

(11) **EE 201900029 A**

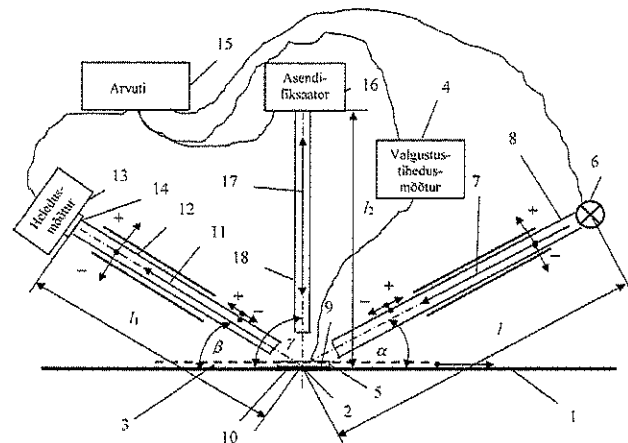
(51) Int.Cl.  
G01M 11/02 (2020.01)  
G01N 21/55 (2020.01)  
G01J 1/42 (2020.01)  
G01J 1/58 (2020.01)

(12) **PATENDITAOTLUS**

(21) Patenditaotluse number: <b>P201900029</b>	(71) Patenditaotleja:  <b>Tallinna Tehnikaülikool</b> <b>Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</b>
(22) Patenditaotluse esitamise kuupäev: <b>19.12.2019</b>	(72) Leiutise autorid:  <b>Toivo Varjas</b> <b>Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</b>
(43) Patenditaotluse avaldamise kuupäev: <b>15.07.2021</b>	<b>Rein Laaneots</b> <b>Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</b>
	<b>Argo Rosin</b> <b>Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</b>

(54) **Pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemetod ja seade**

(57) Leiutis kuulub optilise elektroonika valdkonda ja seda saab kasutada kõikvõimalike teekatendite pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste, nagu sõidutee teekatendi pinna heledus, heledustegur, taandatud heledustegur, värvustemperatuur, värvuskoordinaadid, mõõtmiseks ja hindamiseks. Mõõtemetodi ja selleks kasutatava seadme rakendamise tulemusena kohandatakse valgustus-suuruste mõõtettingimused ja nendel tingimustel saadud valgustus-suuruste väärtused võetakse tugiväärtusteks. Nendest väärtustest lähtuvalt saab leiutise põhjal järgnevalt reaalselt hinnata teekatendite valguse peegeldust iseloomustavate suuruste väärtusi kaasaegsete teede valgustamisel kasutatavate LED-tehnikal põhinevate valgustuslahenduste ja kaasaegsete asfalt- ja betoonkatendite ja nendes kasutatud eri lisandite puhul. Leiutise rakendamine võtab arvesse nähtava valguse spektraalse koostise mõju pinnetelt peegeldunud valguse hindamisel ning seega pakub välja liikluskeskkonnale ohutumaid ning efektiivsemaid lahendusi.



(57) The invention is within the area of optical electronics and can be used for measuring and assessing of values characteristic of reflection of light on all kinds of road surfaces, such as the luminance, luminance coefficient, reduced luminance coefficient, colour temperature, chromaticity coordinates. As a result of the measurement method and the application of the measurement device used for it, the measurement conditions of the lighting characteristics shall be adjusted and the characteristic values taken as reference values. Based on those values actual values of reflection of light from modern LED lighting solutions used on road surfaces of asphalt and concrete and different additives used in those can be assessed. The application of the invention takes into account the effect of the visual light's spectral composition on the assessment of the reflection of light from the surfaces and thereby offers safer and more efficient solutions for the traffic environment.

PINNA VALGUSE PEEGELDUST ISELOOMUSTAVATE SUURUSTE  
MÕÕTEMEETOD JA SEADE

Tehnikavaldkond

- 5 Leiutis kuulub optilise elektroonika valdkonda ja seda saab kasutada kõikvõimalike teede katendite pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste, nagu näiteks teekatendi pinnale langeva ja pinnalt peegelduvate suuruste heledus, heledustegur, taandatud heledustegur, värvsustemperatuur, värvsuskoordinaadid, mõõtmiseks ja hindamiseks.

Tehnikatase

- 10 Valgustehniliste suuruste mõõtemetodid on tavaliselt ette nähtud valgustatud objektide katendite pinna valgustus- ja peegeldussuuruste spektripõhiseks mõõtmiseks. Põhimõtteliselt kujutavad need endast valgusallikalt edastatava valgustugevuse, mõõteobjektile suunatud valguse valgustustiheduse ja sellelt objektilt peegelduva valguse heleduse võimalikke mõõteprotseduure ja nende realiseerimiseks sobivaid mõõtevahendeid.
- 15 Nõudlus objektide katendite pindadelt, sealhulgas teede katendite pindadelt peegelduvate valgussuuruste, nagu heledus, heledustegur, taandatud heledustegur, värvsustemperatuur ja värvsuskoordinaadid, mõõtmise järele on tekkinud vajadusest rakendada saadavaid mõõtetulemusi teede katendite ja teede juurde kuuluvate valgustuspaigaldiste projekteerimisel ning ehitamisel, aga ka toimingute sooritamiseks vajalikes valgustehnilistes imitatsiooniprogrammides. Saadavad mõõtetulemused on vajalikud ka selleks, et saaks ajakohastada standarditega normitud heledusteguri ja taandatud heledusteguri väärtusi teede katendite ja valgustuspaigaldiste projekteerimisel ning ehitamisel. Ka juba valminud ja kasutusel olevate teede katendeid iseloomustavad valgustehnilised suurused nende kontrolli käigus vajavad mõõtmist.
- 25 See, kuidas teekatendid peegeldavad ümbritsevas ruumis valgust, on niisugune teekatendite omadus, mida inimese silm tajub ja millel on teevalgustuspaigaldiste kavandamisel ja ehitamisel võtmeroll. Teekatenditelt peegelduvad valgussuurused on teede funktsionaalse kvaliteedi ja ohutuse jaoks üliolulised, mitte ainult mehaanilise ja dünaamilise toimivuse, vaid ka kõigi liiklejate visuaalse nägemistaju ja öise ohutuse tõttu.
- 30 Praeguste nii sõidutee kui ka kõnnitee katendite ning nende valmistamiseks kasutatavate teematerjalide (lisandite-, täite- ja sideainete) omadused on järk-järgult muutunud. Selle tõttu on kasutatavate teekatendite heleduse mõõtetoomingute põhjal saadavad mõõtetulemused mõõtemääramatusega kuni 30 % mõõtetulemusest ja mõnikord isegi 50 % mõõtetulemusest (Road Surface Photometric Characterisation and Its Impact on Energy Savings. *Coatings* 2019,

9, 286). Uut tüüpi valgusallikatel, eriti SSL-tüüpi valgusallikatel, on valgustugevuse jaotumine väga terav, mis suurendab teekatendilt peegelduvate valgussuuruste mõju. Ka praegune leedtehnika toetab nutikat teekatendite valgustust ja võimalust kohandada valgusvoogu igal ajal nii intensiivsuse kui ka suuna osas vastavalt teekatendite eripäradele ja heledusnõuetele.

- 5 Nimetatud asjaolud nõuavad uute kaasaegsete mõõtemetodite ja kaasaskantavate mõõtevahendite väljaarendamist tõhusamate, säästvamate ja turvalisemate teekatendite ja teevalgustuspaigaldiste kavandamiseks.

Tekkinud on oluline vajadus seni kasutatavaid valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemetodeid lihtsustada ning täiustada, et saaks kohapeal teekatendi pinna määratletud  
10 mõõterastri mõõtepunktis kaasaskantava (mobiilse) mõõtevahendiga mõõta otse seda punkti ümbritseva katendi pinna heledust ning teisi sellelt pinnalt peegelduvaid valgussuursusi ja nende suuruste mitmekesisust vähendades mõõtemahukust ja suurendades mõõtetäpsust.

Kasutatakse järgnevaid objektide katendite pinnalt valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemetodeid ja seadmeid.

