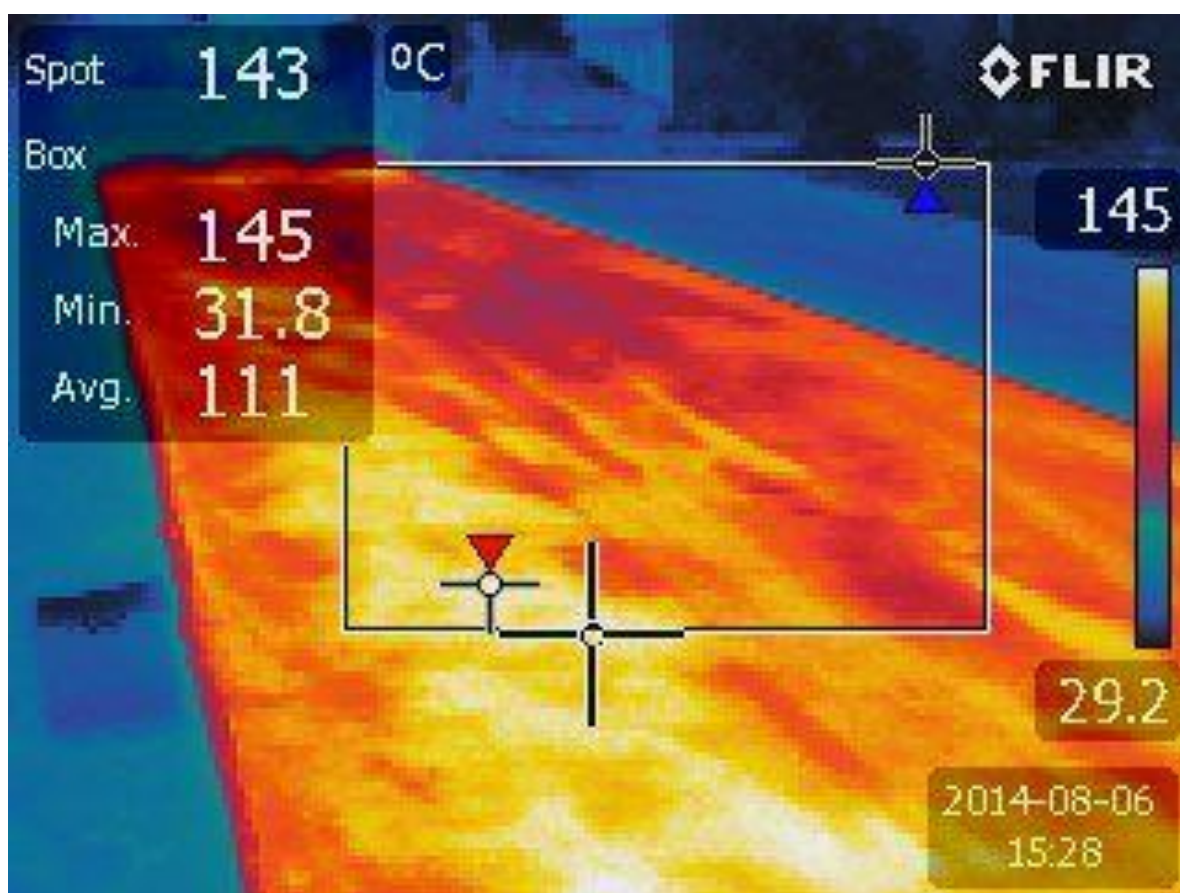


Teadus- ja arendustöö

**„Asfaltkatete laotamise tehnoloogiate võrdlemine
ja kvaliteedi kontrollimisel termograafia
rakendatavuse uuring“**

AS Teede Tehnokeskus

2014-18



MAANTEEAMET

Tallinn 2014

Koostajad:

Marek Truu (AS Teede Tehnokeskus)

Erko Puusaag (AS Teede Tehnokeskus)

Veiko Tikas (AS Teede Tehnokeskus)

Taivo Möll (AS Teede Tehnokeskus)

Conny Andersson (CA Konsult, Rootsi)

Kaasa aitasid:

Silver Siht (AS Teede Tehnokeskus)

Emil Boström (CA Konsult, Rootsi)

Taavi Tõnts (Maanteeamet)

Heikki Pormeister (AS Tref)

Märt Puust (Teedeklaster)

Mati Ertsen (Wirtgen Eesti)

Teadus- ja arendustöö
„Asfaltkatete laotamise tehnoloogiate võrdlemine
ja kvaliteedi kontrollimisel termograafia
rakendatavuse uuring“

Projektijuht: Marek Truu

Koostajad: Erko Puusaag
Taivo Möll
Veiko Tikas
Conny Anderson (CA Konsult)

SISUKORD

SISUKORD	1
SISSEJUHATUS	2
PROBLEEMI OLEMUS	3
TERMOMÕÕDISTAMINE	7
ASFALDILAOTURI SÖÖTJA.....	9
UURINGUOBJEKT.....	11
Termoskaneerimise tulemused	14
Boonussüsteem Rootsis.....	19
Termopildistamise tulemused	21
Kontrollpuurimiste tulemused	26
Jäävpoorsuse mõõtmised maaradariga	27
Kihipaksuste määramine	28
Maaradari andmete võrdlus katte paigaldustemperatuuridega.....	29
TASUVUSARVUTUSED	32
Söötja kasutamisega seonduvate kulude analüüs	32
Katte eluea „saladus“	35
Boonussüsteemi olulisus.....	35
Täiendavate meetmete rakendamise tasuvuse analüüs.....	36
SOOVITUSED	41
KOKKUVÕTE	45
SUMMARY	47
KASUTATUD KIRJANDUS.....	49
LISAD	50

SISSEJUHATUS

Asfaltkatete kulumiskihi ehitamiseks kulutatakse riigimaanteedel aastas hinnanguliselt 40...50 miljonit eurot (ca 300 km). Need katted hakkavad erinevatel põhjustel lagunema ning vajavad mõne aja pärast taas remonti.

Asfaltkatete vastupidavus ja eluiga sõltub peaaesjalikult õigesti valitud asfaltsegu kvaliteedist ning paigalduskoha ja paigaldamise kvaliteedist. Seniste kogemuse põhjal võib ühe **peamise katete lagunemise põhjusena** tuua välja katete **ebapiisava tiheduse**. Ebapiisav tihedus tähendab, et vesi ja õhuhapnik pääsevad katte pooride kaudu lihtsamini katte sisemusse, nõrgendades keemilisi sidemeid katteosakeste vahel. Eesti kliimas lisanduvad talvistes tingimustes veel jõud, mis tekivad vee jäätumisest.

Katte puuduliku tiheduse peamiseks põhjuseks võib kogemuslikult tuua **asfaldisegu termilist aga ka füüsilist segregeerumist** enne segu paigaldamist või paigaldamise käigus. Isegi kui segregeerumisest tuleneva ebaühtluse tõttu on puuduliku tihedusega vaid väike osa kattest, jaotuvad need kohad kattess sageli väikeste laikudena tihedalt üle kogu objekti. Seetõttu tekib ka väikeste kohtade puudulikust tihedusest tingitud remondivajadus sageli ikkagi kogu objektil.

Enamasti pole need nähtused/kohad katte paigaldamise käigus palja silmaga tuvastatavad. Eesti teedehituse senises praktikas on katete tihedust iseloomustavaid parameetreid mõõdetud süsteemselt valmis kattest võetud puurkehadel põhineva meetodiga jäävpoorsuse ja tihendusteguri kaudu. Need puurkehad iseloomustavad aga **kaduvväikest osa** katte pindalast ning on seetõttu võimetud nimetatud probleemi välja tooma.

Mitmes riigis on asfaltsegu segregeerumise vähendamiseks võetud kasutusele spetsiaalsed tehnoloogiad. Käesolevas töös on lähemalt uuritud neid kahte. Maanteeametil avanes võimalus testida ühel 2014. aasta asfalteerimistöde objektil nii **asfaltsegu söötjat kui ka termoskaneerimise süsteemi** ja käesoleva töö eesmärk on selgitada nende seadmete kasulikkust, otstarbekust ja rakendamise perspektiivikut Eestis. Siiski oleme püüdnud uuringus käsitleda temaatikat terviklikumalt ja pakkuda välja lahendusi **katete eluea** tõstmiseks ning sellega kulude vähendamiseks.

PROBLEEMI OLEMUS

Pikaealise asfaltkatte saavutamine on kompleksne ja ressursimahukas protsess. Protsessi võtmeetappideks on asfaltsegu projekteerimine, tootmine ja paigaldamine. Asfaldisegu retsepti väljatöötamine võetakse arvesse nii segu lähtematerjalide kui tootmise ja paigaldamise tehnoloogilised aspektid, millised on vajalikud kvaliteetse lõpptulemuse saamiseks. Asfaltsegu tootmise eesmärk on etteantud segu projekti kohase võimalikult homogeenise segu saavutamine ning paigalduse eesmärk on saavutada võimalikult projektikohane ja tasane kate.

Kvaliteetse asfaltkatte saavutamise suurimaks väljakutseks ongi katte ühtluse tagamine. Kui asfaltsegu tootmine seisneb segu erinevate koostisosade kokkusegamises ehk ühtlustamises, siis juba tootmise enda käigus algab vastassuunaline protsess, mida nimetatakse segregeerumiseks. Seejuures saab viimase käigus eristada kahe peamist – füüsilist ja termilist segregeerumist. Esimene neist avaldub peamiselt eri suurusega seguosakeste eraldumises ning teine seguosakeste ja –osade erinevas jahtumises soojusvahetuse käigus.

Asfaltsegu ebaühtluse mõju olulisus asfaltkatte elueale ning vastupidavusele tuvastati juba 1980-ndatel aastatel ning segregeerumise tekkepõhjuseid on maailmas uuritud käesolevaks ajaks juba üle 30 aasta. Asfaltsegu segregeerumist mõjutavad mitmed tegurid, millele on vajalik tööde teostajate poolt kogu tootmis- ja paigaldusprotsessi jooksul tähelepanu pöörata. Allpool on toodud peamised asjassepuutuvad tegurid:

- Asfaldisegu kivimaterjali niiskussisalduse varieerumine;
- Kivimaterjali eraldumine töötlemisel (fraktsioneerumine);
- Temperatuuri ebaühtlus segu tootmisel;
- Segupunkri ebapiisav soojusisolatsioon;
- Segu punkris oleku aeg;
- Segu laadimistehnoloogia;
- Veoki kasti kuju ja isolatsioon ning veokaugus;
- Jahtunud ja segregeerunud asfaltsegu kogunemine laoturi kolusse;
- Segu ebaühtlane jagunemine laoturis paigaldamise ajal;
- Seisakud segu laotamise ajal.

On selge, et tööde tellijate võimalused neid tegureid **otseselt** mõjutada on nullilähedased, nende mõjutamiseks on vajalik **töövõtja piisav motivatsioon**.

Kõige probleemsemad segregeerunud kohad ilmnevad asfaltkatetes tüüpiliselt konstantse intervalliga ning ühtivad asfaldiveokite vahetumiste kohtadega. Koormavahetusest tingitud nn. „külmad kohad“ kattes on halvemini tihendatavad võrreldes ülejäänud kattega, mistõttu jäävad antud kohad poorsemaks. Suurema poorsusega kohad on aga altimad lagunemisele, sest poorsesse kattepinda koguneb vesi, mis koosmõjul liikluskooormusega kiirendab katte sõrenemist ning ka väsimuspragude tekkimist. Mida poorem on kate, seda lihtsam on veel kattesse pääseda.

Ühe sellise näitena saab tuua käesoleva uuringu objektiga samal maanteel (riigimaantee nr 21 Rakvere-Luige), Roela asulas 2010. aastal paigaldatud AC 12 surf asfaltsegu, mis on käesolevaks ajaks 4 aastat vana (vt. foto allpool). Objektil on selgelt tuvastatavad sõredamad kohad, kus asfaltkattes on tekkinud ka esimesed defektid. Kuna nimetatud defektid on ilmnunud just taolise konstantse vahega, siis on suure tõenäosusega tegemist koormavahetuskohtadega, mis on olnud madalama temperatuuriga ja seega ka suurema jäävpoorsusega.



Joonis 1. Asfaltkatte lagunemise näide Roelas

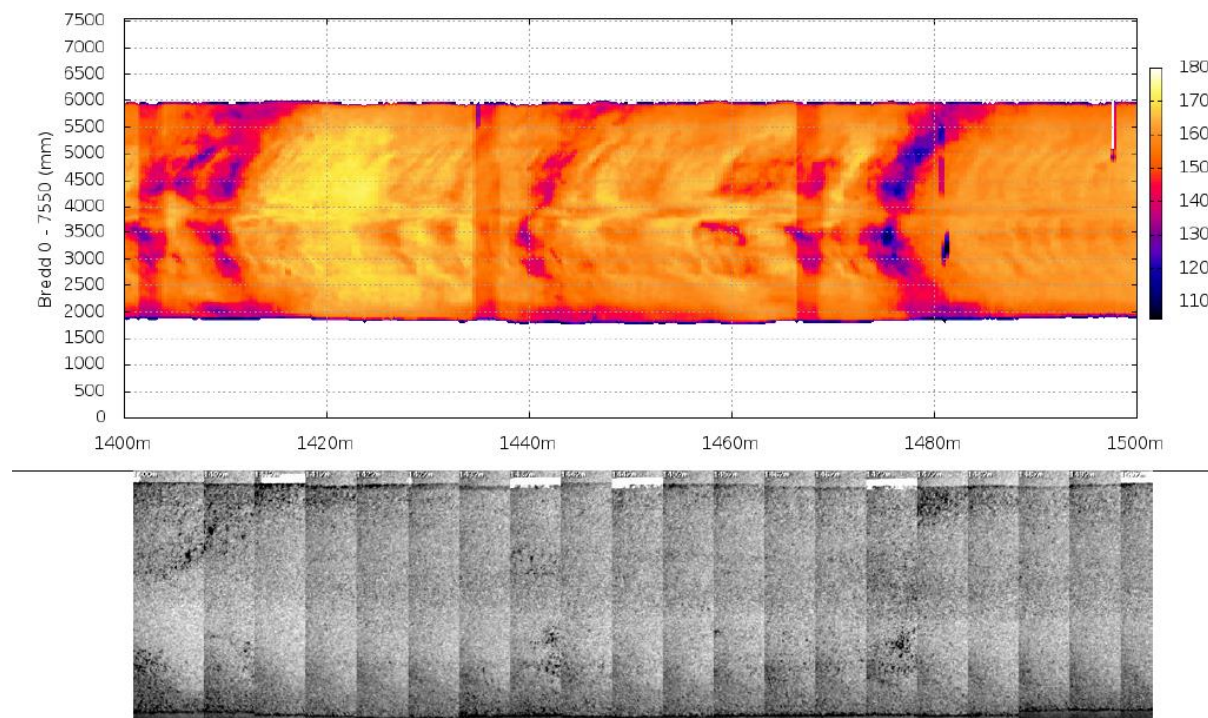


Joonis 2. Asfaltkatte lagunemise näide samal maanteel Roelas

Sõredate kohtade tuvastamine segu paigaldamise ajal on palja silmaga nähtav siiski vaid eriti raskekujulistel juhtudel. Sobivate valgus- ja ilmastikutingimuste korral võib tüüpiliselt saada esimesed märgid sõredatest kohtadest visuaalselt eristatavana kätte alles pärast katte paigaldamist, kuid isegi siis on seda süsteemselt äärmiselt komplitseeritud teha. Õnnetuseks ei tule need kohad välja ka tavapärase kontrollimeetmetega – jäävpoorsuse määramisel juhusliku loomuga puuraukude põhjal jäävad need poorsed kohad avastamata.

Rootsis, maanteel nr E20 lõigul Vasa-Södertälje, paigaldati 1998. aastal kaks asfaldikihti: binderkiht AB 16 ning kulumiskiht ABS 16 [2]. Paigaldamise ajal teostati mõlema asfaldikihi paigalduse termomõõdistamine, kasutades selleks termoskaneerimise seadet, mis jäädvustas kogu paigaldatud segukihi termograafilise info. 15 aastat hiljem 2013. aastal teostati samal objektil mõõtmised seadmega ViaPPS ning tulemuste võrdlemisel paigaldamise aegse temperatuurikaardiga selgus, et asfaltkatte lagunemine saab alguse eelkõige nendes kohtades, mis paigaldamise ajal olid madalama temperatuuriga (vt.

joonis allpool). Antud võrdluse teostamisel leiti muuhulgas, et defektide tekkimisele avaldas mõju mitte üksnes kulumiskihi segu paigaldustemperatuur, vaid ka katte kulumiskihi all paikneva binderkihi paigaldustemperatuur.



Joonis 3. Vasa-Södertälje teelõigu katte termokaardi (1998) ja foto võrdlus (2013)

Võib öelda, et traditsioonilised kvaliteedikontrolli meetodid jätaavad katte ühe olulisema kvaliteedinäitaja täielikult tähelepanuta. Seetõttu on maailmas hakatud kasutama kaasaegseid, pidevmõõtmise põhimõttel töötavaid kvaliteedikontrollimeetodeid, millised võimaldavad lisaks muudele olulistele parameetritele määrata ka katte (kvaliteedi) ühtlust.

Käesolevas uuringus on neist kasutatud ja tutvustatud Rootsis kasutusele võetud **termoskaneerimise** tehnoloogiat temperatuuriühtluse registreerimiseks ning Soomes kasutatavat **maaradari** tehnoloogiat katte jäävpoorsuse registreerimiseks. Mõlemat on analüüsitud järgnevates peatükkides.

TERMOMÕÕDISTAMINE

Asfaltkatete temperatuuri ühtluse tuvastamiseks on välja töötatud mitmeid erinevaid tehnoloogiaid. Üheks enim kasutatust leidnud tehnoloogiaks on infrapunakiirguse (IR) mõõtmisel põhinev tehnoloogia - termograafia. Infrapunakiirgus on elektromagnetkiirgus, mille lainepikkus on suurem kui nähtaval valgusel – valdavalt vahemikus 750 nm kuni 1 mm. Infrapunaanduritega varustatud seadmed võimaldavad mõõta objektidelt selles lainepikkustevahemikus tagasipeegelduva elektromagnetilise kiirguse energia hulka. Temperatuuri tõustes suureneb ka tagasipeegelduva energia suurus, mistõttu saab seda seostada objekti temperatuuriga. Peamised kasutust leidnud infrapunaseadmed on (vt. joonis allpool):

- Infrapunatermomeetrid, mis mõõdavad temperatuuri ühes punktis;
- Infrapunaanduritega mõõtelatid;
- Infrapuna skaneerimise seadmed;
- Infrapunakaamerad.

Punkt-termomeetrite eeliseks on nende lihtsus ja odavus, kuid kahjuks võimaldab seade mõõtmisi teostada vaid konkreetsetes punktides. Termokaamerad aga võimaldavad saada ülevaate kattepinna temperatuuride jaotumisest suuremal alal ja on kasutatavad ka punkt-termomeetrina. Paraku on selliste kaamerate puhul tegemist siiski koht-mõõteseadmetega, millised ei anna objektiivset ülevaadet objektist tervikuna. Viimase saamiseks tuleb teostada väga suur hulk pilte, need asukohaga siduda ning analüüsida, mis on küllaltki aja- ja töömahukas, lisaks on probleemiks hilisem asukoha määramise täpsus.



Joonis 4. IR-termomeeter, IR-kaamera ja IR-anduritega mõõtelatt



Joonis 5. Termoskaneerimise seade

Infrapunaanduritega mõõtelatid ning IR-skaneerimise seadmed annavad samuti pildi tervest kattest, kuid ei vaja samas pidevat operaatori olemasolu, sest mõõdistustööd teostatakse automaatselt. Lisaks salvestatakse ka asukoha info, seega on hilisema andmetöötluse maht väiksem ning täpsus suurem. IR skaneerimise seadmete eeliseks infrapunaanduritega mõõtelati ees on kordades tihedam mõõtevõrgustik, kuna mõõtelatile saab paigaldada vaid piiratud arvu andureid.

Paigaldatava asfaltkatte temperatuuri reaalajas jälgimine võimaldab tööde teostajal tuvastada võimalikud probleemid ning aitab seeläbi parandada lõpptulemuse kvaliteeti.

ASFALDILAOTURI SÖÖTJA

Paigaldatava asfaltsegu segregeerumise vähendamiseks ja temperatuuri ühtluse suurendamiseks on maailmas kasutusel võetud selleks otstarbeks välja töötatud seadmed. Inglisekeelses terminoloogias on nende jaoks kasutusel väljendid „Material Transfer Vehicle“ ja „feeder“ ehk eesti keeles oleks tegemist asfaldi ülekande-, etteande- või sööteseadmega. Nagu nimi ütleb, aitab selline seade asfaldiveokist asfaldilaoturisse edastada ja vähendada seisakuid ning muuta protsess sellega kiiremaks (st. kokku hoida ressursse) aga ka suurendada materjali ühtlust. Selleks on asfaldilaoturi söötjal suur segupunker segu kiireks vastuvõtmiseks asfaldiveokilt ning tigumehhanism ja konveier materjali edastamiseks asfaldilaoturisse. Tigumehhanismi labade eriline kuju aitab asfaltsegu mõnevõrra ka segada ning vähendada nii materjali füüsilist- kui temperatuurisegregeerumist.



Joonis 6. Voegle „feeder“-tüüpi asfaldilaoturi söötja tööprotsessis



Joonis 7. Roadtec'i ja Weiler'i "Material Transfer Vehicle"-tüüpi asfaldilaoturi sötjad

Saksamaal on sötja kasutamine aastast 2015 kohustuslik objektidel, kus paigaldatava asfaltkatte pind on üle 18 000 m² [4]. Hoopis teist teed on läinud Rootsi, kes on arendanud välja termograafial põhineva motivatsioonisüsteemi. Kuigi sötja kasutamine ei ole seal kohustuslik, on asfaldipaigaldajatel konkurentsipüsimiseks mõistlik sötjat kasutada. Rootsi motivatsioonisüsteemi on kirjeldatud järgmises peatükis.

Rootsi lähenemine põhineb eeskätt asjaolul, et kõige efektiivsem viis kvaliteedi saavutamiseks on tagada töövõtja otsene majanduslik huvi selle vastu. Erinevad uuringud on näidanud, et sötjad võimaldavad katte kvaliteeti märgatavalt tõsta kui kõik teised tegurid võrdluses samaks jätta. Loodus siiski tühja kohta ei salli ning praktikas pole harv olukord kus kvaliteeti tõstvate meetmete rakendamine on võimaldanud pikendada veokaugust, paigaldada külmemates oludes või anda järgi muudes tegurites (vt. ptk „Probleemi olemus“) ning katte kvaliteet summaarselt ei kasva vaid väheneb. Ka käesolevas uuringu üheks eesmärgiks oli konkreetse näite varal selgitada, kas ja kuivõrd võimaldab sötja asfaldisegu segregeerumist vähendada.

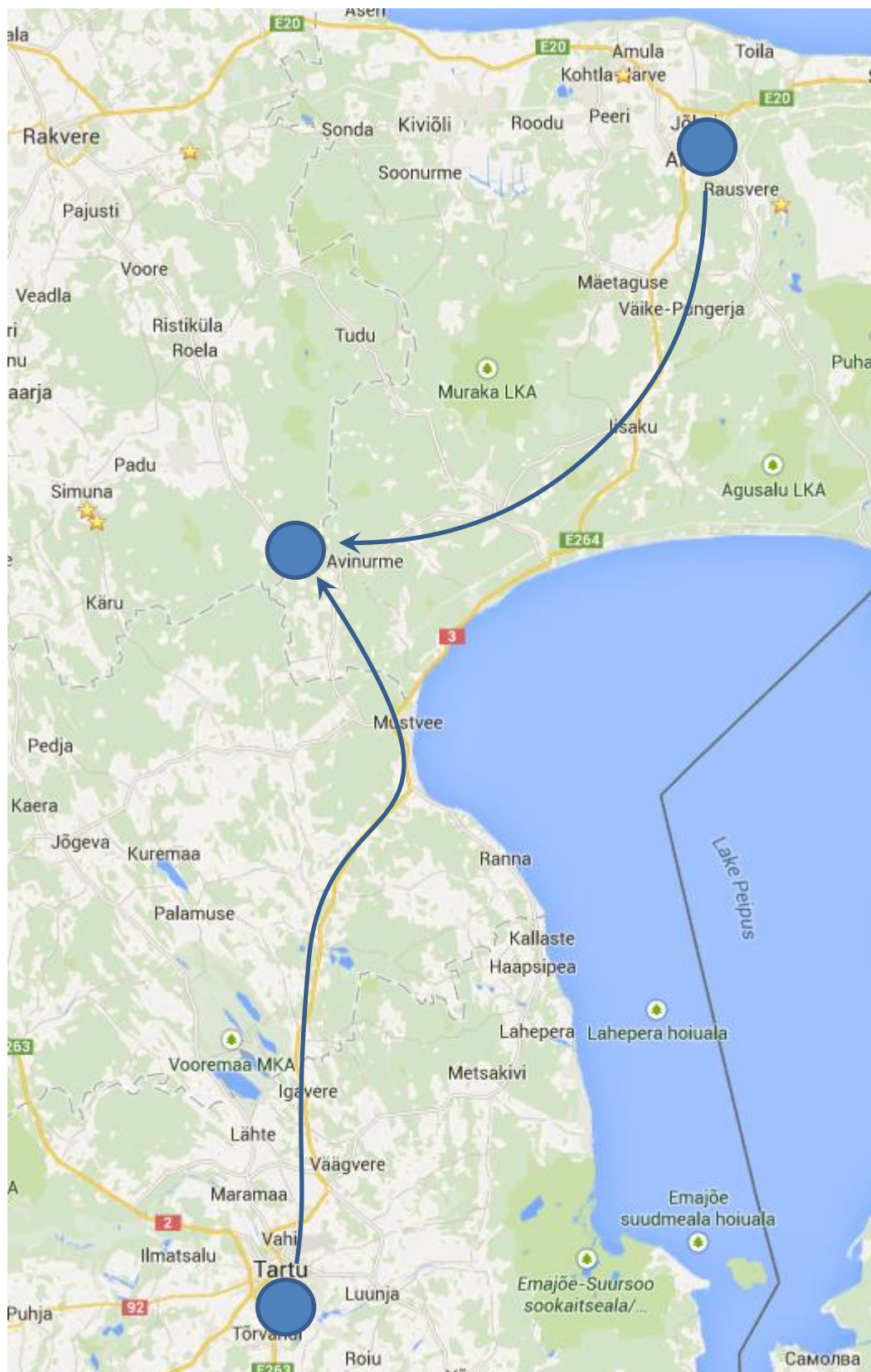
UURINGUOBJEKT

Asfaldilaoturi söötja (ka söötja, edaspidi „söötja”) ning termomõõdistamise seadmete hindamiseks teostati 05. ja 06. augustil 2014. aastal katsetöö riigimaanteel nr 21 Rakvere-Luige km 44,6-53,6. Kahel järjestikusel päeval laotati kaks asfaldipaani - esimesel päeval teostati asfaltsegu laotamine kasutades söötjat Vögele Power Feeder MT 3000-2 offset ning teisel päeval ilma söötjata nõ tavameetodil. Söötja potentsiaalse mõju hindamiseks teostati mõlemal päeval laotatava asfaltkatte termomõõdistamine. Selleks kasutati Rootsist Adelo AB poolt toodetud termoskaneerimise seadet GPTux 34 ning lisaks termokaamerat Flir E30. Ühtlasi võeti valminud asfaltkattest puurkehad ning määrati laboratoorselt nende jäävpoorsus. Objektil teostati veel jäävpoorsuse osas täielikuma info saamiseks mõõtmised maaradariga.



Joonis 8. Asfaltsegu laotamine söötjaga varustatud uuringuobjektile

Teadus- ja arendustöö „Asfaltkatete laotamise tehnoloogiate võrdlemine ja kvaliteedi kontrollimisel termograafia rakendatavuse uuring“ ARUANNE



Joonis 9. Asfalditehaste kaugus objektist oli ca 70...80 km

Paigaldatavaks asfaltseguks oli AC 12 surf, asfaltsegude katsetulemused on toodud *lisas 1*. Asfalteerimistööd teostas AS Tref ning asfaltsegu tootis samuti AS Tref. Ilmastikutingimused olid mõlemal päeval **asfaldi paigaldamiseks ideaalsed** – päikesepaisteline ja tuulevaikne, õhutemperatuur ca 26°C. Mustvee ilmajaama andmed on toodud *lisa 6*. Katte kvaliteeti võib pidada **visuaalselt** väga heaks. Hiljem näeme, et ka traditsioonilise, **puurkehade jäävpoorsuse andmete põhjal** võib kvaliteedi lugeda **väga heaks** (vt. katseprotokollid *lisa 1*).

Tabel 1. Uuringuala põhinäitajad

Selgitus	Sõidurada 1	Sõidurada 2
Kuupäev	06.08.14	05.08.14
Paiknemine telje suhtes	paremal	Vasakul
Paigaldamise suund	Avinurme->Rakvere	Avinurme->Rakvere
Paigaldamise algus	PK 522+75	PK 522+75
Paigaldamise lõpp	PK 504+28	PK 493+67
Paigaldamise pikkus	1844m (IR skänneri logist)	2908m (IR skänneri logist)
Asfalditehas	TREF Tartu	TREF Ahtme
Kaugus objektist	Ca 84 km (74 min)	Ca 68 km (60 min)
Õhutemperatuur	Ca 26° C	Ca 26° C
Ilmastikutingimused	Kuiv, päikeseline	Kuiv, päikeseline

Asfalteerimistööd olid planeeritud teostada AS Tref Ahtme asfaltbetoontehase seguga, kuid tulenevalt Ahtme tehase rikkest teostati teisel päeval asfalteerimistööd Tartu tehase seguga. Kahjuks ei olnud uuringu teostajal võimalik objektiivselt veenduda ei seguresepti ega lähtematerjalide samasuses, mis kahtlemata mõjutab võrdluse võimalikkust, seda eelkõige katte kvaliteedi

määrangutes (jäävporsus). Temperatuuri seisukohalt ei ole mõningane erinevus asfaltsegudes määrava tähtsusega, küll aga erinevus veotingimustes.

Termoskaneerimise tulemused

Termoskaneerimistööd viis läbi Rootsi ettevõtte CA Konsult, kellel on Rootsis vastavate tööde läbiviimise litsents. Termoskaneerimise süsteemi väljatöötamist ja arendamist Rootsis on aastaid finantseerinud Rootsi riik (läbi Trafikverket'i) ning süsteemi arendajaks ja ainsaks operaatoriks on CA Konsult. Metoodika on Rootsis kirjeldatud – „Metod för termografisk mätning“ VV Publ Nr 2006:114.



Joonis 10. Termoskaneerimise seadmed GPTux 34

Termoskanneri ülesanne on koguda laoturi tagant pidevat infot katte temperatuuride kohta kogu paigaldatava paani laiuses ning edastada seda serverile.

Termoskanner on paigaldatud laoturi raamile ca 2,5 m kõrgusele kattest. Temperatuure mõõdetakse ca 5 m laiuses 2 m kaugusel laoturi taga.

Mõõtmisinfot on võimalik jälgida reaalajas mobiilsete seadmete (tahvelarvuti, nutitelefon) vahendusel visuaalselt, mistõttu töövõtjal on võimalik kohe näha probleeme ja võtta tarvitusele meetmed nende vähendamiseks.

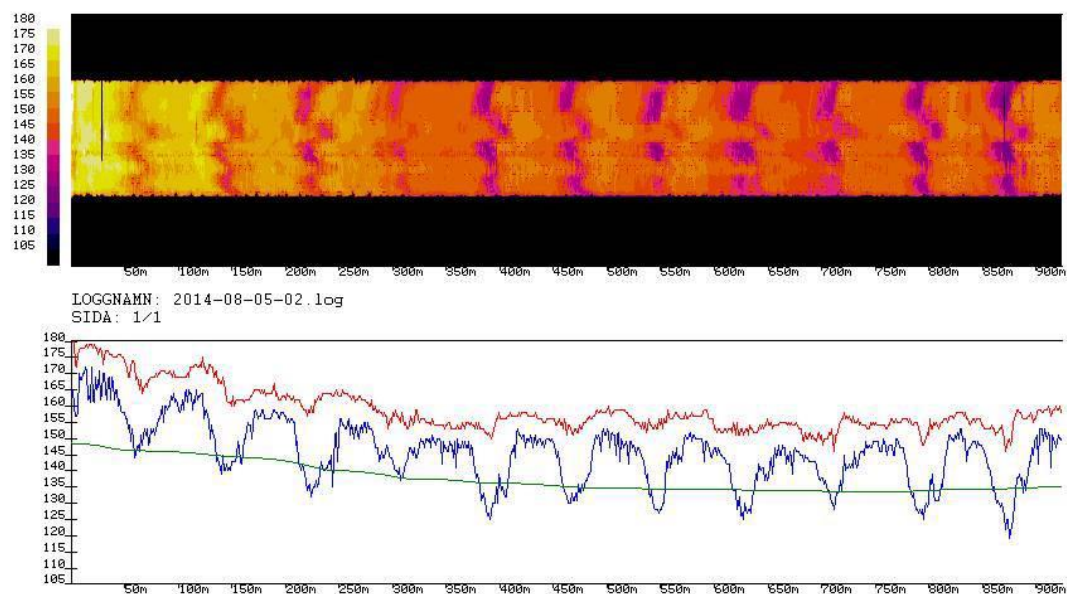


Joonis 11. Termoskaneerimine laoturi tagant

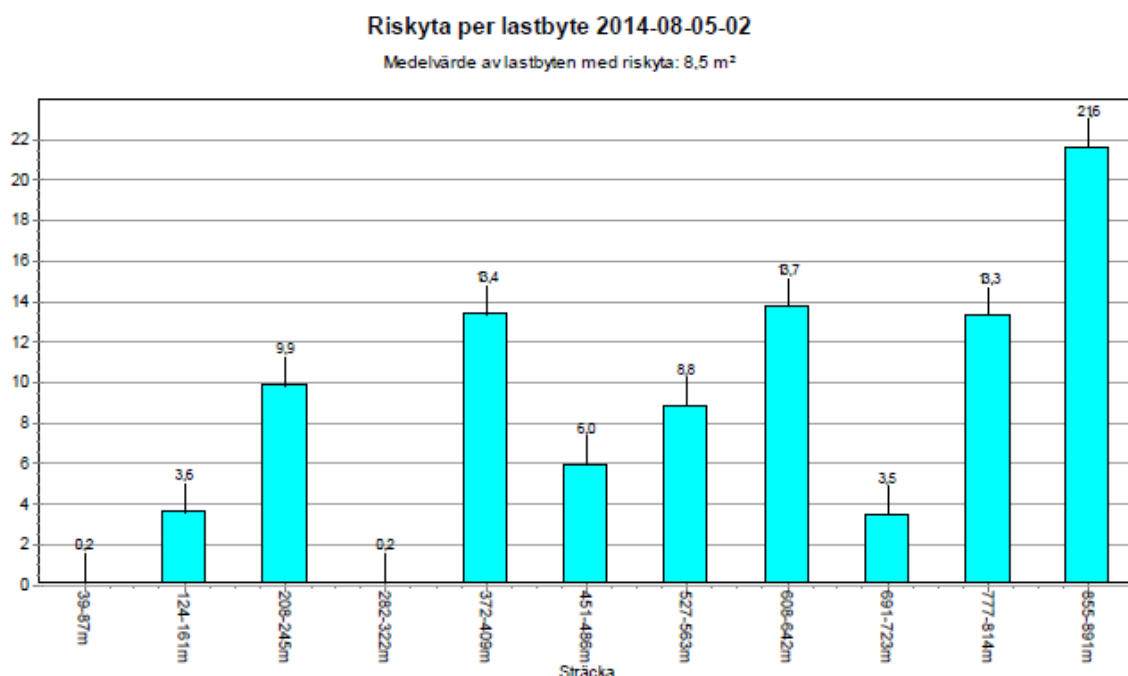
Termoskaneerimise tulemusena kaardistatakse kogu laotatud asfaltkatte pinna temperatuur. Seejärel hinnatakse, kui suur osa katte pinnast jäi alla määratud piiri (riskipiiri). Riskipiiriks loetakse temperatuuri, mis on alla 90% viimase 30 minuti keskmisest paigaldustemperatuurist ehk tegemist on nõ. libiseva piirväärtusega. Sellel osal kattest, mille temperatuur jäi alla riskipiiri, tekivad suurema tõenäosusega enneaegsed defektid ja seda osa nimetatakse riskialaks.

Käesolevas töös on vaadeldud mõlemal uuringu päeval teostatud töödest esimest 900 meetrit. Termoskanneri tulemuste töötamise ning riskialade suuruse leidmise teostas CA Konsult. Tulemuste aruanne on toodud *lisas 2*. Uuringu esimesel päeval, 5. augustil sõotjat kasutades paigaldatud asfaltkatte riskiala osakaal oli 2,7%. Täiendava parameetrina on arvutatud riskiala pindalad kõigis koormavahetuskohtades, mis sõotja kasutamisel oli keskmiselt 8,5 m². Uuringu teisel päeval, 6. augustil nn tavameetodil e. ilma sõotjata paigaldatud asfaltkatte riskiala osakaal oli 7,4 % ning keskmine riskiala suurus koormavahetuskohtades 20,3 m².

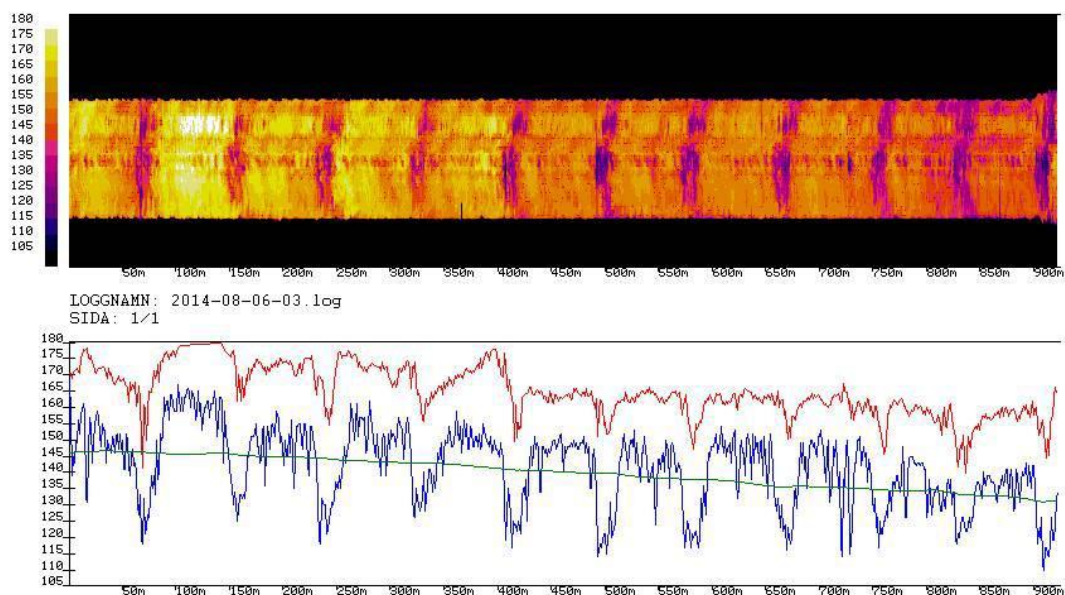
Termoskaneerimise tulemused on esitatud allolevatel joonistel.



