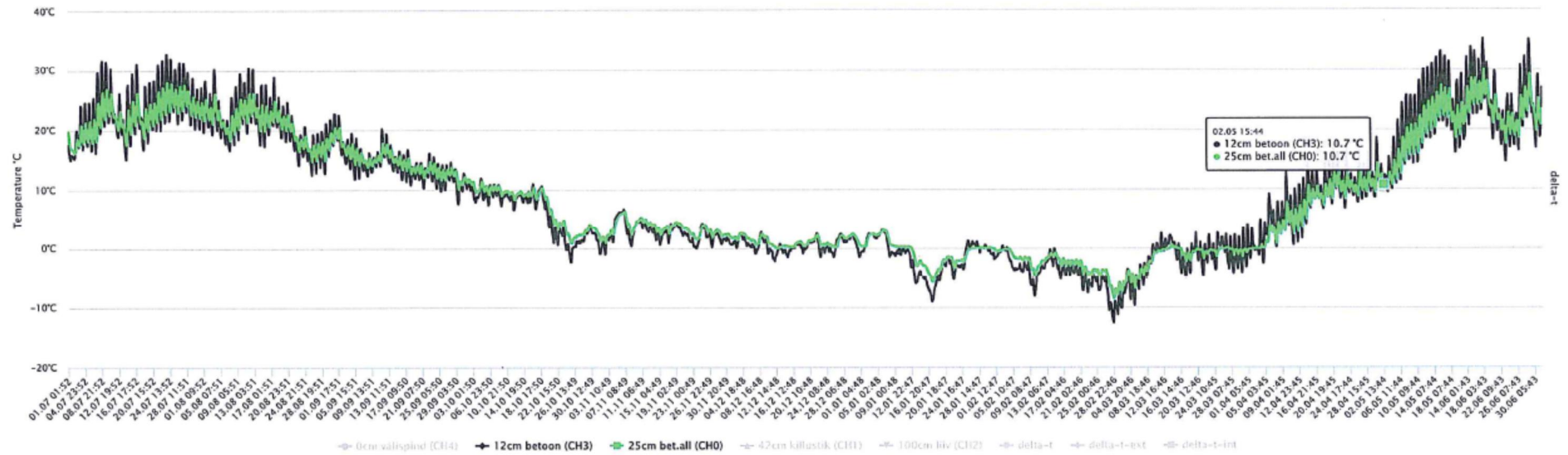
ch2 < 0°C : 0h

*Päeva esimene mõõtmine =07:00 viimane =23:00 (Est võõndlaega +1h iäärei)

01.07.2017-01.07.2018

FROM: 2017-07-01 TO: 2018-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset

SENSOR TEMPS



Kokku mõõtmisi 4110x

Päevased mõõtmised 06-00 3081x *

Arvestatud delta-t-int 903x

Arvestatud delta-t-ext 2178x

$\Delta t > 0.02$: 487x (15.81%)

$\Delta t > 0.04$: 134x (4.35%)

$\Delta t > 0.06$: 22x (0.71%)

$\Delta t > 0.08$: 13x (0.42%)