- 15 Põhiliselt on kasutusel teede katendite pinna heleduse standardikohane mõõtemetod ja seadmed (EN 13201-3:2015 ja EN 13201-4:2015), mille kohaselt tee katendi heleduse mõõtmine toimub tee katendi standardiga määratletud mõõtevälja (arvutusvälja) ette antud punktides. Nimetatud standardi kohaselt on teelõigu katendi heleduse mõõtmiseks määratletud mõõtevälja mõõtepunktid jaotatud ühtlaselt, moodustades mõõtepunktide rastri. Seejuures peab  
20 mõõtepunktide raster olema samasugune nagu sama teelõigu katendi valgustustiheduse mõõtmisel, mis toimub enne katendi heleduse mõõtmist. Katendi pinnalt peegelduva valguse heleduse mõõtmisel asetatakse mõõtevahend, nt heledusmõõtur, statiivile tavaliselt 1,5 m kõrgusel teelõigu katendi pinnast ja 60 m eespool arvestatavat liikluspiirkonna teekatendi mõõtevälja (arvutusvälja) mõõtepunktide rastri esimestest (lähematest) mõõdetavatest  
25 punktides. Mõõtmist on lubatud sooritada ka igas mõõtepunktis lühemalt kauguselt, kuid sel juhul peab mõõtepunkti ümber heledusmõõturi poolt kombitava katendi pinna ulatus ja mõõtevahendi kõrgus katendi pinnast olema võrdeliselt väiksem. Heledusmõõturi enda suunanurk (vaatlusnurk) teelõigu katendi pinna normaali suhtes tuleb hoida piirides  $89^\circ \pm 0,5^\circ$ . Põikisuunas peab heledusmõõtur paiknema järjekorras tee iga sõiduraja katendil valitud  
30 mõõtevälja keskjoonel. Teelõigu katendi pinna heleduse mõõtmisel ette antud mõõtepunktides saadud mõõdiste põhjal arvutatakse tee katendi pinna keskmine heledus, heleduse üldühtlus ja heledusläve kõrgenemistegur. Seejuures arvutatakse katendi pinna heleduse pikiühtlus mitme sõidurajaga teekatendi kohta heleduse mõõtmisel saadud mõõdiste põhjal kõigi sõiduradade keskjoone jaoks.

Selle mõõtemetodi puuduseks on see, et ta on väga mõõtemahukas, kallid ja suhteliselt madala täpsustasemega. Meetodi realiseerimisel kõigi võimalike kasutatavate valgustustihedus- ja heledusmõõturite tüüpide korral tuleb arvestada väljaspool ette antud teekatendi pinna mõõtevälja mõõtepunktide ja rastri kõrval paiknevate valgusallikate asukoha ning nende tekitatud valguse mõju katendi pinna heledusele. Samuti ei tohi kõigi kasutatavate heledusmõõturite korral mõõtepunktide rastri suvalise punkti heleduse mõõtmisel mõõdetava teekatendi pinna haardenurk olla püstasendis suurem kui 2 nurgaminutit, rõhtasendis aga mitte suurem kui 20 nurgaminutit. Samas ei tohi see nurk olla ka väiksem kui 1 nurgaminut, mis on tavaline inimese nägemisteravuse nurk. Et saada tulemusi teekatendi pinna heleduse, heledusteguri, taandatud heledusteguri, värvustemperatuuri ja värvuskoordinaatide mõõtmiseks, tuleb eelnevalt mõõta igas selles mõõtepunktis katendi pinna valgustustihedus, mille väärtus kõikvõimalike teekatendite korral on tavaliselt piirides alates 1 lx kuni 50 lx. Valgustustihedus mõõdetakse mõõtevahendi, näiteks valgustustihedusmõõturi, asetamisega teekatendi pinna rastri mõõtepunkti kohale. Seega selle mõõtemetodi korral mõõtevälja mõõtepunktide rastri suvalises punktis mõõtmisel saadavat nii valgustustiheduse kui ka heleduse mõõdist mõjutavad teevalgustuspaigaldiste hetkelised omadused, ilma- ja ümbruseolud ning kõrvaline ja häiriv valgus. Ka võib tee mõõdetav katend olla äsja valmis ehitatud, mille tõttu pole selle teekatendi pinna peegeldusomadused stabiliseerunud. Selle teekatendi pinna peegeldusomadused võivad stabiliseeruda alles mõne kuu pärast.

Tuntud on liiklusmärkide heleduse mõõtemetod ja selleks rakendatavad heledusmõõturid (US9171360B2). Selle mõõtemetodi kohaselt mõõdetakse liiklusmärgi pinna heledust kaudselt kahte valguse peegelduse taset iseloomustavate suuruste väärtuste erinevuse põhjal. Heledusmõõturid on kinnitatud sõiduki esiotsa valgustite vahele. Liiklusmärgi pinna peegelduse ühte taset iseloomustavad suurused fikseeritakse teekatendite teevalgustuspaigaldistest tulenevalt ühe heledusmõõturi poolt ja teist peegelduse taset iseloomustavad suurused määratakse olenevalt sõiduki valgustitest tulenevast valgusvoost teise heledusmõõturiga. Saadud valguse peegeldustasemeid iseloomustavate suuruste erinevuse fikseerib sõidukile kinnitatud näiduseade, millel on valguse peegelduse jäädvustamise, positsioneerimise ja sünkroniseerimise süsteem ning millel kuvatakse lõplikult liiklusmärgi heleduse mõõteandmed.

Selle meetodi ja kasutatavate heledusmõõturite puuduseks on suhteliselt kõrge maksumus. Meetod ja seadmed on rakendatavad vastava liikuva sõiduki kasutamiseks. Seejuures võimaldavad meetod ja selle rakendamiseks kasutatavad heledusmõõturid mõõta ainult liiklusmärkide heledust.

Ka on tuntud teekatendi pealispinna heleduse mõõteseade (WO2013133033A1). See mõõteseade võimaldab mõõta teekatendi mõõtevälja mõõtepunktide (rastripunktide) ümber heledust, kasutades statiivi ja suunates mõõteseadmest valguse kujutise jäädvustamise üksusega tee pinnale, mis on analoogne eelkirjeldatud standardse mõõtemetodiga. Teekatendi lõigu heledust mõõdetakse määratletud mõõtevälja mõõtepunktides ja seejärel hinnatakse pilditöötluse abil. Teekatendi heleduse mõõtmiseks kasutatakse suure hulga, näiteks 100, mõõtepunkti punktvalgustust, mille põhjal hinnatakse keskmist heledust. Mõõteaja lühendamiseks pildistatakse sihtpiirkonna kujutist pildistamisvahendiga, näiteks pooljuhtsensorikaameraga ja töödeldakse pilditöötlusseadmega. Teekatendi lõigu pinna heleduse mõõtmisel ette antud mõõtepunktides saadud mõõdiste põhjal arvutatakse etteantud ruudustikus sihtala keskmine heledus ja heleduse ühtlus. Mõõteseadmes on kuvariüksus kujutise jäädvustamiseks ning see kuvab mõõtevahemiku maski, mis asetseb kujutise jäädvustamise üksuses jäädvustatud pildi peal.

Kirjeldatud mõõteseadme puuduseks on see, et ta on väga kallis ja suhteliselt madala täpsustasemega. Mõõtevahend kasutab heledusväärtuste arvutamisel halliväärtuste skaalat ning seda ei saa valguse peegeldusomadustest tulenevat (spektraaljaotusele vastavalt) kalibreerida. Mõõteseadmes kasutatakse pilditöötlustarkvara, mis suurendab mõõtemahukust ja mõõtmise ebatäpsust. Ka võimaldab see mõõteseade mõõta ainult teatud kindlaksmääratud valgustuspaigaldiste abil valgustustatud teekatendi pinna heledust ja samas ka võrdlemisi ebatäpselt, st ligikaudu suhtelise 30 % mõõtemääramatusega mõõtetulemusest.

Tuntud on mõõteobjektide, sealhulgas eri materjalidest valmistatud teekatendite proovide, pinna heledusteguri ja taandatud heledusteguri mõõtemetod ja selleks kasutatav seade (US7872753B2). Selle mõõtemetodi kohaselt suunatakse valguskiirte kimp valgusallikast avatud keskkonnas uuritava mõõteobjekti 113 mm läbimõõduga pealispinnale kindlalt fikseeritud kas 0, 30, 50 või 70 nurgakraadi all mõõteobjekti pinnanormaalist lähtudes astmeliselt. Sellelt mõõteobjekti 113 mm läbimõõduga pinnalt peegelduva valguse heleduse mõõdistes fikseeritakse vastavate tundlike elementide poolt pinna horisontaalist lähtudes 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 või 80 nurgakraadi sihis. Tundlike elementide poolt fikseeritud mõõdiste põhjal arvutatakse heledustegur ja taandatud heledustegur. Tulemusena saadakse mõõteobjekti pinnalt peegelduvate valgussuuruste väärtused, mis on aluseks mõõteobjektide, nagu vedelike pinna kui ka kiudmaterjalist objektide (teekatendi proovide) pinna heledusteguri ja hajutatud valguse taandatud heledusteguri arvutamiseks olenevalt valguse langenurgast ja heledust fikseeriva elemendi suunanurgast mõõteobjekti pinnale. Meetodi kohane mõõteobjektile

suunatud valguse valgustustihedus on piirides alates 5 000 lx kuni 15 000 lx, kusjuures valgustustihedust ei mõõdeta.