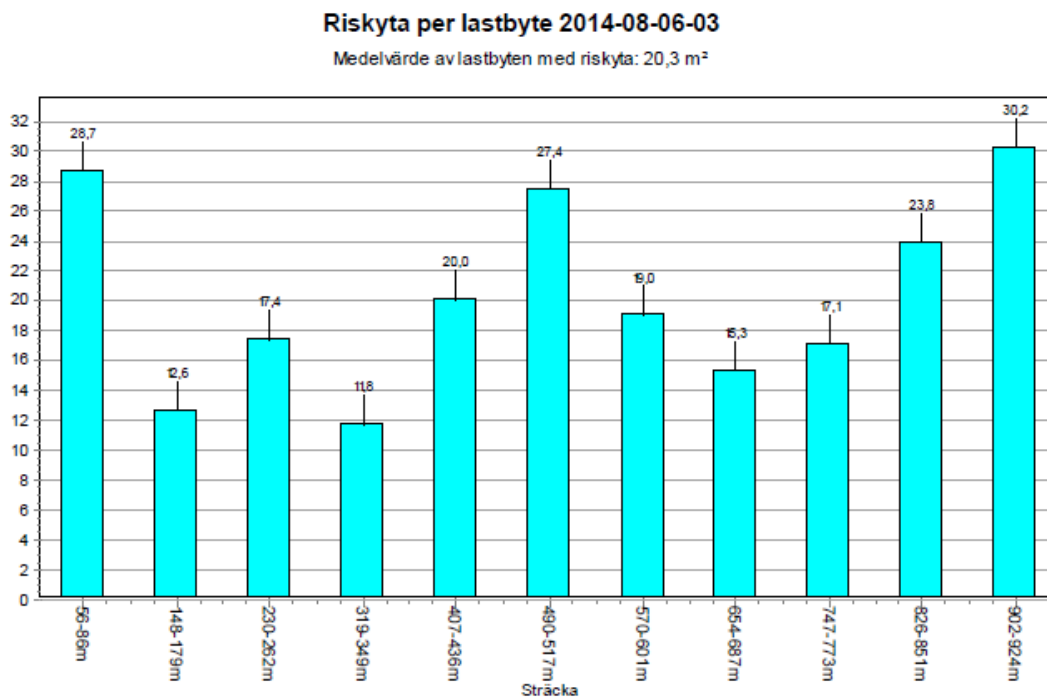
Joonis 12. Termoskaneerimise tulemused söötja rakendamisel



Joonis 13. Riskialade pindalad veokite vahetuskohtades söötja rakendamisel



Joonis 14. Termoskanneri tulemused ilma söötjata



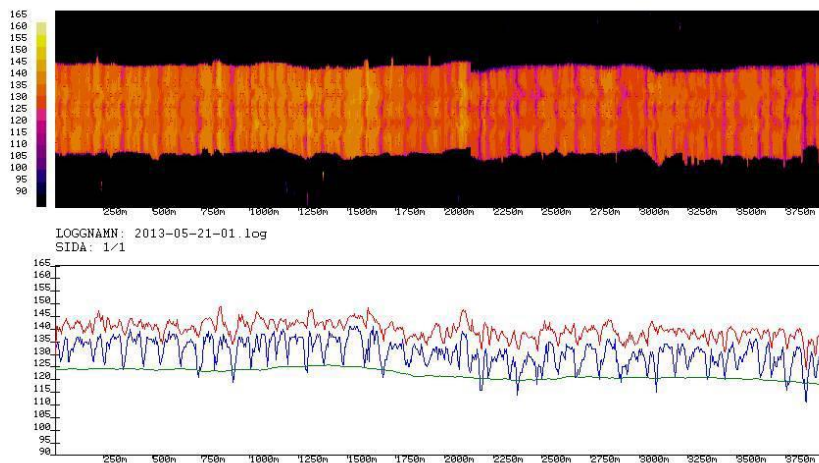
Joonis 15. Riskialade pindalad veokite vahetuskohtades ilma söötjata

Paraku ei toodetud asfaltsegu erinevatel päevadel samas tehases ning veotingimused olid eri päevadel seetõttu erinevad, mistõttu tuleb ka siintoodud võrdlusesse suhtuda ettevaatlikult. Ilma söötjata paigaldatud asfaltsegu veokaugus oli ca 30 km suurem ja pikem oli ka veoaeg (ei olnud võimalik fikseerida), mis kunstlikult suurendavad riskialade suuruste erinevust. Meie hinnangul on ka toodud tulemuste põhjal söötja puhul olemas märgatav mõju asfaltkatte temperatuuriühtlusele ning seeläbi katte vastupidavusele tulevikus.

Seejuures tuleb rõhutada asjaolu, et ilmastikuolud laotamise ajal olid väga head ning enne uuringu teostamist võis eeldada, et temperatuuri osas suuremaid probleeme ei tohiks esineda. Tulemused näitasid aga vastupidist.

Söötja parandas küll temperatuuriühtlust, kuid uuringu raames teostatud vaatluste põhjal leidub parenduskohti ka mujal protsessis. Nimelt tuleb pöörata rohkem tähelepanu asfaltsegu laadimistehnoloogiale, veokaugustele, veokastide isoleeritusele ja ka katmisele jms aspektidele.

Kõigi nende aspektide korrektse täitmise nõudmine ja kontrollimine on aga kindlasti küllaltki ressursimahukas ettevõtmine. Parema tulemuse saavutamiseks on näiteks Rootsi leidnud lahenduse motivatsioonisüsteemi näol, kus lõppkvaliteedi ehk võimalikult ühtlase temperatuuriga asfaltkatte saavutamisest on huvitatud kõik asjassepuutuvad osapooled ning kvaliteeti püütakse tagada pigem läbi hanke- ja motivatsioonisüsteemi ning läbi tõhusate pidevmeetodeil põhineval kvaliteedikontrollisüsteemil (temperatuuriühtlus) kui nõuetele kasutatavate sisendite (nt. seadmete, veokauguse vms ettekirjutamine) osas. Seejuures on rõhk boonustel põhineva täiendava motivatsioonisüsteemi tekitamisel (kuid millest ei puudu mahaarvamise komponent), mis toetab töövõtjate püüdlusi mitte leppima lihtsalt „hea“ tulemusega vaid püüdma „väga head“ tulemust. Tulemusena on saavutatud olukord, kus riskiala osakaal on Rootsis juba tüüpiliselt alla 1,0% ning sageli tasemel 0,4-0,5% (vt. joonis allpool).



Joonis 16. Näide Rootsis objektilt, kus on kasutusel isoleeritud veokid, õige laadimistehnoloogia ning söötja ning motiveeriv boonussüsteem

Boonussüsteem Rootsis

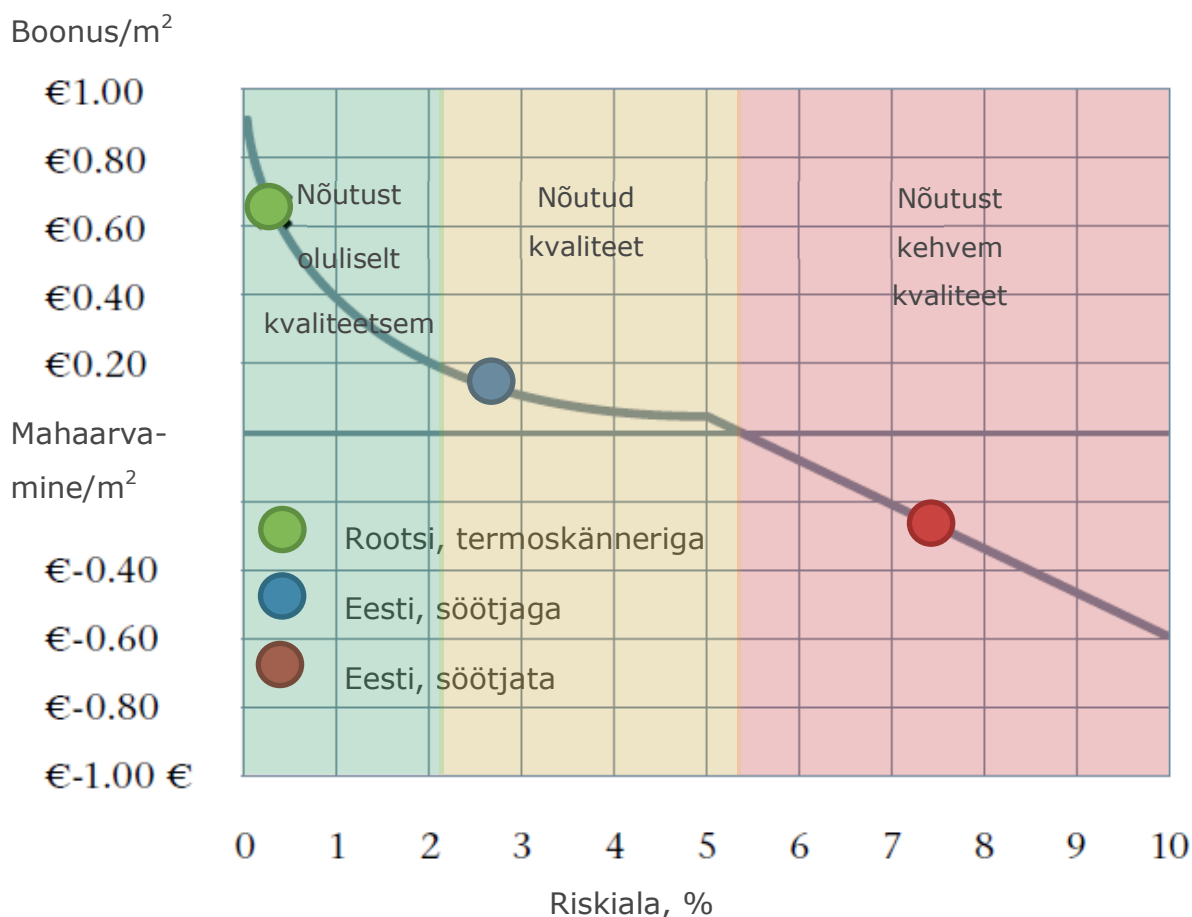
Rootsis kasutusel olev termoskaneerimise terviklahendus koosneb kolmest omavahel seotud komponendist:

- hanke- ja motivatsioonisüsteem;
- termoskannerite haldus- ja analüüsilahendus;
- termoskanner.

Hanke- ja motivatsioonisüsteemi ülesanne on tagada töövõtjate motivatsioon ühtlase kõrge kvaliteediga tulemuse saavutamiseks. Hangetes, kus sellist süsteemi rakendatakse, on töövõtjal võimalik ise otsustada, kas ja milliseid meetmeid segu ühtluse saavutamiseks kasutada. Selline süsteem on tõhus, kuna töövõtjad saavad erinevate meetmete kulusid kalkuleerida ja pakkuda just nende arvates ökonoomseima lahenduse. Praktikas tähendab see sisuliselt eranditult söötjate aga ka nt isoleeritud kastidega veokite kasutamist, kuna see on antud süsteemi kasutamisel töövõtjale kasulik.

Termoskannerite haldus- ja analüüsilahenduse ülesanne on termoskannerite töö keskne jälgimine, nende seadistamine, andmete varundamine ja töötlemine vastavalt kokkulepitud protokollile ning motivatsioonisüsteemile ning aruandluse korraldamine.

Rootsis kasutatavat hanke- ja motivatsioonisüsteemi iseloomustab kõige ilmekamalt joonis 10. Töövõtjal on selge eesmärk maksimeerida tulu ja selline süsteem sunnib otsima võimalusi kvaliteedi jätkuvaks parendamiseks. Boonussüsteem tugineb põhimõttel, et objektile arvutatakse riskialad ja nende osakaal kogu katte pindala suhtes iseloomustab objekti riskitaset. Mida kõrgem on riskitase, seda suurem on oht katte lagunemisilmingute avaldumiseks temperatuuri ebaühtluse tõttu. Riskialaks loetakse need osad kattest, kus temperatuur on üle 10% madalam 30 minuti jooksvast keskmisest temperatuurist. Arvutustest jäetakse välja paani servad, tavaliselt 30 cm, kuid boonust arvestatakse kogu katte laiusele. Boonus kasvab progresseeruvalt ja maksimaalne boonus on 1 €/m².



Joonis 17. Rootsis kasutatavate boonuste graafik

Graafikul on näidatud ka võrdlus hea taseme (Rootsi näitel) ja Eesti uuringu objekti riskifaktori vahel nii söötjaga kui ilma (andmed Adelo AB aruandest). Siit on hästi näha, et söötja rakendamisega on õnnestunud riskiala vähendada pea 2 korda, kuid saavutatud tase pole selline, mille eest boonust makstaks. Seega võib öelda, et tõenäoliselt tõstab söötja kasutamine katte temperatuuri ühtlust ja seeläbi kvaliteeti, kuid ei taga seda. Asfaldi tootmise-paigaldamise protsessis on palju komponente, mida käesolevas töös detailselt ei uuritud, kuid mis märkimisväärselt mõjutavad võimalusi saavutada paremat temperatuuriühtlust ja sellega kvaliteeti ning mille kuluefektiivsus on oluliselt suurem söötja omast. Maksimaalse kvaliteedi saavutamiseks on söötja täiendava komponendina siiski vajalik.

Termopildistamise tulemused

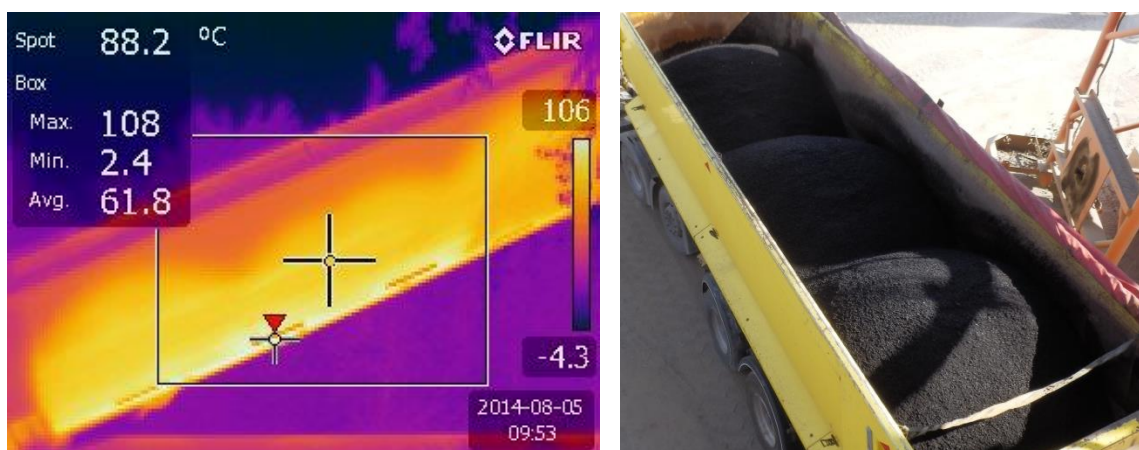
Termopildistamine viidi läbi Maanteeametile kuuluva käsitermokaamera Flir E30. Antud termokaamera on resolutsiooniga 160x120 pikslit ning koos pildiga salvestatakse radiomeetriline info. Viimane sisaldab teavet iga piksli temperatuuri kohta ning valitud parameetreid. Lisaks tehakse tavaline foto resolutsiooniga 1600 x 1200 pikslit. Andmeid on võimalik hiljem Flir Tools tarkvaraga töödelda ja analüüsida, samuti muuta tonaalsust ja temperatuurivahemikke. Mõõtmisvahemik 0°C - 350°C, 60 Hz, viga +- 2°C või 2% tulemusest). Toote spetsifikatsioon ja sertifikaadid on esitatud *lisas 3*.



Joonis 18. Termokaamera Flir E-30

Selgitamaks käsitermokaamera kasutamise võimalusi objektil järelevalves, teostati vastavaid mõõtmisi kahel päeval, paralleelselt termoskaneerimisega. Mõõtmised tehti iga piketivaia juures, st 25 m tagant. Lisaks tehti pilte protsessi ja probleemide selgitamiseks. Termopildistamise tulemused on toodud *lisas 6*.

Alloleval jooniselt on näha, et veokasti välistemperatuur on tavaliste, isoleerimata veokastide korral väga kõrge, küündides veokasti külgedel 90 kraadini ning veokasti põhjas koguni 120 kraadini. Ilmselt toimub 70...100 kraadise temperatuuri erinevuse tõttu väliskeskkonnaga ja veoki liikumisest tingituna veokasti aktiivne jahtumine, mille tulemusena jahtub kasti servades ka segu. Selline jahtunud segu kipub kogunema laoturisse selliselt, et see ei segune ühtlaselt ülejäänud seguga, vaid moodustab suuremaid nõ pesasid. Jahtunud segu kontsentratsioon on suurim iga koorma lõpus.

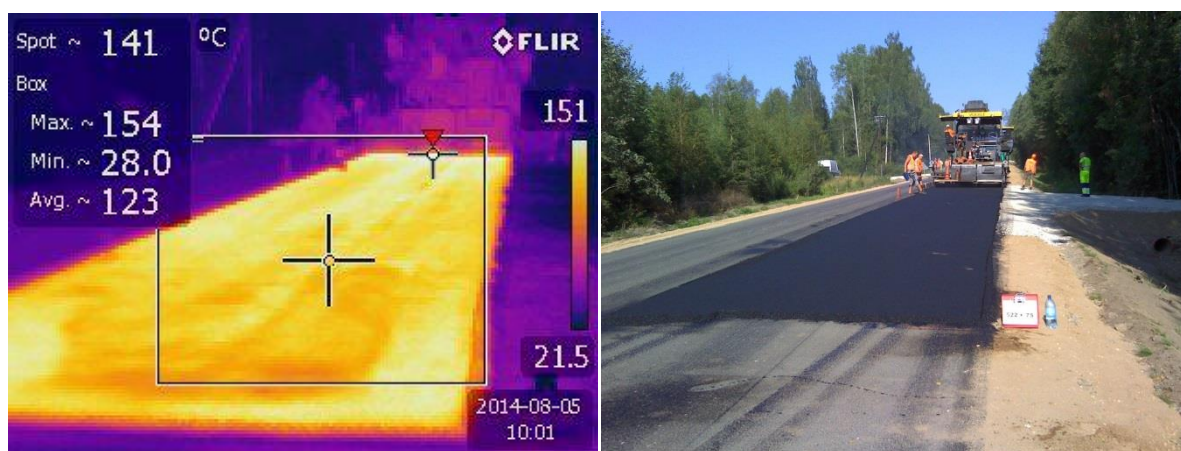


Joonis 19. Isoleerimata veokast termopildil (küljelt) ja fotol (ülaltvaates)

Lisaks on eelnevalt jooniselt näha koorma ebaefektiivne paigutus. Koorma jahtumise minimeerimise seisukohalt on oluline, et koorma välisperimeetri pind oleks minimaalne (radiaatorid tehakse suure eripinnaga, et soojaeraldus oleks võimalikult suur), milline saavutatakse koorma võimalikult tasase pealispinnaga. Antud juhul on näha kolme kuhja, mis aitavad segu jahtumisele kaasa ning lisaks aitavad kaasa ka terastikulisele segregeerumisele kuna suured terad vajuvad servadesse.

Teostatud uuringud näitasid, et käsikaameraga mõõtmine on väga aja- ja töömahukas protsess ning nõuab tulemuslikult töötamiseks nii termokaamera enda kui termoandmete töötlemise tarkvara, aga ka tarkvara, milline võimaldab teostada mõõtmisi perspektiivpildidel kasutamise oskust. Tulemuslikkuse all on siinkohal peetud silmas olukorda, kus jahtunud kohad või alad on võimalik termopiltide töötlemise tulemusena selgelt eristada ning positsioneerida puuraugud jäävpoorsuse kontrolliks vastavalt. Ainuüksi mõõtmine ise on

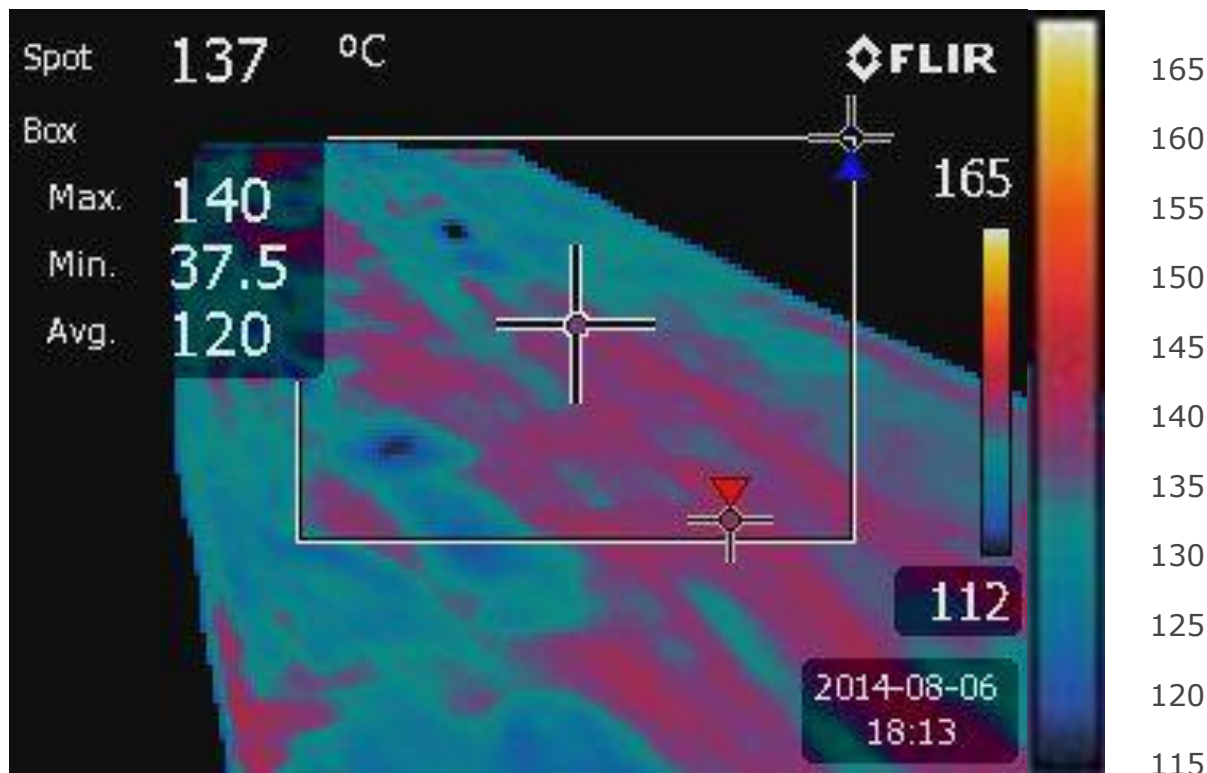
sisuliselt täiskohaga töö, sest pildid tuleb teha ca 2-3 minutilise intervalliga ning selle aja sees tuleb märgistada loetavalt mõõtmiskoht ning jälgida laoturi asukohta mõõtmiskoha suhtes. Samuti tuleb jälgida, et pildistamisnurk oleks võimalikult ühetaoline hilisema andmetöötamise lihtsustamiseks. Samas ei ole seda ereda päikesevalguse korral alati võimalik saavutada. Juhul kui piketaaž ei ole tee pealt hästi loetav või on piketid osaliselt puudu, on tähistusvigade vältimiseks vajalik need enne asfalteerimistööde algust ka tee või peenra peale kanda. Lisaks sellele tuleb igapäevaselt tegeleda 2-3 aku laadimisega kuivõrd saadaolevad akud peavad intensiivsel kasutamisel uuena vastu 4-5 tundi. Uuringutes teostati mõõtmised ca 25 m sammuga, kuid hilisemal andmetöötlusel selgus, et ca 5 minutiga jahtub kate oluliselt ning 25 m pikkune lõik ei ole tervikuna võrreldav. Lisaks on 25 m liiga pikk lõik huvipakkuvate kohtade piisava täpsusega positsioneerimiseks. 25 m kaugusel kaamerast võib positsioneerimise viga olla +-5m, mis kindlasti ei rahulda järelevalve vajadusi. Sedagi eeldusel, et piketaaž on korrektselt välja märgitud. Allolevatel pildidel on näha vastavalt termopilt ja foto samast kohast.



Joonis 20. Termopilt ja tavafoto Flir E30 kaameraga

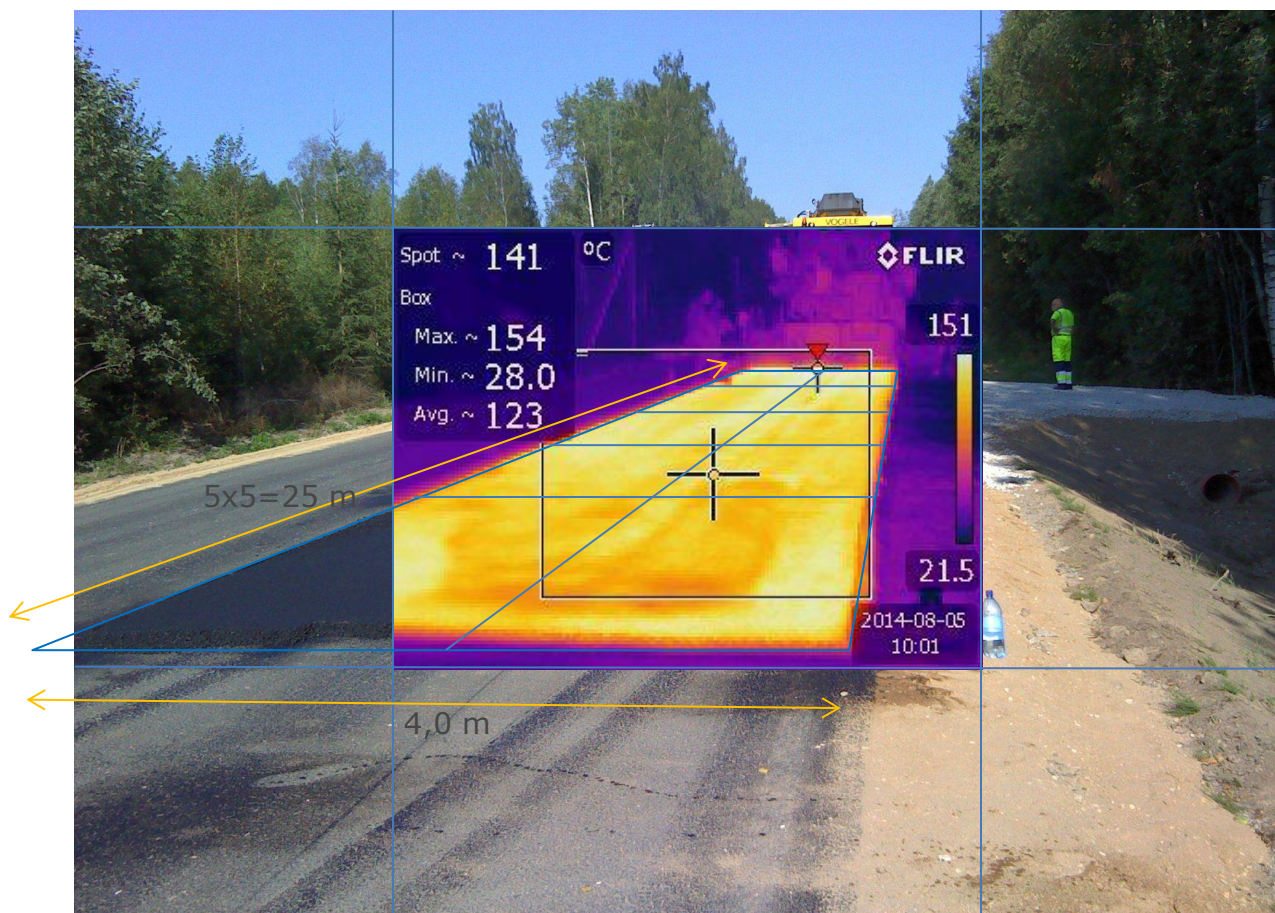
Termopildil on näha küll värvidega temperatuuri erinevused visuaalselt, kuid automaatses režiimis tehtud pilt võtab temperatuurivahemiku määratlemisel arvesse ala, mille temperatuurid algavad ümbruskonna temperatuuridest (nt. teepeenar vms.) ja paigaldatud katte temperatuurierinevused jäävad halvasti eristatavateks. Allpool on näha termopilt, kus temperatuuri vahemik (53°C) anti ette kaamera operaatori poolt (112...165°C), mistõttu pilt on oluliselt

kontrastsem ja võimaldab ka visuaalselt eristada temperatuure ca 10°C täpsusega.

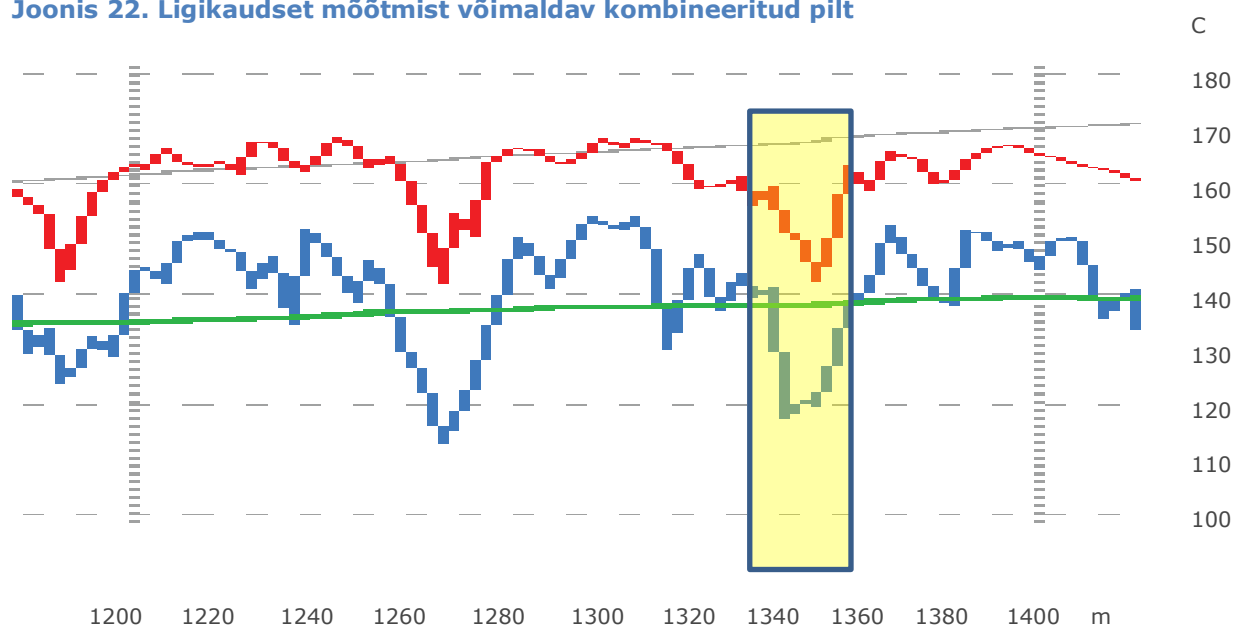


Joonis 21. Soovitav temperatuurivahemik käsitermokaamera kasutamisel

Kuigi Flir E30 salvestab lisaks pildile ka radiomeetrilist informatsiooni ning pilte on võimalik ka hiljem algselt valitust erinevas temperatuurivahemikus näidata, on tegemist taas täiendava ajamahuka protseduuriga, mida on mõistlik püüda vältida ja teha vajalikud seadistused enne tööde algust. Mõõteala ülemine piir on soovitatav seadistada tehasest saadava segu maksimumtemperatuuri peale ning mõõtevahemik võiks jääda 50°C juurde. Antud termopildilt on näha, et temperatuurid jäävad valdavalt vahemikku 120...140°C, kohati ka alla. Antud koht jääb paani algusest (pk 522+75) ca vahemikku 1325...1350 m (pk 509+50...509+25). Allpool on sama vahemik kujutatud termoskänneri miinimum- ja maksimumtemperatuuride väljavõttel selles vahemikus. Sellelt on näha, et termoskänneri poolt salvestatud maksimumtemperatuurid jäävad samas piirkonnas vahemikku 155...170°C ning miinimumtemperatuurid vahemikku 130...150°C ehk on ca 20°C kõrgemad kui Flir E30'ga mõõdetud termopildil.



Joonis 22. Ligikaudset mõõtmist võimaldav kombineeritud pilt



Joonis 23. Väljavõte GPTux termoskanneri protokollis

Kontrollpuurimiste tulemused

Pärast katte paigaldust valiti termoskaneerimise andmete põhjal kummalgi paanil 5 suuremat riskiala ning neil valiti välja külmemad kohad katte jäävpoorsuse kontrollimiseks. Referentsiks võeti samadest koormatest kõrgema temperatuuriga kohad. Need kohad märgiti CA Konsult poolt kattele puurproovide võtmiseks (vt. foto allpool). Kokku võeti 20 puurproovi – kummaltki paanilt 5 külmadest kohtadest (1L...10L) ja 5 kuumadest kohtadest (1...10H).



Joonis 24. Külma koha tähistamine (8 L) kattel proovi võtmiseks

Kuigi temperatuur on vaid üks jäävpoorsust mõjutav tegur, eeldasime, et selline puurimiste maht ja puuraukude mahamärgimise täpsus on piisav korrelatsiooni näitamiseks paigaldustemperatuuride ja jäävpoorsuse vahel. On selge, et kõrgema temperatuuriga kohad tihenevad sama tihendusjõu korral pigem paremini ja madalama temperatuuriga kohad jäävad pigem poorsemad. Andmete võrdlemisel sai siiski selgeks, et katte paigaldamistemperatuurid võivad lühikesel alal ulatuslikult muutuda, mistõttu tavavahenditega ei ole võimalik puuraukude asukohti sellise täpsusega maha märkida, et tulemused oleksid usaldusväärselt seostatavad. Viimane oleks reaalne geodeetilise täpsuse korral. Seetõttu ei saa soovitada meetodikat, mille kohaselt termoskaneerimise andmete või koguni termopildi põhjal valitakse puurimiseks sobivad kohad. Kõige probleemsemad on reeglina kohad, kus temperatuur muutub kiiresti lühikesel alal või on tegu suurte jahtunud aladega. Alloleval termoskaneerimise joonisel on näha katte paigaldustemperatuuride suur muutumine lühikesel alal, mistõttu puuraukude täpne positsioneerimine on problemaatiline. Paraku ei ole mõeldav puuraukude tegemine tihedama sammuga, näiteks iga 50 cm tagant, et veendunult külmale

kohale „pihta“ saada. Seetõttu võeti eraldi vaatluse alla jäävpoorsuste määramine maaradariga, et seostada vastavad andmed termoskaneerimise andmetega ja otsida seoseid, kuna maaradari andmete samm on sedavõrd tihe, et isegi mõõtmiste mõõduka nihke korral peaks korrelatsioon olema visuaalselt nähtav.

Jäävpoorsuse mõõtmised maaradariga

Jäävpoorsuse mõõtmised maaradariga viidi läbi Soome PANK 4122 metoodikal tuginevat metoodikat kasutades nagu kirjeldatud uurimistöös „Asfaltkatteid mittepurustava vastuvõtusüsteemi väljatöötamine“ [8].

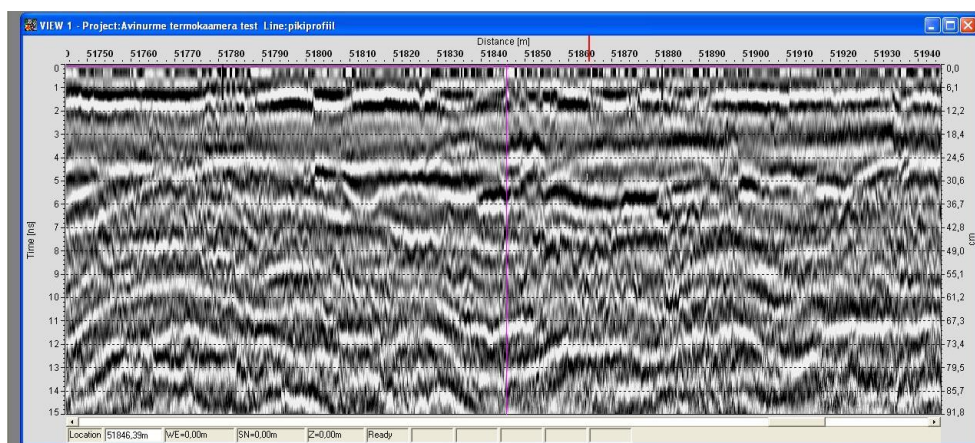


Joonis 25. Jäävpoorsuste mõõtmine GSSI maaradariga

Mõõtmised teostati maaradariga GSSI (1,2 GHz antenniga) 14.08.2014 AS Teede Tehnokeskuse poolt. Sõidurada 1 mõõdeti piketist 504+30 – 522+75 kolmest kohast – parem ja vasak rattajälg ning rattajälgede vahelt. Sõidurada 2 mõõdeti piketist 494+50 – 522+75 samuti kolmest kohast – parem ja vasak rattajälg ning rattajälgede vahelt. Mõõtmiste kalibreerimiseks puuriti 20 puurkeha 21.08.14, mis katsetati AS Teede Tehnokeskuse akrediteeritud laboratooriumis tulemusi kasutati radarifailide kalibreerimiseks ning lähte arvudena (vt. labori protokoll, *lisa 1*) jäävpoorsuse arvutamiseks iga meetri kohta.

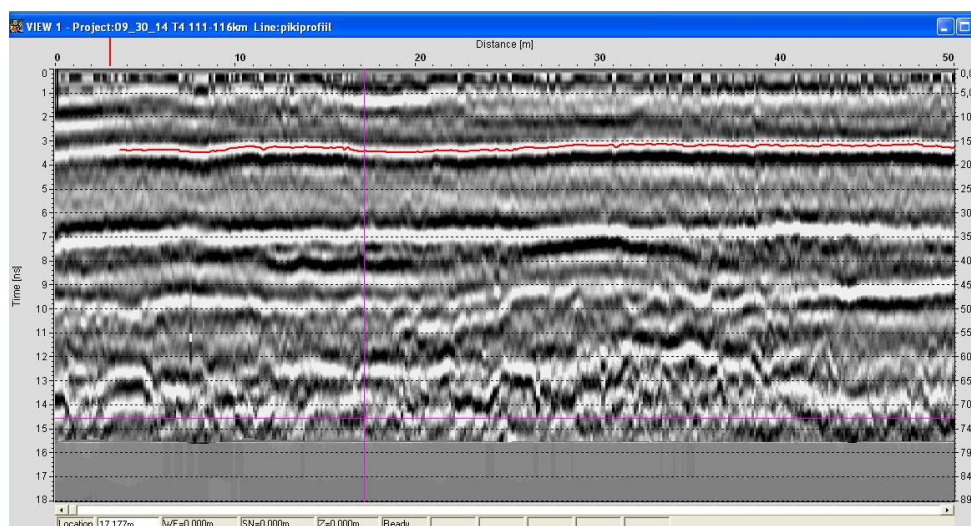
Kihipaksuste määramine

Ülemise kihi paksuste määramine ei ole 1,2 GHz lainepikkusel töötava antenniga üldjuhul teostatav, kuna see ei suuda 40 mm kihti eristada. Minimaalne kihipaksus peaks olema vähemalt 50 mm. Antud objektil ei osutunud teostatavaks ka kahe ülemise kihi kogupaksuse (kokku ca 90-100 mm) määramine, kuna maaradari amplituudi polaarsus kõikus pidevalt, mis ei võimaldanud kihte üheselt määrata (vt. allolev joonis).



Joonis 26. Maaradari tulemuste väljavõte uuringuobjektilt

Maaradariga kihi määramiseks peab olema mõõtefailil selgelt nähtav pidev kihi joon (vt. allolev joonis).



Joonis 27. Kihipaksuse määramist võimaldav maaradari tulemuste näide

Maaradari andmete võrdlus katte paigaldustemperatuuridega

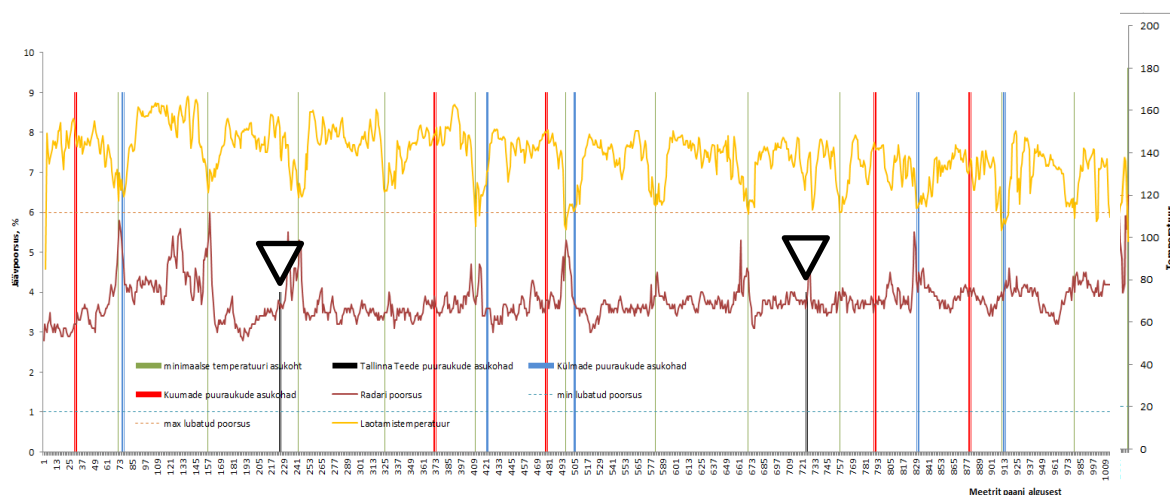
Nagu eelpool kirjeldatud, ei õnnestunud külmadest ja kuumadest kohtadest võetud puurkehade katsetulemuste põhjal selgitada eeldatavat seost katte temperatuuride ja jäävpoorsuste vahel. Ehk lühidalt öeldes – puurimise teel ei ole võimalik usaldusväärselt anda usaldusväärset hinnangut katte kvaliteedile konkreetsetes kohas. Puuraugud on selleks liiga juhuslikud ja kajastavad nende juhuslike punktide ($d=0,1$ m) kvaliteeti.