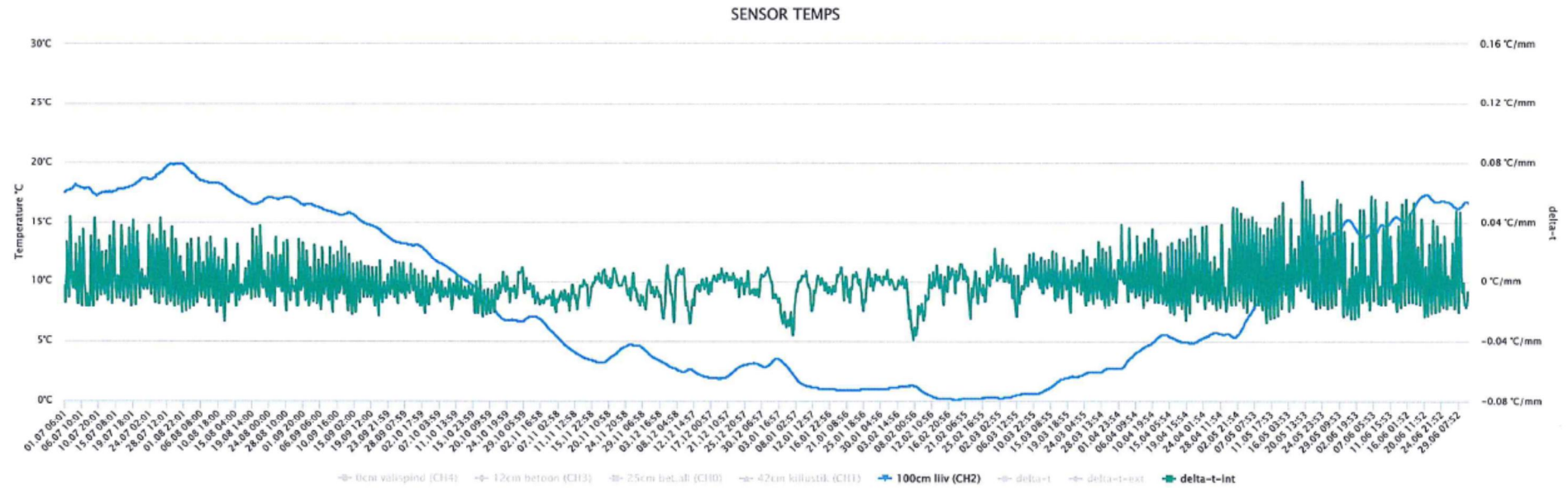
ch1 < 0°C : 1488h

ch2 < 0°C : 574h

*Päeva esimene mõõtmine -07:00, viimane -23:00 (Est vööandiaeg +1h järgi)

01.07.2016-01.07.2017

FROM: 2016-07-01 TO: 2017-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset



Kokku mõõtmisi 4379x

Päevased mõõtmised 06-00 3283x *

Arvestatud delta-t-int 1107x

Arvestatud delta-t-ext 2176x

$\Delta t > 0.02$: 601x (18.31%)

$\Delta t > 0.04$: 128x (3.9%)

$\Delta t > 0.06$: 7x (0.21%)

$\Delta t > 0.08$: 0x (0%)

ch1 < 0°C : 1192h

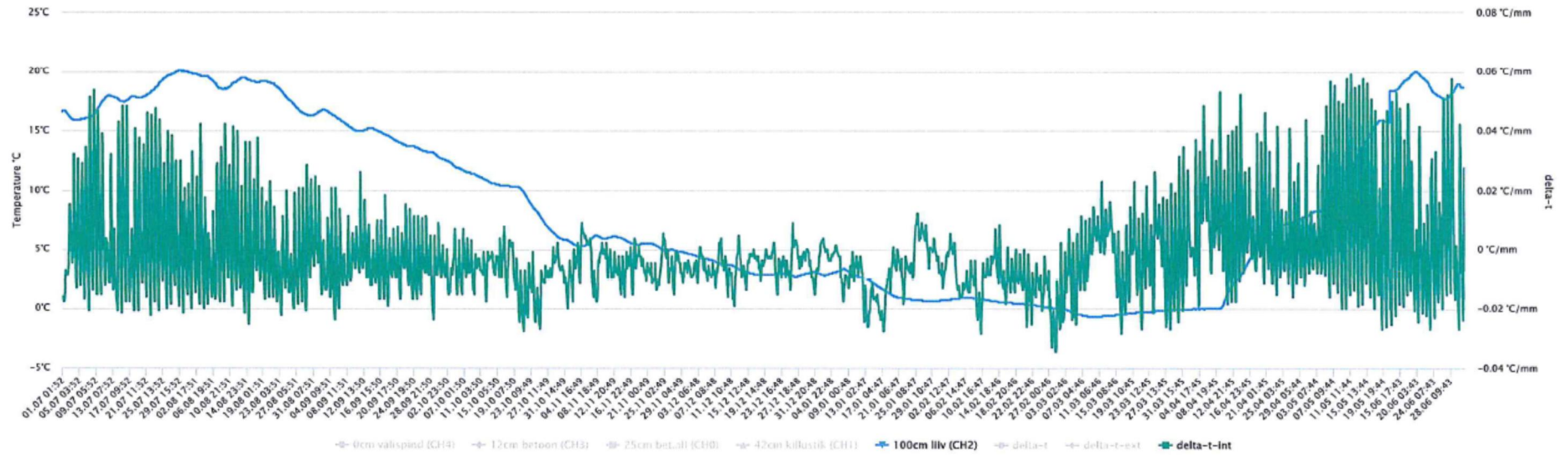
ch2 < 0°C : 0h

*Päeva esimene mõõtmine ~07:00, viimane ~23:00 (Est vööndiaeg +1h järgi)