Meetodi realiseerimiseks kasutatav mobiilne seade, mis asetatakse mõõteobjekti kohale, koosneb alt ja külgedelt lahtisest kaarjast korpusest. Kaarja korpuse pealispinnale on kinnitatud nurga all paiknevad valgusallika koostud ning heledust fikseerivad tundlikud elemendid. Seejuures valgusallika koostud on paigutatud kohtkindlalt 0, 30, 50 ja 70 nurgakraadise nurga all vertikaalsihist. Mõõteobjekti valgustatud 113 mm läbimõõduga pinnalt avatud keskkonnas selle pinna peegeldussuuruste mõõtmiseks kasutatavad heledust fikseerivad tundlikud elemendid on kohtkindlalt kinnitatud ja horisontaalist lähtudes 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 ja 80 nurgakraadi sihis suunatud mõõteobjekti pinnale.

Kirjeldatud tehniline lahendus on esitatud leiutisele kõige lähedasem lahendus ja selle tõttu on see võetud prototüübiks.

Nimetatud tehnilise lahenduse puuduseks on see, et ta on ette nähtud ainult mõõteobjektide pinna heledusteguri ja taandatud heledusteguri määramiseks. Mõõtemeetod on mõõtemahukas (mõõtmine toimub mitmete erinevate valgust suunavate ja valguse peegeldust fikseerivate nurkade all) ja ei võimalda üldse mõõta teekatendite pinnalt neid peegelduvaid valgussuursusi, mida inimese silm sõidukis või jalutades tajub, kuna teekatendite pindade valgustustihedused on tavaliselt piirides alates 1 lx kuni 50 lx. See mõõtemeetod töötab mõõteobjekti pinna valgustustiheduste piirides 5 000 lx kuni 15 000 lx. Meetod on suhteliselt madala täpsustasemega, kuna heledustegurite arvutamisel ei seostata nende väärtusi mõõteobjekti pinnale langeva valguse valgustustiheduse mõõteväärtustega. Selles tehnilises lahenduses kasutatavatel valgusallikatel puudub spektraalne määratlus ja seadimise võimalus. Tundlike elementide poolt fikseeritavate heledusväärtuste määramatus on teadmata. Ka on mõõteobjektile suunatud valgus hajutatud ja selle täpne suunamine mõõteobjekti pinna mõõtepunktile puudub.

#### Leiutise olemus

Leiutisena esitatud objekti pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemeetodi ja seadme eesmärgiks on universaalsuse suurendamine, mõõtemahukuse vähendamine ja teekatendi pinnalt peegelduvate valgussuuruste mõõtmise võimaluste tagamine koos nende mõõtetäpsuse suurendamisega teevalgustuspaigaldistest tekitatud hetkeliste omaduste mõju, ilma- ja ümbruseolude ning kõrvalise ja häiriva valguse kõrvaldamisega.

Nimetatud eesmärk saavutatakse leiutisena esitatud pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemeetodi ja seadme abil. Seejuures mõõtemeetodi kasutamisel mõõteobjektiks on teekatend ja meetodi sooritamisel, kui tekib vajadus, kontrollitakse esmalt meetodi

kohandatust teekatendi valgustussuuruste mõõtetetingimustele. Selleks suunatakse kalibreeritud valgusallikast tulev mõjurite toimest vaba valguskiirte kimp nurga all teekatendi mõõtepunkti kohale asetatud valgustustihedusmõõturi tajuri pinnale, teostatakse tajuri pealispinna keskpunkti asendi ühtimine teekatendi mõõtepunktiga ja mõõdetakse valgustustihedus, valguse spektraaljaotus ning värvsustemperatuur. Kui saadud mõõdistest selgub, et mõõtetetingimused ei ole kooskõlas valgustuse mõõtemetodiga, siis reguleeritakse valgusallika valgusvoogu, valgusallika valguskiirte kimbu langemisnurka (suunanurka teekatendi pinna suhtes) ja valgusallika kaugust kuni mõõtetetingimused on tagatud, st et meetod on kohandatud valgustussuuruste mõõtmiseks, ning pärast seda fikseeritakse tajuri pinna valgustustiheduse, valguse spektraaljaotuse ja värvsustemperatuuri väärtused tugiväärtustena. Need tugiväärtused on vajalikud, kuna nendeta pole võimalik määrata teekatendilt peegelduvate valgussuuruste väärtusi, välja arvatud suhteliselt madalal täpsustasemel heledusteguri ja taandatud heledusteguri väärtused, mis tunduvalt suurendab mõõtemetodi universaalsust ja vähendab mõõtemahukust. Seejärel eemaldatakse hoidik koos tajuriga teekatendi mõõtepinna rastri mõõtepunkti kohalt ja mõõdetava teekatendi pinna mõõtepunktile suunatakse valgustuse kohandatud mõõtetetingimustel mõjurite toimest vabana valguskiirte kimp ning sellelt pinnalt mõjurite toimest vaba valguskiirte kimbu mõju tulemusena heledusmõõturi tajurelemendile fikseeritakse selle teekatendi mõõtepunkti ümbritsevalt pinnalt peegelduvate valgussuuruste, nagu heledus, heledustegur, taandatud heledustegur, värvsustemperatuur, värvuskoordinaadid jt mõõdised. Need mõõdised fikseeritakse teekatendilt peegelduvate valgussuuruste mõõtmise kohandatud mõõtetetingimustel. Kui tekib olukord, et nimetatud valgussuuruste mõõtetetingimused ei vasta kohandatavatele mõõtetetingimustele, siis selle tagamiseks reguleeritakse heledusmõõturi vaatlusnurka ja heledusmõõturi tajurelemendi kaugust mõõdetava pinna keskpunktist (mõõtepunktist). Pärast mõõtetetingimuste kohandamist suunatakse mõõtmisel saadavad mõõteandmed/mõõdised programmipõhisesse arvutusmudelisse ja teekatendi pinnalt peegeldunud valgussuuruste mõõtetulemused saadakse arvutusmudelist koos nende tulemuste määramatusega ning esitatakse näiduseadisel või arvutiekraanil.

Kuna meetodi rakendamisel on kõrvaldatud teekatendi pinna mõõtevälja mõõtepunktide rastri kõrval paiknevate valgusallikate asukohta ja nende tekitatud valguse mõju katendi pinna heleduse mõõtmisele, siis see tõstab tunduvalt kõigi teekatendi pinnalt peegelduvate valgussuuruste mõõtetäpsust.

Meetod võimaldab mõõta ka teekatendi pinnalt peegelduvaid valgussuurusi olukorras, kui valgusallikast suunatud valguskiirte kimp on risti mõõteobjekti pinnaga. Sel juhul teostatakse

tajuri pealispinna keskpunkti asendi ühtimine teekatendi mõõtepunktiga kaldsihis, vahetades omavahel ära valgusallika koostu ja mõõtepunkti asendifiksaatori kohad, mis omakorda suurendab meetodi universaalsust.

Mõõtemetodi teostamiseks kasutatakse mõõteseadet, mis koosneb alt lahtisest kaarjast korpusest ja selle kaarjale pealisosale kinnitatud nurga all paiknevast valgusallika koostust ning heledust fikseerivast tundlikust elemendist. Korpuse mõlemale küljele on kohtkindlalt kinnitatud kaarjas segmendikujuline külgpaneel, kaarjalt pealisosast korpuse sisemuse suunas on reguleerimisvõimalusega kinnitatud kaks vastakuti asuvat nurga suunas ja pikkuselt reguleeritavat torujat väliste mõjurite mõju eemaldavat kaitseelementi ja korpuse sümmeetriatasandis kaarjalt pealisosast korpuse sisemuse suunas jäigalt kinnitatud torujas mõjurite mõju eemaldav kaitseelement, mille telgjoon on risti korpuse tugipinnaga. Kahe toruja kaitselemendi reguleerimist piki ja nurga sihis võimaldavad külgpaneelides moodustatud ringjad paneele läbivad sooned koos kinnitusosistega. Heledust fikseeriva tundliku elemendina ühe toruja kaitselemendi välise otsaelemendi külge on kinnitatud teljesuunalise reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega tajurelemendiga heledusmõõtur. Kahe teise toruja kaitselemendi välise otsaelemendi külge on reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega kinnitatud valgusallika koost koos toite-, reguleerimis- ja juhtimisosistega ja asendifiksaator ning tagumise külgpaneeli välise pinna külge on kinnitatud kaks pöördliigendit, mille pöördelemendid on kinnitatud valgustustihedusmõõturi tajurit kandva pööratava hoidiku külge. Lisaks on valgusallika koost, mõõtepunkti asendifiksaator, heledusmõõtur, mõõtevahendi korpuse külgpaneeli külge kinnitatav valgustustihedusmõõtur ja hoidikus olev valgustustihedusmõõturi tajur ühendatud juhtme abil või juhtmevabalt arvutiga ning torujate kaitseelementide otspindadele reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega kinnitatavad valgusallika koost ja mõõtepunkti asendifiksaator on omavahel vahetatavad.