Seega saab puuraukude andmetega opereerida vaid statistiliselt – nt kui objektilt võetakse 20 puurkeha, siis igaüks iseloomustab 1/20 mõttelist osa objektist ning ei ole seetõttu võimeline pakkuma töövõtjale seostatavat tagasisidet kvaliteeti mõjutavate aspektide kohta. Samas ei vaja see metoodika eraldi kalibreerimist.

Seevastu nii termokaamera kui maaradari andmed iseloomustavad katet ja selle kvaliteeti pidevalt, võimaldades viia katte kvaliteedi hindamise täiesti uuele tasemel. Termoskaneerimine on tänapäeval kõige ülevaatlikum katte kvaliteedi hindamise meetod, mis lisaks pakub reaajas tagasisidet ühe olulisema katte kvaliteeti mõjutava teguri kohta ja võimalust mõjutada seeläbi operatiivselt tööde kvaliteeti. Termoskaneerimisega saadakse ülevaade paigaldustemperatuuridest kattel praktiliselt 100%-liselt kuna nii piki kui ristisuunas on mõõtmiste samm < 10 cm. Maaradariga ei ole nii suurt katvust mõistlik taga ajada, kuigi see on teoreetiliselt võimalik. Kuna maaradariga saab mõõta korraga ühe profiili, tähendaks 100% katvus ca 20 profiili paani kohta (1 profiil hõlmab ca 50 cm laiust ala), sest mõõtmised tuleks teha ca 2-kordse ülekattega. Pikisuunalise ülekatte ja piisava andmetiheduse saavutamiseks tehakse ka pikisuunas minimaalselt 4-5 mõõtmist meetri kohta. Maaradari plussiks termoskaneerimise ees on aga asjaolu, et mõõtmise tulemused (jäävpoorsused) kajastavad katte lõppomadusi, mitte sisendi (olguigi olulise) muutusi selle lõpptulemuse saavutamiseks. Selgitamaks temperatuuri mõju jäävpoorsusele, eraldati termoskaneerimise andmetest need, mis sattusid maaradari mõõtmisprofiilidele ja need kanti võrdluseks samale graafikule.

Alloleval joonisel on näha, et temperatuuri mõju katte jäävpoorsusele on äärmiselt suur. Joonisel on katte temperatuurid kajastatud kollase joonega ning jäävpoorsused tumepunasega. Roheliste vertikaaljoontega on tähistatud

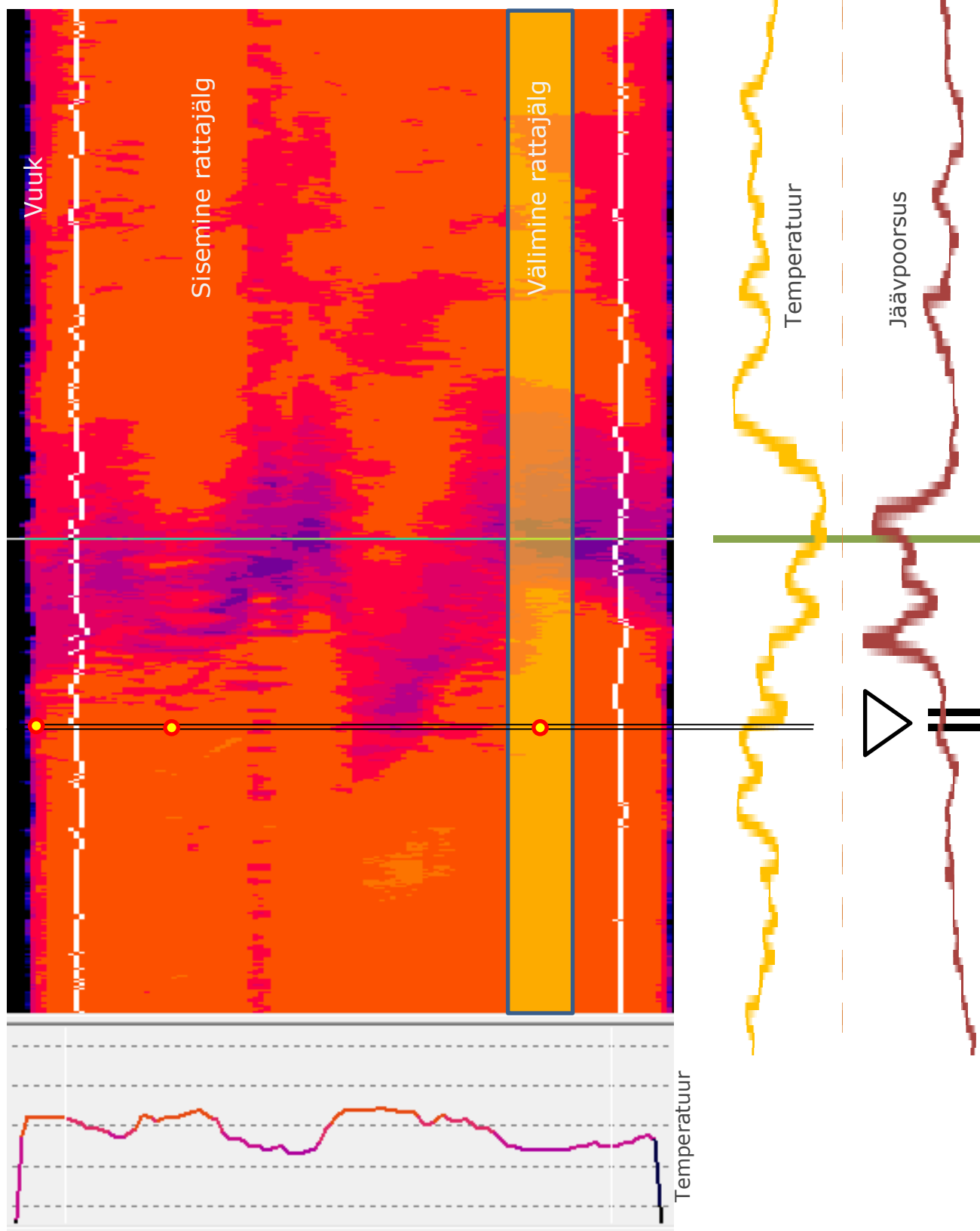
koormate vahedkohad ning siniste ja punaste vertikaaljoontega vastavalt külmade ja kuumade kohtade puuraukude asukohad. Viimaste juures tuleb siiski tähele panna, et need ei pruugi paikneda temperatuuride ja maaradariga täpselt samal profiil. Graafikult on hästi näha, et enamasti satuvad külmad alad ja vastavalt poorsemad kohad koormavahetusaladele, mis viitab otseselt jahtunud segu mõjule.



Joonis 28. Jäähpoorsuse ja paigaldustemperatuuri graafik

Uuringute kavandamisfaasis oli kartus, et pea ideaalsetes ilmastikuoludes ei tule segu jahtumisega seotud probleemid piisavalt hästi esile, kuid segu toodi ca 70-80 km kauguselt tehastest isoleerimata veokastidega ning tulemus on ilmekalt näha. Seega sai kinnitust fakt, et **asfaltsegu paigaldustemperatuuril on tugev seos selle tiheduse ja jäähpoorsusega.**

Alloleval joonisel on toodud uuritavate alade ligikaudsed proportsioonid erinevate meetoditega. Termoskaneerimine hõlmab katte praktiliselt **100%**-liselt, maaradar hõlmab kattest ca **10%** ning puuraugud (12 tk/km, so kokku ca 0,1m²) vaid **0,001%**! Kuigi puuraugud esindavad väga väikest ala, on need õigesti võetuna asendamatud maaradari mõõtetulemuste kalibreerimisel. Kvalitatiivne areng saab toimuda ainult erinevate meetodite targas kombinatsioonis. Maaradari andmete kalibreerimiseks on vajalik teatav hulk puurkehade andmeid ning saadud andmeid termoskaneerimisega kombineerides saab omakorda anda hinnangu kogu katte kvaliteedile. Alljärgneval joonisel on kujutatud erinevaid meetode ja nende võimet anda infot kogu objekti kohta.



Joonis 29. Termoskanneri, maaradari ja puuraugu kombineerimine analüüsis

TASUVUSARVUTUSED

Söötja kasutamisega seonduvate kulude analüüs

Alljärgnev analüüs põhineb asfaldisegu söötja kasutuskogemustel uuringuobjektidel, töid teostanud teedehitusettevõtte hinnangutel ning Wirtgen Eesti poolt esitatud andmetel.

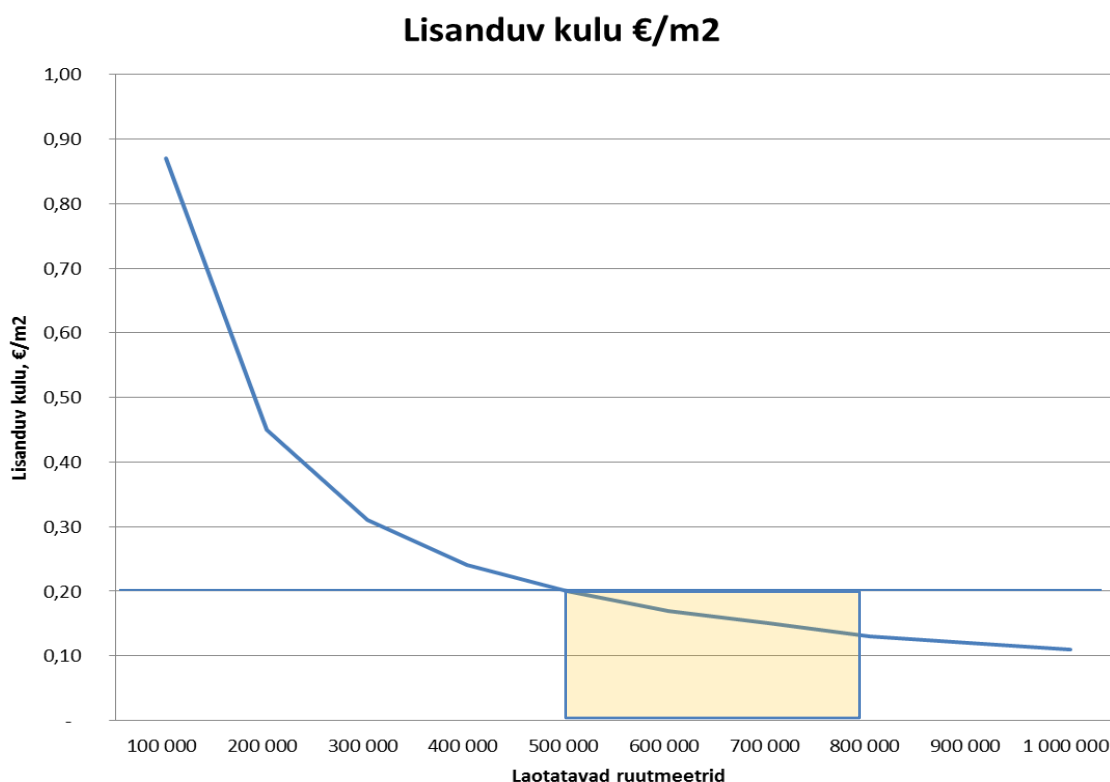
Uuringuobjektidel kasutati söötjat Vögele PowerFeeder MT3000-2. Seade toodi Eestisse Vögele esindaja Wirtgen Eesti poolt uuringuobjektidel rakendamiseks. Ühe söötja hinnangulised eksploatatsioonikulud aastas on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 2. Asfaldisegu söötja eksploatatsioonikulud

Kuluelement	Kulud aastas
Seadme mõistlik kasutusiga 10 aastat	
Seadme eeldatav aastane jõudlus- 800 000 m ² /aastas	
Seadme töötunnid aastas – 1000h	
Seadme ligikaudne soetusmaksumus, 300-340 tuh. €	32 000
Liisingu intressikulu 2%, 5-aastane periood -15000€	3 000
Kindlustuskulud	3 000
Seadme hoolduskulud aastas	3 300
Seadme remondikulud, kuluvate osade vahetus	2 000
Kütusekulu keskmine 17,0 l/tunnis (kulu sõltuv mahust)	17 000
Tööjõu kulu koos maksudega (2 operaatorit), 3216€/kuu	38 592
Muud kulud (transport jms, sõltuv mahust)	5 000
Halduskulud	4 000
Kulud kokku	107 892
Mõistlik kasum 5 %	5 395
Kulud kokku, €	113 287

Kulud jagunevad püsikuludeks (seadme liisingu-, kindlustus- ja halduskulud) ning muutuvkuludeks, mille suurus on otseselt seotud seadme kasutusintensiivsusega (hooldus- ja remondikulud, kütusekulu, tööjõukulu). Võgele MT 3000-2 suudab maksimaalselt segada ja laoturisse sööta 1200 tonni asfaltsegu tunnis, kuid tegelik segu kogus tunnis sõltub laoturi jõudlusest. Söötjat saab kasutada ka kahe kõrvuti liikuva laoturi teenindamiseks, kui on vajalik laotada kattepaane kuuma vuugiga. Kuna söötja töötab koos asfaldilaoturiga, siis kogemuslikult võib ühe laoturi aastaseks töömahuks võtta 800 000 ruutmeetrit asfaltkatet.

Jagades arvutuses saadud kulud 113 287 € seadme aastase jõudlusega 800 000 m², saab asfaldi ruutmeetri hinna kallinemiseks söötja kasutamisel 0,14 €/m². Eeldatava aastase jõudluse muutmisega saab kuvada ruutmeetri maksumuse hinnangulise kallinemise alljärgneva graafikuna.



Joonis 30. Söötja kasutamisest tuleneva kulu sõltuvus paigaldatava asfaltsegu mahust

Seadet kasutanud teedehituseettevõtte arvutuste järgi on hinna kallinemine mõnevõrra suurem – 800 000 m² laotamismahu puhul lisandub asfaltkatte ruutmeetri hinnale ca 0,2 €, 150 000 m² laotamisel ca 1 €. Tasuvusarvutustes eeldame, et töövõtja võtab söötja kasutusele, kui sellega saab paigaldada vähemalt 500 000 m².

Kui eeldada, et söötjat kasutatakse ainult pealmiste kihtide laotamisel, siis seadme jõudlust ja Eesti riigimaanteede pealmise kattekihi mahte arvestades kataks Eesti vajaduse ära nelja kuni viie söötjaga. Kogukulu viie seadme rakendamisel oleks hinnanguliselt kokku ca 600 000 € aastas. Võrdluseks, et sama summa eest saaks paigaldada ülekatet ca 6 km või teha taastusremonti keskmiselt ca 4 km ulatuses.

Üheks efektiivseimaks võimaluseks segu jahtumise vähendamiseks on Rootsi konsultantide hinnangul soovustatud veokastide kasutamine. Eeldame, et nende kasutamine lisab asfaldi ruutmeetri hinnale 0,05-0,10 €/m² ja tulemus on parem kui söötja puhul (st. kasutegur on suurem). Tasuvusarvutusel lähtume kulust 0,1 €/m².

Muude tegurite (vt. teguri ptk-s „Probleemi olemus“) ohjamise suutlikkuse märkimisväärse parendamise võib hinnata samuti suurusjärku 0,1-0,2 €/m² ning kasutegur on võrreldav soovustatud veokastide omaga.

Aastane keskmine rahaline maht teekatete taastusremondiks on 2014-2020 perioodiks planeeritud 150-200 km summas 27-32 mln.€, mis keskmiselt 10 m laiuse katte (koos laiendustega) korral teeb ühikmaksumuseks 15,0 €/m². Lisaks taastusremondile paigaldatakse uut teekatet ka rekonstrueerimisel ja uute teede ehitamisel, mille puhul oleme siinkohal lähtunud mahust 120 km. Kokku oleme uute katete paigalduse mahuks arvestanud seega ca 300 km e. ca 3 mln m², ühikmaksumusega 15,0 €/m² ja kogumaksumusega 45 mln €. Arvutustes on eeldatud, et taastusremondivälp on baasvariandil keskmiselt 10 aastat ning sõltuvalt rakendatavatest parendusmeetmetest motivatsioonisüsteemi täiendamisel võib see tõusta kuni 60% ehk 6 aastat. Viimane eeldab tõhusat motivatsioonisüsteemi. Samas eeldame, et kvaliteetne paigaldamine mõjutab eelkõige taastusremondi mahte (taastusremondi maht 180 km/aastas hakkab tulevikus vähenema).

Katte eluea „saladus“

Rootslaste kogemused näitavad, et asfaltsegu jahtumise ja segregeerumise vältimiseks kasutatavad meetmed pikendavad teekatete taastusremondi välp kuni 40%. See eeldab, et kogu protsessi alates segu tootmisest kuni paigalduseni jälgitakse väga hoolikalt ning rakendatakse kõiki meetmeid jahtumise, segregeerumise ja paigaldusvigade vältimiseks. Nende meetmete rakendamise tulemuslikkust tuleb vaadata pikemas perspektiivis selle kaudu, kuidas meetmete rakendamine või mitterakendamine mõjutab teekatete taastusremondi välp ning selle kaudu remondimahtu ja rahaliste vahendite vajadust nt. 30 aasta jooksul. Eelduseks on, et mida rohkem kvaliteeti suudetakse jälgida ja vigu vältida, seda enam pikeneb remondivälp.

Üldistavalt võib öelda, et katte eluiga on otseses sõltuvuses katte kvaliteediga ning viimane omakorda sõltub otseselt ehitustöövõtja motivatsioonist saavutada paremat kvaliteeti. Et äriettevõtete motiveerimine on kõige efektiivsem raha kaudu, tähendab see, et töövõtjad on huvitatud kvaliteedist juhul, kui kõrgem kvaliteet tagab suurema tulu ja väiksem kvaliteet väiksema tulu.

Tulude suurenemist-vähenemist mõjutavad nii tööde vastuvõtmisel rakendatav motivatsioonisüsteem (Eestis ainult mahaarvamised, Rootsis lisaks ka boonus), kui ka kulud ümbertegemisele nii ehitustööde kui garantiiperioodi vältel.

Kuigi katseliselt on võimalik näidata, et söötja ja soojustatud veokastide või muude meetmete kasutamine mõjub kvaliteedile positiivselt, on see mõju tingimuslik ja eksisteerib vaid juhul, kui „muud tingimused“ jäävad samaks. Seetõttu on tasuvusarvutustes eeldatud, et sööja ja soojustatud veokastide kasutamine ei ole kohustus vaid tuleneb töövõtjate motivatsioonist tulu suurendamiseks või kulude vähendamiseks. Katte kallinemine tuleneb otseselt motivatsioonisüsteemi tõhususest, kuna sunnib töövõtjat rakendama kallemaid lahendusi kvaliteedi tagamiseks.

Boonussüsteemi olulisus

Mahaarvamistel põhinev motivatsioonisüsteem toimib üldiselt loogikal, et on sätestatud nõuded, mida peaks täitma ning mille mittetäitmisel loetakse töö seda ebakvaliteetsemaks, mida rohkem töö tegelik tulemus hõlbib lubatud piirist.

Seega sõltub motivatsioon jääda lubatu piiresse otseselt sellest, kui suur on piiri ületamisel mahaarvamine ja kui suured on kulud piiride sisse jäämisel. See piir on aga kokkuleppeline ega motiveeri veelgi kvaliteetsemat tööd tegema ning sellega omakorda katte eluiga pikendama. Siin tulebki appi boonussüsteem.

Boonuse võimalusega motivatsioonisüsteem tähendab, et juhul kui töö on teostatud nõutust oluliselt paremini, makstakse töövõtjale boonust. Kui selline boonus on õigel tasemel, teevad vähemalt osad töövõtjad jõupingutusi boonuse saamiseks isegi kui see eeldab täiendavaid kulusid.

Summaarselt on mõistlik püüda planeerida süsteemi selliselt, et aasta eelarve lõikes oleks boonused ja mahaarvamised võimalikult samas suurusjärgus.

Tasuvusarvutustes ongi allpool lähtutud põhimõttest, et erinevate variantide puhul on seatud motivatsioonisüsteem erineval tasemel ja see omakorda toob kaasa erinevad meetmed kvaliteedi saavutamiseks ja vastavad mõjud katte elueale.

Täiendavate meetmete rakendamise tasuvuse analüüs

Eelnevat aluseks võttes võib teha üldistatud arvutuse järgmistel tingimustel:

- Uute katete kogumaht on 300 km
- Teekatte eluiga meetmete kasutamisetähtaeg keskmiselt 10 aastat (variant 0), erineva tasemega motivatsioonisüsteemist „tingitud“ töövõtjatepoolsete kvaliteedimeetmete rakendamisega 12-16 aastat (variandid A, B ja C);
- Taastusremondi aastane vajadus meetmete kasutamisetähtaeg 180 km, meetmete rakendamisel katete eluea pikenemine toob kaasa remondivajaduse vähenemise pärast aastat 10 (sõltub meetmetest);
- 180 km taastusremondi maksumuseks on 27 mln. €, 1 km maksumuseks 150 tuh. €;
- Tasuvusarvutuse võrdlusperiood 30 aastat, diskontomäär 4%.

Vaatame alljärgnevalt 1+3 erinevat varianti:

Variant 0 – baasvariant, **motivatsioonisüsteemi ei muudeta**, kasutatakse olemasolevat tehnoloogiat, jäävpoorsuse määramist suurkehade põhjal, mingeid lisameetmeid ei rakendata. Töövõtja ei ole piisavalt motiveeritud saavutama nõuetekohast kvaliteeti. Remondivälp keskmiselt 10 aastat.

Variant A – **motivatsioonisüsteemi mõningane täiendamine** koos maaradaril põhineva jäävpoorsuse mõõtmise ja motivatsioonisüsteemi rakendamisega katte ülakihi paigaldamisel 2/3 ulatuses (kuid ei rakendata nt. hilissügisel valminud katetel). Töövõtja on üldiselt motiveeritud saavutama nõuetekohast kvaliteeti ja muuhulgas kasutab mõnedel objektidel soovustatud veokastidega veokeid ning söötjat. Eeldame, et selle variandi rakendamisel pikeneb remondivälp keskmiselt 2 aastat. Tööde kallinemine ca 0,2 €/m² (1,3%).

Variant B – **motivatsioonisüsteemi oluline täiendamine** koos maaradaril põhineva jäävpoorsuse mõõtmise ja motivatsioonisüsteemi rakendamisega katte ülakihi paigaldamisel 100% ulatuses ja mõõtmistel põhinevate garantiitingimuste sisseviimisega. Töövõtja on väga motiveeritud saavutama nõuetekohast kvaliteeti ja kasutab paljudel objektidel soovustatud veokastidega veokeid ning termokaste. Eeldame, et selle variandi rakendamisel pikeneb remondivälp keskmiselt 4 aastat. Tööde kallinemine ca 0,4 €/m² (2,7%).

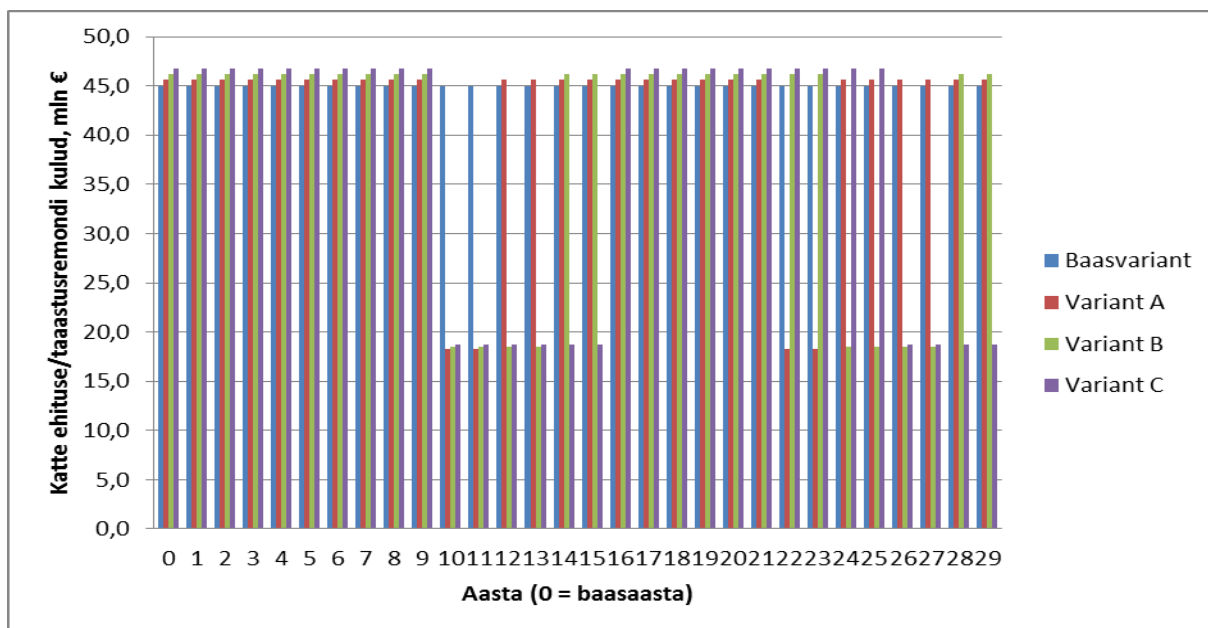
Variant C – **motivatsioonisüsteemi reformimine** koos boonussüsteemi rakendamisega nõuetekohasest oluliselt parema töö eest ning koos maaradari ja termoskänneri rakendamisega ning mõõtmistel põhinevate garantiitingimuste seadmisega. Töövõtja on motiveeritud saavutama nõuetekohasest oluliselt paremat kvaliteeti. Eeldame, et selle variandi puhul pikeneb remondivälp keskmiselt 6 aastat. Tööde kallinemine (sh. boonused) ca 0,6 €/m² (4%).

Kõik variandid on saavutatavad aastaks 2017. Aastatel 2015-2016 on selleks vajalik süsteemselt tegeleda motivatsioonisüsteemide arendamise ja testimisega.

Allolevas tabelis ja joonisel on toodud erinevate variantide kogukulude võrdlus aastate kaupa (aastane kulu ca 45 mln. €). Jooniselt näha, variantide A, B ja C kulud on täiendavate kvaliteedimeetmete rakendamise tõttu veidi suuremad kui baasvariandil 0. Samuti on jooniselt näha, et sõltuvalt variandist puuduvad osadel aastatel taastusremondi kulud.

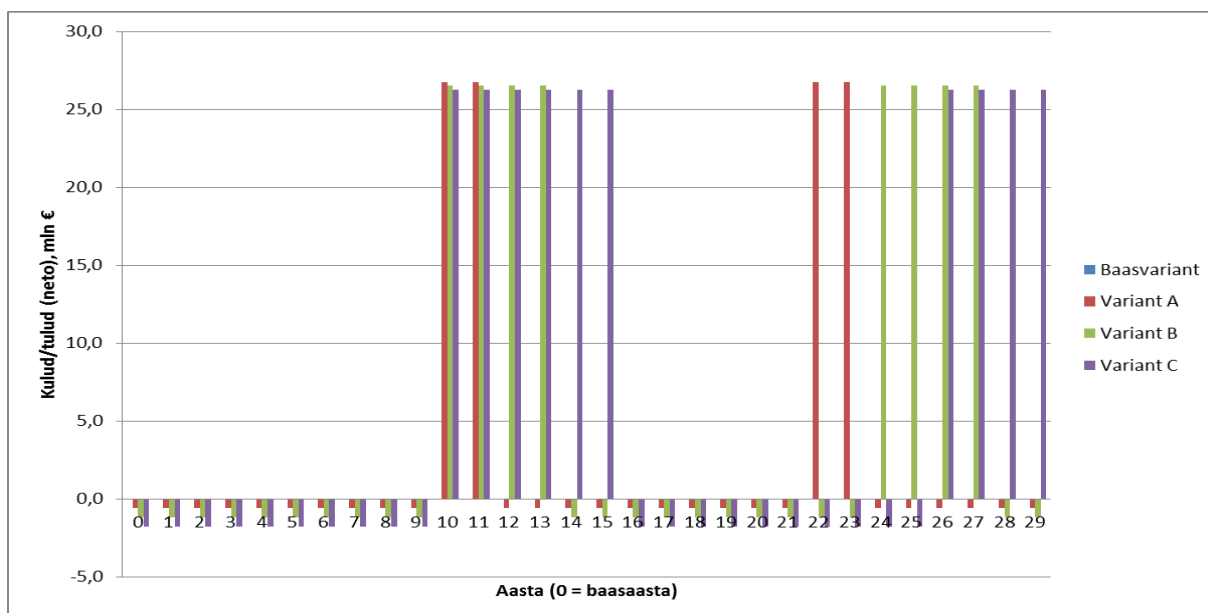
Tabel 3. Katte ehituse maht ja kulud erinevate variantide korral

Aasta	Katete ehituse vajadus aastas, km				Kulud, mln.€			
	Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C	Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C
0	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
1	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
2	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
3	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
4	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
5	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
6	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
7	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
8	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
9	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
10	300	120	120	120	45,0	18,2	18,5	18,7
11	300	120	120	120	45,0	18,2	18,5	18,7
12	300	300	120	120	45,0	45,6	18,5	18,7
13	300	300	120	120	45,0	45,6	18,5	18,7
14	300	300	300	120	45,0	45,6	46,2	18,7
15	300	300	300	120	45,0	45,6	46,2	18,7
16	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
17	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
18	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
19	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
20	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
21	300	300	300	300	45,0	45,6	46,2	46,8
22	300	120	300	300	45,0	18,2	46,2	46,8
23	300	120	300	300	45,0	18,2	46,2	46,8
24	300	300	120	300	45,0	45,6	18,5	46,8
25	300	300	120	300	45,0	45,6	18,5	46,8
26	300	300	120	120	45,0	45,6	18,5	18,7
27	300	300	120	120	45,0	45,6	18,5	18,7
28	300	300	300	120	45,0	45,6	46,2	18,7
29	300	300	300	120	45,0	45,6	46,2	18,7
					1350,0	1258,6	1164,2	1123,2
					<i>Sääst, mln.€</i>			
					0,0	91,4	185,8	226,8
					<i>Kulud keskmiselt aastas, mln.€</i>			
					45,0	42,0	38,8	37,4
					<i>Sääst keskmiselt, %</i>			
					0,0%	6,8%	13,8%	16,8%



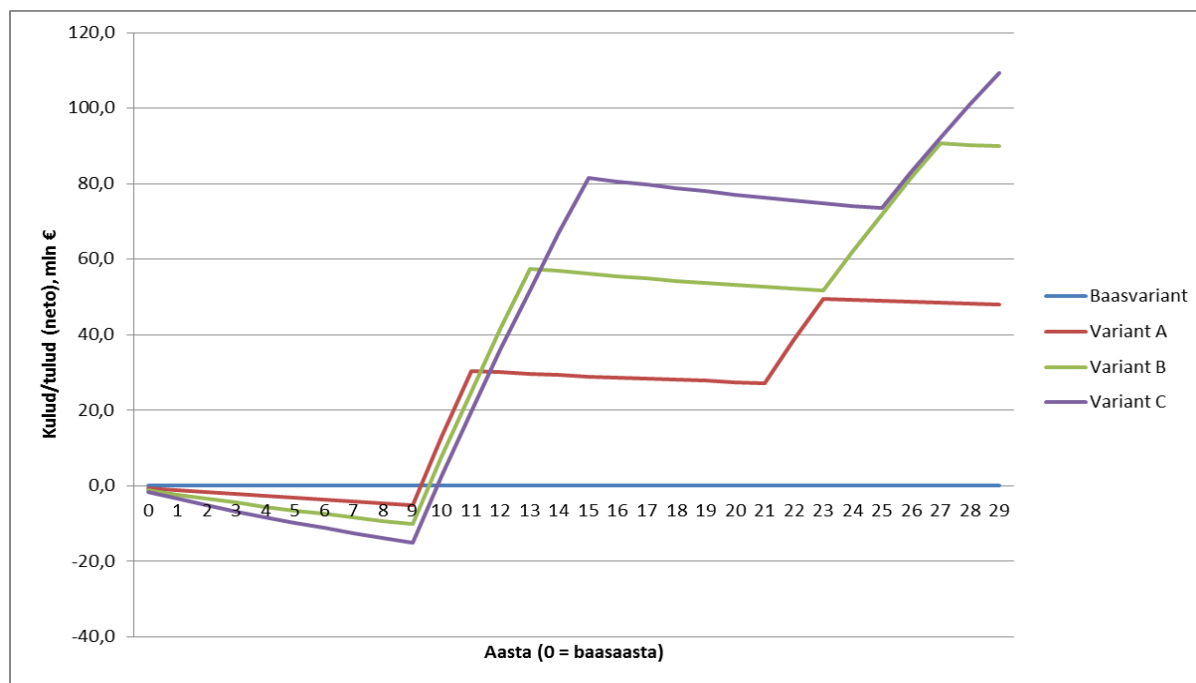
Joonis 31. Erinevate variantide kogukulud

Järgmisel graafikul on toodud välja erinevused netokulude ja -tulude erinevustes võrreldes baasvariandiga. Variantide A, B ja C iga-aastased netokulud on vastavalt 0,6, 1,2 ja 1,8 mln. € kui netotulud aastail, mil parema kvaliteediga teedel ei ole vaja teha taastusremonti, on vahemikus 26,3...26,8 mln. € aastas (aastane taastusremondi maht).



Joonis 32. Erinevate variantide netotulud (+) / netokulud (-) võrreldes baasvariandiga

Tasuvusarvutustes on otstarbekas näidata ka raha väärtuse vähenemist võrdlusperioodil. Tellijalt saadud suuniste kohaselt oleme võtnud diskontomääraks 4% ning variantide võrdluse tulemused on kajastatud allolevas tabelis ja graafikul, kus parim, variant C säästab ühiskonnale üle 100 mln. €.



Joonis 33. Erinevate variantide kumulatiivsed diskonteeritud (4%) netotulud (+)/netokulud (-)

Allolevas tabelis on näidatud olulisemad tasuvuse näitajad. Kõiki variante iseloomustab väga kõrge tulu/kulu suhe ehk motivatsioonist ajendatud katte ühikmaksumuse kasvu kompenseerib väiksemast remondivajadusest tulenev sääst mitmekordselt.

Tabel 4. Erinevate variantide tasuvuse koondnäitajad (30a, diskonteeritud 4 %)

Variant	Variant 0	Variant A	Variant B	Variant C
Katte ülakihi paigalduse maht, km	9000	8280	7560	7200
Kogukulud, mln.€	1350,0	1258,6	1164,2	1123,2
Täiendavad kulud kokku, mln.€	0,0	16,6	30,2	43,2
Täiendavad tulud kokku, mln.€	0,0	64,7	120,1	152,5
Nüüdispuhasväärtus (NPV), mln.€	-	48,1	89,9	109,3
Tulu-kulu suhe	-	3,9	4,0	3,5

SOOVITUSED

Käesolev uuring kajastas küll ainult ühe objekti olukorda, kuid võimaldab siiski teha olulisi järeldusi ja anda soovitusi mitte üksnes termokaamerate ja söötjate kasutamiseks katteehituse kvaliteedi kontrollil vaid katete kvaliteedi parendamise meetmete osas laiemalt.

Jäävpoorsuste mõõtmistulemuste hea korrelatsioon termomõõtmistega kinnitab, et vähemalt katte ülakihtide jäävpoorsuste määramisel ja mahaarvamiste tegemisel on soovitav üle minna **maadararile**, mis annab võrreldes tavapärase puuraukude teostamisega pideva ülevaate paigaldatud asfaltkatte poorsusest ning üldjuhul ka katte kogupaksusest. Maanteeameti uuringu „Asfaltkatteid mittepurustava vastuvõtusüsteemi väljatöötamine“ [8] kohaselt on uuemad maapaar-antennid andnud häid tulemusi ka kattekihtide paksuste eristamiseks. Pidevmõõtmise nõue praktiliselt elimineerib juhuslikkuse komponendi kattekihi kvaliteedi hindamisel, annab töövõtjale vajalikku motiveerivat tagasisidet saavutatud kvaliteedi kohta. Maaradarit tasub kasutada ülakihtide jäävpoorsuse mõõtmisel kõigil vähemalt 3 cm paksustel uutel katetel, sõltumata alusest. Kuna maaradriga saab mõõtmised teha alles pärast katte valmimist, ei anna see töövõtjale katte kvaliteedi kohta tagasisidet paigaldamisel. Maaradari kasutuselevõttu lihtsustab selle kasutamise enam kui 10 aasta pikkune kogemus Eestis ja Soomes ca 15 aastat. Kuigi maaradriga ei pruugi olla ilmastiku tõttu võimalik mõõta hilissügisel valminud objekte kohe pärast valmimist, on just need objektid kvaliteedi mõttes kõige problemaatilisemad, mistõttu tuleks ka need mõõta informatsiooni kogumiseks esimesel võimalusel, nt. järgmisel kevadel. Maaradari kasutamisel tuleb põhimõtteliselt kõne alla ka boonussüsteemi rakendamine ja sellega nõuetekohasest paremate tulemuste motiveerimine.

Termoskanneriga motivatsioonisüsteemi (Rootsi) eeliseks on kohese tagasiside andmine töövõtjale katte paigaldustemperatuuri kui katte kvaliteeti mõjutava peamise parameetri osas ning seega ka võimalus koheselt abinõud tarvitusele võtta temperatuuriühtluse tagamiseks. Seejuures hõlmab tagasiside kogu katte pindala. Siiski, arvestades süsteemi haldamise kulukust leiame, et selle kasutamine õigustab end suhteliselt suurematel ja olulisematel objektidel põhisõiduradade katte ülakihi paigaldamisel. Meie hinnangul tasub seda

rakendada objektidel, mille katteks on SMA (on madalatel temperatuuridel raskesti tihendatav ja on eranditult suure liiklusega objektidel) ja põhisõiduradade pikkus ületab 10 km. Süsteemi testimiseks Eesti oludes soovitame seda 2015 mõnel objektil terviklikult rakendada (2014 uuringus rakendati vaid nõ. tehnilis-teoreetiliselt, ilma motivatsioonisüsteemita).

Nõuetekohasest oluliselt kvaliteetsema töö eest boonuse maksmiseks (analoogiliselt kasutatav ka maaradari korral) näeme ühe võimalusena hankedokumentidesse boonuse teoreetilist maksimumsummat sisaldava kulurea lisamist, kuid millisest tehakse väljamakseid vaid vastavuses tegeliku riskiala suurusega (väiksusega). Pilootprojektides ei pruugi rakendada Rootsi süsteemis sisalduvat mahaarvamise komponenti, kuna ebakvaliteetse töö eest on mahaarvamisi võimalik teha muude nõuete, nt. jäävpoorsuse (maaradar) alusel.

Käsitermokaamera kasutamine järelevalveprotsessis on väga küsitav nii ressursimahukuse (seda nii järelevalve kui tellija poolelt), kui saadavate andmete kvaliteedi tõttu. Juhul, kui soovitakse seda siiski rakendada, tuleb esmalt tagada tõhus kontroll järelevalveteenuse osutaja üle, mille puhul võib kindel olla, et ettenähtud pildid ikka tehakse. Käsikaameraga minimaalselt vajaliku kvaliteediga piltide tegemine on sedavõrd töömahukas rutiinne tegevus, et nõuab täiskohaga järelevalvetöötajat ainult selleks tegevuseks. Ilma tõhusa kontrolli- ja motivatsioonisüsteemita (piltide olemasolu ja kvaliteedi üle) kõrvaldatakse turult kvaliteetsema järelevalve tegijad. Minimaalselt vajaliku täpsuse saavutamiseks tuleb teha pildid 10-15 meetri tagant ülekattega, nt iga 12,5 m tagant 15 m mõõtealaga. Termopildi mõõteala tuleb eelnevalt välja mõõta, kasutades selleks vajadusel mõõteratast. Mõõteala sisse tuleb paigutada referentsmärgid ala algusesse koos asukohatähisega ja lõppu. Järelevalves ja kvaliteedi kontrollis on mõistlikum minna termopiltide automaatse fikseerimise peale selliselt, et pildid tehakse alati sama nurga all ning sellisel juhul on võimalik pilte ka süsteemselt töödelda. Kui arvestada, et päevas tehakse ca 200 pilti (2500 m kattepaani), siis nende töötlemine ja isegi pelgalt kontrollimine oleks ükshaaval äärmiselt ajamahukas. Keskmise, 5 km pikkuse objekti kohta tuleb aga juba 800 pilti. Allolevatel pildidel on näha termopilt ja tavafoto laoturilt, alati sama nurga all, mistõttu seda on võimalik vajadusel töödelda süstematiseeritult.