01.07.2017-01.07.2018

FROM: 2017-07-01 TO: 2018-07-01 Change
 <-Previous month Last month -> today YTD Next month-> Reset

SENSOR TEMPS



Kokku mõõtmisi 4110x

Päevased mõõtmised 06-00 3081x *

Arvestatud delta-t-int 903x

Arvestatud delta-t-ext 2178x

$\Delta t > 0.02$: 487x (15.81%)

$\Delta t > 0.04$: 134x (4.35%)

$\Delta t > 0.06$: 22x (0.71%)

$\Delta t > 0.08$: 13x (0.42%)

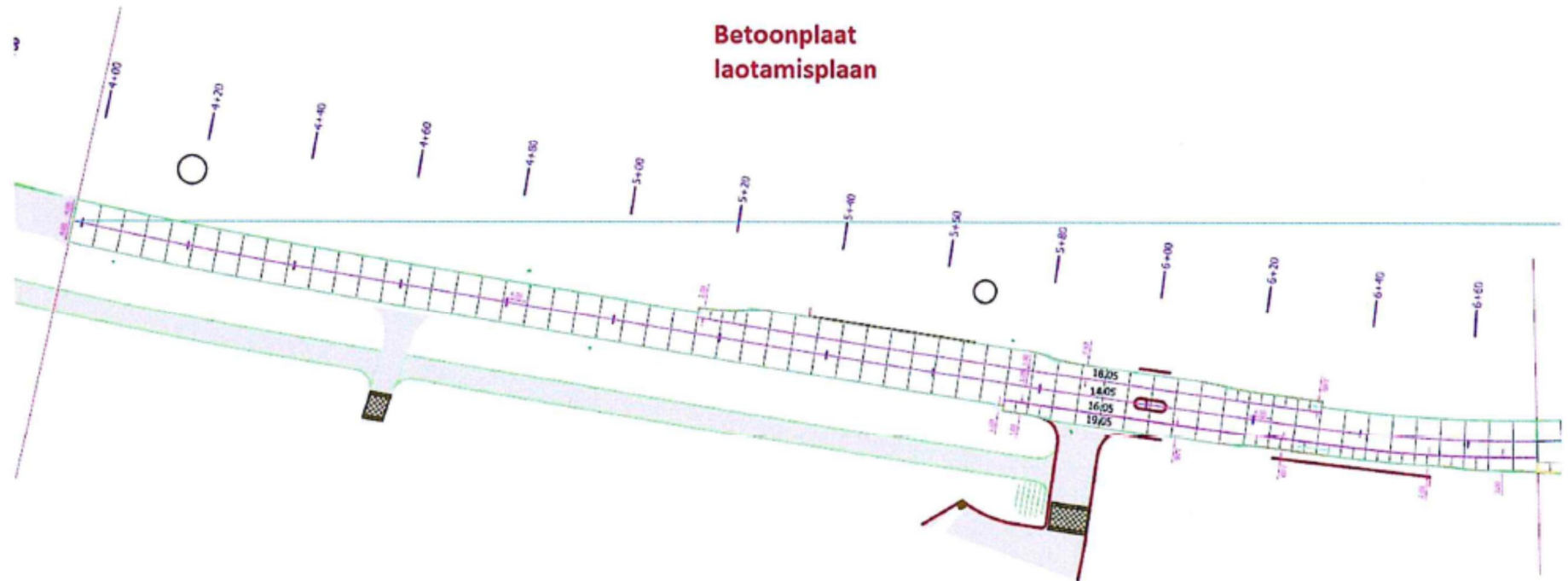
ch1 < 0°C : 1488h

ch2 < 0°C : 574h

*Päeva esimene mõõtmine ~07:00, viimane ~23:00 (Est vööandiaeg +1h järgi)