Kahe toruja kaitselemendi reguleerimisvõimaluste tagamisega piki ja nurga sihis saavutatakse nii katendi pinnale suunatud valgustussuuruste kui ka sellelt pinnalt peegelduvate valgussuuruste mõõtetetingimuste vajalik kohandamine, mis suurendab mõõteseadme universaalsust, vähendab mõõtemahukust ja võimaldab täpsemalt fikseerida saadavaid mõõddiseid.

Valgustustihedusmõõturi tajurit kandva pööratava hoidiku kinnitamisega mõõteseadme korpuse külgpaneeli külge saavutatakse igal ajal kontroll valgustustiheduse ja sellega seotud suuruste mõõtetetingimuste kohandamise üle, millega suurendatakse fikseeritud tugiväärtuste täpsust ja sellega koos ka teekatendilt peegeldunud valgussuuruste mõõtetulemuste täpsust.



Valgusallika koostu, mõõtepunkti asendifiksaatori, heledusmõõturi, mõõteseadme korpuse külgpaneeli külge kinnitatava valgustustihedusmõõturi ja valgustustihedusmõõturi tajuri ühendamine arvutiga vähendab tunduvalt mõõteseadme kasutusaega mõõtmisel, lihtsustab mõõteprotseduuri juhtimist, teostab vajalikud arvutused jm muud mõõtmisega seotud vajalikud operatsioonid, mis omakorda vähendab mõõtemahukust ja suurendab universaalsust.

Illustratsioonide loetelu

Esitatud meetodi toimimise ja selle toimimist realiseeriva seadme konstruktsiooni selgituseks on kirjelduses esitatud järgmised joonised.

Joonisel fig 1 on kujutatud pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemetodi põhimõtteline talitluskeem.

Joonisel fig 1 esitatud mõõtemetodi põhimõtteline talitluskeem koosneb järgmistest elementidest: mõõteobjekt, milleks on teekatend 1, teekatendi 1 pinnal moodustatud mõõtevälja rastri mõõtepunkt 2, hoidik 3, valgustustihedusmõõtur 4, valgustustihedusmõõturi 4 tajur 5, valgusallikas 6, valguskiirte kimp 7, torujas kaitseelement 8, tajuri 5 pealispind 9, teekatendi 1 mõõtepunkti 2 ümbritsev heleduse mõõtmise otstarbeks kasutatav pind 10, millele on suunatud valguskiirte kimp 7 ja mis on heleduse mõõtmisel kombitav, pinnalt 10 peegelduv kiirekimp 11, torujas kaitseelement 12, heledusmõõtur 13, heledusmõõturi 13 tajurelement 14, arvuti 15, mõõtepunkti 2 asendifiksaator 16, asendifiksaatori 16 kinnitamiseks ja kompimiskiire 17 suunamiseks kasutatav torujas kaitseelement 18, kusjuures kompimiskiir 17 on suunatud mõõtepunkti 2 ümbritsevale pinnale 10 ristsihis. Skeemil esitatud valgusallika 6 valguskiirte kimp 7 on suunatud mõõtepunktile 2 nurga  $\alpha$  all, mõõtepunkti 2 ümbritsevalt pinnalt 10 peegeldunud valguse heledust vaadeldakse kiirekimbu 11 põhjal nurga  $\beta$  all ning valgustustihedusmõõturi 4 tajuri 5 pealispinna 9 keskpunkti asendi täpset fikseerimist kontrollitakse ja täpsustatakse nii mõõtemetodi kohandamisel kui ka teekatendi 1 pinna 10 heledust iseloomustavate suuruste mõõtmisel (sel juhul on fikseeritavaks teekatendi 1 mõõtepunkti 2 asend) nurga  $\gamma$  all kompimiskiire 17 sihis. Valgusallikas 6 on kinnitatud teekatendi 1 mõõtepunktist 2 kaugusel  $l$ , heledusmõõturi 13 tajurelement 14 asub mõõtepunktist 2 kaugusel  $l_1$  ja asendifiksaatori 16 kompimiskiire 17 pikkus teekatendi 1 pinnast 10 on  $l_2$ . Esitatud meetodi kohase mõõtetotoimingu juhtimiseks ja saadavate mõõdiste töötlemiseks võib valgustustihedusmõõtur 4, valgustustihedusmõõturi 4 tajur 5, valgustusallikas 6, heledusmõõtur 13 ja asendifiksaator 16 juhtmega või juhtmevabalt olla ühendatud arvutiga 15. Samuti võimaldab meetod vajadus korral teostada valgusallika 6 ja asendifiksaatori 16 omavahelise asukohtade vahetuse.

Joonisel fig 2 on kujutatud pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõteseade eestvaates olukorras, milles toimub meetodi kohandamine.

Joonisel fig 2 esitatud mõõteseade koosneb järgmistest koostisosistest: hoidik 3, tajur 5, korpus 19, mis koosneb kahest rööpsest segmendikujulisest külgpaneelist 20, mille vahele on kinnitatud vastakuti piki ja nurga all reguleeritavad torujad kaitseelemendid 8, 12 ja ristsuunas korpuse 19 alumise otspinnaga jäigalt kinnitatud torujas kaitseelement 18, torujate kaitseelementide 8 ja 12 reguleerimist piki ja nurga sihis võimaldavad külgpaneelides 20 moodustatud ringjad külgpaneeli 20 läbivad sooned 21 koos kinnitusosistega 22, valgusallika 6 koost 23 koos toite-, reguleerimis- ja juhtimisosistega, heledusmõõtur 13 ja asendifiksaator 16, mis on vastavalt siirdeistu abil teljesuunalise reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega kinnitatavad torujate kaitseelementide 8, 12 ja 18 väliste otsaelementide külge, kaks pöördliigendit 24, mis on kinnitatud korpuse 19 tagumise külgpaneeli 20 välise pinna külge ja mille pöördelemendid on kinnitatud tajurit 5 kandva pööratava hoidiku 3 külge.

Joonisel fig 3 on kujutatud joonisel fig 2 esitatud mõõtevahend otsvaates suurendatult (heledusmõõtur 13 eemaldatud, mille tõttu on joonisel näidatud heledusmõõturi kontuurid peenema joonega).

Joonis fig 3 koosneb järgmistest koostisosistest: kahest külgpaneelist 20 koosnev korpus 19, külgpaneelide vahele kinnitatud torujas kaitseelement 12, toruja kaitseelemendi 12 reguleerimist ja kinnitamist võimaldavad külgpaneeli 20 läbivad sooned 21 koos kinnitusosistega 22, vasaku külgpaneeli 20 väliskülje külge kinnitatud valgustustihedusmõõtur 4 ja pöördliigendid 24. Joonisel fig 3 on täisjoonega näidatud tajuri 5 hoidiku 3 asend mõõtevahendi seadimise (mõõtemetodi kohandamise) olukorras ja punktiirjoonega pöördliigendite 24 abil valgustustihedusmõõturi 4 tajurit 5 kandva hoidiku 3 asend, mis fikseeritakse teekatendi 1 (vt joonis fig 1) valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmise ajaks pärast mõõtevahendi seadimist mõõtmise läbiviimiseks.

Joonisel fig 4 on kujutatud seadme (seadme katseeksemplari) abil erinevate teekatendite pinna heleduse mõõtmise tulemusena saadud teekatendite pinna heleduse väärtuste sõltuvuse graafiline esitus värvsustemperatuurist.

Joonisel fig 5 on esitatud tabeli kujul teekatendi tavakasutusel olevate mõõtemetodite ja mõõtevahendite abil ning leiutiskirjelduses esitatud mõõtemetodi ja seadme (seadme katseeksemplari) abil teostatavate valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmise võrdlusanalüüs.

Leiutise teostamise näide

Pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemeetod koos seadmega toimib järgmiselt.