Joonis 34. Vaade laotatud paanile laoturi tagant

See-eest katte paigaldaja poolelt vaadatuna aitaks käsikaamera näha mitte üksnes katte temperatuuri, vaid leida ka temperatuuriprobleemide põhjused. Töövõtjale on käsitermokaamera oma töö ja protsesside kvaliteedi kontrollimiseks vägagi soovitatav.

Asfaltsegu söötja kasutamine võimaldab uuringu tulemuste põhjal suurendada asfaltkatte temperatuuri ühtlust ja seeläbi asfaltkatte vastupidavust juhul, kui selleks on piisav motivatsioon, mistõttu nende on kasutamine vägagi soovitatav. Samas on siinkohal oluline rõhutada, et lisaks söötja kasutamisele tuleb tähelepanu pöörata kogu asfaltsegu tootmise-transpordi-paigaldamise

protsessile. Olulisemad mõjutegurid lisaks segu tootmise kvaliteediohjele on asfaltsegu õige laadimistehnoloogia ning sobivate segu veokite kasutamine. Need meetmed on võrreldes söötjaga seotud kuludega suhteliselt odavamad, kuid mõjutavad lõpptulemuse kvaliteeti märgatavalt. Uuring näitas ka ilmekalt, et söötja üksi, kui selle kasutamiseks puudub sisuline motivatsioon töövõtja poolt, soovitud tulemust ei anna.

Soojustatud veokastide kasutamine mõjutab positiivselt asfaltsegu temperatuuri ühtlust, kuna vahetult veokasti vastas oleva asfaltsegu jahtumine väheneb sellega oluliselt. Soojustatud veokastide pakkumise tekkimise kiirendamiseks turul on ajutise meetmena soovitatav sätestada maksimaalne veokaugus, mille ületamisel on kohustuslik kasutada soojustatud veokaste. Juhul kui motivatsioonisüsteem on paigas, tekib täiendav nõudlus soojustatud veokastide järele ja sellele vastav pakkumine lähiaastatel ise.



Joonis 35. Soojustatud veokast

Töövõtja motivatsiooni ligikaudseks hindamiseks kvaliteedi tõstmisel soovitame projektide finantsarvutuste põhjal analüüsida, kui palju kaotavad töövõtjad puuduliku katte kvaliteedi (jäävpöorsus) tõttu tehtud mahaarvamist ja garantiaegsetelt ümbertegemistelt. Olenemata kasutatavatest tehnoloogiatest, mida asfaltsegu tootmisel, paigaldamisel ning kvaliteedikontrollil kasutatakse, tuleb silmas pidada eesmärki ehk võimalikult kvaliteetse ning vastupidava asfaltkatte saavutamist. Selle eesmärgi saavutamise eeltingimuseks on **piisav motivatsioon** kõigis seotud osapooltes. Uuringu teostajate hinnangul on heaks lahenduseks motivatsioonisüsteemi reformimine koos hästi läbimõeldud boonussüsteemi kasutusele võtmisega.

KOKKUVÕTE

Ebaühtlase segutemperatuuri korral ei tihene kate rullides ühtlaselt ja jahtunud seguga kohtades jääb kate sageli liiga poorseks. Liiga suur poorsus aga lihtsustab vee pääsu kattesse ja loob eeldused katte lagunemiseks vee ja külmumis-sulamisprotsesside toimel.

Äsja toodetud asfaltsegu hakkab nii tehases kui transpordi ja paigaldamise käigus paratamatult jahtuma ning kahjuks toimub see ebaühtlaselt. Seda väga paludel **erinevatel põhjustel** - asfaldisegu kivimaterjali niiskussisalduse varieerumine, kivimaterjali fraktsioneerumine, temperatuuri ebaühtlus tootmisel, segupunkri ebapiisav soojusisolatsioon, segu punkris oleku aeg, segu laadimistehnoloogia, veoki kasti kuju ja isolatsioon ning veokaugus, jahtunud ja segregeerunud asfaltsegu kogunemine laoturi kolusse, segu ebaühtlane jagunemine laoturis paigaldamise aja, seisakud segu laotamise ajal jpm. Sellest nimekirjast nähtub, et eelkõige saab segu temperatuuri ühtlust tagada töövõtja ise, mistõttu on ka käesoleva töö soovitusel väga suurt tähelepanu pööratud **töövõtja motiveerimise võimalustele**.

Käesolevas töös käsitleti põhjalikumalt **kahte uut tehnoloogiat** katte paigalduse kvaliteedi tõstmiseks.

Üheks uuritud tehnoloogiaks oli **asfaldisegu söötja** (*feeder*). Uuritud objektil võrdlesime söötjaga ja söötjata rajatud lõikude tulemusi. Kuigi segu saabus kummalegi lõigule erinevatest tehastest, olid nii veokaugus kui muud tingimused praktiliselt võrdsed. Uuring näitas, et söötja **võimaldab** märkimisväärselt ühtlustada asfaldi etteandmise käigus mõnevõrra ebaühtlaselt jahtunud asfaltsegu temperatuuri. Antud objektil töövõtjale jäävpoorsuse pealt mahaarvamisi ei tehtud ning on meie hinnangul on tõenäoline, et ka garantiiperioodil ei teki veel vajadust suuremateks remonditöödeks. Seega ainsaks tuluks söötja kasutamisest jääb mõningane kokkuhoid seisakute vähendamise ja vedude tsükli kiirendamisest, mis ilmselt ei kompenseeri lisanduvaid kulusid. Asfaldilaoturi hinnaklassis seadme rakendamine tasub end ära juhul, kui katte kvaliteedile esitatakse tellija poolt erakordselt kõrged nõuded ja kui muud, efektiivsemad võimalused kvaliteedi tagamiseks on ära kasutatud. Kahjuks ei pöörata nendele võimalustele käesoleval ajal asfaldi tootmise-

transpordi ja laotamise protsessis piisavalt tähelepanu. Selleks **puudub piisavalt efektiivne motivatsioonisüsteem.**

Teiseks uuritud tehnoloogiaks on **termoskänneriga motivatsioonisüsteem.** Süsteem on välja arendatud ja viimastel aastatel edukalt kasutusel Rootsis. Termoskänner skaneerib katte paigaldustemperatuuri reaalsajas pidevalt ja selle tulemusena on asfaldi paigaldajal töö kvaliteet (katte pindalast 100%) pidevalt näha ja võimalus reageerida probleemidele kohe. Termoskaneerimise väärtus tuleneb aga peamiselt sellega integreeritud **motivatsioonisüsteemist.** Motivatsioonisüsteem sisaldab kvaliteedi mõttes tinglikult kolme piirkonda - nõuetest kehvema töö korral mahaarvamised, nõuetekohase töö korral lepinguline tasu, nõuetest oluliselt kvaliteetsema töö korral boonused. Selline süsteem tagab töövõtja enda kõrge **motivatsiooni** töö kvaliteedi parendamiseks, rakendades selleks kõige kulutõhusamaid meetmeid. Rootsi kogemuse kohaselt saavutatakse süsteemiga teekatte eluea pikenemine kuni 40% ehk tulemused on väga head. Eestis võib saadav kasu olla veelgi suurem.

Uuringus analüüsiti ka **käsitermokaamera** kasutatavuse otstarbekust järelevalves. Vaatamata seadme enda suhteliselt madalale maksumusele (sõltuvalt mudelist ca 1000...8000€), on selle kasutamine järelevalves kasu andval moel suhteliselt **kulukas** ning puudulikult rakendades koguni kahjulik. Katte paigaldajale võib seda siiski soovitada, kuna võimaldab temperatuuriprobleemidele kiiresti **reageerida ja ennetada** kahjude tekkimist.

Positiivsest küljest näitas end uuringutes **maaradari** kasutamine jäävpoorsuse mõõtmisel. Jäävpoorsust pidevalt mõõtvat maaradari tulemused korreleerusid hästi termoskaneerimise omadega, mistõttu selle tehnoloogia kasutamine motivatsioonisüsteemi kohustusliku komponendina on **väga tõhus ja soovitatav.** Maaradari kasutusvõimalusi on põhjalikumalt käsitletud uuringus „Asfaltkatteid mittepurustava vastuvõtusüsteemi väljatöötamine“.

Tasuvusarvutused näitasid, et temperatuuri- ja jäävpoorsuse ühtlusele suunatud **täiendava motivatsioonisüsteemi** kaudu on võimalik saavutada teekatte ülakihi eluea mõningase pikenemise tõttu kumulatiivset **puhassäästu kuni 109,9 mln. € ning tulu/kulu suhe 3,54** (30 aastasel võrdlusperioodil) ehk selle rakendamine on riigile tasuv.

SUMMARY

Temperature inhomogeneity of the asphalt mixture is found one of the major causes for poor compaction of new asphalt layers, so cooler spots in asphalt tend to remain porous compared to the other areas. Higher porosity of the upper asphalt layer favours the ingress of water into the layer and thus contributing the initiation and progress of defects, especially with the “aid” of freeze-thaw cycles.

Asphalt mixture starts cooling down already in asphalt plant and through the way until compacted and unfortunately, this happens unevenly. There are **plenty of possible reasons** - aggregate moisture content variation, aggregate segregation, temperature unevenness in the production, inadequate insulation of hot storage bins in the plant and time before loading, mix loading technology and truck bed shape and insulation, transport distance, cooling and the segregation of asphalt mixture in the paver hopper, uneven distribution of the mixture by paver, downtime/stops during paving etc. This list shows that the only contractor itself can effectively enough affect these aspects, so possibilities for **motivating contractor** to achieve good thermal mix homogeneity has received lot of attention in current study. In this study **two innovative technologies** were covered in more detail for better thermal homogeneity of the mix.

One of these technologies was **asphalt feeder**. We compared the road section paved with and without feeder. Also different asphalt plants were used, the transport distance and the other conditions were comparable. The study showed that the feeders **enable** significantly reduce segregation the asphalt. In this site no deductions were applied to contractor from air void measurements based on coresamples and we believe it is likely that there's no need for major repairs during the warranty period. Therefore, the only benefit from using feeders arise from reduction of downtime and hauling cycle speed-up, which alone obviously does not compensate for additional costs. Feeder, having roughly the price of paver, is worthwhile to be implemented only if the quality requirements from the customer are high enough and other, more effective options to ensure the quality are utilized. Unfortunately, so far these options have gained only very limited attention during the hauling and paving process - because the **motivation system is not effective enough**.

The other technology is infrared **thermal scanning based motivation system**, developed and successfully used in Sweden. The system scans the hot pavement temperature continuously during the installation and as a result, work quality (100% coverage of paved area) can be easily evaluated in real-time and respond to the problems immediately. The main value of the system however appears from integration to the **motivation system**. Simple enough to distinguish three major cases based on work quality – in case of substandard work quality the deductions are applied, in case of work quality just above the requirements - plain contract fee is paid out and in case of work quality significantly above the requirements - the bonuses apply. The system highly **motivates contractor** not only to achieve requirements but continuously improve the quality of work towards maximum, by applying the most cost-effective measures. According to the Swedish experience up to 40% longer pavement life can be expected with such system. In Estonia, the benefits may be even higher.

Feasibility of using **handheld infrared** cameras was also evaluated in the study. It was found that despite the relatively low cost of such devices (about €1,000... 8,000 depending on the model), its use in the road works supervision process is relatively **costly** if properly done and can be even harmful if deployed poorly. However, we highly recommend handheld IR-cameras for paving contractor to be able to quickly **respond** to problems from temperatures and **prevent damages**.

Rather positive results were obtained from **Ground Penetrating Radar** (GPR) studies as continuously measured air void contents of pavement very well correlated with those of infrared thermal scanning. Thus making it a mandatory component of the motivation system for upper pavement layers would be **very effective and highly recommended**. Using GPR as an acceptance test method is discussed in more detail in the study "Development of non-destructive acceptance system for asphalt pavements".

Cost-Benefit Analysis showed that better motivation system that targets higher homogeneity of temperature and pavement density can effectively reduce paving costs in long term. Slightly higher pavement unit costs are fully paid off by longer pavement life with **Net Present Value up to 109.9 m€** and **Benefit-Cost Ratio up to 3.54** (30-year reference period), thus being highly feasible.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Report from the thermal imaging. Road 21 Rakvere-Luige. CA Konsult. Tallinn 2014
- [2] Rapport från besiktning av objektet E 20 K1 TPL Vasa – Södertälje 1998 – 2013. CA Konsult. Bollebygd/Stockholm 2014
- [3] S. Sebesta, T. Scullion, T. Saarenketo - Using Infrared and High-Speed Ground-Penetrating Radar for Uniformity Measurements on New HMA Layers – Report S2-R06C-RR-1. SHRP 2. TRB. Washington D.C. 2013
- [4] Road News – the Vögele Magazine on Paving Applications – Issue 28
- [5] Tootekirjeldus – Power Feeder 3000-2i Offset
- [6] Flir E30 Technical Data. FLIR 2012
- [7] Flir Exx series User Manual. FLIR 2010
- [8] Teede Tehnokeskus. „Asfaltkatteid mittepurustava vastuvõtusüsteemi väljatöötamine“. Tallinn 2014

LISAD

Lisa 1. Katseprotokollid

Lisa 2. Termoskaneerimise aruanne (CA Consult)

Lisa 3. Flir E-seeria tooteleht ning kasutatud seadme kalibreerimistunnistus

Lisa 4. Mustvee ilmajaama andmed

Lisa 5. Tasuvusarvutuse tabelid

Lisa 6. Flir E-30'ga objektile tehtud pildid

Teadus- ja arendustöö „Asfaltkatete laotamise tehnoloogiate võrdlemine
ja kvaliteedi kontrollimisel termograafia rakendatavuse uuring“ ARUANNE

LISA 1

TEEDE TEHNOKESKUS AS
ARENDUS JA UURINGUD OSAKOND
 Väike-Männiku 26
 11216 TALLINN

KATSEPROTOKOLL NR 3155/14

04.09.2014 nr 7-6.4/4915
Lk 1/1

Tellija
Tööülesanne

Proovide
kirjeldus

Katsetamine ja
tulemused

ARENDUS JA UURINGUD OSAKOND - hr Marek Truu
 Maanteelt nr 21 Rakvere – Luige PK 493+67 – PK 522+75 võetud
 asfaltkatte AC 12 surf puurproovide katsetamine.
 Puurproovid võeti 21.08.14 ning toodi laborisse katsetamiseks 22.08.14
 Teede Tehnokeskus AS labori esindaja hr A. Pall poolt.
 Laboris registreeriti puurproovid registreerimisnumbriga 4358.
 Puurproovide paksused määrati EVS-EN 12697-36:2003 järgi, mahumass
 EVS-EN 12697-6:2012 (meetod B) järgi. Tihendustegurite arvutamiseks
 valmistati laboratoorsed proovikehad EVS-EN 12697-30:2012 (2 korda 50
 lööki) järgi. Jäävpoorsuste arvutamiseks määrati näiv erimass EVS-EN
 12697-5:2010 + EVS-EN 12697-5:2010/AC:2012 (meetod A) järgi.

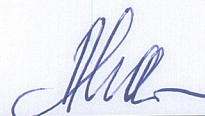
Puurkeha					Asfaltsegu	
nr	paksus mm	mahumass Mg/m ³ ρ _{bssd}	jääv- poorsus % V _m	tihendus- tegur	mahumass Mg/m ³ ρ _{bssd}	erimass Mg/m ³ ρ _{mv}
AC 12 surf						
1L	42	2,391	5,4	0,96	2,483	2,528
2L	44	2,383	5,7	0,96		
3L	40	2,248	11,1	0,91		
4L	42	2,490	1,5	1,00		
5L	39	2,283	9,7	0,92		
6L	30	2,352	7,0	0,95		
7L	37	2,429	3,9	0,98		
8L	35	2,404	4,9	0,97		
9L	37	2,388	5,5	0,96		
10L	43	2,404	4,9	0,97		
1H	39	2,366	6,4	0,95		
2H	38	2,357	6,8	0,95		
3H	40	2,382	5,8	0,96		
4H	40	2,382	5,8	0,96		
5H	36	2,398	5,1	0,97		
6H	34	2,506	0,9	1,01		
7H	37	2,465	2,5	0,99		
8H	39	2,472	2,2	1,00		
9H	39	2,452	3,0	0,99		
10H	42	2,469	2,3	0,99		

Saadud tulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta.

Vastutav teostaja

Amet Labori peaspetsialist

Nimi Andrus Märtnmaa



Protokolli osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori kirjalik luba.

Labor väljastab ainult värvilise templiga katseprotokolle.

LABORI ÕIEND nr. **S-4546**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: Teguri 55 Tartu 51013
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. 1040
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: Tellija võetud ja toodud proov
Proovi võtmise koht: PK: 505+50 p

Proovi võtmise aeg: 6.08.2014 kell: 18.30

Segu mark: AC 12 surf Segu tootja: Tref AS

Töö kirjeldus: Märkus:

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

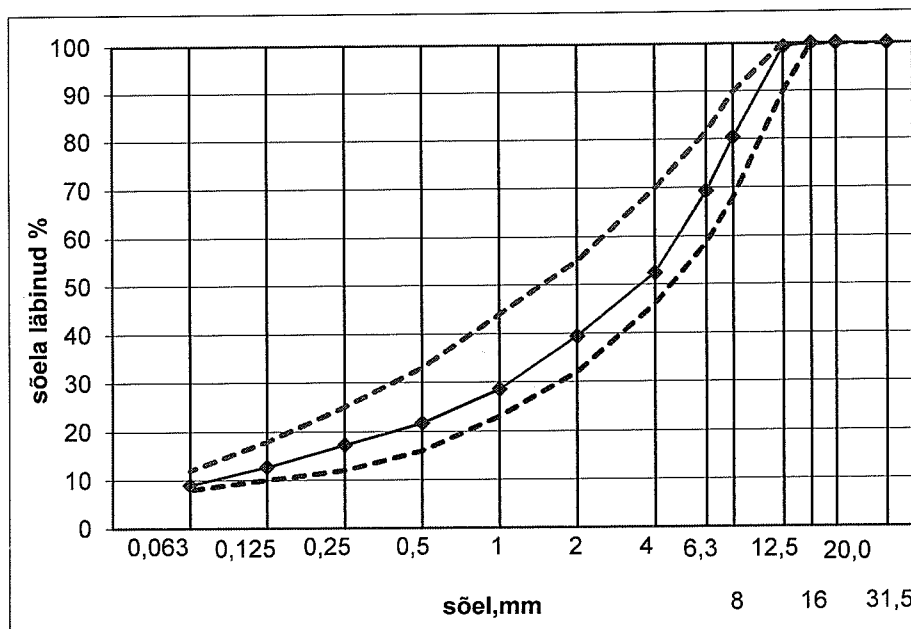
Lahustuv sideaine, %
5,5

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat.'st
31,5	100
20	100
16	100
12,5	99
8	80
6,3	69
4	52
2	39
1	29
0,5	22
0,25	17
0,125	13
0,063	9,0



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4547**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. **1040**
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: **Tellija võetud ja toodud proov**
Proovi võtmise koht: **PK: 480+00 v**

Proovi võtmise aeg: **7.08.2014** kell: **12.00**

Segu mark: **AC 12 surf**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: **Märkus:**

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

Lahustuv sideaine, %

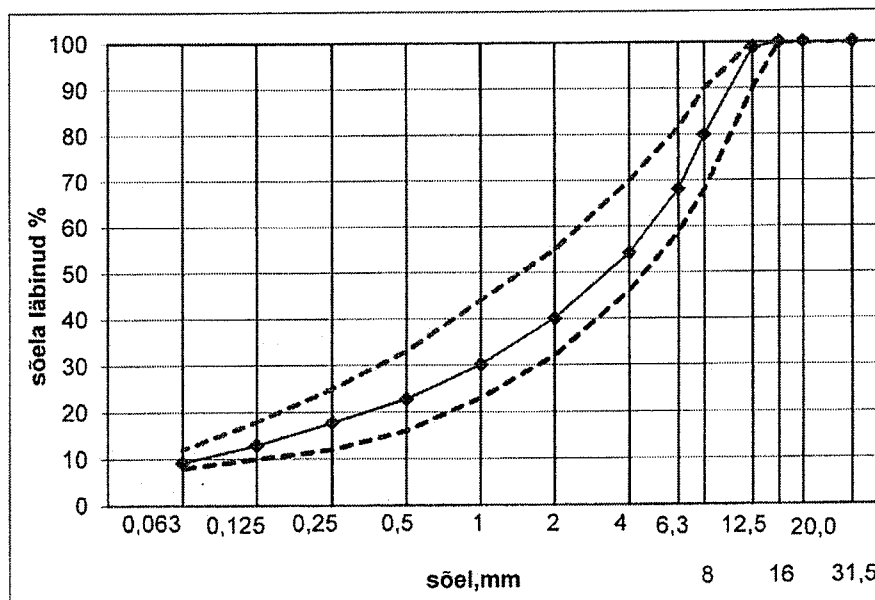
5,5

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat. 'st
31,5	100
20	100
16	100
12,5	99
8	80
6,3	68
4	54
2	40
1	30
0,5	23
0,25	18
0,125	13
0,063	9,3



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

Sisse tulnud

nr. 192

10.09.2014 a.

LABORI ÕIEND nr. **S-4548**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: Teguri 55 Tartu 51013
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. 1040
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: Tellija võetud ja toodud proov
Proovi võtmise koht: **PK: 463+75 p**

Proovi võtmise aeg: 8.08.2014 kell: 15.45

Segu mark: **AC 12 surf**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: Märkus:

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terahtikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

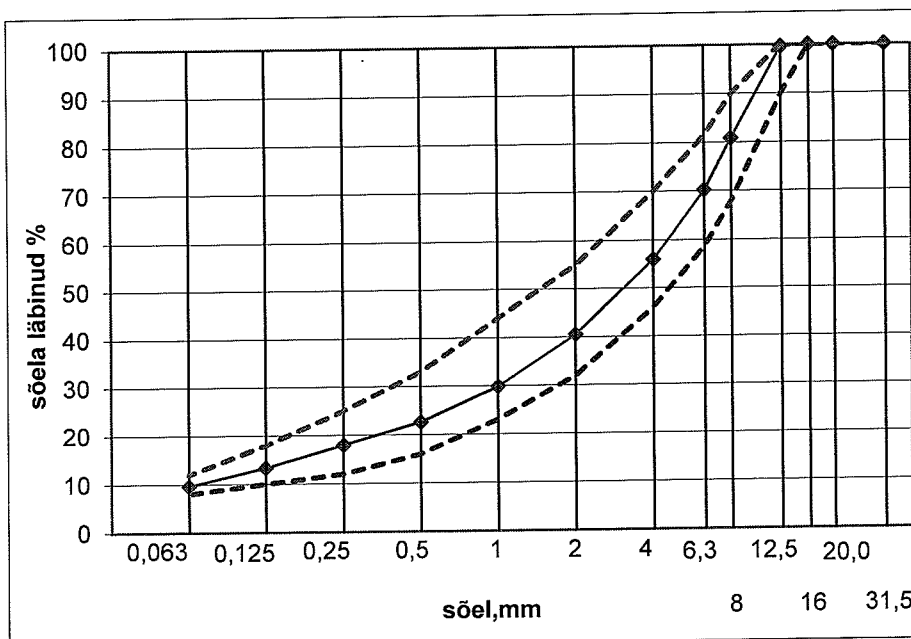
Lahustuv sideaine, %
5,6

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat.'st
31,5	100
20	100
16	100
12,5	100
8	81
6,3	70
4	56
2	41
1	30
0,5	23
0,25	18
0,125	13
0,063	9,6



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4549**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. **1040**
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: **Tellija võetud ja toodud proov**
Proovi võtmise koht: **PK: 445+50 p**

Proovi võtmise aeg: **11.08.2014** kell: **16.25**

Segu mark: **AC 12 surf**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: **Märkus:**

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

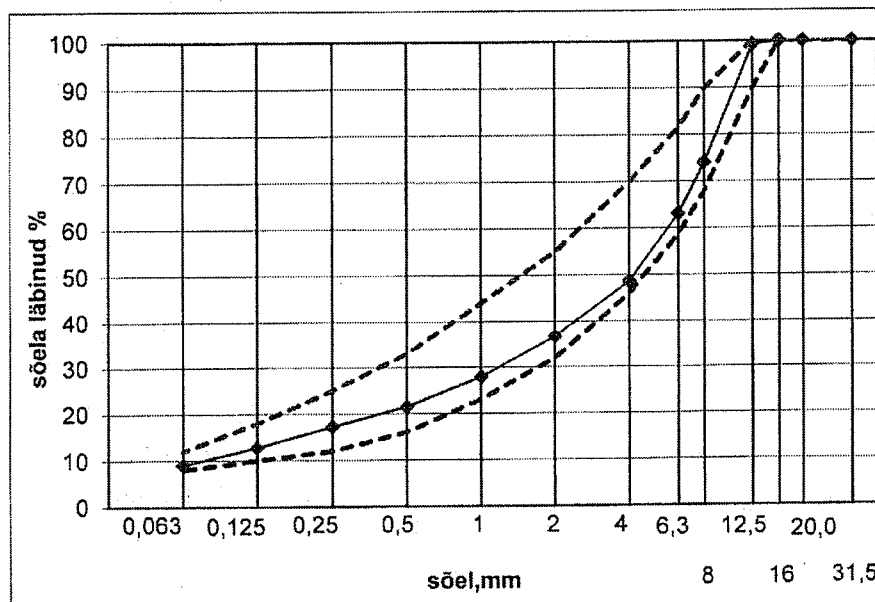
Lahustuv sideaine, %
5,5

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat. 'st
31,5	100
20	100
16	100
12,5	99
8	74
6,3	63
4	49
2	37
1	28
0,5	21
0,25	17
0,125	13
0,063	9,1



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Sisse võetud
nr. **190**
10.09.2014

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4550**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: Teguri 55 Tartu 51013
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. 1040
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: Tellija võetud ja toodud proov
Proovi võtmise koht: PK: 452+25 v

Proovi võtmise aeg: 12.08.2014 kell: 10.50

Segu mark: AC 12 surf

Segu tootja: Tref AS

Töö kirjeldus: Märkus:

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

Lahustuv sideaine, %

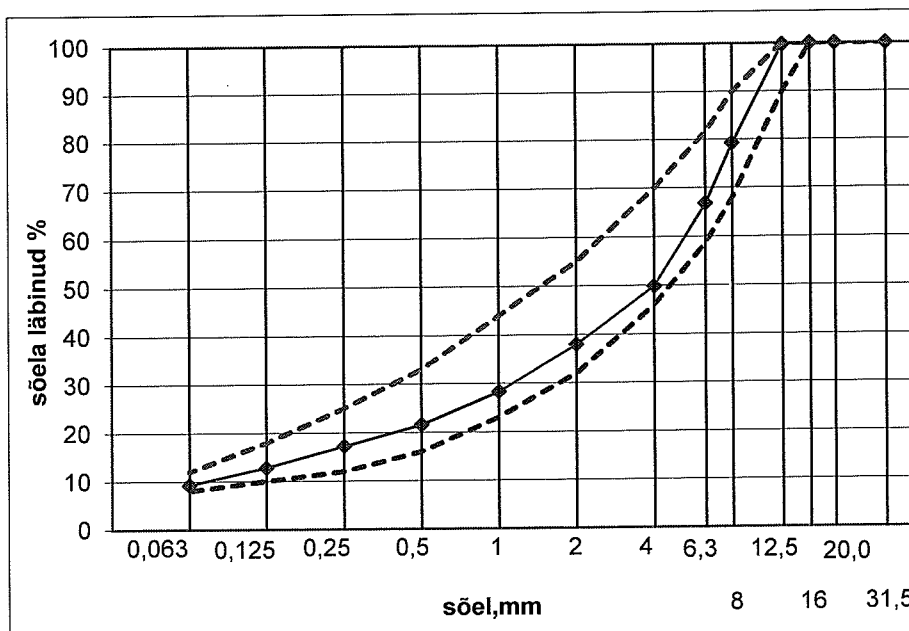
5,7

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat. 'st
31,5	100
20	100
16	100
12,5	100
8	79
6,3	67
4	50
2	38
1	28
0,5	22
0,25	17
0,125	13
0,063	9,3



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4551**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: Teguri 55 Tartu 51013
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. 1041
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: Tellija võetud ja toodud proov
Proovi võtmise koht: PK: 478+25 pp

Proovi võtmise aeg: 30.07.2014 kell: 17.00

Segu mark: AC 20 base

Segu tootja: Tref AS

Töö kirjeldus: Märkus:

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

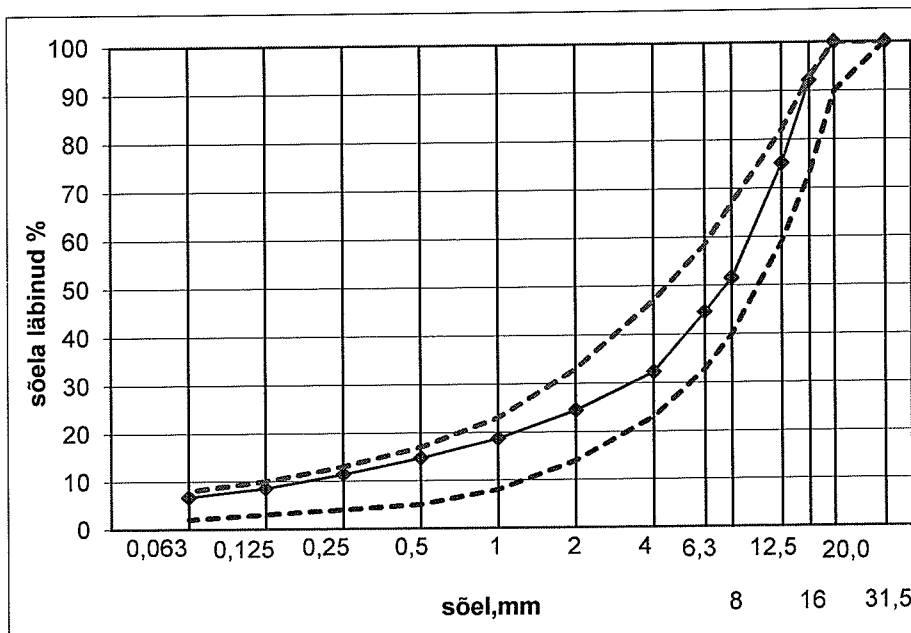
Lahustuv sideaine, %
3,7

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat. 'st
31,5	100
20	100
16	92
12,5	75
8	52
6,3	45
4	32
2	25
1	19
0,5	15
0,25	11
0,125	9
0,063	6,7



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4552**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. **1041**
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: **Tellija võetud ja toodud proov**
Proovi võtmise koht: **PK: 492+50 vp**

Proovi võtmise aeg: **31.07.2014** kell: **10.45**

Segu mark: **AC 20 base**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: Märkus:

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

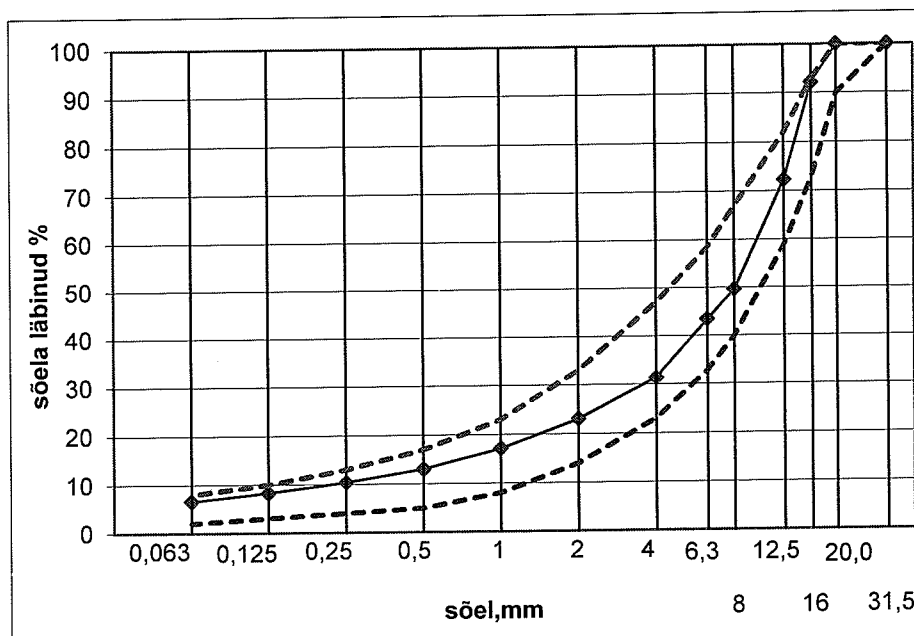
Lahustuv sideaine, %
3,9

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat. 'st
31,5	100
20	100
16	92
12,5	72
8	50
6,3	43
4	31
2	23
1	17
0,5	13
0,25	10
0,125	8
0,063	6,6



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4553**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. **1041**
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: **Tellija võetud ja toodud proov**
Proovi võtmise koht: **PK: 459+00 pp**

Proovi võtmise aeg: **1.08.2014** kell: **14.00**

Segu mark: **AC 20 base**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: **Märkus:**

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

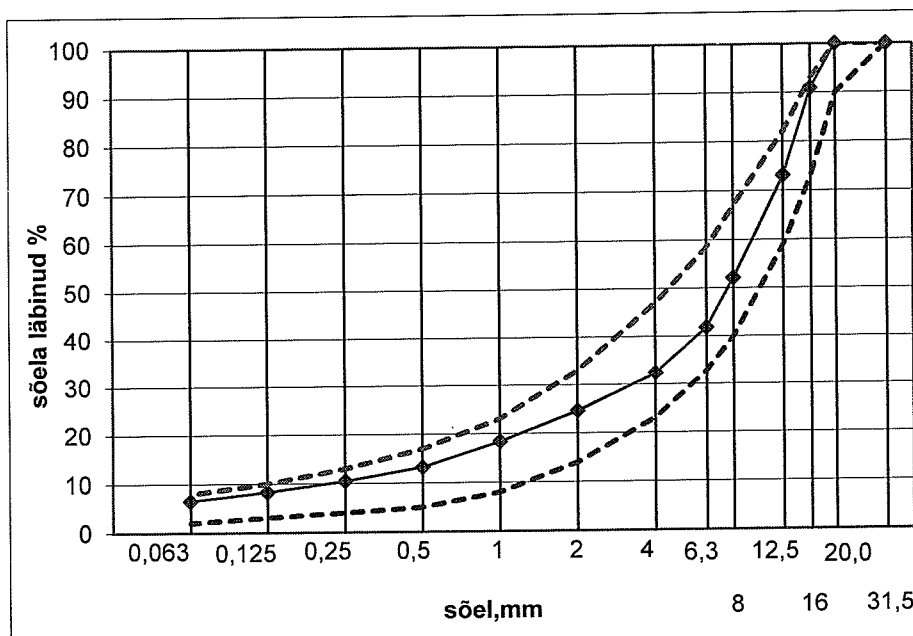
Lahustuv sideaine, %
3,6

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivistat.'st
31,5	100
20	100
16	91
12,5	73
8	52
6,3	42
4	32
2	25
1	18
0,5	13
0,25	10
0,125	8
0,063	6,5



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

LABORI ÕIEND nr. **S-4554**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. **1041**
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: **Tellija võetud ja toodud proov**
Proovi võtmise koht: **PK: 447+00 vp**

Proovi võtmise aeg: **4.08.2014** kell: **18.45**

Segu mark: **AC 20 base**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: **Märkus:**

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

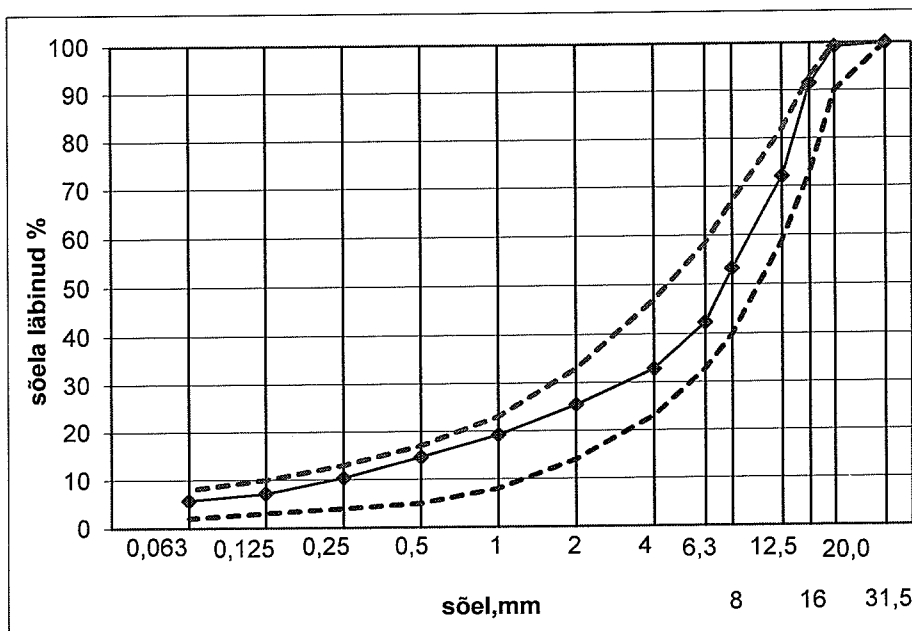
Lahustuv sideaine, %
3,8

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat.'st
31,5	100
20	99
16	91
12,5	72
8	53
6,3	42
4	33
2	25
1	19
0,5	15
0,25	10
0,125	7
0,063	5,7



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

Sisse võetud
nr. 185
16.09.2014

LABORI ÕIEND nr. **S-4555**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
 Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
 Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
 Töö registreerimise nr. **1041**
 Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
 Objekti või proovi kirjeldus: **Tellija võetud ja toodud proov**
 Proovi võtmise koht: **PK: 450+75 pp**

Proovi võtmise aeg: **5.08.2014** kell: **12.00**

Segu mark: **AC 20 base**

Segu tootja: **Tref AS**

Töö kirjeldus: **Märkus:**

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

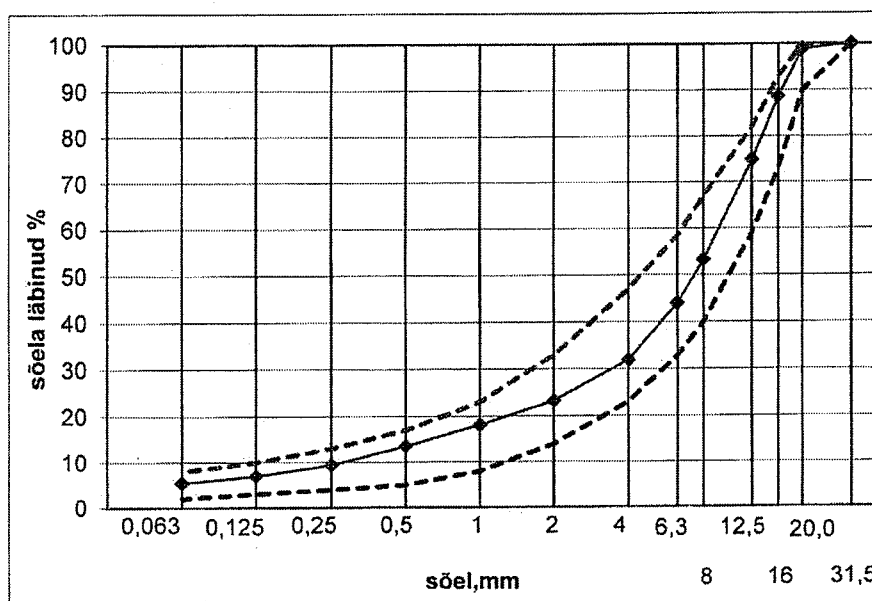
Lahustuv sideaine, %
3,6

Katsetulemused:

Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009

SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivistat.'st
31,5	100
20	99
16	89
12,5	75
8	53
6,3	44
4	32
2	23
1	18
0,5	14
0,25	9
0,125	7
0,063	5,5



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
 Labori juhataja
 6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

Sisse tulnud

nr. **184**

10.09.2014

LABORI ÕIEND nr. **A-4299**

16.09.2014

Asfaltbetooni kvaliteedi kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: **Teguri 55 Tartu 51013**
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonkatte kvaliteedi kontroll**

Töö registreerimise nr. **985**
Objekt: **T-21 Rakvere - Luige**

Objekti või Proovi kirjeldus:

Proovi võtmise koht: *Vaata lisa 1*
Katte paigaldaja: *Tref AS*
Proovi võtmise aeg: kuup. *19; 21.08.2014*
Segu mark: *AC 20 base*

Töö kirjeldus:

Tellija poolt toodud puurproovidele läbimõõduga 100 mm
määrati järgmised näitajad: katte paksus vastavalt EVS-EN 12697-36:2003,
mahumass vastavalt EVS-EN 12697-6:2012,
erimass vastavalt EVS-EN 12697-5:2010 meetod A,
jäävpoorsus vastavalt EVS-EN 12697-8:2003 meetodile.
Tihendusastme määramiseks valmistati laboratoorsed proovikehad
vastavalt EVS-EN 12697-30:2012 meetodile,
mis on aluseks tihendusteguri arvutamisel

Tulemused

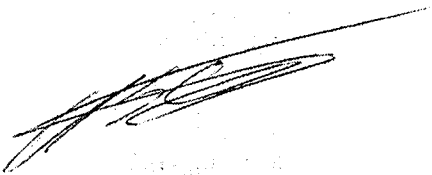
Tulemused on esitatud lisades:

Lisa 1 - asukoha skeem

Lisa 2 - asfaltbetoonkatte proovide tulemused

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586
labor 6061929



Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/3

TALLINNA TEEDE		Lisa 1.
AKTSIASELTS	VÄLJARAIETE KAART	
Labor	Õiend nr. A-4299	
Objekt T-21 Rakvere - Luige		Asukoht
		Vaata lisa 1
Proovide võtmise kuupäev	19; 21.08.2014	Proovide arv 12

Asukoht	Proovi nr		
pk: 490+50 parem paan	55	56	57v
pk: 493+00 vasak paan	58	59	60v
pk: 495+50 parem paan	61	62	63v
pk: 498+00 vasak paan	64	65	66v

TALLINNA TEEDE AKTSIASELTS

Lisa 2.