Lisa 2.5. Paldiski mnt. betoonkatte katselõigu vuukide plaaniline asetus

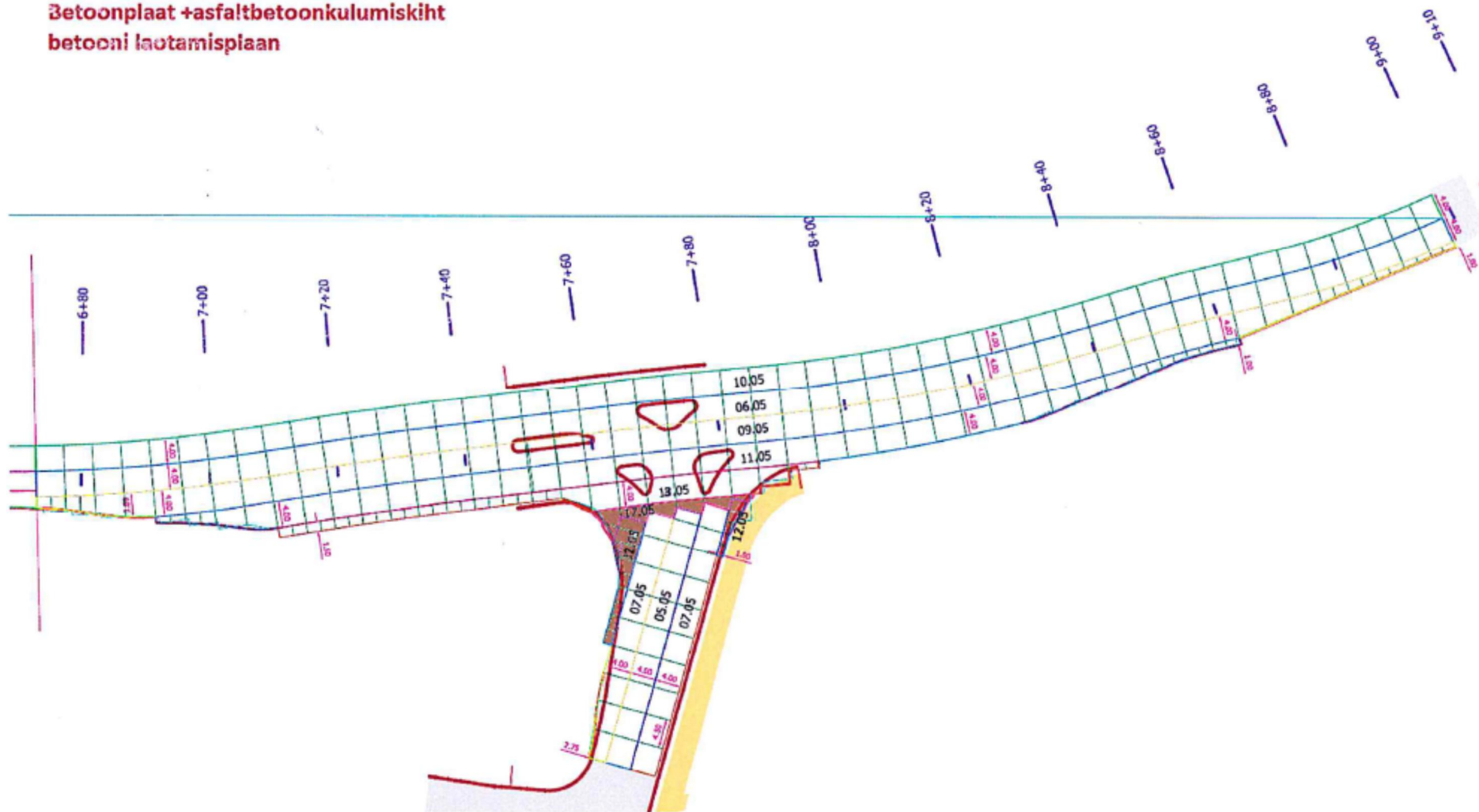
Betoonkatte plaadi laotamisplaan



Paldiski mnt

Asfaltbetoonist kulumiskihi aluse betoonplaadi laotamisplaan

**Betoonplaat + asfaltbetoonkulumiskiht
betooni laotamisplaan**



Projekteeritud lahendus