Seadme korpuse 19 tagumise külgpaneeli 20 alumise osa külge on kinnitatud pöördliigendid 5 24, mis võimaldavad valgustustihedusmõõturi 4 tajuri 5 hoidiku 3 pöörata mõõtevahendis toetuvana mõõtevahendi korpuse 19 külgpaneelide 20 alumistele otspindadele ja fikseerida selles asendis, nagu on see esitatud joonistel fig 2 ja fig 3. Pärast hoidiku 3 fikseerimist mõõtevahend, toetatuna külgpaneelide 20 alumiste otspindadega hoidiku 3 ülemisele pinnale, tõstetakse teekatendi 1 rastri mõõtepunkti 2 kohale nii, et hoidiku 3 alumine pind toetub 10 teekatendile 1 ja tajuri 5 pealispinna 9 keskpunkt on kohakuti teekatendi 1 mõõtepunktiga 2, ja algab mõõtevahendi seadimine (valgustusuuruste mõõtemetodi kohandamine) mõõtmiseks. Toruja kaitselemendi 8 telgjoon sätitakse nurga  $\alpha$  all tajuri 5 pealispinna suhtes ja pannakse paika koostus 23 valgusallika 6 kaugus  $l$  tajuri 5 pealispinna 9 keskpunktist ning nimetatud 15 suurused fikseeritakse. Koostus 23 lülitatakse sisse kalibreeritud valgusallikas 6, mille stabiliseerumisaeg mõõtmiste läbiviimiseks on teada, ning võetakse arvesse valgusallika 6 koostu 23 soojenemine. Järgnevalt valgusallikast 6, näiteks kalibreeritud spektraaljaotusega (leed-) valgusallikast, mille valgusvoog on reguleeritav ja mis ise on vahetatav, on nüüd valgus (valguskiirte kimp 7) suunatud tajuri 5 pealispinnale 9 nurga  $\alpha$  all kauguselt  $l$ , mis arvutuslikult vastavad valgustuse mõõtettingimustele. Seejärel mõõdetakse mõõtevahendi korpuse 19 vasaku 20 külgpaneeli 20 välisküljele kinnitatud valgustustihedusmõõturi 4, näiteks spektripõhise valgustustihedusmõõturi (luksmeetri), abil mõjuritest kaitstuna, kuna ka mõõtevahendi korpuse 19 külgpaneelide 20 alumised otspinnad on tihedalt vastu hoidiku 3 ülemist pinda, tajuri 5 pealispinna 9 valgustustihedus, spektraaljaotus ja valguse värvustemperatuur ning saadud väärtused fikseeritakse. Nende väärtuste alusel toimub ka meetodi valgustuse mõõtettingimuste 25 kontroll. Kui fikseeritud väärtuste põhjal kohaldatus on tagatud, siis võetakse saadud valgustussuuruste mõõteväärtused tugiväärtusteks. Kui mõõtettingimuste kohaldatus ei rahulda, toimub meetodi uus kohaldamine (mõõtevahendi uus seadimine), mille alusel muudetakse vastavas ulatuses valguskiirte kimbu 7 nurka  $\alpha$  (toruja kaitselemendi 8 telgjoone nurka  $\alpha$ ) ja koostu 23 valgusallika 6 kaugust  $l$ , mille tulemusel tagatakse teekatendi reaalsele oludele 30 vastavalt teekatendi pinna võimalikult täpsed valgustuse mõõtettingimused. Seejärel saadavate mõõdiste põhjal määratakse kindlaks valgustustihedusmõõturi 4 väljundseadme või arvuti 15 abil tajuri 5 pealispinnale 9 (mis mõõtmise olukorras on teekatendi 1 mõõtepunkti 2 ümbritsev pind 10) suunatud valguse valgustustiheduse, spektraaljaotuse ja värvustemperatuuri väärtused ja need võetakse tugiväärtusteks, millest mõõtmise olukorras lähtutakse (mis on

mõõtmisel aluseks) teekatendi 1 rastri mis tahes mõõtepunktis 2 ümbritsevale pinnale 10 suunatud valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmisel. Mõõteseade tõstetakse üles, vabastatakse hoidik 3 fikseeringust ja koos tajuriga 5 pööratakse pöördliigendite 24 abil vastu mõõtevahendi korpuse 19 tagumist külgpaneeli 20 ja fikseeritakse selles asendis (vt joonis fig 3). Järgnevalt asetatakse mõõtevahend tagasi toetatuna külgpaneelide 20 alumistele 5 otspindadele teekatendi 1 rastri mõõtepunkti 2 kohale ja koostu 23 valgusallikast 6 eraldunud valgus (valguskiirte kimp 7) läbi toruja kaitselemendi 8 on nüüd suunatud teekatendi 1 rastri mõõtepunkti 2 ümbritsevale pinnale 10, mille peegeldust iseloomustavaid suurusi hakkab kompima heledusmõõtur 13, näiteks spektroradiomeetriline heledusmõõtur. Heledusmõõturi 10 13 suunanurk (kohandatud vaatlusnurk) teekatendi 1 suhtes on  $\beta$ . Seega pinnalt 10 tekitatud valguse peegeldus kiirekimbuna 11 läbi mõjurite toimet eemaldava toruja kaitselemendi 12 fikseeritakse heledusmõõturi 13 tajurelemendi 14 abil vaatlusnurga  $\beta$  all, mis on tavaliselt võrdne (kuid ei pruugi olla täpselt võrdne) valgustuse mõõtmiseks kohandatud nurgaga  $\alpha$ . Kui juhtub, et heleduse mõõtetitingimused ei ole piisavad, siis nende mõõtetitingimuste võimalikult 15 täpsemaks tagamiseks, muudetakse vajaduse korral vastavas ulatuses heledusmõõturi 13 vaatlusnurka  $\beta$  või heledusmõõturi 13 tajurelemendi 14 kaugust  $l_1$ . Kui aga kohandatus on vastavuses heleduse mõõtmisega, siis heledusmõõturi 13 abil saadud teekatendi 1 pinnalt 10 peegelduvate valgussuuruste mõõdised suunatakse juhtmete abil või juhtmevabalt arvutisse 15. Arvutis 15 kasutades vastavat radiomeetriliste andmete/mõõdiste programmi 20 (<https://www.jeti.com/cms/index.php/jeti-software/lival>) saadakse kooskõlas etteantud mõõteülesandele teekatendi pinnalt peegelduvate valgussuuruste, nagu heledus, heledustegur, taandatud heledustegur, värvsustemperatuur, värvuskoordinaadid, peegeldunud valguse spektraaljaotus või muu heledust iseloomustav suurus, lõplikud mõõtetulemused ja nende tulemuste mõõtemääramatus.

25 Lisaks võimaldab mõõtemetod seadme abil täpselt fikseerida ning ka reguleerida valgustustihedusmõõturi 4 tajuri 5 pealispinna 9 keskpunkti asendit mõõtevahendi seadimisel (valgustussuuruste mõõtetitingimuste kohandamisel) enne mõõtmist ja pärast pöördliigendite 24 abil hoidiku 3 mõõtevahendis kõrvalepööramist mõõtepunkti 2 täpset asendit ja selle ühtimist kiirekimbu 11 (toruja kaitselemendi 12 telgjoone) ja pinna 10 löikepunktiga mõõtevahendi 30 toruja kaitselemendi 18 külge eemaldamisvõimalustega kinnitatud asendifiksaatori 16 abil ülalt läbi mõjurite toime eemaldava toruja kaitselemendi 18 täisnurga  $\gamma$  all kompimiskiire 17 ja teekatendi 1 vahelise pinnaga 10 (ristsihis mõõtevahendi korpuse 19 külgpaneelide 20 alumiste otspindadega). Kui teekatendi 1 esimeses mõõtepunktis 2 on peegelduvad valgussuurused mõõdetud, tõstetakse seade järgmise teekatendi 1 rastri meelevaldse

mõõtepunkti 2 kohale. Seadme korpuse 19 külgsuuna 20 külge pöördliigendite 24 abil on kinnitatud kõrvalepööramise võimalusega hoidik 3 valgustustiheduse mõõturi 4 tajuriga 5 nii, et mõõtevahendi seadimisel (mõõtettingimuste kohandamisel) tajuri 5 pealispind 9 ühtib selle mõõtevahendiga mõõtmisel teekatendi pinna 1 mõõtepunkti 2 ümbritseva pinnaga 10. Et

5 teekatendi 1 rastri meelevaldne mõõtepunkt 2 asub samas tasapinnas eelneva meetodi kohandamisel olnud tajuri 5 pealispinnaga 9, siis asendifiksaatoriga 16 on lihtne ühildada tajuri 5 keskpunkti asend mõõtevahendi seadimisel teekatendi 1 meelevaldse mõõtepunkti 2 asendiga mõõtevahendiga mõõtmisel.