Labor

Õiend nr. A-4299

Objekt: T-21 Rakvere - Luige

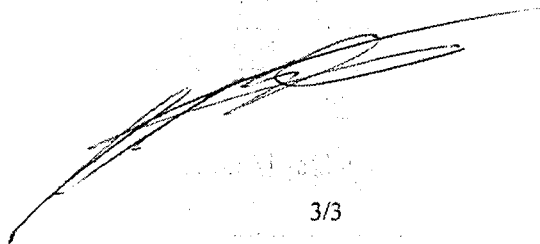
Asukoht: Vaata lisa 1

Kasutatud asfaltbetoonsegu mark:

AC 20 base

Proovi nr	Paksus cm	Väljaraide mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Tihendus- tegur	Jäävpoorsus V_m , %	Proovikeha mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Näiv erimass ρ_{mv} , g/cm ³	Märkus
55	5,1	2,286	0,99	8,6	2,315	2,501	
56	4,7	2,319	1,00	7,3			
57v	5,4	2,235	0,97	10,6			
58	4,9	2,276	0,98	9,0			
59	5,1	2,254	0,97	9,9			
60v	5,1	2,156	0,93	13,8			
61	4,9	2,313	1,00	7,5			
62	4,7	2,306	1,00	7,8			
63v	4,9	2,227	0,96	11,0			
64	5,4	2,307	1,00	7,8			
65	4,8	2,299	0,99	8,1			
66v	4,8	2,210	0,95	11,6			

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta



LABORI ÕIEND nr. **A-4298**

16.09.2014

Asfaltbetooni kvaliteedi kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: Teguri 55 Tartu 51013
Töö ülesanne: Asfaltbetoonkatte kvaliteedi kontroll

Töö registreerimise nr. 986
Objekt: **T-21 Rakvere - Luige**

Objekti või Proovi kirjeldus:

Proovi võtmise koht: *Vaata lisa 1*
Katte paigaldaja: *Tref AS*
Proovi võtmise aeg: kuup. *19; 21.08.2014*
Segu mark: *AC 12 surf*

Töö kirjeldus:

Tellija poolt toodud puurproovidele läbimõõduga 100 mm
määrati järgmised näitajad: katte paksus vastavalt EVS-EN 12697-36:2003,
mahumass vastavalt EVS-EN 12697-6:2012,
erimass vastavalt EVS-EN 12697-5:2010 meetod A,
jäävpoorsus vastavalt EVS-EN 12697-8:2003 meetodile.
Tihendusastme määramiseks valmistati laboratoorsed proovikehad
vastavalt EVS-EN 12697-30:2012 meetodile,
mis on aluseks tihendusteguri arvutamisel

Tulemused

Tulemused on esitatud lisades:

Lisa 1-2 - asukoha skeem

Lisa 3-6 - asfaltbetoonkatte proovide tulemused

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586
labor 6061929

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/7

TALLINNA TEEDE		Lisa 1.
AKTSIASELTS	VÄLJARAIETE KAART	
Labor	Õiend nr. A-4298	
Objekt T-21 Rakvere - Luige		Asukoht
		Vaata lisa I
Proovide võtmise kuupäev	19; 21.08.2014	Proovide arv 93

Asukoht	Proovi nr		
	1	2	3v
pk. 445+50 parem paan	1	2	3v
pk: 450+50 parem paan	7	8	9v
pk: 453+00 vasak paan	10	11	12v
pk: 455+50 parem paan	13	14	15v
pk: 458+00 vasak paan	16	17	18v
pk: 460+50 parem paan	19	20	21v
pk: 463+00 vasak paan	22	23	24v
pk: 465+50 parem paan	25	26	27v
pk: 468+00 vasak paan	28	29	30v
pk: 470+50 parem paan	31	32	33v
pk: 473+00 vasak paan	34	35	36v
pk: 475+50 parem paan	37	38	39v
pk: 478+00 vasak paan	40	41	42v
pk: 480+50 parem paan	43	44	45v
pk: 483+00 vasak paan	46	47	48v
pk: 485+50 parem paan	49	50	51v

TALLINNA TEEDE AKTSIASELTS Labor	VÄLJARAIETE KAART Õiend nr. A-4298	Lisa 2.
Objekt T-21 Rakvere - Luige	Asukoht Vaata lisa 1	
Proovide võtmise kuupäev 19; 21.08.2014	Proovide arv 93	

Asukoht	Proovi nr		
pk. 490+50 parem paan	55	56	57v
pk: 493+00 vasak paan	58	59	60v
pk: 495+50 parem paan	61	62	63v
pk: 498+00 vasak paan	64	65	66v
pk: 500+50 parem paan	67	68	69v
pk: 503+00 vasak paan	70	71	72v
pk: 505+50 parem paan	73	74	75v
pk: 508+00 vasak paan	76	77	78v
pk: 510+50 parem paan	79	80	81v
pk: 513+00 vasak paan	82	84	85v
pk: 515+50 parem paan	85	86	87v
pk: 518+00 vasak paan	88	89	90v
pk: 520+50 parem paan	91	92	93v
pk: 518+00 vasak paan	100	101	102v
pk: 530+50 parem paan	103	104	105v

TALLINNA TEEDE AKTSIASELTS

Lisa 3.

Labor

Õiend nr. A-4298

Objekt: T-21 Rakvere - Luige

Asukoht: Vaata lisa 1

Kasutatud asfaltbetoonsegu mark:

AC 12 surf

Proovi nr	Paksus cm	Väljaraide mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Tihendus- tegur	Jäävpoorsus V_m , %	Proovikeha mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Näiv erimass ρ_{mv} , g/cm ³	Märkus
1	4,5	2,400	0,99	2,9	2,428	2,471	
2	4,3	2,379	0,98	3,7			
3v	4,5	2,311	0,95	6,5			
7	4,2	2,380	0,98	3,7			
8	3,8	2,369	0,98	4,1			
9v	4,4	2,283	0,94	7,6			
10	3,7	2,411	0,99	2,4			
11	4,0	2,381	0,98	3,6			
12v	4,2	2,289	0,94	7,4			
13	4,2	2,370	0,98	4,1			
14	3,6	2,371	0,98	4,0			
15v	4,4	2,353	0,97	4,8			
16	3,8	2,386	0,98	3,4			
17	3,8	2,429	1,00	1,7			
18v	4,1	2,345	0,97	5,1			
19	3,9	2,413	0,99	2,4			
20	3,8	2,359	0,97	4,5			
21v	3,8	2,326	0,96	5,9			
22	3,8	2,407	0,99	2,6			
23	3,9	2,416	0,99	2,2			
24v	3,9	2,337	0,96	5,4			
25	3,7	2,378	0,98	3,7			
26	3,8	2,401	0,99	2,8			
27v	3,9	2,386	0,98	3,4			
28	4,1	2,424	1,00	1,9			
29	3,7	2,401	0,99	2,8			
30v	4,0	2,380	0,98	3,7			
31	4,0	2,405	0,99	2,7			
32	3,8	2,362	0,97	4,4			
33v	4,1	2,422	1,00	2,0			

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

TALLINNA TEEDE AKTSIASELTS

Lisa 4.

Labor

Õiend nr. A-4298

Objekt: T-21 Rakvere - Luige

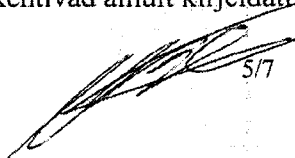
Asukoht: Vaata lisa 1

Kasutatud asfaltbetoonsegu mark:

AC 12 surf

Proovi nr	Paksus cm	Väljaraide mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Tihendus- tegur	Jäävpoorsus V_m , %	Proovikeha mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Näiv erimass ρ_{mv} , g/cm ³	Märkus
34	3,8	2,429	1,00	1,7	2,428	2,471	
35	3,8	2,422	1,00	2,0			
36v	4,0	2,422	1,00	2,0			
37	4,0	2,401	0,99	2,8			
38	3,8	2,374	0,98	3,9			
39v	4,0	2,393	0,99	3,2			
40	3,8	2,423	1,00	1,9			
41	3,7	2,400	0,99	2,9			
42v	3,8	2,370	0,98	4,1			
43	3,8	2,381	0,98	3,6			
44	3,8	2,398	0,99	3,0			
45v	4,0	2,371	0,98	4,1			
46	3,8	2,410	0,99	2,5			
47	3,8	2,424	1,00	1,9			
48v	4,1	2,346	0,97	5,1			
49	3,8	2,379	0,98	3,7			
50	3,8	2,374	0,98	3,9			
51v	3,8	2,432	1,00	1,6			
55	4,3	2,375	0,98	3,9			
56	4,7	2,413	0,99	2,4			
57v	4,9	2,363	0,97	4,4			
58	3,8	2,387	0,98	3,4			
59	4,0	2,413	0,99	2,4			
60v	4,5	2,291	0,94	7,3			
61	4,1	2,377	0,98	3,8			
62	3,7	2,372	0,98	4,0			
63v	3,9	2,315	0,95	6,3			
64	4,3	2,369	0,98	4,1			
65	3,9	2,388	0,98	3,4			
66v	4,1	2,334	0,96	5,5			

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta



TALLINNA TEEDE AKTSIASELTS

Lisa 5.

Labor

Õiend nr. A-4298

Objekt: T-21 Rakvere - Luige

Asukoht: Vaata lisa 1

Kasutatud asfaltbetoonsegu mark:

AC 12 surf

Proovi nr	Paksus cm	Väljaraide mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Tihendus- tegur	Jäävpoorsus V_m , %	Proovikeha mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Näiv erimass ρ_{mv} , g/cm ³	Märkus
67	3,8	2,376	0,98	3,8	2,428	2,471	
68	3,8	2,377	0,98	3,8			
69v	4,3	2,361	0,97	4,5			
70	4,0	2,406	0,99	2,6			
71	4,0	2,354	0,97	4,7			
72v	4,4	2,298	0,95	7,0			
73	4,0	2,428	1,00	1,8			
74	3,8	2,397	0,99	3,0			
75v	4,0	2,335	0,96	5,5			
76	4,2	2,392	0,99	3,2			
77	4,3	2,359	0,97	4,5			
78v	4,4	2,272	0,94	8,0			
79	4,0	2,417	1,00	2,2			
80	3,8	2,406	0,99	2,6			
81v	3,8	2,397	0,99	3,0			
82	4,1	2,404	0,99	2,7			
83	4,7	2,397	0,99	3,0			
84v	4,5	2,354	0,97	4,7			
85	4,0	2,401	0,99	2,8			
86	3,7	2,430	1,00	1,6			
87v	4,1	2,394	0,99	3,1			
88	3,9	2,377	0,98	3,8			
89	4,0	2,398	0,99	2,9			
90v	4,2	2,286	0,94	7,5			
91	3,8	2,425	1,00	1,9			
92	3,7	2,415	0,99	2,3			
93v	4,5	2,357	0,97	4,6			
100	3,9	2,422	1,00	2,0			
101	3,7	2,423	1,00	2,0			
102v	4,4	2,347	0,97	5,0			

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

TALLINNA TEEDE AKTSIASELTS

Lisa 6.

Labor

Õiend nr. A-4298

Objekt: T-21 Rakvere - Luige

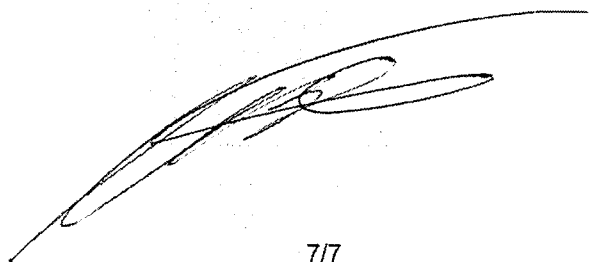
Asukoht: Vaata lisa I

Kasutatud asfaltbetoonsegu mark:

AC 12 surf

Proovi nr	Paksus cm	Väljaraide mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Tihendus- tegur	Jäävpoorsu s V_m , %	Proovikeha mahumass ρ_{bssd} , g/cm ³	Näiv erimass ρ_{mv} , g/cm ³	Märkus
103	3,9	2,394	0,99	3,1	2,428	2,471	
104	3,9	2,371	0,98	4,0			
105v	3,9	2,286	0,94	7,5			

Märge : Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta



LABORI ÕIEND nr. **S-4545**

10.09.2014

Asfaltbetoonsegu koostise kohta

Tellija: **Tref AS**
Tellija aadress: Teguri 55 Tartu 51013
Töö ülesanne: **Asfaltbetoonsegu koostise määramine.**
Töö registreerimise nr. 1040
Objekt: **T-21 Rakvere-Luige**
Objekti või proovi kirjeldus: Tellija võetud ja toodud proov
Proovi võtmise koht: PK: 504+50 v

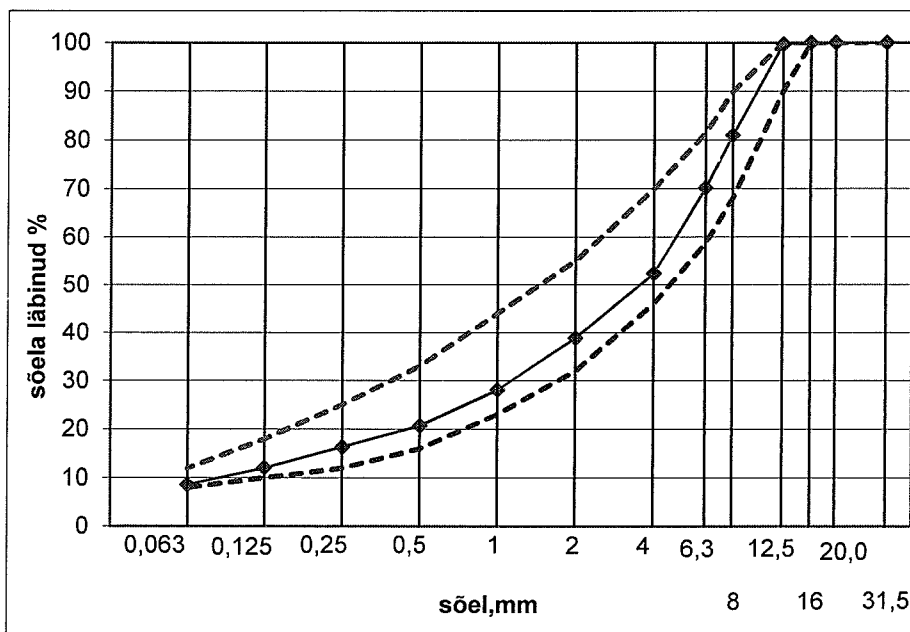
Proovi võtmise aeg: 5.08.2014 kell: 15.15
Segu mark: AC 12 surf Segu tootja: Tref AS
Töö kirjeldus: Märkus:

Asfaltbetoonsegu sideaine sisaldus määrati vastavalt meetodile EVS-EN 12697-1:2012 ja terastikuline koostis vastavalt meetodile EVS-EN 12697-2:2003+A1:2007.

Lahustuv sideaine, %
5,5

Katsetulemused:
Segukõvera välja piirid on võetud standardist EVS 901-3:2009
SÕELKÕVER

Sõela ava mm	Sõela läbind % kivimat. 'st
31,5	100
20	100
16	100
12,5	100
8	81
6,3	70
4	52
2	39
1	28
0,5	21
0,25	16
0,125	12
0,063	8,6



Märge: Katsetulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta

Margus Soa
Labori juhataja
6061904, 5219586

Õiendit on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori luba.

Labori õiend

1/1

Sisse võetud
nr. 194
16.09.2014

LISA 2



CA Konsult
värmefotografering



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks



ESTONIAN ROAD CLUSTER

Report from the thermal imaging

2014

EAPA / TREF

Object: Road 21 Rakvere - Luige

Paver: Vögele Super 1802 with insert

Feeder: MT 3000-2 Offset with conical augers

Result

Thermal measurement: GPTux 34
 Operator: Emil Boström
 Project leaders: Estonian Asphalt Pavement Association
 Märt Puust
 Construction Manager: TREF
 Object: Road 21 Rakvere - Luige
 Occupancy: Wearing course AC12surf 70/100
 Evaluation of data: CA Konsult

Tallin 2014-08-08


 Conny Andersson

Heat Measurements

Heat Measurements have been carried out according to method described MB 119 Deviation calibration, control: Since measurements are the basis for valuation of the share of risk related to the moving average gives the calibration of measurement equipment the supplier has performed sufficient security.

Result 2014-08-06 Conventional production

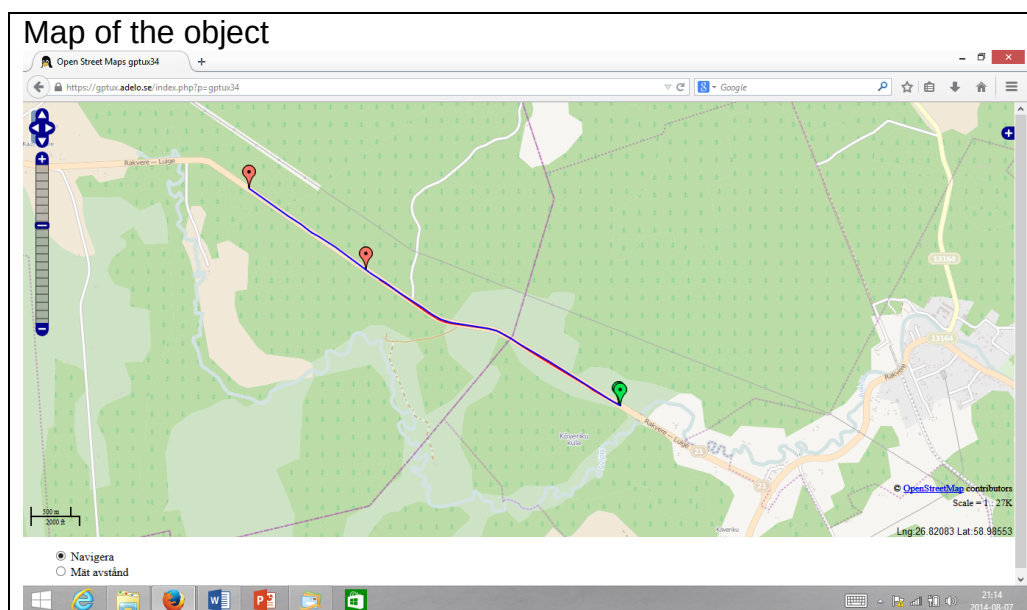
Risk Factor in average for 900 meter production after correction for foreign matter and irrelevant data is **7,4 %**.

Result 2014-08-05 Production with Feeder MT 3000-2 Offset

Risk Factor in average for 900 meter production after correction for foreign matter and irrelevant data is **2,7 %**.

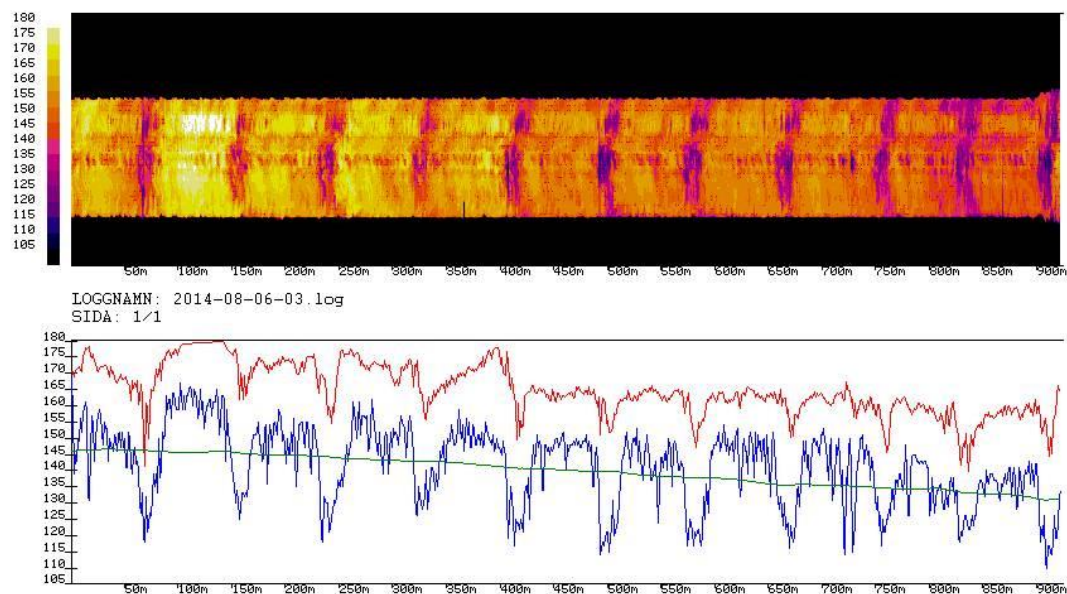
Comments

Transport distance was about 90 km 2014-08-06 and 60 km 2014-08-05



2014-08-06 Conventional production

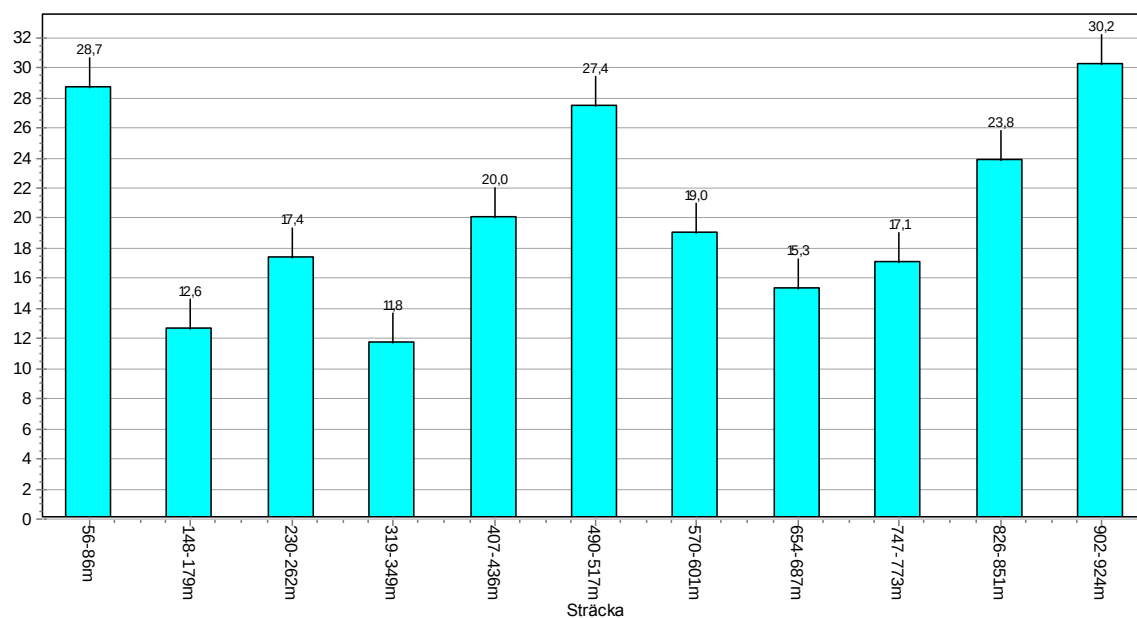
Risk factor 7,4 %



Risk Area by load switching average 20.3 m²

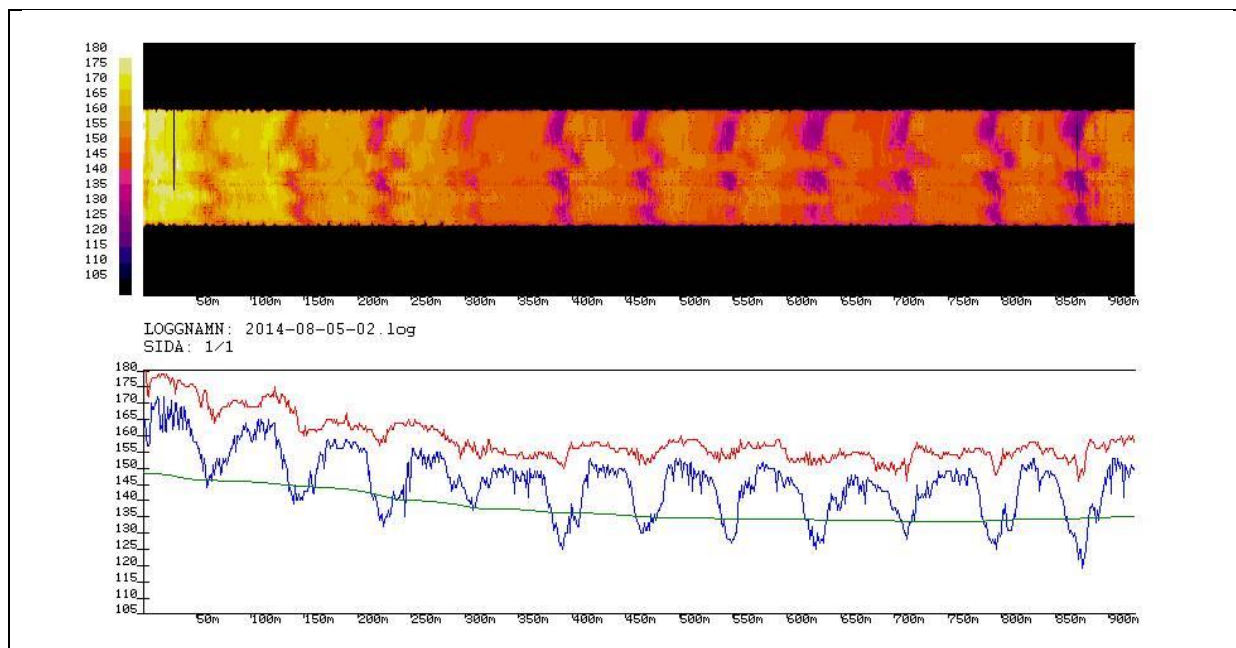
Riskyta per lastbyte 2014-08-06-03

Medelvärde av lastbyten med riskyta: 20,3 m²

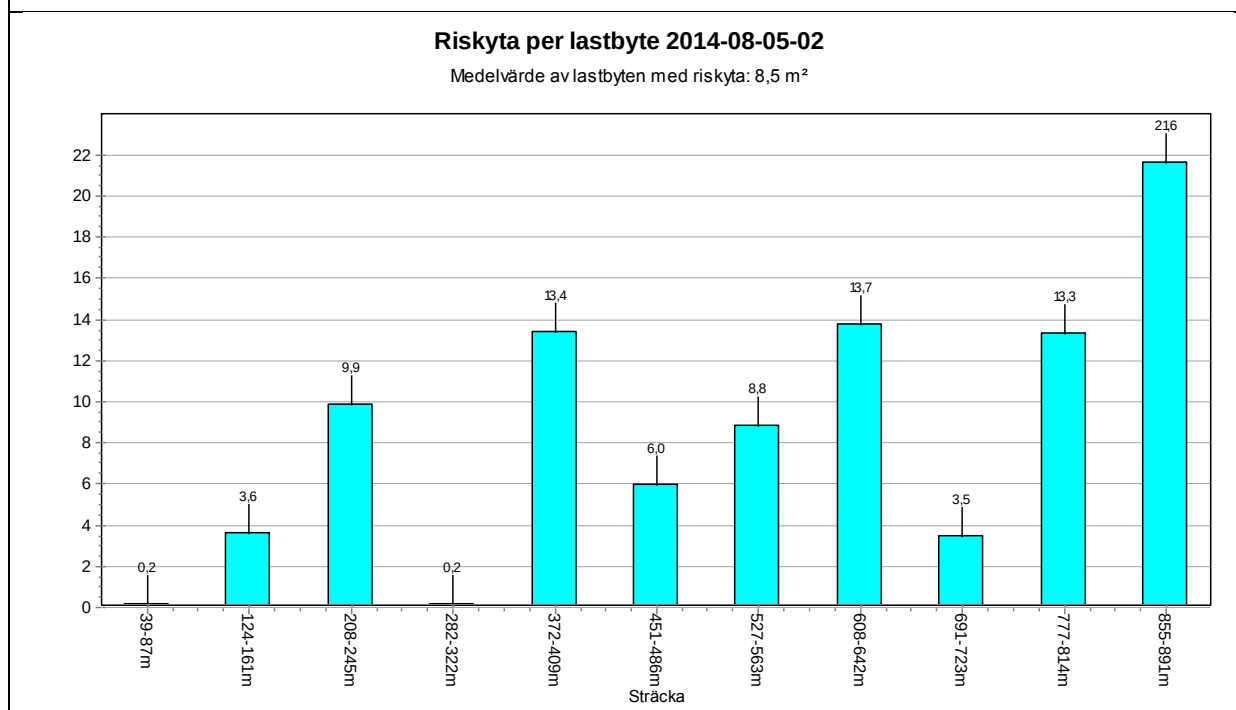


2014-08-05 Production with Feeder MT 3000-2 Offset. Conical augers

Risk factor 2,7 %



Risk Area by load switching average 8,5 m²

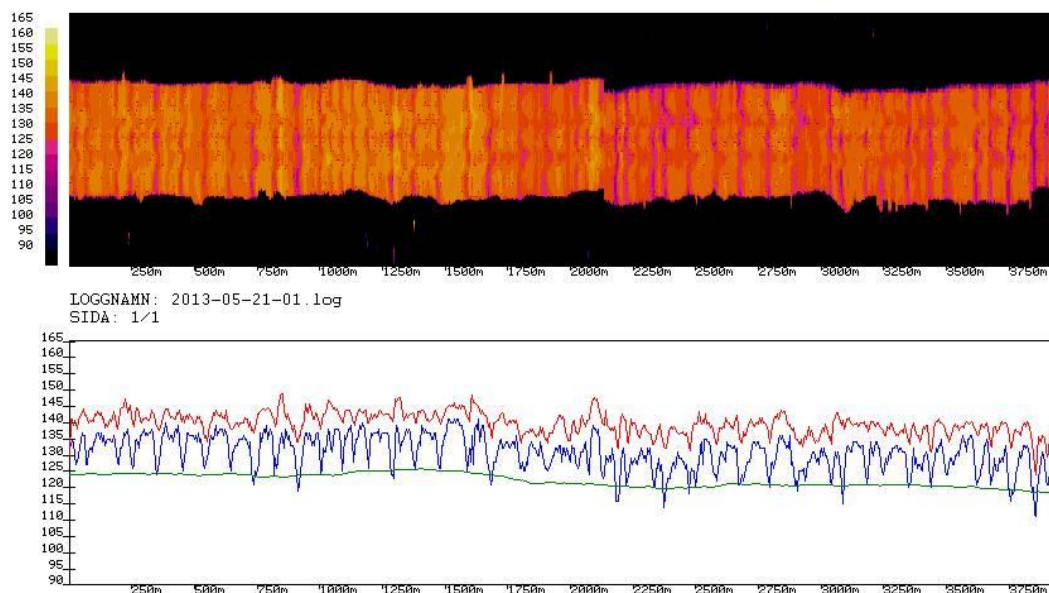


Optimal production with Feeder MT 3000-2 Offset.

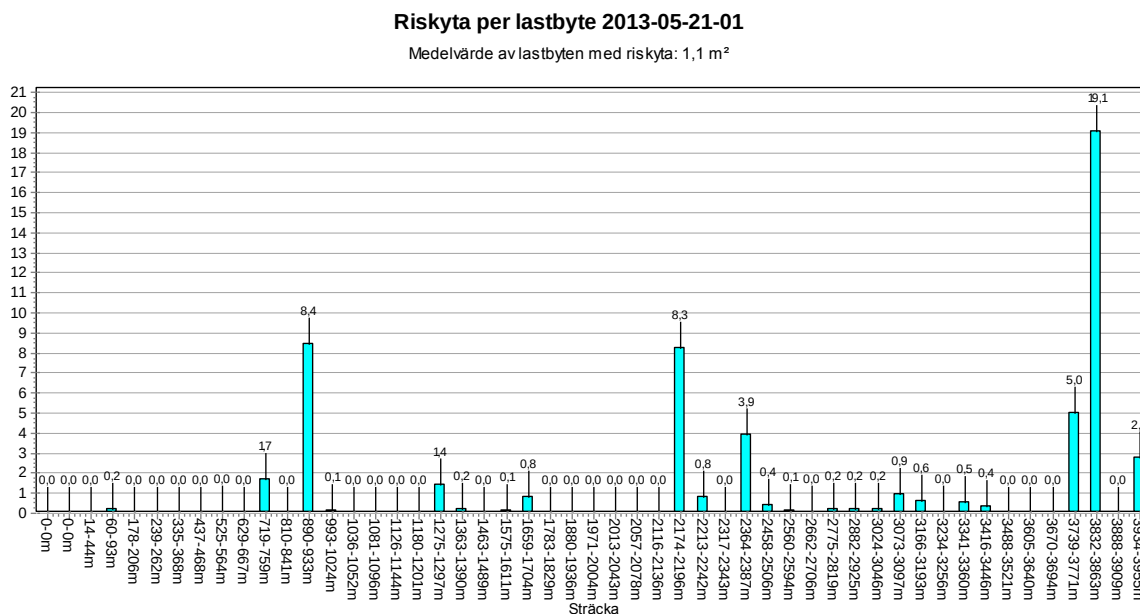
Feeder with conical augers

The transport was made in insulated trucks with good loading technique
(Result from Sweden in 2013)

Risk factor 0,4 %



Risk Area by load switching average 1,1 m²



LISA 3

FLIR E-Series

Compact Infrared Cameras with On-board Visual Camera, Wi-Fi Connectivity, P-i-P and Bright LED Light

Presenting the best performance and value in compact thermal imaging cameras ever, designed to fit beautifully into your IR inspection program, budget, and the palm of your hand. E-Series cameras offer:

Superior Thermal Imaging – Up to 76,800 pixels (320 x 240) for better long-range accuracy and the highest level of point & shoot camera IR resolution

Improved Digital Camera – 3.1 megapixel resolution provides clearest visible light pictures in its class and includes bright LED lamp that doubles as a flashlight (2 megapixel for E30 model)

Large Landscape Touchscreen – Brighter than other brands, the E-Series touchscreen provides an intuitive interface that takes full advantage of the entire 3.5" display for easy access to on-screen diagnostics tools

New! Wi-Fi Connectivity* – Send images and data to an iPhone®, iPad®, iPod touch®, or Android™ to share images and critical information quickly using FLIR Tools Mobile app

Accurate Temperature Measurements – Accuracy calibrated within $\pm 2^{\circ}\text{C}$ or 2% of reading to meet the standard you can always trust FLIR to deliver

Scalable P-i-P and Thermal Fusion* – Overlay thermal and visible images for easy location identification and clearer documentation (E50 and E60 only. E40 with fixed picture-in-picture)

Multiple Measurements – Add up to 3 box areas and 3 moveable spots using the touchscreen to gather more detailed temperature information (1 box area and 1 spot for E30 model)

MeterLink* – Wirelessly transmit vital diagnostic data from clamp and moisture meters directly to the camera for annotating thermal images to further support findings and decisions

Annotation* – Add voice comments via Bluetooth headset and text notes from the touchscreen keypad

InstantReport – Generate a professional PDF document directly from the camera right on site (preloaded on E60 only)

Includes – Memory Card with adapter (stores >1000 Radiometric JPEG images), Li-Ion rechargeable battery, power supply, USB cable, video cable, hand strap, camera lens cap, hard case, and standard FLIR Tools software CD-ROM

*Not available on E30

Kits available with PRO Software Bundle. See back for details.



Wi-Fi Connectivity



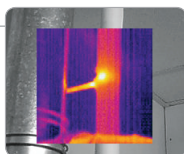
Large 3.5" Touchscreen



Visible Light Pictures
Align with Thermal
Images: 3.1MP Digital
Camera, LED Lamp,
and Laser Pointer



Large Backlit Buttons
For Easy Push Button
Operation



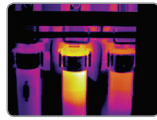
Picture-in-Picture
(P-i-P) Display



Wireless METERLiNK™
Communication via
Bluetooth®



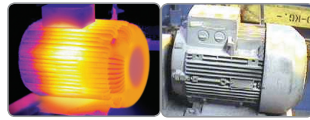
Applications



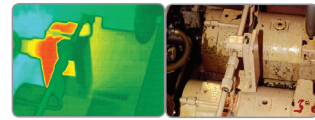
Electrical: Hot Fuses



Motor: Internal Winding Problem



Motor: Bearing Problem



Imaging Specifications

FEATURES	FLIR E30	FLIR E40	FLIR E50	FLIR E60
Temperature range	-4 to 662°F (-20 to 350°C)	-4 to 1202°F (-20 to 650°C)	-4 to 1202°F (-20 to 650°C)	-4 to 1202°F (-20 to 650°C)
Thermal sensitivity (N.E.T.D)	<0.1°C at 30°C	<0.07°C at 30°C	<0.05°C at 30°C	<0.05°C at 30°C
Detector Type - Focal plane array; (FPA) uncooled microbolometer	160 x 120 pixels	160 x 120 pixels	240 x 180 pixels	320 x 240 pixels
Picture-in-Picture (P-i-P)/Fusion	—	Fixed P-i-P	Scalable P-i-P/Thermal Fusion	Scalable P-i-P/Thermal Fusion
MPEG 4 Video Recording	—	Yes	Yes	Yes
Video Camera w/Lamp	2MP/Bright LED Lamp	3.1MP/Bright LED Lamp	3.1MP/Bright LED Lamp	3.1MP/Bright LED Lamp
Digital Zoom	—	2X Continuous	4X Continuous	4X Continuous
Image annotation	—	Voice (60s)/Text Comments	Voice (60s)/Text Comments	Voice (60s)/Text Comments
Moveable Spot	1 Spotmeter	3 Spotmeters	3 Spotmeters	3 Spotmeters
Area Box	1 Area Box	3 Area Boxes (full image with min/max/avg)	3 Area Boxes (full image with min/max/avg)	3 Area Boxes (full image with min/max/avg)
Delta T	—	Yes	Yes	Yes
Data Communication Interface	USB-mini, USB-A, Composite Video	USB-mini, USB-A, Composite Video, Bluetooth, Wi-Fi	USB-mini, USB-A, Composite Video, Bluetooth, Wi-Fi	USB-mini, USB-A, Composite Video, Bluetooth, Wi-Fi
COMMON FEATURES				
Frame Rate	60Hz			
Field of view / Focus	25° x 19° / Manual (Minimum focus distance 1.3ft/0.4m)			
Spectral range	7.5 to 13µm			
Display	Built-in 3.5" color LCD			
Image modes	Thermal, visual, and image gallery			
Image Storage	>1000 radiometric JPEG images (SD card memory)			
Laser Classification/Type	Class 2/Semiconductor AlGaInP Diode Laser: 1mW/635nm (red)			
Set-up controls	Mode selector, color palettes, configure image info, units, language, date and time formats, and image gallery			
Measurement modes	Auto hot/cold spot, Isotherm (above/below/interval)			
Measurement Correction	Reflected ambient temperature & emissivity correction			
Battery Type/Operating Time	Li-Ion/ >4 hours, Display shows battery status			
Charging system	In camera AC adapter/2 bay charging system			
Shock/Vibration/Drop / Encapsulation; Safety	25G, IEC 60068-2-29/ 2G, IEC 60068-2-6/ Drop-proof 2m (6.6ft) IP54; EN/UL/CSA/PSE 60950-1			
Dimensions/Weight	9.7x3.8x7.2" (246x97x184mm)/<1.82lbs (825g), including battery			

Ordering Information

49001-1801	FLIR E30 Thermal Imaging Infrared Camera (160x120)
49001-1801-KIT	FLIR E30 with PRO Software Bundle
49001-2001	FLIR E40 Thermal Imaging Infrared Camera (160x120)
49001-2001-KIT	FLIR E40 with PRO Software Bundle
49001-2101	FLIR E50 Thermal Imaging Infrared Camera (240x180)
49001-2101-KIT	FLIR E50 with PRO Software Bundle
49001-0602	FLIR E60 Thermal Imaging Infrared Camera (320x240)
49001-0602-KIT	FLIR E60 with PRO Software Bundle

ACCESSORIES

T197752	Li-Ion Rechargeable Battery
T910814	AC Adapter Charger (110-240V, U.S. Plug)
1910490	Cigarette Lighter Adapter Kit, 12VDC (1.2m cable)
T198125	2-Bay Battery Charger including Power Supply (multi plugs)
T197771	Bluetooth® Headset
T197717	FLIR Reporter Professional Analysis Software
1196961	15° Telephoto Lens
1196960	45° Wide Angle Lens
T197926	Tripod adapter
T127100	Sunshield
T911087	Pouch

Camera Kits with PRO Software Bundle

Increase the power of the camera data by adding a powerful software for creating compelling and professional, fully customized, easy-to-interpret maintenance reports.