Igas järgmises teekatendi 1 rastri meelevaldses mõõtepunktis 2 sooritatakse pinna peegeldust

10 iseloomustavate suuruste mõõtmine juba seaditud mõõtevahendiga (kohandatud mõõtettingimustel) seadimis- või kohandamistoiminguid tegemata analoogselt ülalkirjeldatule, kusjuures teekatendi 1 rastri meelevaldse mõõtepunkti 2 täpne asend fikseeritakse asendifiksaatoriga 16. Niimoodi toimub pinna peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmine kõikides teekatendi 1 rastri mõõtepunktides 2.

15 Kui tekib vajadus pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmise järele olukorras, kus valgus on suunatud ainult risti mõõdetava teekatendiga 1, siis saab mõõtevahendi abil selle olukorra lahendada, vahetades ära koostu 23 koos valgusallikaga 6 ja asendifiksaatori 16 asukohad (vt joonis fig 2). Edasi mõõtevahend analoogselt ülalttoodule seadistatakse (mõõtettingimused kohaldatakse) valgustustihedusmõõturi 4 tajuri 5 abil, suunates

20 valgusallikast 6 valguse risti tajuri 5 pealispinnaga 9 ja teostades valgustustiheduse mõõtmise ristsihis tajuri 5 pealispinnaga 9 valgusallika 6 kauguse ja valgusvoo reguleerimisega. Pärast mõõtevahendi seadimist (mõõtettingimuste kohaldamist) toimub antud juhul teekatendi 1 peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmine analoogselt eelkirjeldatule, erinevusega selles, et tajuri 5 pealispinna 9 keskpunkti asendi fikseerimine mõõtevahendi seadimisel

25 (mõõtettingimuste kohaldamisel) ja teekatendi 1 mõõtepunkti 2 fikseerimine mõõtevahendiga mõõtmisel toimuvad nüüd kaldasendis nurga  $\alpha$  all.

Mõõtevahendi korpuse 19 alumise osa külge on kinnitatud kõrvalepööramise võimalusega hoidik 3 valgustustiheduse mõõturi 4 tajuriga 5 nii, et mõõtevahendi seadimisel pealispind 9 ühtib mõõtevahendiga mõõtmisel teekatendi 1 mõõtepunkti 2 ümbritseva pinnaga 10. Pärast

30 mõõtettingimuste kohaldamise kontrolli saab tajuri 5 koos hoidikuga 3 mõõtmise ajaks pöördliigendite 24 abil kõrvale pöörata ja pärast seda toetub seadme korpuse 19 alumine osa teekatendi 1 pinnale 10 ja eelnev seadme seadimise (mõõtettingimuste kohaldamise) toimivus jääb kehtima.

Uus väljaarendatud valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemetod ja seade on ülalkirjeldatu üks realiseerimismoodus. Lisaks võimaldab väljaarendatud leiutis hankida uued usaldusväärsed väärtused tänapäevaste teekatendite heledust (valguse peegeldust) iseloomustavate suuruste, nagu heledustegur, taandatud heledustegur, värvsustemperatuur ja värvsuskoordinaadid kohta, tagades ühtlasi kõigi heledust iseloomustavate suuruste mõõtetulemuste jälgitavuse.

Meetodi ja seadme kasutamise efekt seisneb selles, et selle rakendamise tulemusena saab näiteks kaasaegsete teede asfaltkatendite puhul, mida valgustavad traditsioonilised gaaslahendusvalgustid või juba kaasaegsel leedtehnikal põhinevad valgustuslahendused, hinnata katendite kulumisest ja keskkonnast tingitud muutuste korral operatiivselt peegeldust iseloomustavate suuruste väärtuste muutusi ja välja pakkuda liikluskeskkonna muutustest sõltuvalt ohutumaid ning efektiivsemaid lahendusi.

Leiutatud mõõtemetodi ja seadme efekt seisneb ka selles, et rakendamise tulemusena võetakse arvesse inimesele omast skotoopilist ja mesoopilist nägemist pimedas ja hämaras keskkonnas, mida seni ei ole rakendatud, ning saab reaalselt hinnata teekatendite pinnalt peegelduvaid valgussuuruste väärtusi kaasaegsete teede valgustamisel kasutatavate leedtehnikal põhinevate valgustuslahenduste ja kaasaegsete asfalt- ja betoonkatendite ja nendes kasutatud erinevate lisandite puhul. Meetodi rakendamine võtab arvesse nähtava valguse spektraalset koostist ehk värvsustemperatuuri mõju pinnetelt peegeldunud valguse hindamisel ning seega pakkudes välja liikluskeskkonnale ohutumaid ning efektiivsemaid lahendusi. Nii on teostatud eksperimendi kohaselt, mille läbiviimisel kasutati pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemetodit ja seadet (seadme katseeksemplari), hinnatud erinevaid teekatendeid, mille pinnale langeva valguse valgustiheduse 20 lx korral samalt pinnalt peegeldunud valguse heledus on joonisel fig 4 esitatud väärtuste graafikul valguse värvsustemperatuuri eri väärtustel. Seda, et pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste leiutatud mõõtemetod on lihtne ja selle sooritamiseks kasutatava kaasaskantava seadmega saab kohapeal teekatendi pinna määratletud mõõterastri mõõtepunktis mõõta otse seda punkti ümbritseva katendi pinnalt peegelduvaid valgussuursusi, nende suuruste mitmekesisust, siis see võimaldab vähendada mõõtemahukust ja suurendada mõõtetäpsust. Nimetatut toetab ka seni kasutatava teekatendite standardikohase mõõtemetodi ja tavakasutuses olevate mõõtevahendite ning leiutiskirjelduses esitatud mõõtemetodi ja seadme (seadme katseeksemplari) abil teostatavate teekatenditelt peegelduvate valgussuuruste mõõtmise võrdlusanalüüs mõningate karakteristikute osas, mis on esitatud joonisel fig 5.

Nagu näha joonisel fig 5 esitatud andmetest võimaldab leiutatud meetod ja seade suurendada mõõtetäpsust. Standardse mõõtemetodi osas on joonise fig 5 tabelisse kantud andmed teekatendi mõõtepunktis saadava mõõtetulemuse laiendmääramatuse keskmise väärtuse osas protsentides mõõtetulemusest (Mõõtetulemuse määramatuse hindamise lähendmeetod 5 valgustehnilistel mõõtmistel. TTÜ, Inseneriteaduskond, Tallinn, 2019). Selgub, et standardset mõõtemetodit kasutades esitatud mõõtetulemuse laiendmääramatuse väärtuses ligikaudu 1/3 moodustavad mõjuritest tingitud määramatuse komponendid. Kuna kirjeldatud uus leiutatud mõõtemetod võimaldab mõjuritite osakaalu viia miinimumini, siis võimaldab see teekatendi pinna valgustustehniliste suuruste (peegeldust iseloomustavate suuruste) mõõtetulemuste 10 laiendmääramatust tunduvalt vähendada. Joonise fig 5 tabelis esitatud leiutatud mõõtemetodi kasutamisel saadavad mõõtetulemuste laiendmääramatuste võimalikud keskmised väärtused said kinnituse mõõtemetodi realiseerimiseks kasutatava seadme prototüübi katsetamise tulemusena.

## Patendinõudlus

1. Pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemeetod, mille korral valgusvoog suunatakse nurga all mõõteobjekti pinnale ja seejärel mõõdetakse sellelt pinnalt peegeldunud valguse heledust nurga all ning saadud andmete põhjal arvutatakse heledustegur ja taandatud heledustegur, mis **erineb selle poolest**, et mõõteobjekti, milleks on teekatend, pinna mõõtepunktile suunatakse valgustuse kohandatud mõõtetitingimuste kohaselt mõjurite toimest vabana valguskiirte kimp ning sellelt pinnalt valguse peegeldust iseloomustavate mõjurite toimest vaba valguskiirte kimbu mõju tulemusena heledusmõõturi tajurelemendile kohandatud heleduse mõõtetitingimustel fikseeritakse selle teekatendi mõõtepunkti ümbritseva pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõdised, suunatakse need koostatud programmpõhisesse arvutusmudelisse ning pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtetulemused saadakse arvutusmudelist koos nende tulemuste määramatusega ja esitatakse näiduseadisel või arvutiekraanil.
2. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, mis **erineb selle poolest**, et enne mõõteobjekti pinnale valguse suunamist teostatakse valgustuse mõõtetitingimuste kohandamine, mille kohaselt suunatakse valgusallikast tulev mõjurite toimest vaba valguskiirte kimp nurga all teekatendi mõõtepunkti kohale asetatud valgustustihedusmõõturi tajuri pinnale, teostatakse tajuri pealispinna keskpunkti asendi ühtimine teekatendi mõõtepunktiga, reguleeritakse valgusallika valgusvoogu, valgusallika valguskiirte kimbu langemisnurka ja valgusallika kaugust, tagatakse valgustuse mõõtetitingimused, ning pärast seda fikseeritakse tajuri pinna valgustustiheduse, valguse spektraaljaotuse ja värvsustemperatuuri väärtused tugiväärtustena.
3. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, mis **erineb selle poolest**, et mõõteobjekti pinnalt enne valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõdiste saamist toimub vajadusel heleduse mõõtetitingimuste kohandamine, mille kohaselt reguleeritakse heledusmõõturi vaatlusnurka ja heledusmõõturi tajurelemendi kaugust teekatendi pinna mõõtepunktist.
4. Pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõteseade, mis koosneb alt lahtisest kaarjast korpusest (19) ja selle kaarjale pinnale kinnitatud nurga all paiknevast valgusallikaga (6) valgusallika koostust (23) ning heledust fikseerivast elemendist (13), mis **erineb selle poolest**, et korpuse (19) mõlemale küljele on kohtkindlalt kinnitatud kaarjas segmendikujuline külgpaneel (20), kaarjalt pinnalt korpuse (19) sisemuse suunas on reguleerimisvõimalusega kinnitatud kaks vastakuti asuvat nurga suunas ja pikkuselt reguleeritavat torujat mõjurite kaitselementi (8) ja (12), mille reguleerimist piki ja nurga sihis võimaldavad külgpaneelides (20) moodustatud ringjad paneele (20) läbivad sooned (21) koos kinnitusosistega (22), ja



- 5 korpuse (19) sümmeetriatasandis kaarjalt pinnalt korpuse (19) sisemuse suunas jäigalt kinnitatud torujas mõjurite kaitseelement (18), mille telgjoon (17) on risti korpuse (19) tugipinnaga, seejuures heledust fikseerivaks elemendiks (13) ühe toruja kaitselemendi (12) välise otsaelemendi külge on kinnitatud teljesuunalise reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega heledusmõõtur (13), ja kahe teise toruja kaitselemendi (18) ja (8) välise otsaelemendi külge on reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega kinnitatud asendifiksaator (16) ja valgusallika (6) koost (23) koos toite-, reguleerimis- ja juhtimisosistega, ning külgpaneeli (20) välise pinna külge on kinnitatud valgustustihedusmõõtur (4) ja pöördliigend (24) valgustustihedusmõõturi (4) tajurit (5) kandva pööratava hoidikuga (3).
- 10 5. Mõõteseade vastavalt nõudluspunktile 4, mis **erineb selle poolest**, et valgusallika koost (23), mõõtepunkti asendifiksaator (16), heledusmõõtur (13), mõõtevahendi korpuse (19) külgpaneeli (20) külge kinnitatav valgustustihedusmõõtur (4) ja valgustustihedusmõõturi tajur (5) on ühendatud juhtme abil või juhtmevabalt arvutiga (15).
- 15 6. Mõõteseade vastavalt nõudluspunktile 4, mis **erineb selle poolest**, et torujate kaitseelementide (8) ja (18) otspindadele reguleerimis- ja fikseerimisvõimalusega kinnitatavad valgusallika (6) koost (23) ja mõõtepunkti (2) asendifiksaator (16) on omavahel vahetatavad.

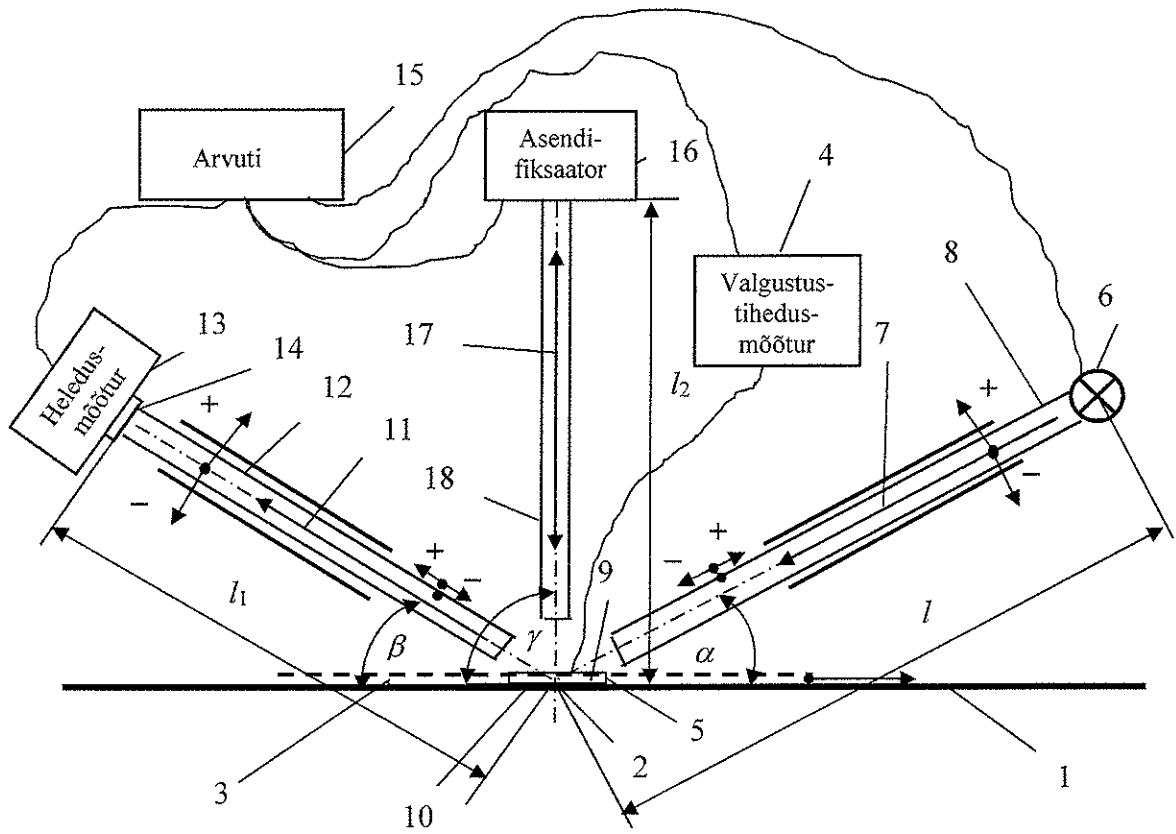
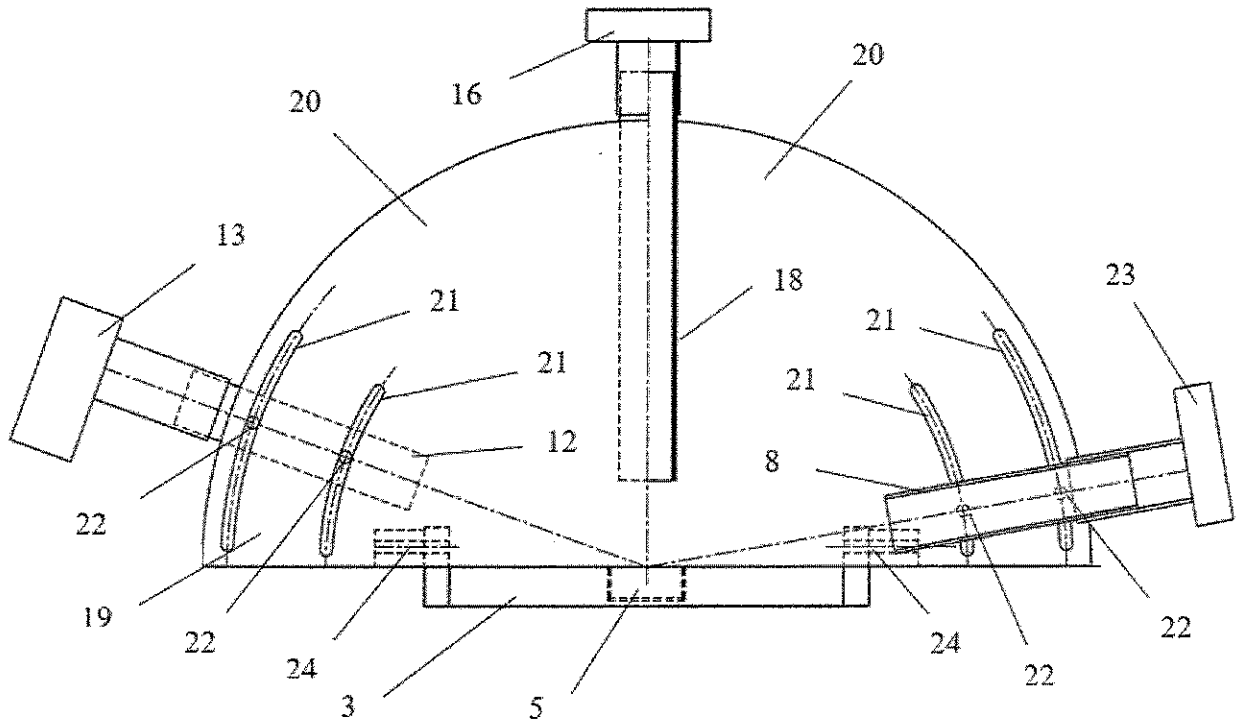