Professional Report Wizard guides you step-by-step instructions combining all IR inspection data - infrared and visual images, temperature measurements, and text notes - into a professional, easy-to-interpret maintenance report.



10-Year Detector Protection
5-Year Battery
2-Year Parts & Labor



BOSTON

FLIR Systems, Inc.
PH: +1 866.477.3687
PH: +1 978.901.8000

PORTLAND

Corporate Headquarters
FLIR Systems, Inc.
PH: +1 866.477.3687

CANADA

FLIR Systems, Ltd.
PH: +1 800.613.0507

MEXICO/LATIN AMERICA

FLIR Systems Brasil
Av. Antonio Bardella
PH: +55 15 3238 8070



METROSERT

Teaduspargi 8, Tallinn 12618
Temperatuuri riigietaloni labor
National Standard Laboratory for Temperature
Riia 181C, Tartu 51014



Akrediteeritud
K001

KALIBREERIMISTUNNISTUS

Calibration Certificate

Kalibreerimistunnistus nr

Calibration Certificate No

ET – 13/34

Kuupäev

Date

09.12.2013

Leht

Page

1(3)

Tellijä

Customer

Address

Address

Maanteeamet

Pärnu mnt. 463A, 10916 Tallinn

Mõõtevahend

Measuring instrument

Termokaamera

Valmistaja

Manufacturer

FLIR Systems AB

Tüüp

Type

Number

Serial number

E30

49202176

Kalibreerimisele esitatud

Date of receipt

28.11.2013

Kalibreeritud

Date of calibration

02.12.2013...09.12.2013

Lehti

Number of pages

3

T. Kübarsepp

Mõõtmiste eest vastutav isik
The person responsible for the
measurements

F. Noorma

Kalibreeris
Calibrated by

Allkirjad
Signatures

Lisad

Documents attached

Riigietaloni laborit haldab AS Metrosert Eesti Vabariigi Mõõteseaduse alusel.

The National Standard Laboratory is operated by Metrosert Ltd according to the Metrology Act of Republic of Estonia.

Akrediteeritud kalibreerimislabor AS Metrosert kalibreerib mõõtevahendeid ja väljastab kalibreerimistunnistusi Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) akrediteerimisotsuse ulatuses ning sellele vastavates mõõtemääramatuse piirides. Käesolevas kalibreerimistunnistuses antud mõõtetulemused on jälgitavad Rahvusvahelise ühikute süsteemi SI ühikuteni. EAK on Euroopa Akrediteerimisalase Koostööorganisatsiooni (EA) liige ja on ühinenud EA liikmete vahelise vastastikuse tunnustamise leppega (MLA).

The measurements carried out and the Certificates of Calibration issued by an Accredited Laboratory comply with the measurement ranges and uncertainties approved by the Estonian Accreditation Centre (EAK). The measurement results issued by the Laboratory are traceable to the units of International System of Units (SI). EAK is a Member of EA (European co-operation for Accreditation) and a signatory to the EA MLA (Multilateral Agreement).

Kalibreerimistunnistust võib paljundada tema täies mahus. Kalibreerimistunnistuse osaline paljundamine on lubatud ainult tunnistust väljastava labori kirjalikul loal.

This Certificate may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing Laboratory.

1 Kalibreerimisvahendid. Calibration equipment

Kalibraator Fluke 4180 nr. A82016;
plaatinatakistustermomeeter Hart Scientific 5622-16 nr. 31P301927;
plaatinatakistustermomeeter Hart Scientific 5622-16 nr. 31P301922;
temperatuurinäidik Hart Scientific 1529 nr. A44621.

2 Jälgitavus. Traceability

Riigietaloni labori mõõtetulemused on jälgitavad Mittatekniikan keskuse (MIKES, Soome) temperatuuri ja takistuse etalonideni.

3 Kalibreerimisjuhend/-metoodika, -meetod; mõõteprotseduuri lühikirjeldus.

Calibration instruction or method, short description of the calibration procedure

Mõõtmised sooritati vastavalt termograafiliste instrumentide kalibreerimise juhendile KJ/ET-3.01 Termokaamera parand määrati viiel temperatuuril: (+25; +50; +75; +100; +120) °C. Termokaamera fokuseeriti kalibraatori kiirgavale pinnale ning igal mõõdetaval temperatuuril salvestatati viis termogrammi. Termokaamera kalibreeriti temperatuurikalibraatoriga Fluke 4180, mille ringikujulise musta pinna läbimõõt on 15 cm ja kiirgustegur $\epsilon=0,95$. Termokaamera kaugus mõõdetavast pinnast oli 35 cm. Termokaamera seaded mõõtmise ajal: kiirgustegur $\epsilon=0,95$, keskkonna temperatuur 21 °C, õhuniiskus 40 %, kaugus objektist 0,35 m, mõõtepiirkond (-20...+120) °C.

4 Tulemused. Results

Käesolevas tunnistuses esitatud temperatuuri väärtused põhinevad rahvusvahelisel temperatuuriskaalal ITS-90.

Tabel 1. Mõõtetulemused.

Temperatuur / °C	Termokaamera keskmine näit / °C*	Parand näidule / °C
25,0	25,4	-0,4
50,0	50,3	-0,3
75,0	74,5	0,5
100,0	99,4	0,6
120,0	119,1	0,9

*Termokaamera keskmised näidud on arvutatud pikslite väärtustest koordinaatidega (54;80)...(106;41).

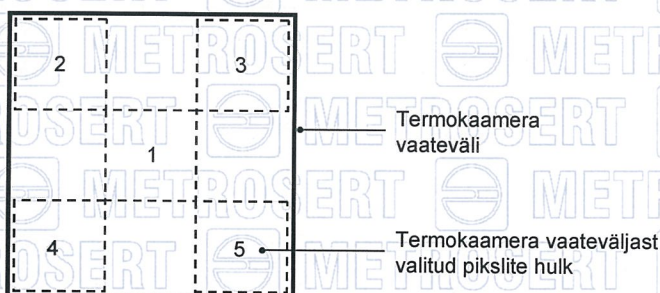
Mõõtetulemused kehtivad termokaamerast kuni 35 cm kaugusel asuvate objektide puhul, mille kiirgustegur on $\epsilon=0,95$.

Termokaameral ei ole defektseid piksleid.

Tabel 2. Detektori ebaühtlusest tingitud parandid:

Asukoht joonisel 1	Temperatuur / °C	Pikslite koordinaadid (x ₁ :y ₁)-(x ₂ :y ₂)	Termokaamera keskmine näit / °C*	Parand näidule / °C
1	120,0	Keskel (54;80)...(106;41)	119,1	0,9
2	120,0	Üleval vasakul (1;120)...(53;80)	119,4	0,6
3	120,0	Üleval paremal (107;120)...(160;81)	119,2	0,8
4	120,0	All vasakul (1;40)...(53;1)	118,9	1,1
5	120,0	All paremal (107;40)...(160;1)	118,6	1,4

Joonis 1- Detektori pikslite ebaühtluse määramine



*Termokaamera vaateväljast valitud pikslite temperatuuriväärtustest arvatud keskmine väärtus.

5 Määramatus. Uncertainty of measurement

Termokaamera kalibreerimise laiendmõõtemääramatus on 2 °C. Mõõtemääramatuse hindamisel on arvesse võetud kõik teadaolevad mõjurid, mis annavad panuse määramatuse lõpphinnangusse, millest olulisemad on: mõõteobjekti kiirgusvõime ϵ väärtuse määramatus, detektori pikslite mõõtesignaali ebaühtlus, mõõtmiste lühiajaline korduvus ja korratavus.

Esitatud mõõtmise laiendmääramatus on saadud mõõtmise standardmääramatusest, korrutades seda katteteguriga $k=2$, mis normaalaotuse korral vastab ligikaudu 95% katvustõenäosusele. Kalibreeritud mõõtevahendi pikaajalist stabiilsust ei ole arvesse võetud. Mõõtmise standardmääramatust on hinnatud kooskõlas EA juhenddokumendiga EA-4/02.

6 Keskkonnatingimused. Environmental conditions

Kalibreerimine toimus laboratooriumi temperatuuri $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ja suhtelise õhuniiskuse $(40 \pm 10) \%$ juures.

F. Noor



METROSERT

Teaduspargi 8, 12618 Tallinn
Temperatuuri riigietaloni labor
National Standard Laboratory for Temperature
Riia 181C, 51014 Tartu

Mõõteprotokoll Measurement report

Mõõteprotokoll nr
Measurement report No
ET – 13/35

Kuupäev
Date
11.12.2013

Leht
Page
1(3)

Tellija
Customer

Maanteeamet

Address
Address

Pärnu mnt. 463A, 10916 Tallinn

Mõõtevahend
Measuring instrument

Termokaamera

Valmistaja
Manufacturer

Flir Systems AB

Tüüp
Type

E30

Number
Serial number

49202176

Mõõtmisteks esitatud
Date of receipt

28.11.2013

Mõõtmiste sooritamise aeg
Date of measurements

09.12.2013...10.12.2013

Lehti
Number of pages

3


T. Kübarsepp

Allkirjad
Signatures


F. Noorma

Mõõtmiste eest vastutav isik
The person responsible for the
measurements

Mõõtmised teostas
Measured by

Lisad
Documents attached

Riigietaloni laborit haldab AS Metrosert Eesti Vabariigi Mõõteseaduse alusel.

The National Standard Laboratory is operated by Metrosert Ltd according to the Metrology Act of Republic of Estonia.

Mõõteprotokollil võib paljundada tema täies mahus. Mõõteprotokollil osaline paljundamine on lubatud ainult protokollil väljastava labori kirjalikul loal.

This report may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing Laboratory.

1 Mõõtevahendid. Measurement equipment

Kalibraator Fluke 9132 nr. A44286;
plaatinatakistustermomeeter Hart Scientific 5622-16 nr. 31P301927;
plaatinatakistustermomeeter Hart Scientific 5622-16 nr. 31P301922;
temperatuurinäidik Hart Scientific 1529 nr. A44621.

2 Jälgitavus. Traceability

Riigietaloni labori mõõtetulemused on jälgitavad Mittatekniikan keskuse (MIKES, Soome) temperatuuri ja takistuse etalonideni.

3 Mõõteprotseduuri lühikirjeldus.

Short description of the measurement procedure

Termokaamera parand määrati kolmel temperatuuril: (+150; +175; +200) °C. Termokaamera fokuseeriti kalibraatori kiirgavale pinnale ning igal mõõdetaval temperatuuril salvestatati viis termogrammi. Termokaamera kalibreeriti temperatuurikalibraatoriga Fluke 9132, mille ringikujulise musta pinna läbimõõt on 6 cm ja kiirgustegur $\epsilon=0,95$. Termokaamera kaugus mõõdetavast pinnast oli 35 cm.

Termokaamera seaded mõõtmise ajal: kiirgustegur $\epsilon=0,95$, keskkonna temperatuur 21°C, õhuniiskus 40 %, kaugus objektist 0,35 m, mõõtepiirkond (0...+350) °C.

4 Tulemused. Results

Käesolevas tunnistuses esitatud temperatuuri väärtused põhinevad rahvusvahelisel temperatuuriskaalal ITS-90.

Tabel 1. Mõõtetulemused.

Temperatuur / °C	Termokaamera keskmine näit / °C*	Parand näidule / °C
150,0	148,8	1,2
175,0	173,5	1,5
200,0	197,8	2,2

*Termokaamera keskmised näidud on arvutatud pikslite väärtustest koordinaatidega (65;71)...(95;49).

Mõõtetulemused kehtivad termokaamerast kuni 35 cm kaugusel asuvate objektide puhul, mille kiirgustegur on $\epsilon=0,95$.

F. Noor

5 Määramatus. Uncertainty of measurement

Termokaamera mõõtmise laiendmõõtemääramatus on 3 °C. Mõõtemääramatuse hindamisel on arvesse võetud kõik teadaolevad mõjurid, mis annavad panuse määramatuse lõpphinnangusse, millest olulisemad on: mõõteobjekti kiirgusvõime ε väärtuse määramatus, detektori pikslite mõõtesignaali ebaühtlus, mõõtmiste lühiajaline korduvus ja korratavus.

Esitatud mõõtmise laiendmääramatus on saadud mõõtmise standardmääramatusest, korrutades seda katteteguriga $k = 2$, mis normaalkaotuse korral vastab ligikaudu 95% katvustõenäosusele. Kalibreeritud mõõtevahendi pikaajalist stabiilsust ei ole arvesse võetud. Mõõtmise standardmääramatust on hinnatud kooskõlas EA juhenddokumendiga EA-4/02.

6 Keskkonnatingimused. Environmental conditions

Mõõtmised toimusid laboratooriumi temperatuuri $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ja suhtelise õhuniiskuse $(40 \pm 10) \%$ juures.

F. Naatim

Lisa 4. Mustvee ilmajaama andmed (Weather Underground)

05.08.2014

Temperature

Keskmine temperatuur 24 °C

Maks. temperatuur 28 °C

Min. temperatuur 18 °C

Sademed

Sademed 0.0 mm

Merepinnaile taandatud õhurõhk

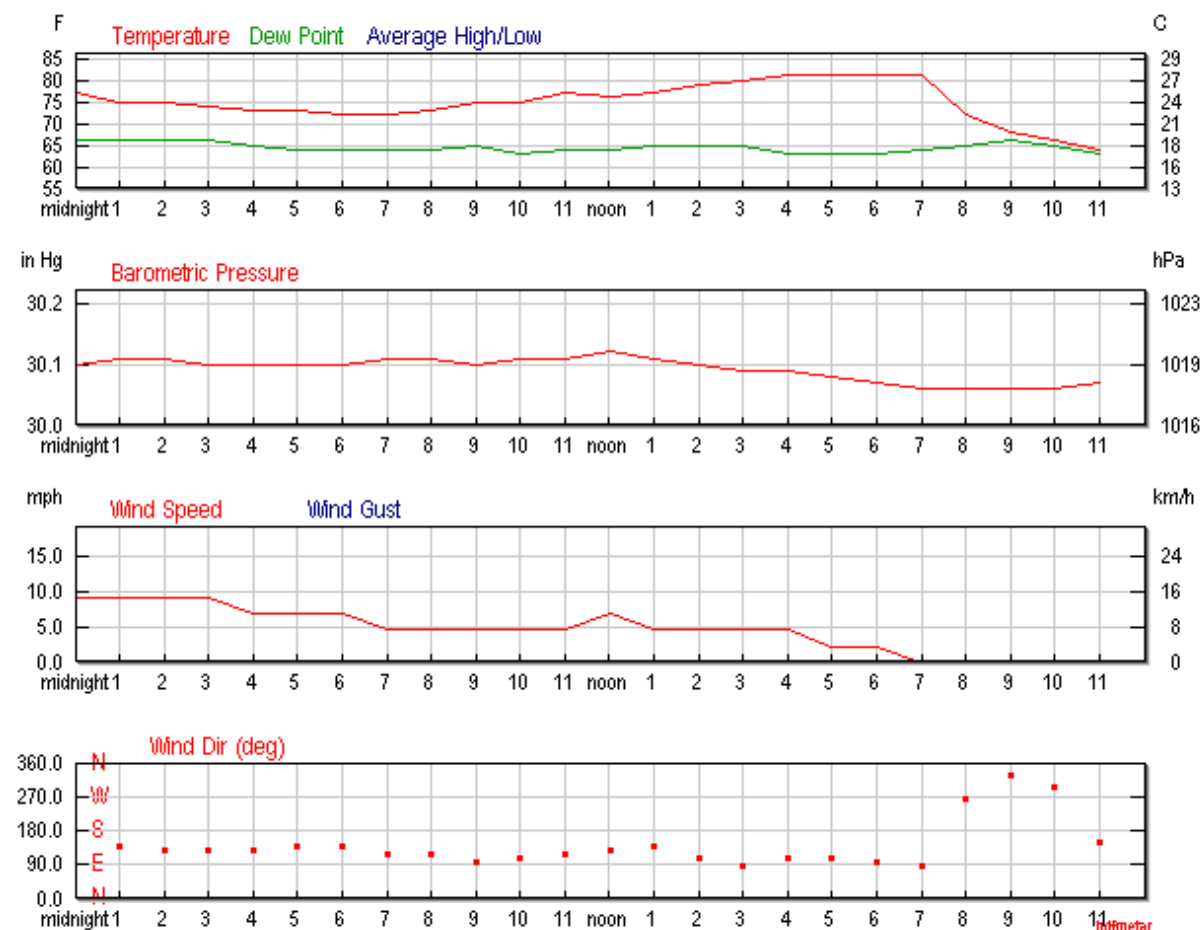
Merepinnaile taandatud õhurõhk 1018.92 hPa

Tuul

Tuule kiirus 8 km/h ()

Maksimaalne tuule kiirus 14 km/h

Nähtavus 20.5 kilomeetrit



06.08.2014

Temperatuur

Keskmine temperatuur

22 °C

Maks. temperatuur

28 °C

Min. temperatuur

17 °C

Sademed

Sademed

0.0 mm

Merepinnaale taandatud õhurõhk

Merepinnaale taandatud õhurõhk

1017.79 hPa

Tuul

Tuule kiirus

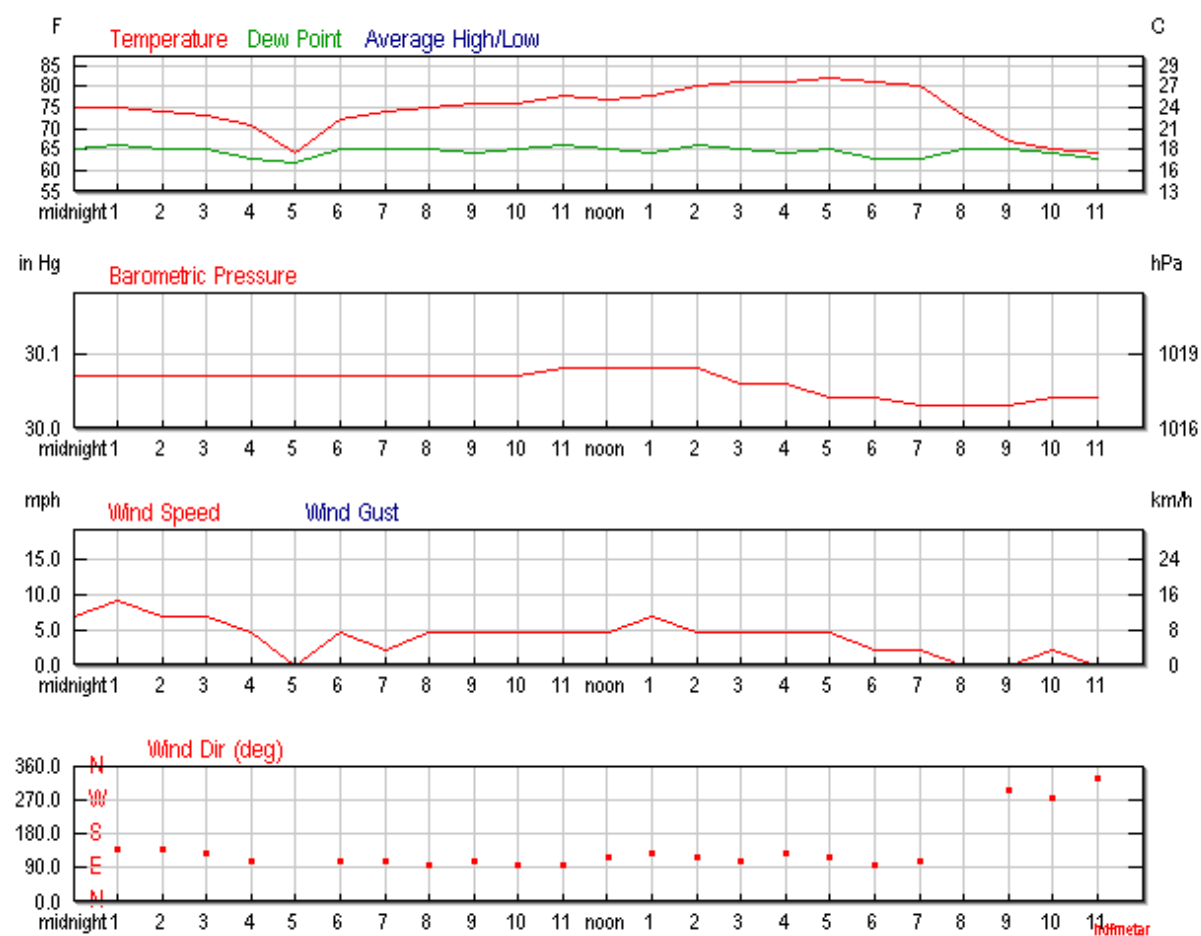
7 km/h ()

Maksimaalne tuule kiirus

14 km/h

Nähtavus

21.0 kilomeetrit



Lisa 5. Motivatsioonisüsteemi tõhustamise mõju taastusremondi kulude vähendamisele

Üldandmed	
Taastusremondiga hõlmatava teedevõrgu pikkus, km	3000
Ehitusobjektide katete maht aastas, km	120
Taastusremondi maht aastas (2014), km	180
Katete maht kokku aastas, km	300
Katte keskmine laius, m	10
Katete pindala, m2	3000000
Katete kogumaksumus, mln €/aastas	45

Meetmete maksumused, €/m2

Baasvariant	0,0
Variant A	0,2
Täiendatakse mõnevõrra motivatsioonisüsteemi, töövõtjad parendavad mõnevõrra kvaliteeti (sh. kasut. osal. sooj. veokaste ja sőtõtjat)	
Variant B	0,4
Täiendatakse oluliselt motivatsioonisüsteemi, töövõtjad parendavad oluliselt kvaliteeti (sh. kasut. sageli sooj. veokaste ja sőtõtjat)	
Variant C	0,6

Motivatsioonisüsteemi täiendatakse lisaks boonussüsteemiga, töövõtjad püüavad saavutada maksimaalset kvaliteeti (sh. kasut. alati sooj. veokaste ja sőtõtjat)

Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C
0	0,2	0,4	0,6
15	15,2	15,4	15,6
0	2	4	6

Aasta	Katete ehituse vajadus aastas, km			
	Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C
0	300	300	300	300
1	300	300	300	300
2	300	300	300	300
3	300	300	300	300
4	300	300	300	300
5	300	300	300	300
6	300	300	300	300
7	300	300	300	300
8	300	300	300	300
9	300	300	300	300
10	300	120	120	120
11	300	120	120	120
12	300	300	120	120
13	300	300	120	120
14	300	300	300	120
15	300	300	300	120
16	300	300	300	300
17	300	300	300	300
18	300	300	300	300
19	300	300	300	300
20	300	300	300	300
21	300	300	300	300
22	300	120	300	300
23	300	120	300	300
24	300	300	120	300
25	300	300	120	300
26	300	300	120	120
27	300	300	120	120
28	300	300	300	120
29	300	300	300	120

Sääst, mln.€

0,0	91,4	185,8	226,8
-----	------	-------	-------

Kulud, mln.€			
Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	18,2	18,5	18,7
45,0	18,2	18,5	18,7
45,0	45,6	18,5	18,7
45,0	45,6	46,2	18,7
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	45,6	46,2	46,8
45,0	18,2	46,2	46,8
45,0	18,2	46,2	46,8
45,0	45,6	18,5	46,8
45,0	45,6	18,5	46,8
45,0	45,6	18,5	18,7
45,0	45,6	18,5	18,7
45,0	45,6	46,2	18,7
45,0	45,6	46,2	18,7

1350,0	1258,6	1164,2	1123,2
Sääst, mln.€			
0,0	91,4	185,8	226,8
Kulud keskmiselt aastas, mln.€			
45,0	42,0	38,8	37,4
Sääst keskmiselt, %			
0,0%	6,8%	13,8%	16,8%

Sääst, mln.€ (diskonteeritud, 4%)

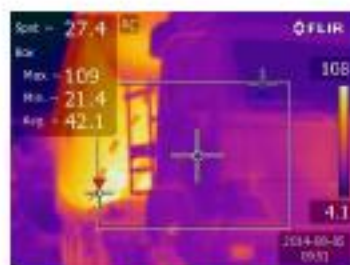
0,0	48,1	89,9	109,3
-----	------	------	-------

Kulud, mln.€ (diskonteeritud, 4%)			
Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C
45,0	45,6	46,2	46,8
43,3	43,8	44,4	45,0
41,6	42,2	42,7	43,3
40,0	40,5	41,1	41,6
38,5	39,0	39,5	40,0
37,0	37,5	38,0	38,5
35,6	36,0	36,5	37,0
34,2	34,7	35,1	35,6
32,9	33,3	33,8	34,2
31,6	32,0	32,5	32,9
30,4	12,3	12,5	12,6
29,2	11,8	12,0	12,2
28,1	28,5	11,5	11,7
27,0	27,4	11,1	11,2
26,0	26,3	26,7	10,8
25,0	25,3	25,7	10,4
24,0	24,3	24,7	25,0
23,1	23,4	23,7	24,0
22,2	22,5	22,8	23,1
21,4	21,6	21,9	22,2
20,5	20,8	21,1	21,4
19,7	20,0	20,3	20,5
19,0	7,7	19,5	19,7
18,3	7,4	18,7	19,0
17,6	17,8	7,2	18,3
16,9	17,1	6,9	17,6
16,2	16,4	6,7	6,8
15,6	15,8	6,4	6,5
15,0	15,2	15,4	6,2
14,4	14,6	14,8	6,0

809,3	761,2	719,3	700,0
Sääst, mln.€ (diskonteeritud, 4%)			
0,0	48,1	89,9	109,3

Kumul. sääst, mln.€ (diskonteeritud, 4%)			
Baasvariant	Variant A	Variant B	Variant C
0,0	-0,6	-1,2	-1,8
0,0	-1,2	-2,4	-3,5
0,0	-1,7	-3,5	-5,2
0,0	-2,3	-4,5	-6,8
0,0	-2,8	-5,6	-8,3
0,0	-3,3	-6,5	-9,8
0,0	-3,7	-7,5	-11,2
0,0	-4,2	-8,4	-12,6
0,0	-4,6	-9,3	-13,9
0,0	-5,1	-10,1	-15,2
0,0	13,0	7,8	2,6
0,0	30,4	25,0	19,6
0,0	30,0	41,6	36,1
0,0	29,7	57,5	51,8
0,0	29,3	56,8	67,0
0,0	29,0	56,2	81,6
0,0	28,7	55,5	80,6
0,0	28,4	54,9	79,7
0,0	28,1	54,3	78,8
0,0	27,8	53,7	78,0
0,0	27,5	53,2	77,2
0,0	27,2	52,7	76,4
0,0	38,5	52,2	75,6
0,0	49,4	51,7	74,9
0,0	49,2	62,0	74,2
0,0	48,9	72,0	73,5
0,0	48,7	81,5	83,0
0,0	48,5	90,7	92,1
0,0	48,3	90,3	100,9
0,0	48,1	89,9	109,3

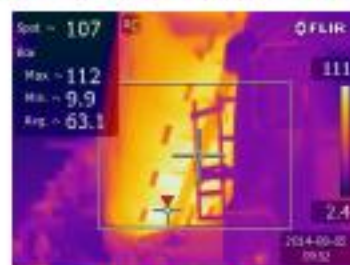
LISA 6



375.jpg



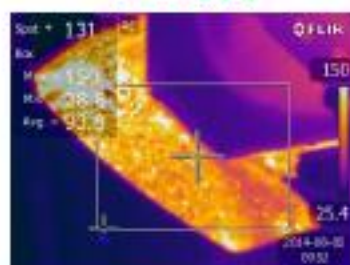
376.jpg



377.jpg



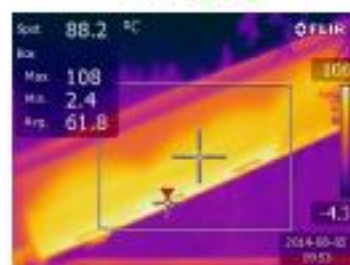
378.jpg



379.jpg



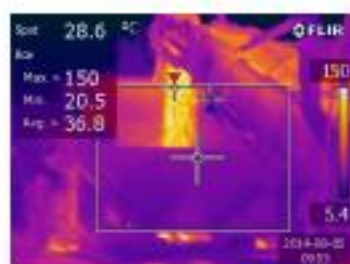
380.jpg



381.jpg



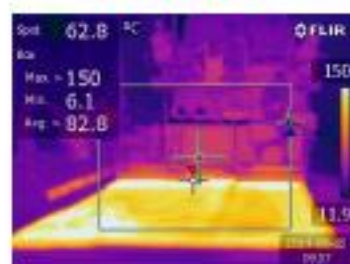
382.jpg



383.jpg



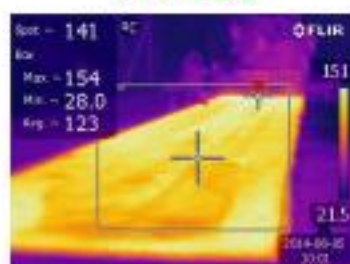
384.jpg



385.jpg



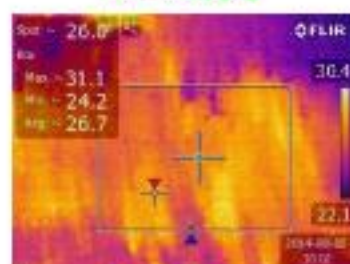
386.jpg



387.jpg



388.jpg



389.jpg



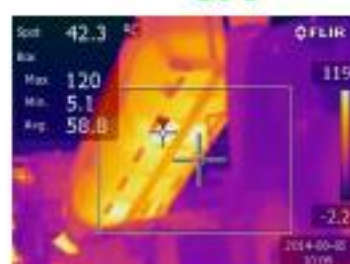
390.jpg



391.jpg



392.jpg



393.jpg



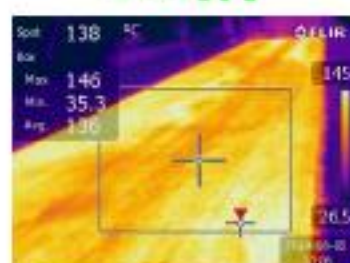
394.jpg



395.jpg



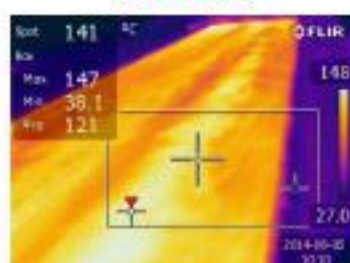
396.jpg



397.jpg



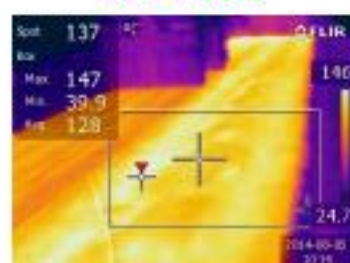
398.jpg



399.jpg



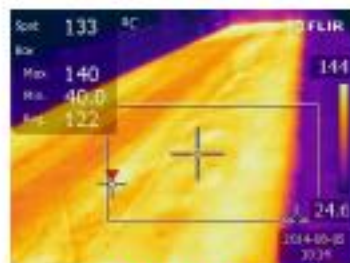
400.jpg



401.jpg



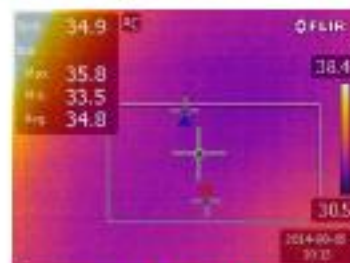
402.jpg



403.jpg



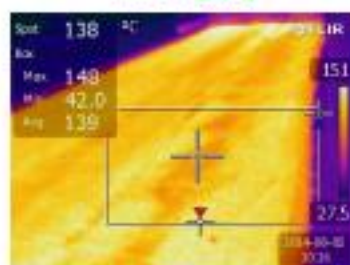
404.jpg



405.jpg



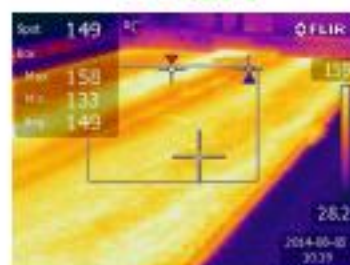
406.jpg



407.jpg



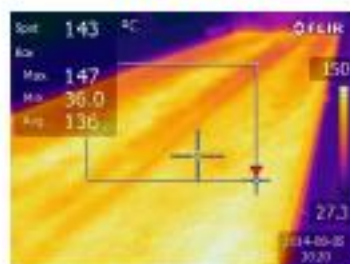
408.jpg



409.jpg



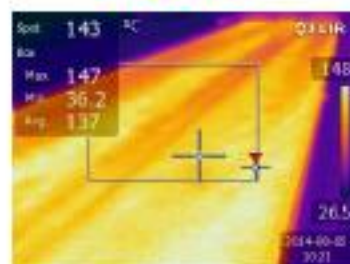
410.jpg



411.jpg



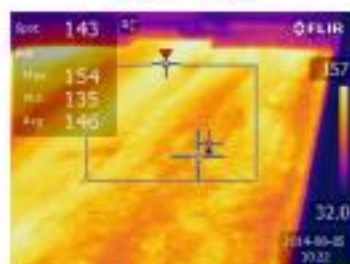
412.jpg



413.jpg



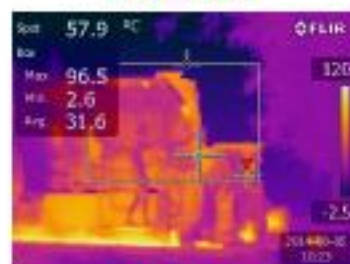
414.jpg



415.jpg



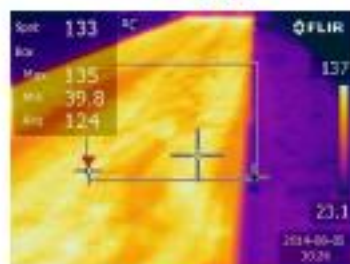
416.jpg



417.jpg



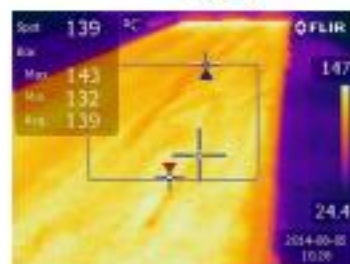
418.jpg



419.jpg



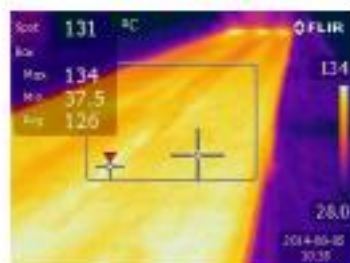
420.jpg



421.jpg



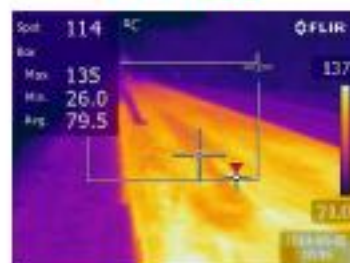
422.jpg



423.jpg



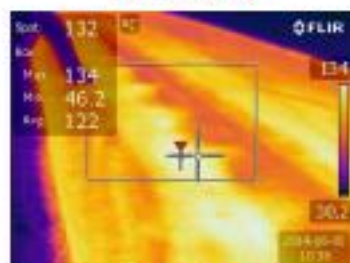
424.jpg



425.jpg



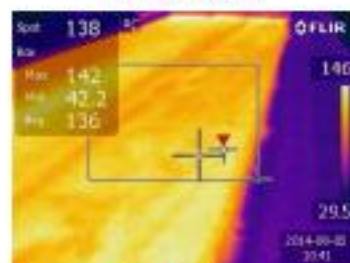
426.jpg



427.jpg



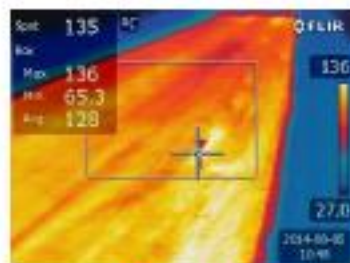
428.jpg



429.jpg



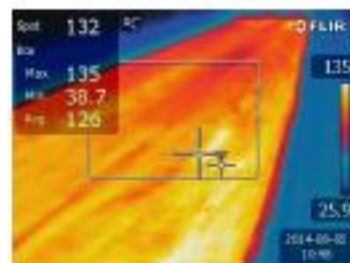
430.jpg



431.jpg



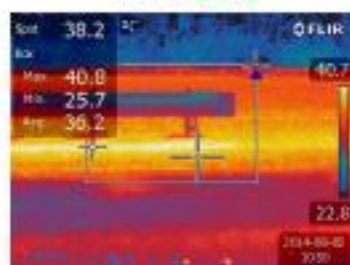
432.jpg



433.jpg



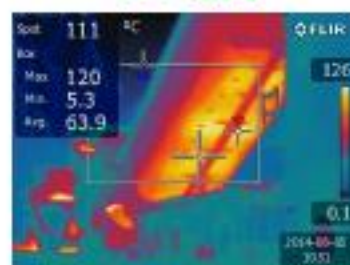
434.jpg



435.jpg



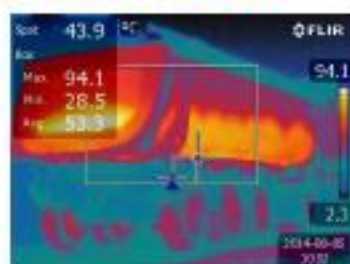
436.jpg



437.jpg



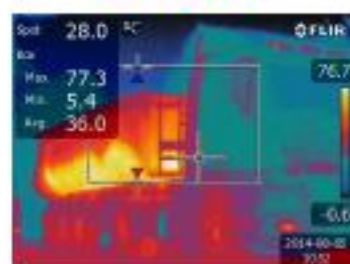
438.jpg



439.jpg



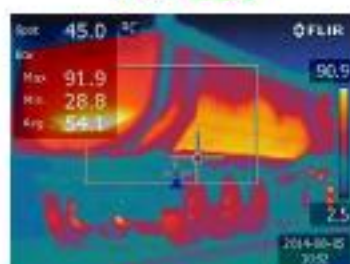
440.jpg



441.jpg



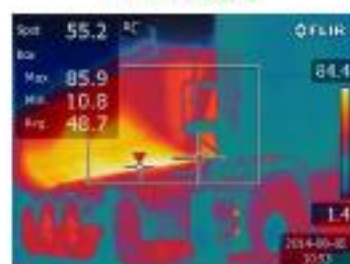
442.jpg



443.jpg



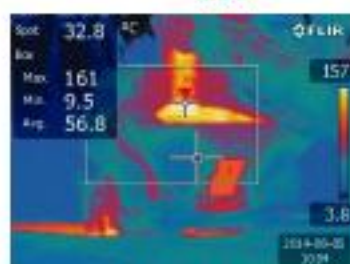
444.jpg



445.jpg



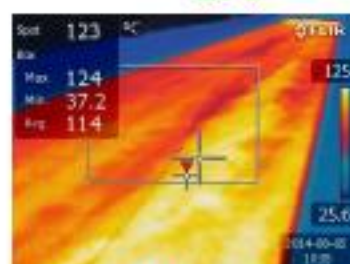
446.jpg



447.jpg



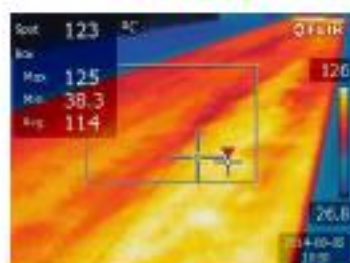
448.jpg



449.jpg



450.jpg



451.jpg



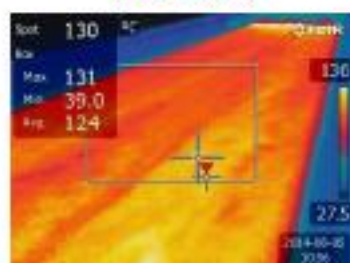
452.jpg



453.jpg



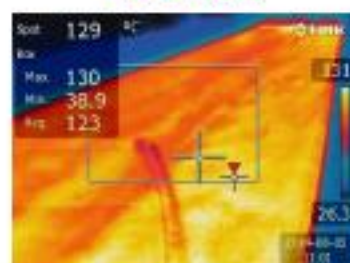
454.jpg



455.jpg



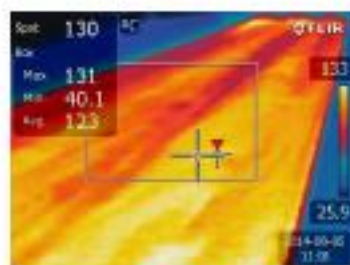
456.jpg



457.jpg



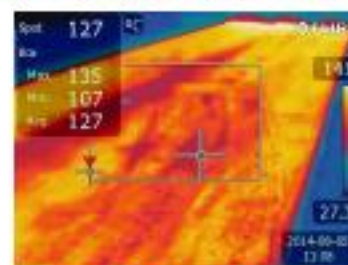
458.jpg



459.jpg



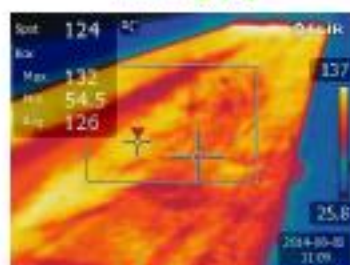
460.jpg



461.jpg



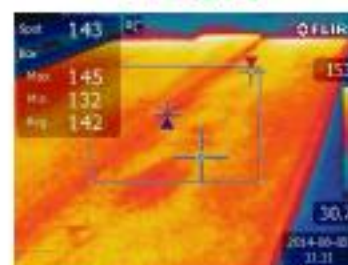
462.jpg



463.jpg



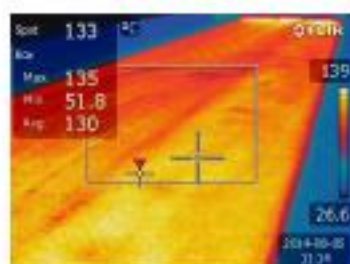
464.jpg



465.jpg



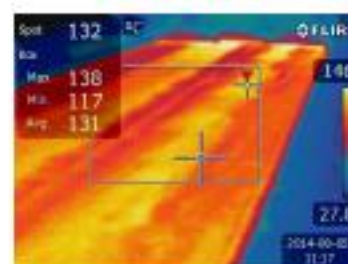
466.jpg



467.jpg



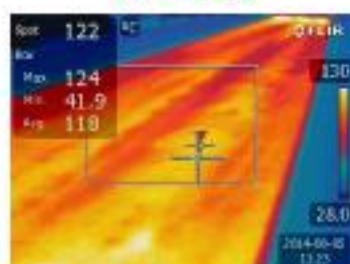
468.jpg



469.jpg



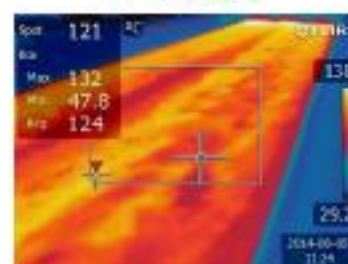
470.jpg



471.jpg



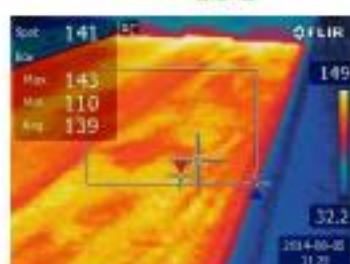
472.jpg



473.jpg



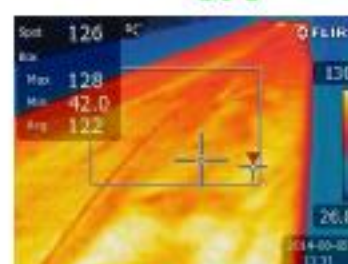
474.jpg



475.jpg



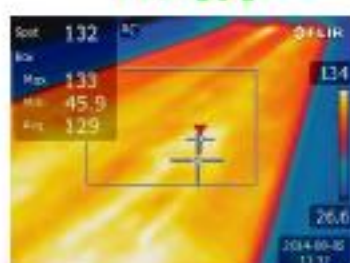
476.jpg



477.jpg



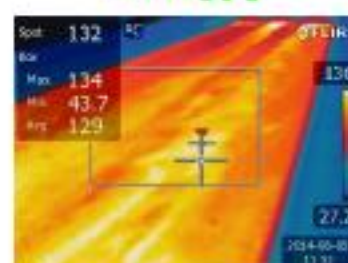
478.jpg



479.jpg



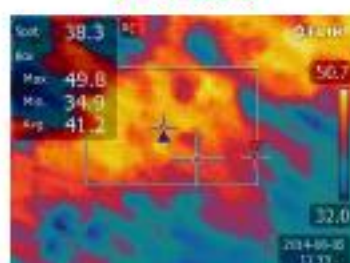
480.jpg



481.jpg



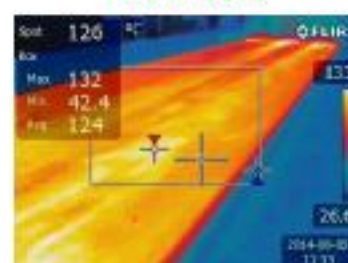
482.jpg



483.jpg



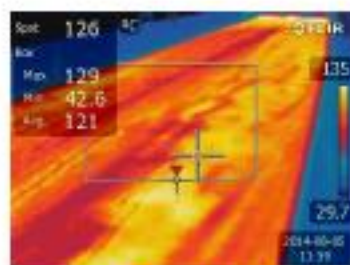
484.jpg



485.jpg



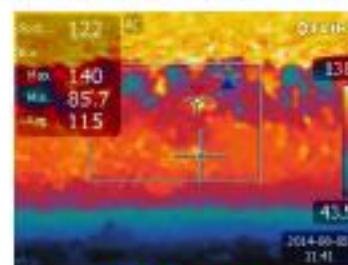
486.jpg



487.jpg



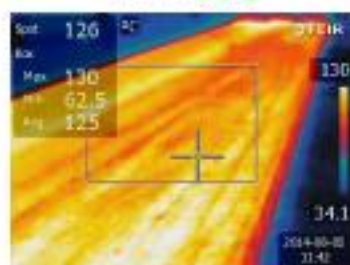
488.jpg



489.jpg



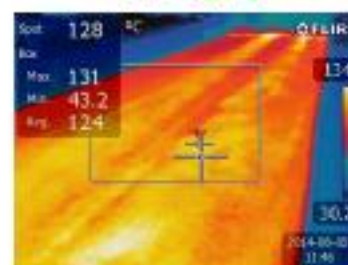
490.jpg



491.jpg



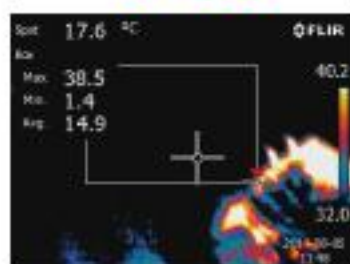
492.jpg



493.jpg



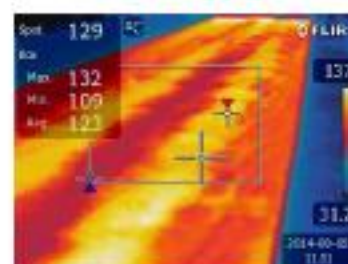
494.jpg



495.jpg



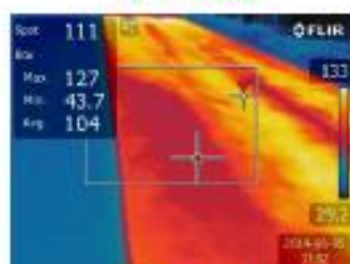
496.jpg



497.jpg



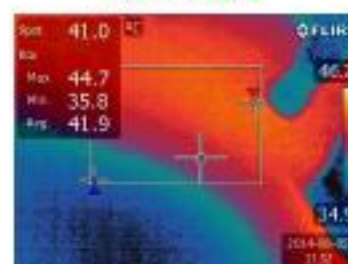
498.jpg



499.jpg



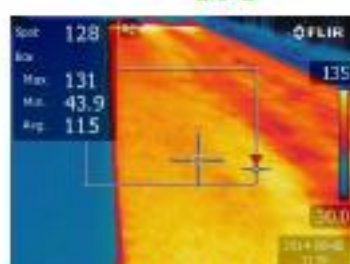
500.jpg



501.jpg



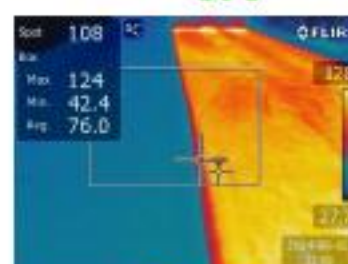
502.jpg



503.jpg



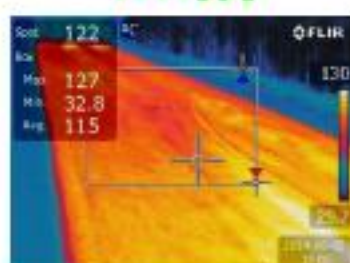
504.jpg



505.jpg



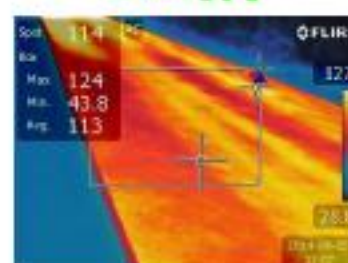
506.jpg



507.jpg



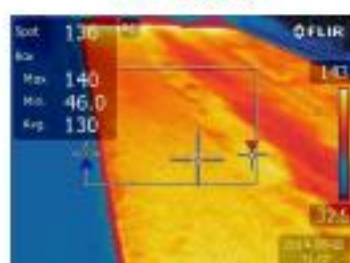
508.jpg



509.jpg



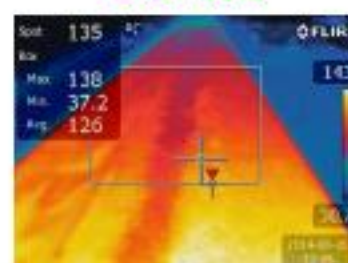
510.jpg



511.jpg



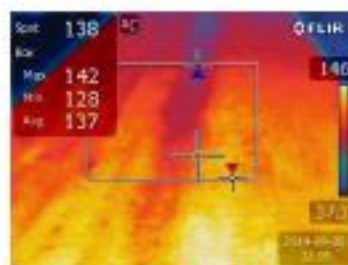
512.jpg



513.jpg



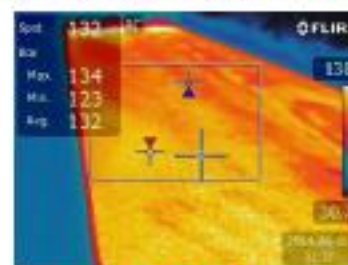
514.jpg



515.jpg



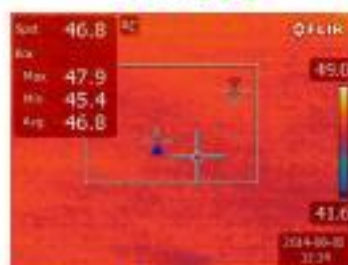
516.jpg



517.jpg



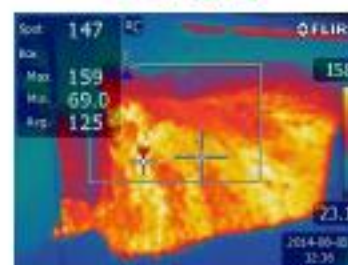
518.jpg



519.jpg



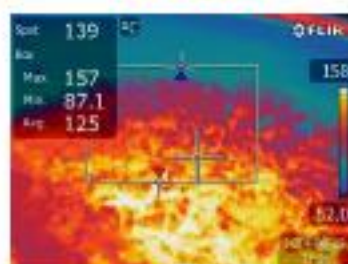
520.jpg



521.jpg



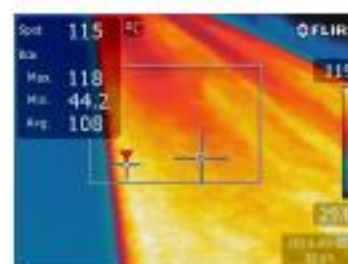
522.jpg



523.jpg



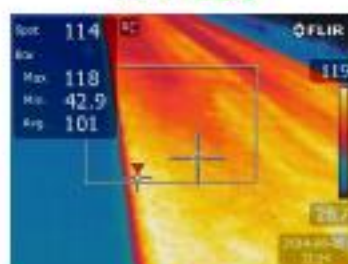
524.jpg



525.jpg



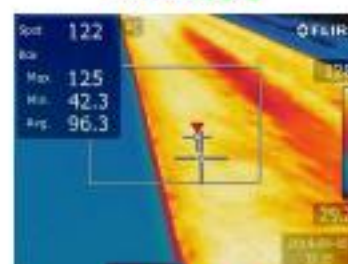
526.jpg



527.jpg



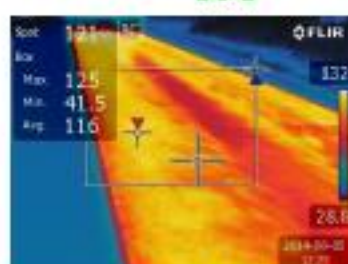
528.jpg



529.jpg



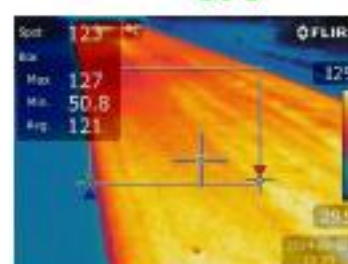
530.jpg



531.jpg



532.jpg



533.jpg



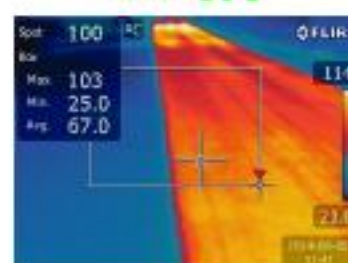
534.jpg



535.jpg



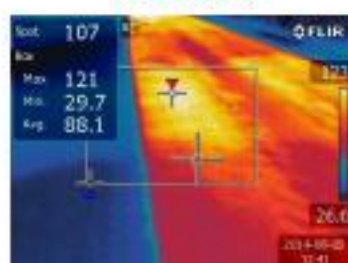
536.jpg



537.jpg



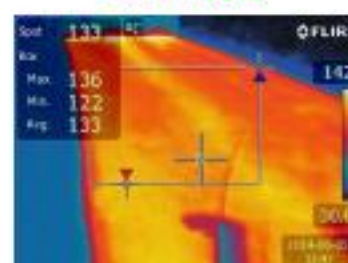
538.jpg



539.jpg



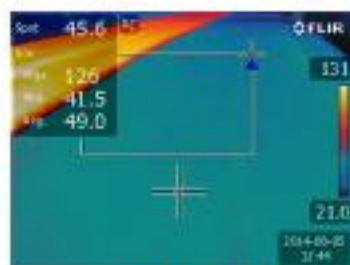
540.jpg



541.jpg



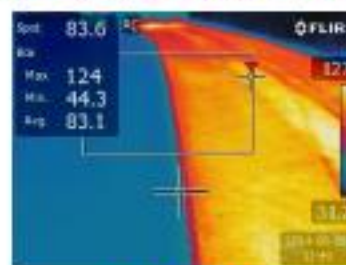
542.jpg



543.jpg



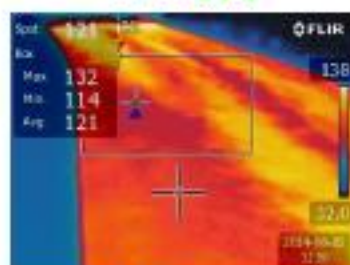
544.jpg



545.jpg



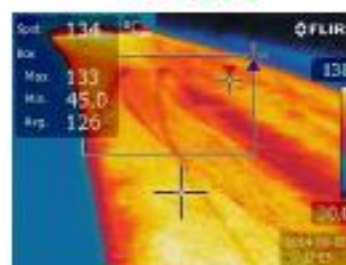
546.jpg



547.jpg



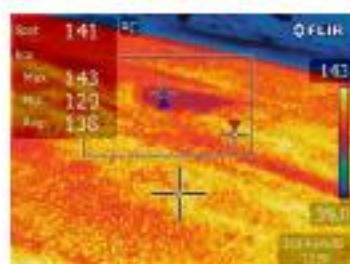
548.jpg



549.jpg



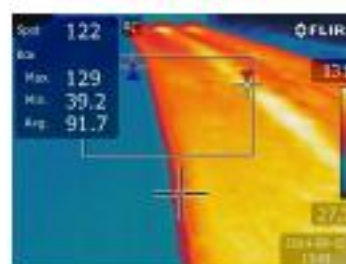
550.jpg



551.jpg



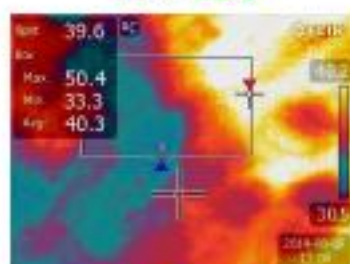
552.jpg



553.jpg



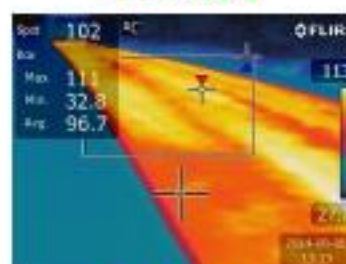
554.jpg



555.jpg



556.jpg



557.jpg



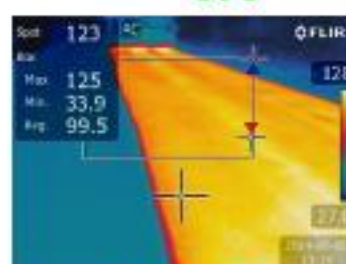
558.jpg



559.jpg



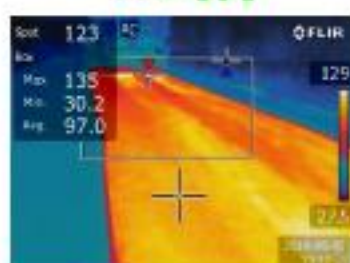
560.jpg



561.jpg



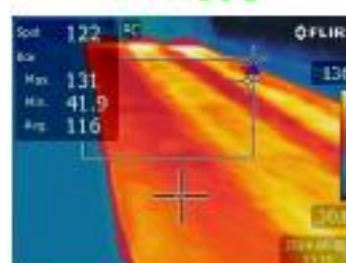
562.jpg



563.jpg



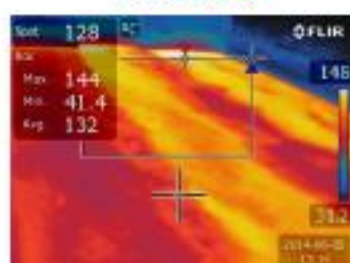
564.jpg



565.jpg



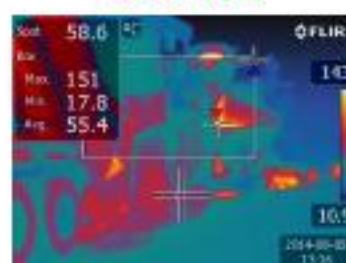
566.jpg



567.jpg



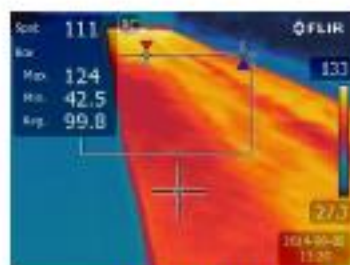
568.jpg



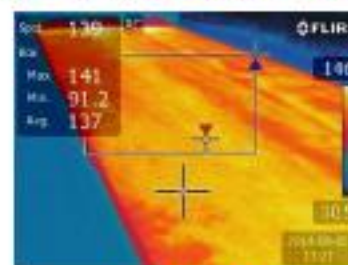
569.jpg



570.jpg



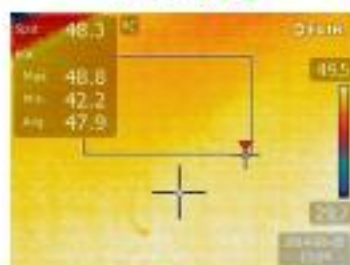
571.jpg



573.jpg



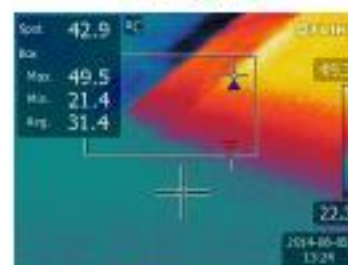
574.jpg



575.jpg



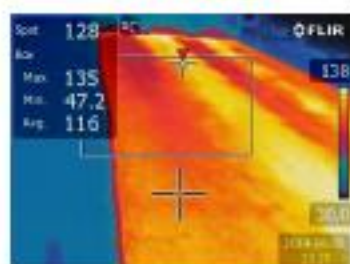
576.jpg



577.jpg



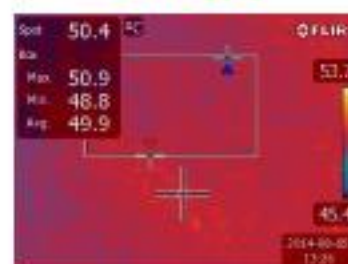
578.jpg



579.jpg



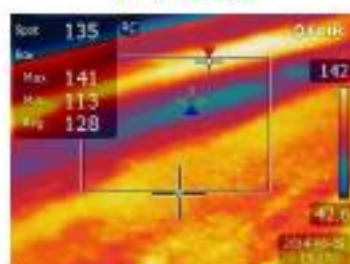
580.jpg



581.jpg



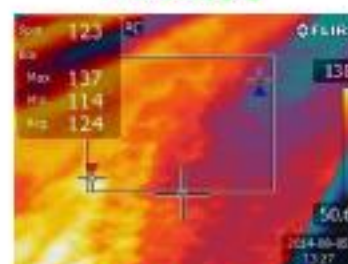
582.jpg



583.jpg



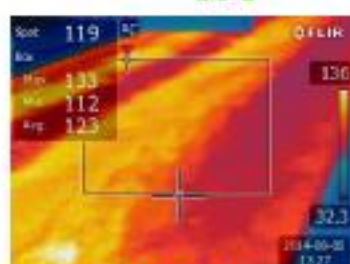
584.jpg



585.jpg



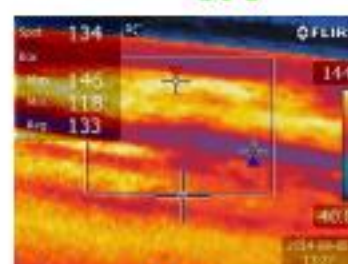
586.jpg



587.jpg



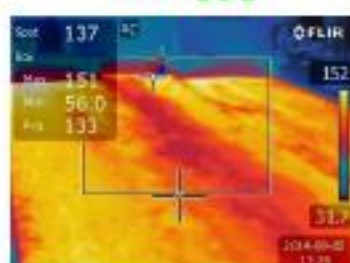
588.jpg



589.jpg



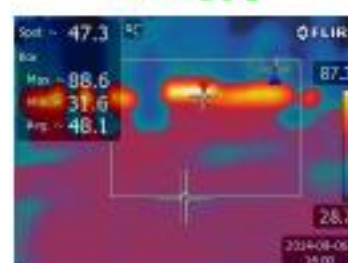
590.jpg



591.jpg



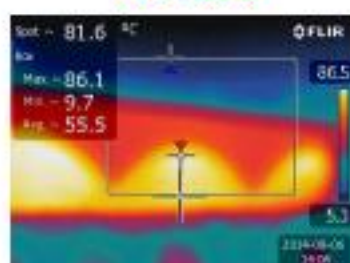
592.jpg



593.jpg



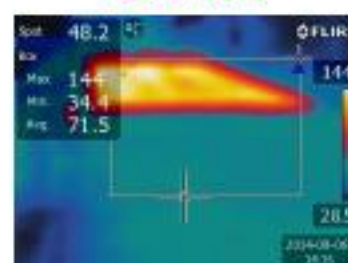
594.jpg



595.jpg



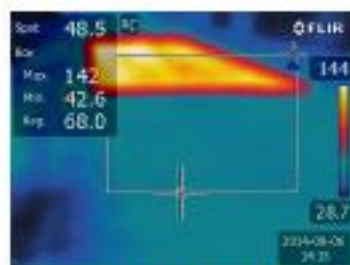
596.jpg



597.jpg



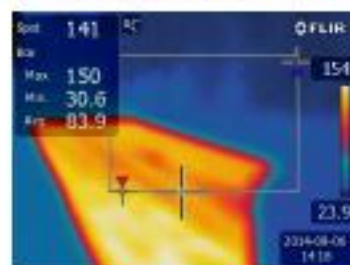
598.jpg



599.jpg



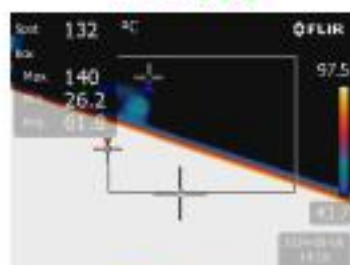
600.jpg



601.jpg



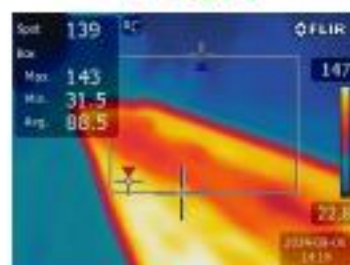
602.jpg



603.jpg



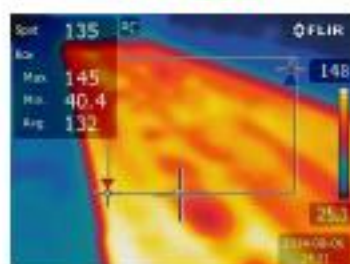
604.jpg



605.jpg



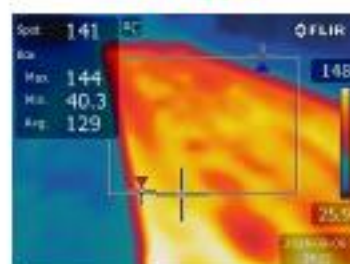
606.jpg



607.jpg



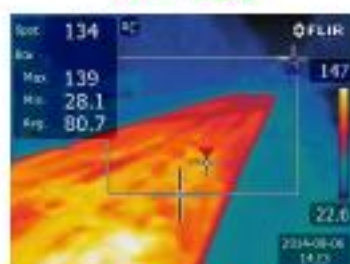
608.jpg



609.jpg



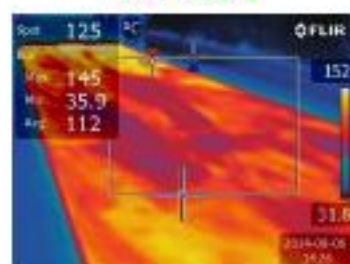
610.jpg



611.jpg



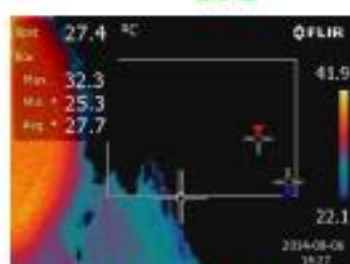
612.jpg



613.jpg



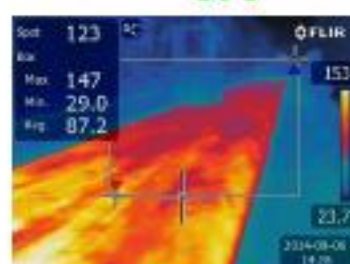
614.jpg



615.jpg



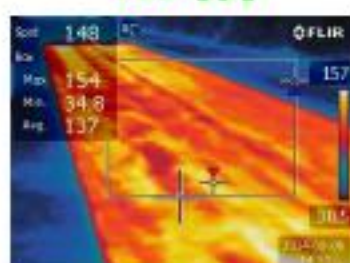
616.jpg



617.jpg



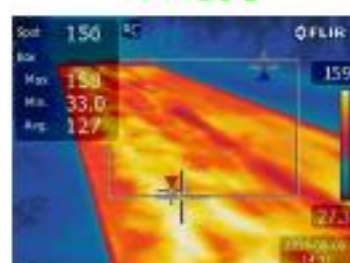
618.jpg



619.jpg



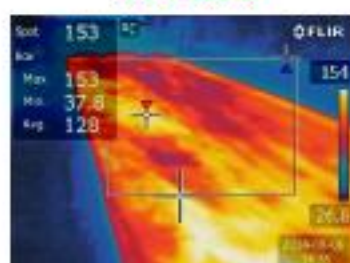
620.jpg



621.jpg



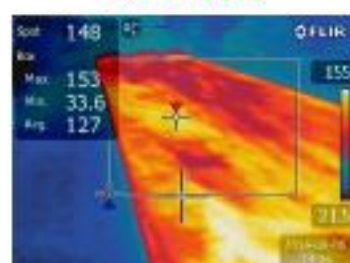
622.jpg



623.jpg



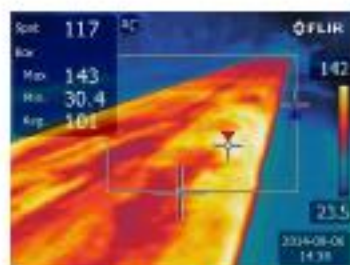
624.jpg



625.jpg



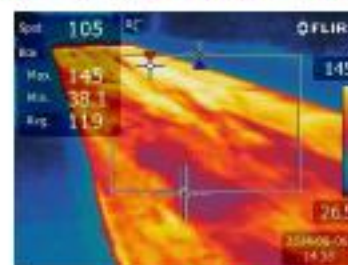
626.jpg



627.jpg



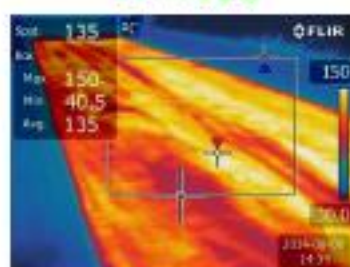
628.jpg



629.jpg



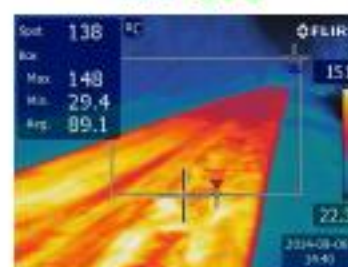
630.jpg



631.jpg



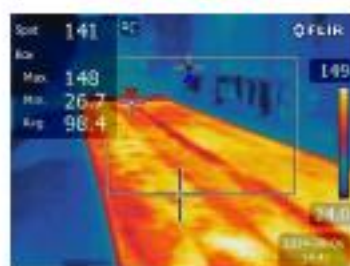
632.jpg



633.jpg



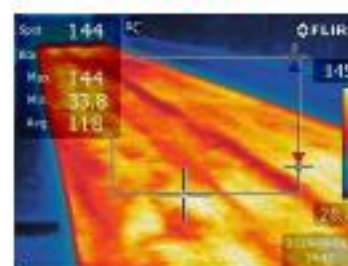
634.jpg



635.jpg



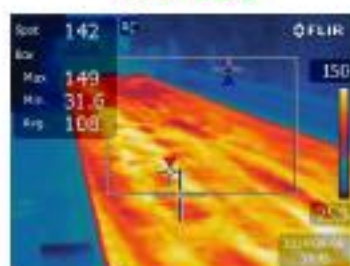
636.jpg



637.jpg



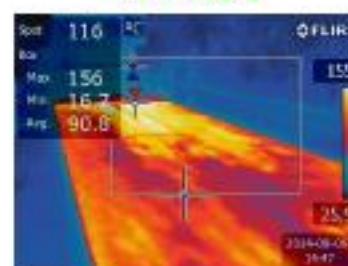
638.jpg



639.jpg



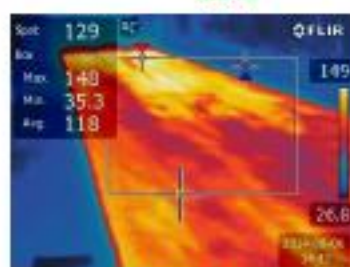
640.jpg



641.jpg



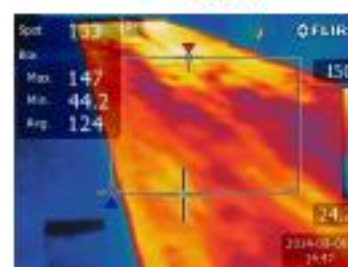
642.jpg



643.jpg



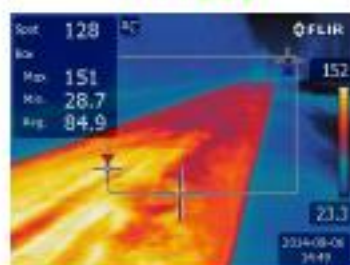
644.jpg



645.jpg



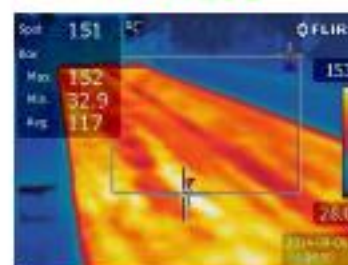
646.jpg



647.jpg



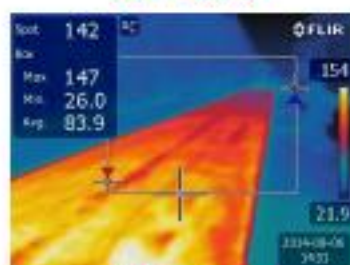
648.jpg



649.jpg



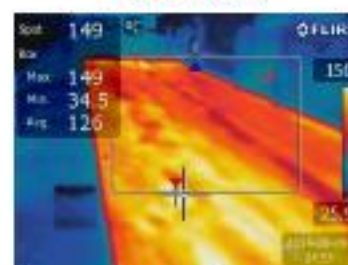
650.jpg



651.jpg



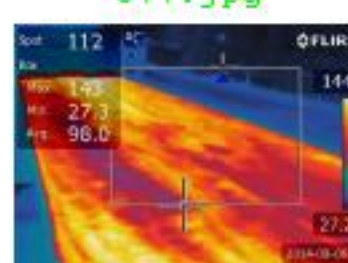
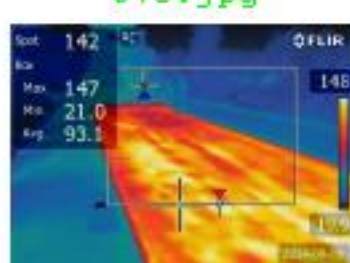
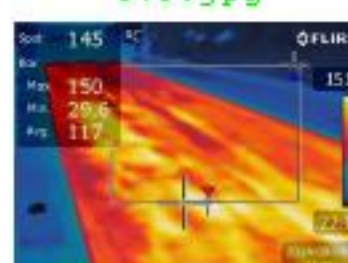
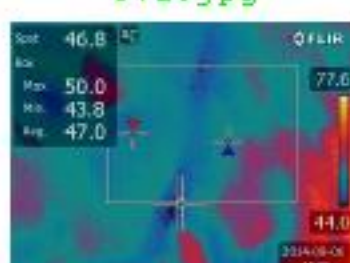
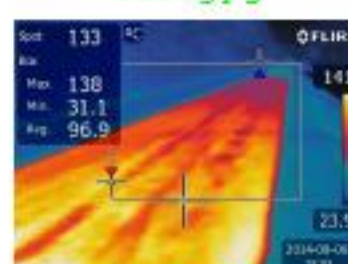
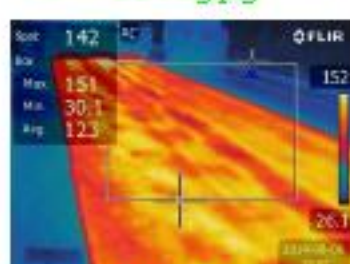
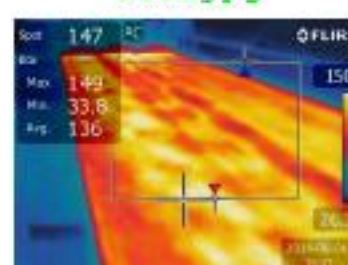
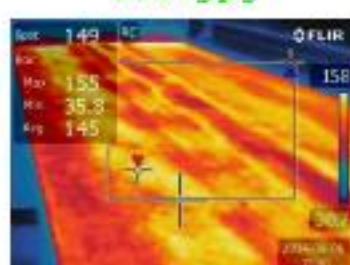
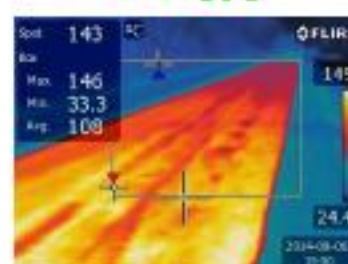
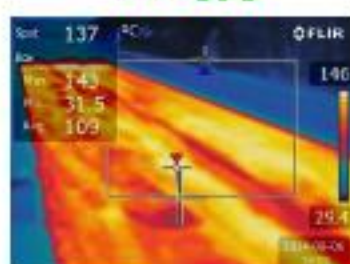
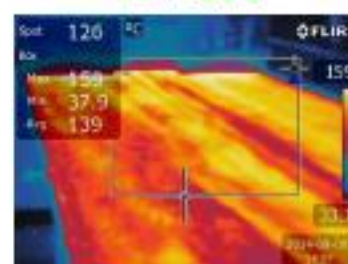
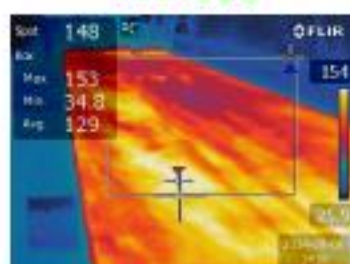
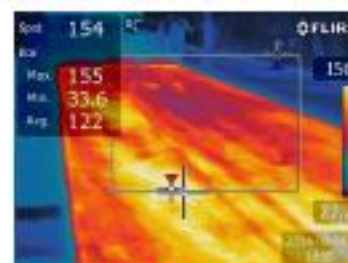
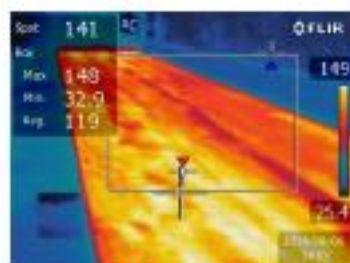
652.jpg

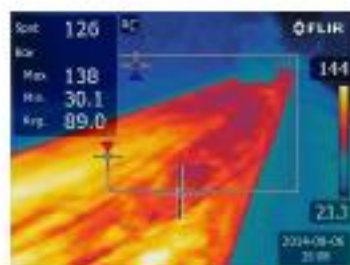


653.jpg



654.jpg

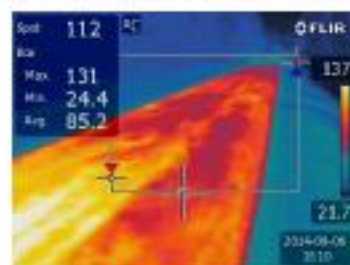




683.jpg



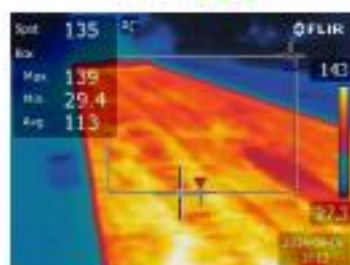
684.jpg



685.jpg



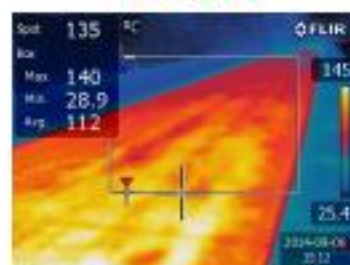
686.jpg



687.jpg



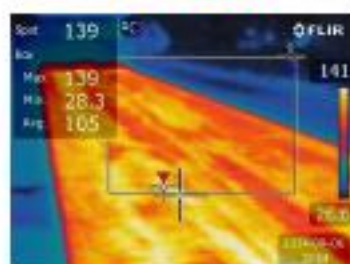
688.jpg



689.jpg



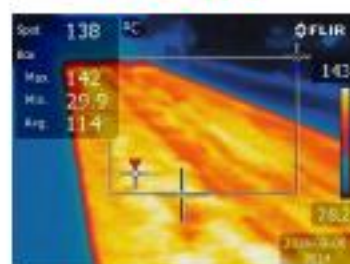
690.jpg



691.jpg



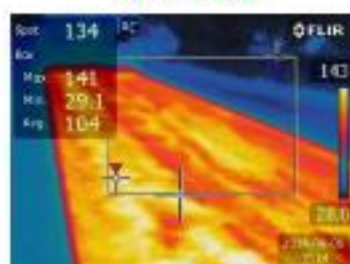
692.jpg



693.jpg



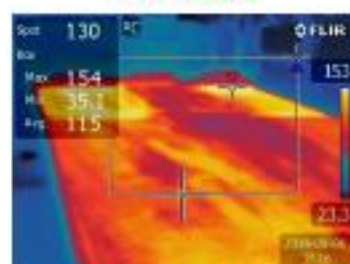
694.jpg



695.jpg



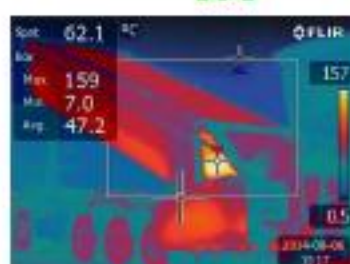
696.jpg



697.jpg



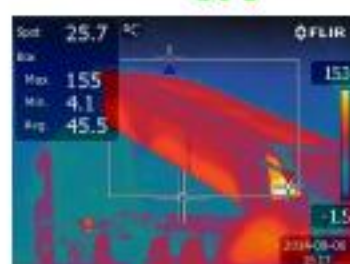
698.jpg



699.jpg



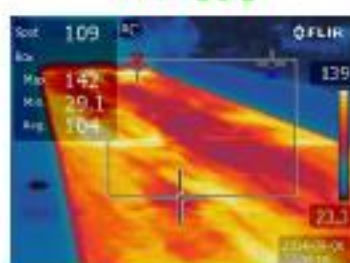
700.jpg



701.jpg



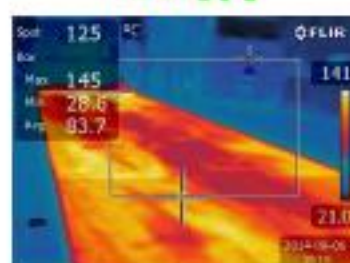
702.jpg



703.jpg



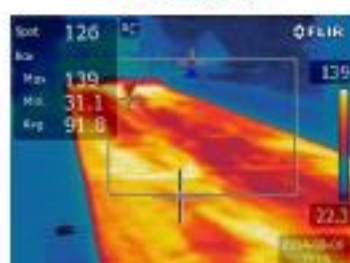
704.jpg



705.jpg



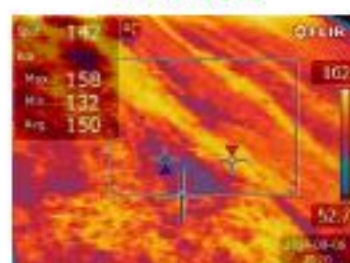
706.jpg



707.jpg



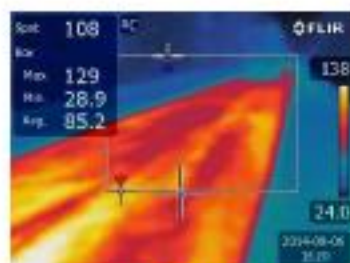
708.jpg



709.jpg



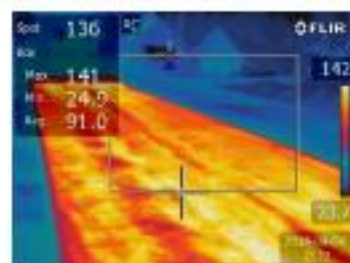
710.jpg



711.jpg



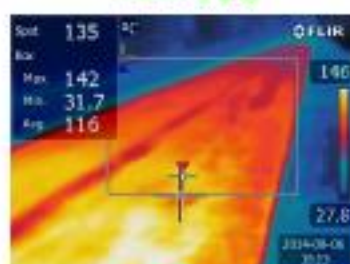
712.jpg



713.jpg



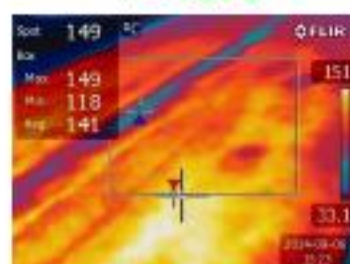
714.jpg



715.jpg



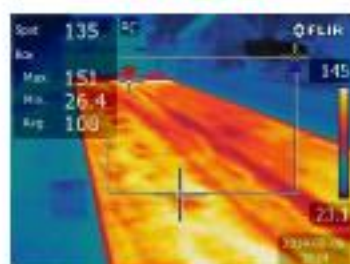
716.jpg



717.jpg



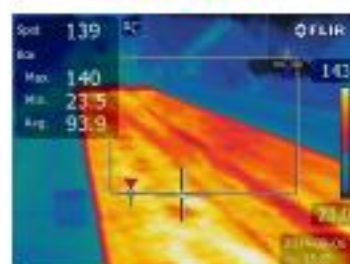
718.jpg



719.jpg



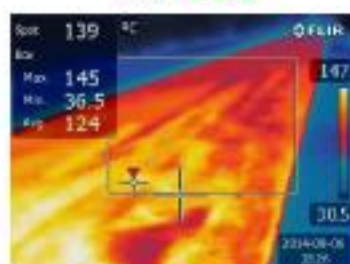
720.jpg



721.jpg



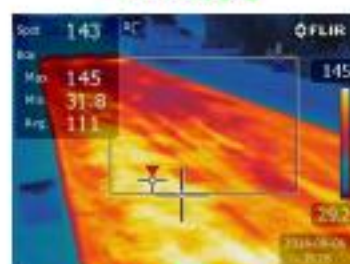
722.jpg



723.jpg



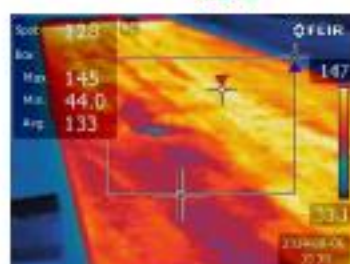
724.jpg



725.jpg



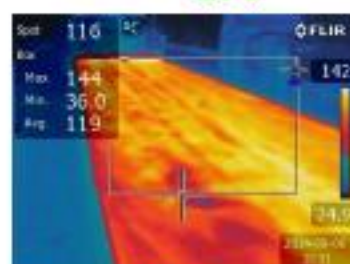
726.jpg



727.jpg



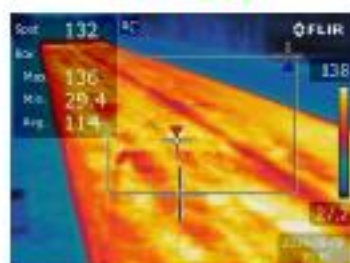
728.jpg



729.jpg



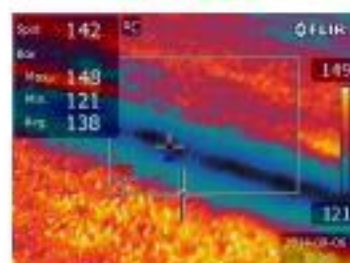
730.jpg



731.jpg



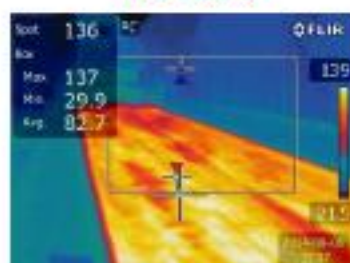
732.jpg



733.jpg



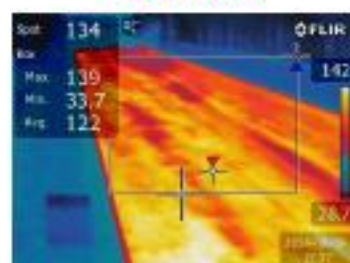
734.jpg



735.jpg



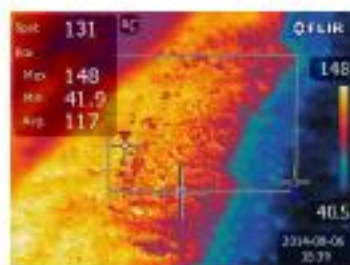
736.jpg



737.jpg



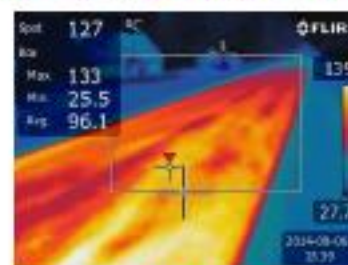
738.jpg



739.jpg



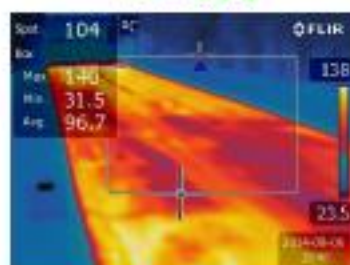
740.jpg



741.jpg



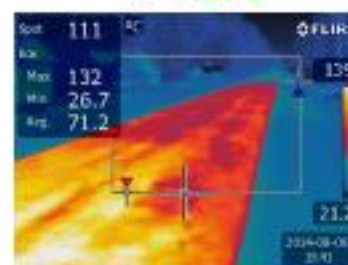
742.jpg



743.jpg



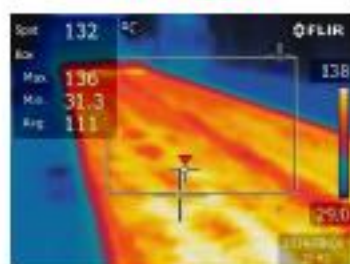
744.jpg



745.jpg



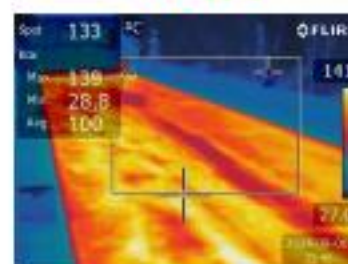
746.jpg



747.jpg



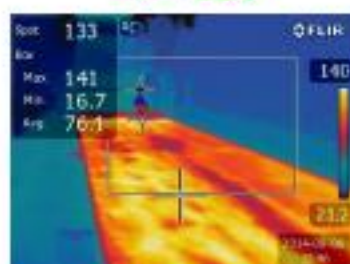
748.jpg



749.jpg



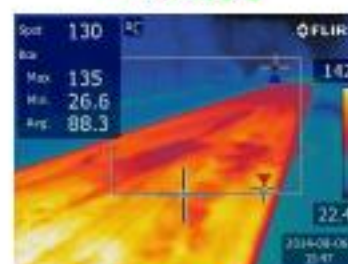
750.jpg



751.jpg



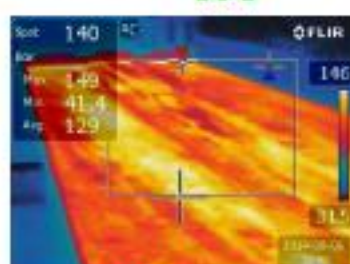
752.jpg



753.jpg



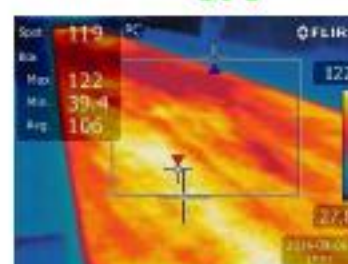
754.jpg



755.jpg



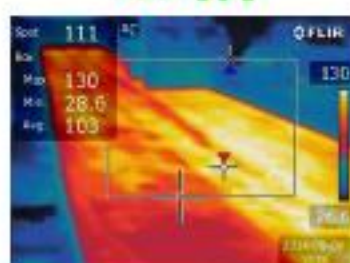
756.jpg



757.jpg



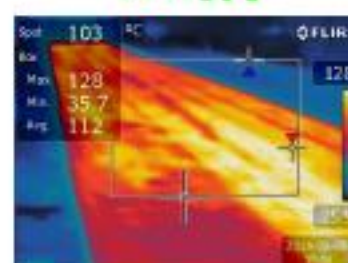
758.jpg



759.jpg



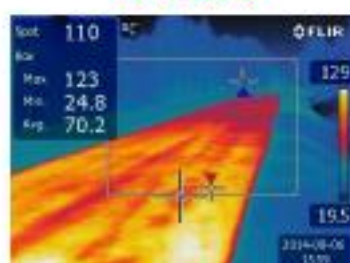
760.jpg



761.jpg



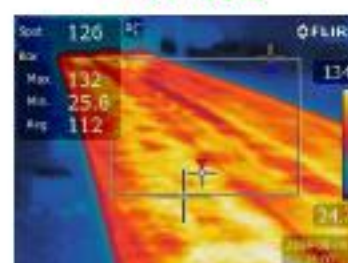
762.jpg



763.jpg



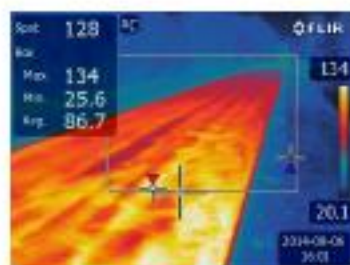
764.jpg



765.jpg



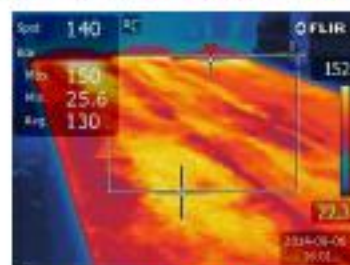
766.jpg



767.jpg



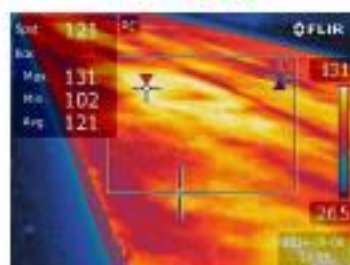
768.jpg



769.jpg



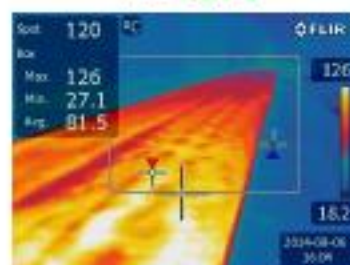
770.jpg



771.jpg



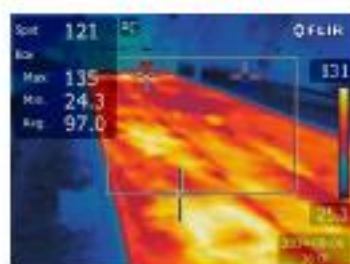
772.jpg



773.jpg



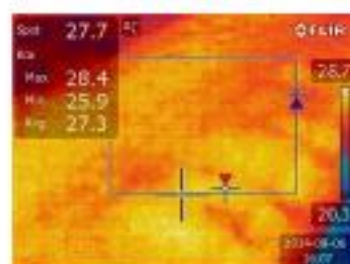
774.jpg



775.jpg



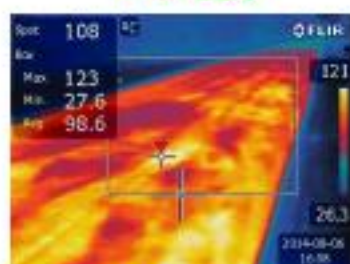
776.jpg



777.jpg



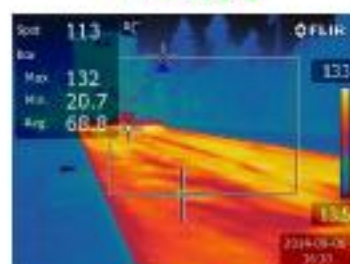
778.jpg



779.jpg



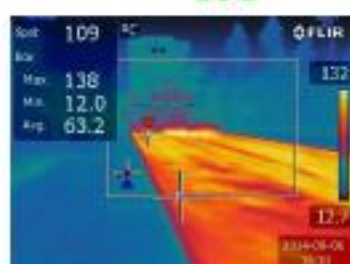
780.jpg



781.jpg



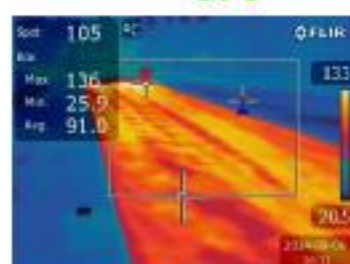
782.jpg



783.jpg



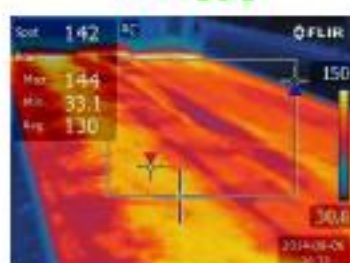
784.jpg



785.jpg



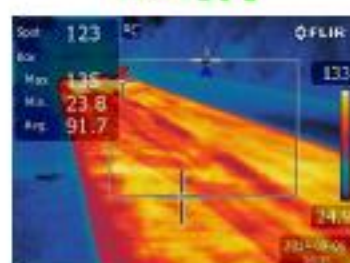
786.jpg



787.jpg



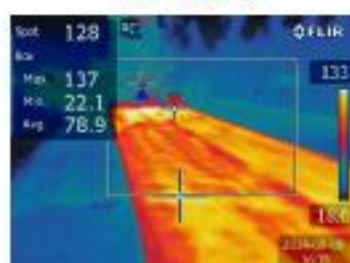
788.jpg



789.jpg



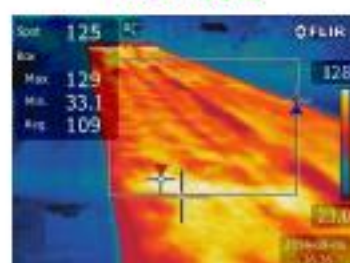
790.jpg



791.jpg



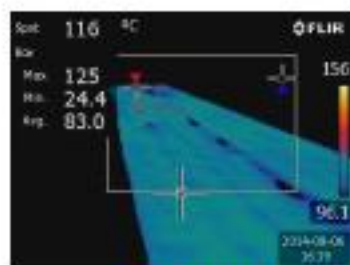
792.jpg



793.jpg



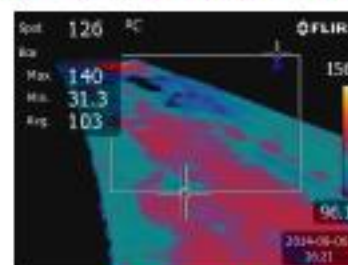
794.jpg



795.jpg



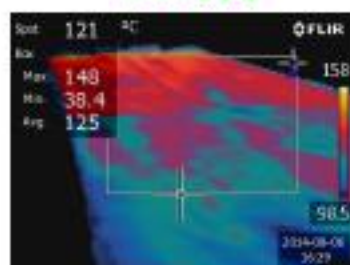
796.jpg



797.jpg



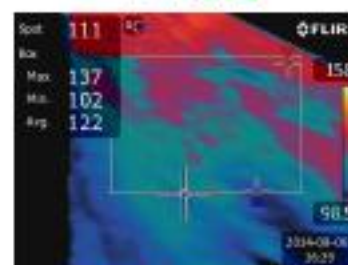
798.jpg



799.jpg



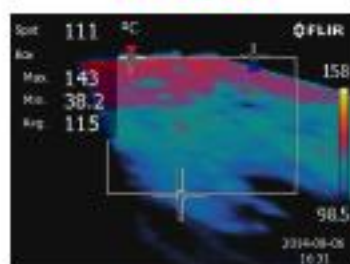
800.jpg



801.jpg



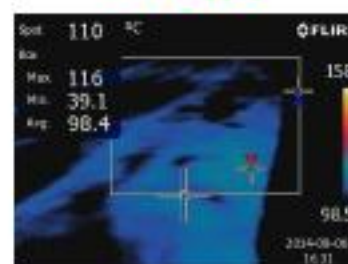
802.jpg



803.jpg



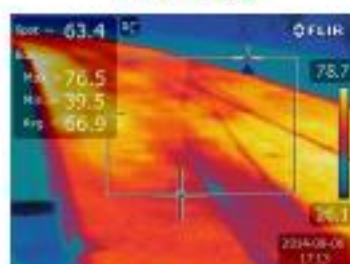
804.jpg



805.jpg



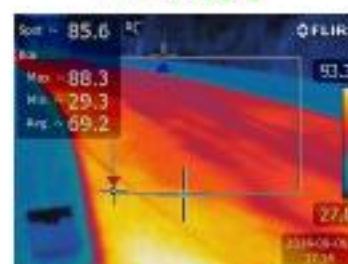
806.jpg



807.jpg



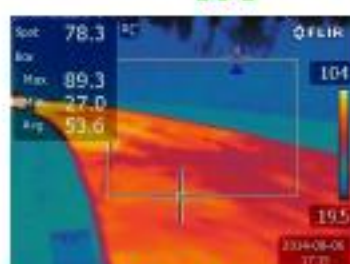
808.jpg



809.jpg



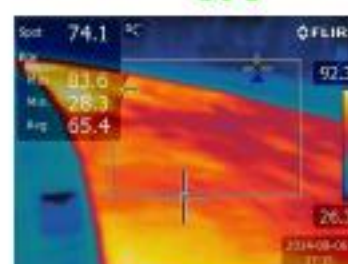
810.jpg



811.jpg



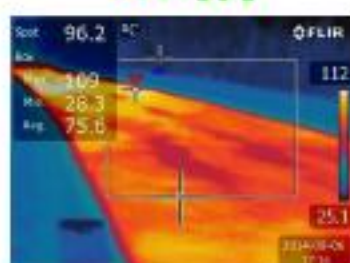
812.jpg



813.jpg



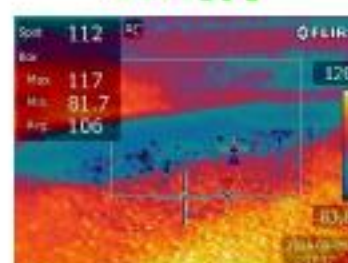
814.jpg



815.jpg



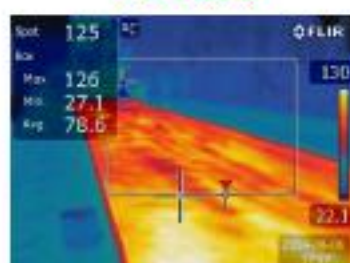
816.jpg



817.jpg



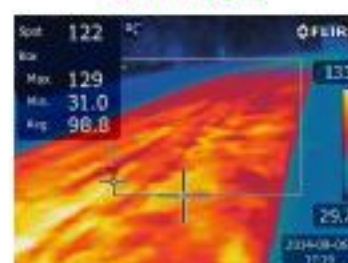
818.jpg



819.jpg



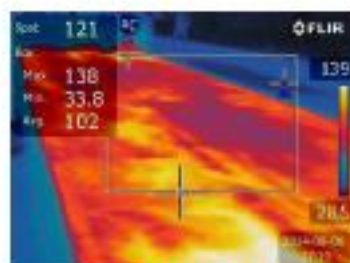
820.jpg



821.jpg



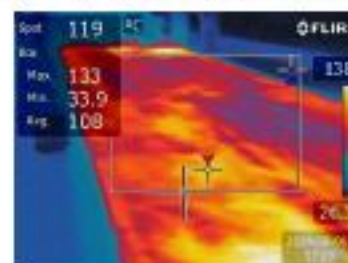
822.jpg



823.jpg



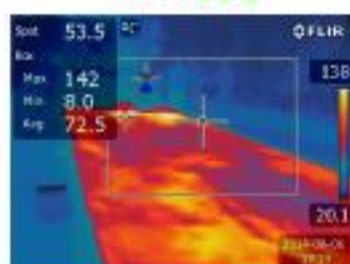
824.jpg



825.jpg



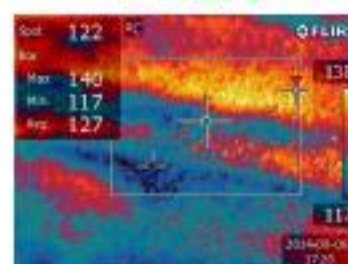
826.jpg



827.jpg



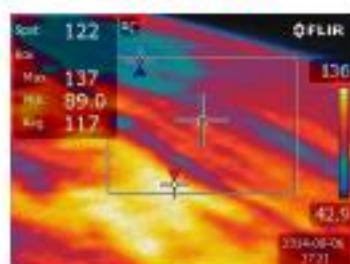
828.jpg



829.jpg



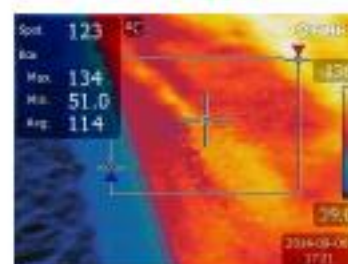
830.jpg



831.jpg



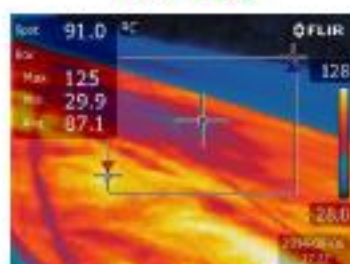
832.jpg



833.jpg



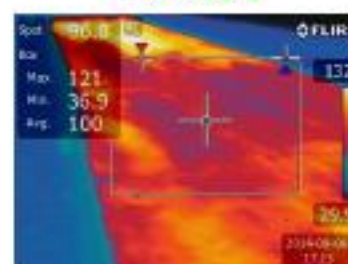
834.jpg



835.jpg



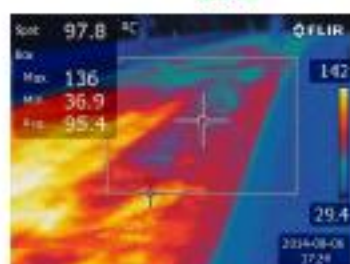
836.jpg



837.jpg



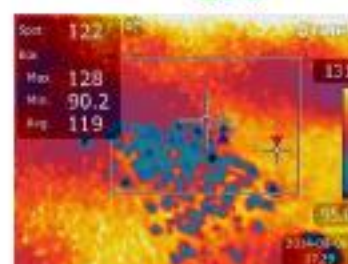
838.jpg



839.jpg



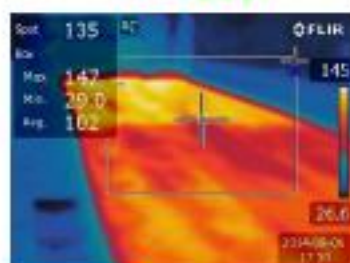
840.jpg



841.jpg



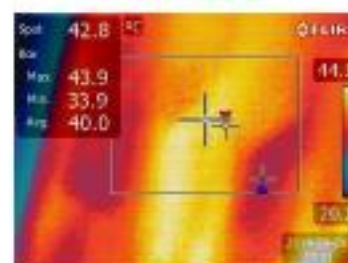
842.jpg



843.jpg



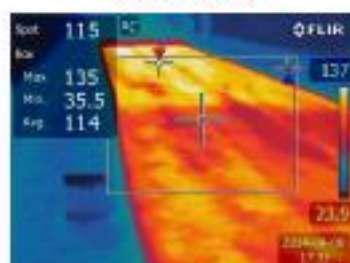
844.jpg



845.jpg



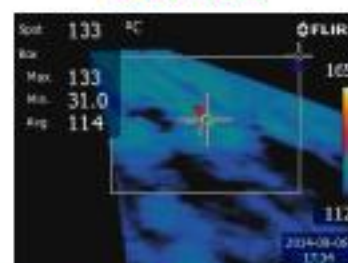
846.jpg



847.jpg



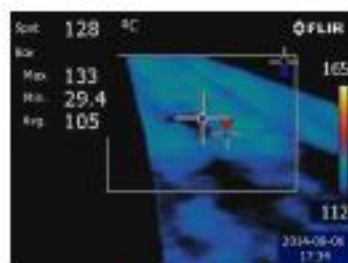
848.jpg



849.jpg



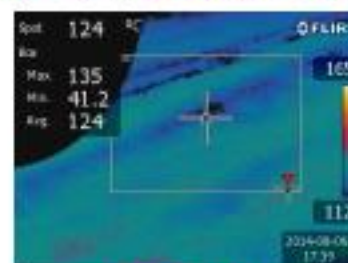
850.jpg



851.jpg



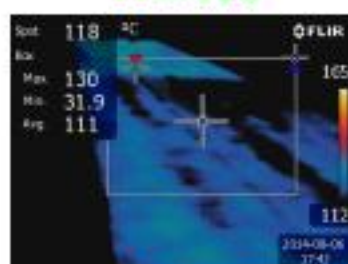
852.jpg



853.jpg



854.jpg



855.jpg



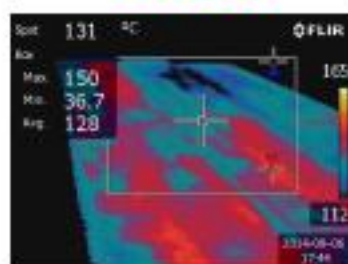
856.jpg



857.jpg



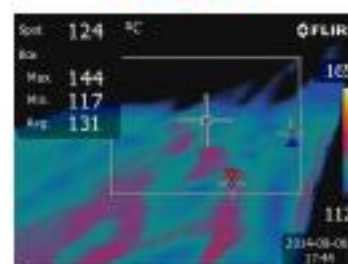
858.jpg



859.jpg



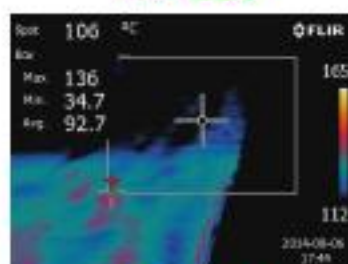
860.jpg



861.jpg



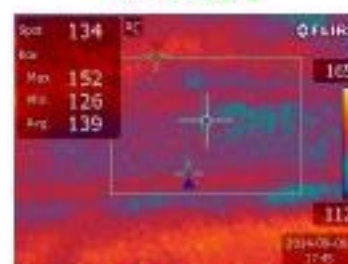
862.jpg



863.jpg



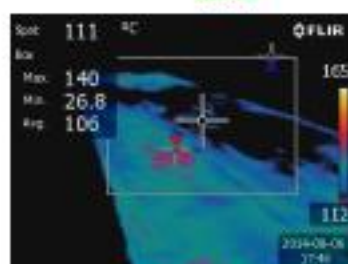
864.jpg



865.jpg



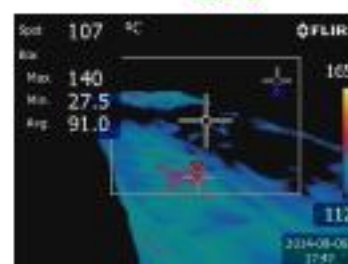
866.jpg



867.jpg



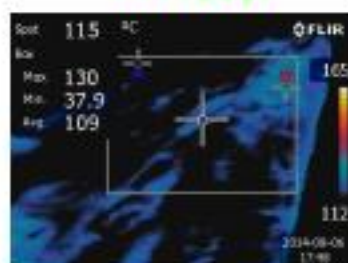
868.jpg



869.jpg



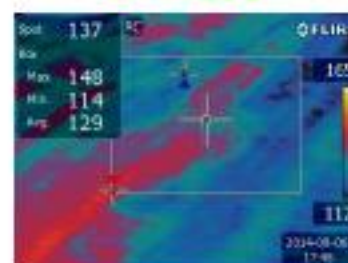
870.jpg



871.jpg



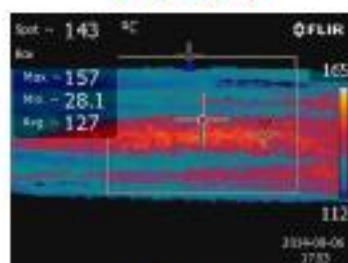
872.jpg



873.jpg



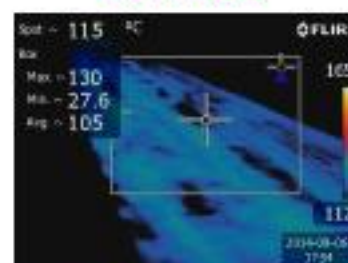
874.jpg



875.jpg



876.jpg

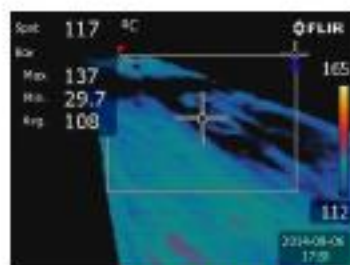


877.jpg



878.jpg

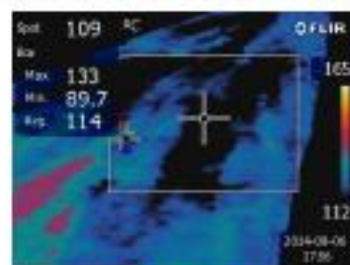
Rakvere-Luige termokaamera mõõtmised



879.jpg



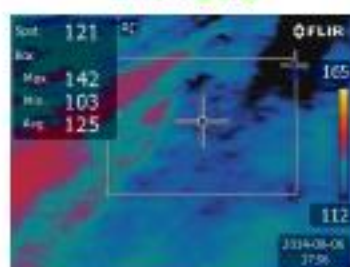
880.jpg



881.jpg



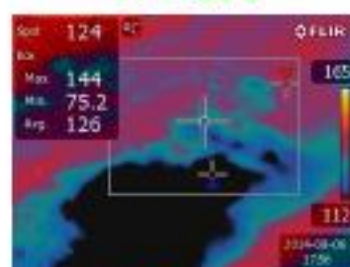
882.jpg



883.jpg



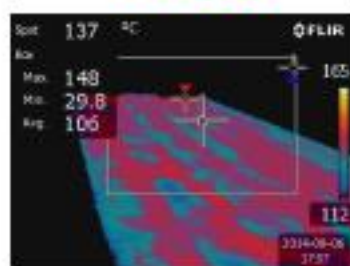
884.jpg



885.jpg



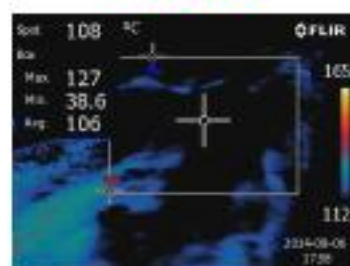
886.jpg



887.jpg



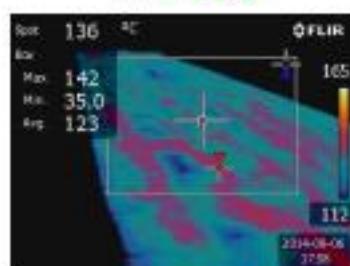
888.jpg



889.jpg



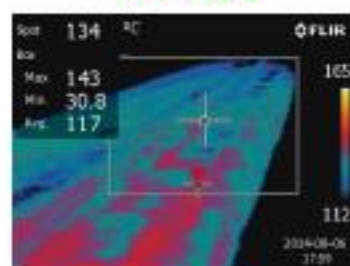
890.jpg



891.jpg



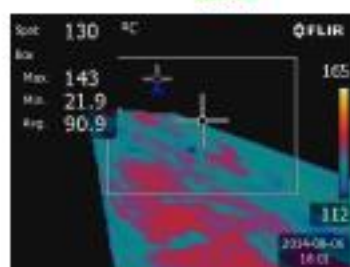
892.jpg



893.jpg



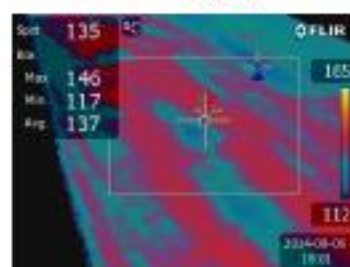
894.jpg



895.jpg



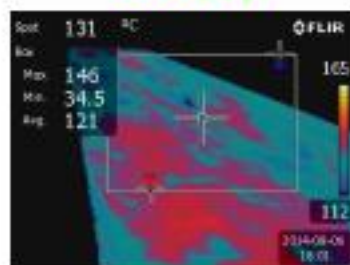
896.jpg



897.jpg



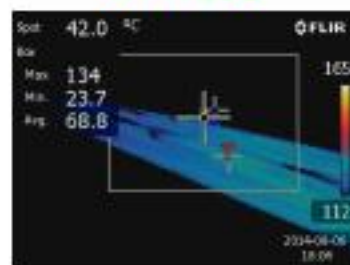
898.jpg



899.jpg



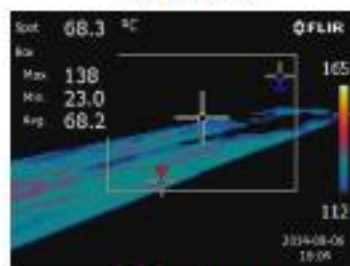
900.jpg



901.jpg



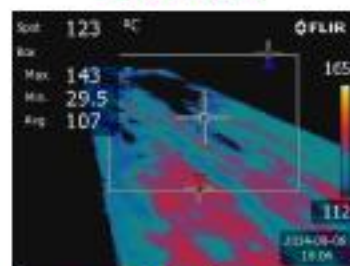
902.jpg



903.jpg



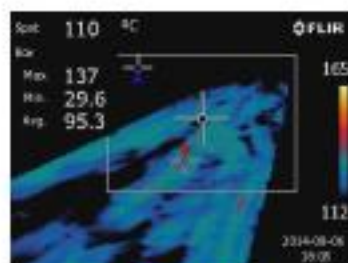
904.jpg



905.jpg



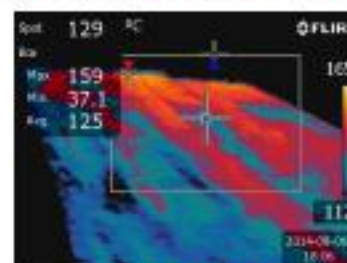
906.jpg



907.jpg



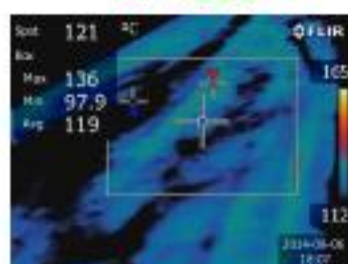
908.jpg



909.jpg



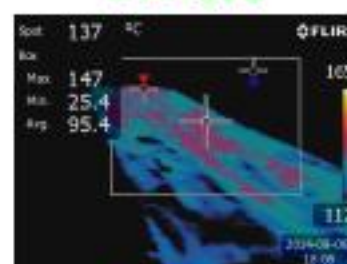
910.jpg



911.jpg



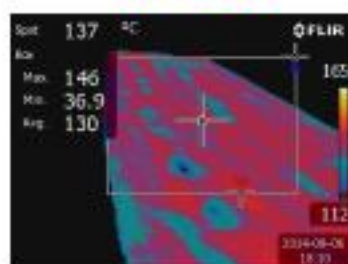
912.jpg



913.jpg



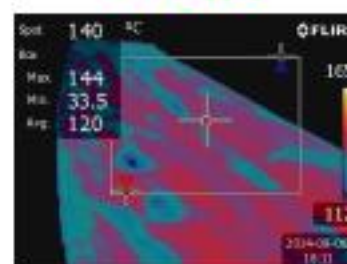
914.jpg



915.jpg



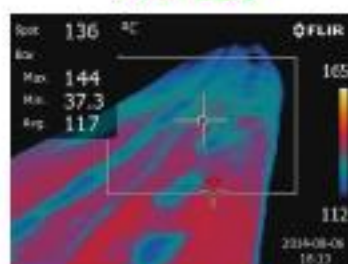
916.jpg



917.jpg



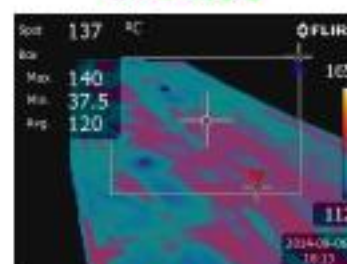
918.jpg



919.jpg



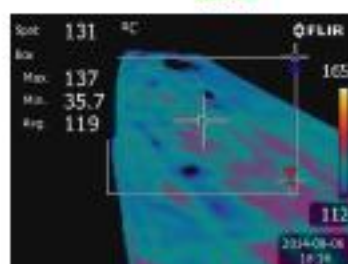
920.jpg



921.jpg



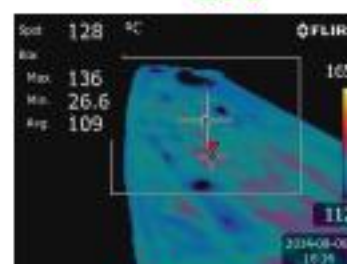
922.jpg



923.jpg



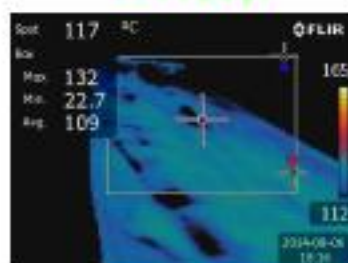
924.jpg



925.jpg



926.jpg



927.jpg



928.jpg