FIG 1

18

2/5



5

FIG 2

19

3/5

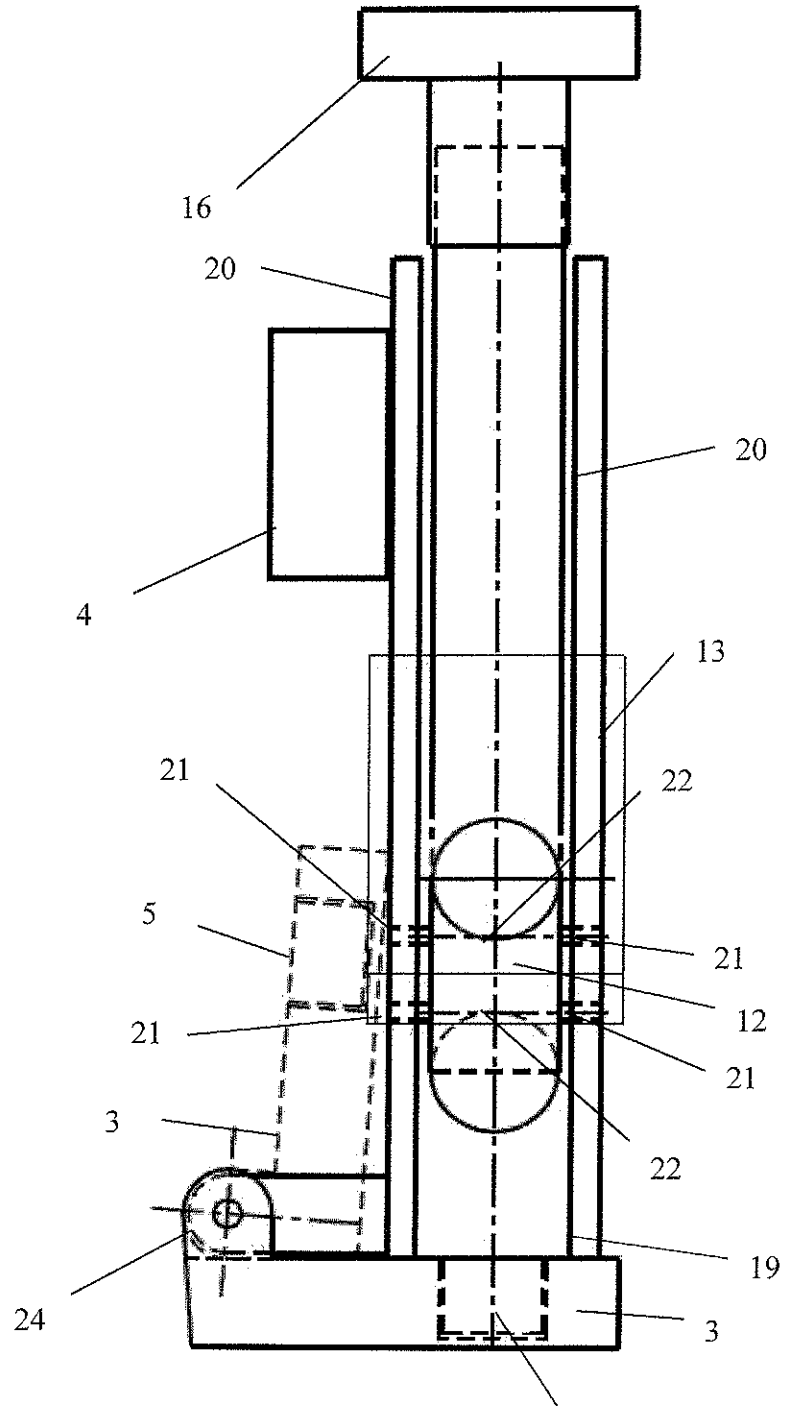
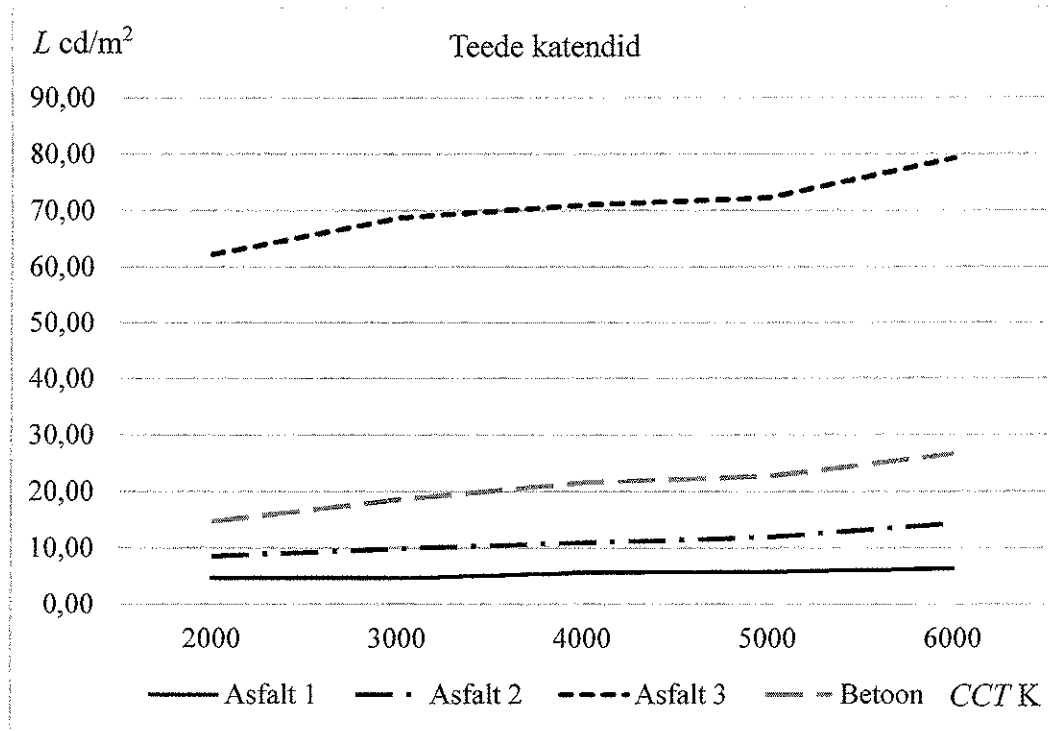


FIG 3

5

20

4/5



5

FIG 4

Kasutatav mõõtemeetod	Teekatendi valguse peegeldust iseloomustavad suurused					
	Valgustus-tihedus	Heledus	Heledus-tegurid	Värvsus-temperatuur	Värvsus-koordinaadid	
EN 13201-3 ja EN 13201-4 mõõtemeetodid	Mõõdetav V-lambda korrigeeringuga luksmeetri abil	Mõõdetav statiivile asetatud heledus-mõõtuuri abil	Arvutatavad heledusmõõtuuri ja luksmeetri näite ning standardis esitatud andmeid kasutades	Mõõdetav valguse värvsus-temperatuuri mõõtuuri abil	Valguse värvsus-koordinaate ei ole võimalik mõõta	
Leiutiskirjelduse mõõtemeetod	Kõik teekatendi valguse peegeldust iseloomustavad suurused on mõõdetavad ja arvutatavad					
Kasutatavad mõõtevahendid	Teekatendi valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtmiseks ja nende väärtuse arvutamiseks kuluv aeg sõltub kasutatava mõõtevahendi juhendis kirjeldatud mõõteprotseduuri läbiviimise ajast					
	Valgustus-tihedus	Heledus	Heledus-tegurid	Värvsus-temperatuur	Värvsus-koordinaadid	
Tavakasutuses olevad mõõtevahendid	Spektromeetrilise osisega luksmeeter BTS256 EF	Spektromeetrilise osisega spektromeeter JETI specbos 1211UV	Arvutatavad heledusmõõtuuri ja luksmeetri näite ning standardis esitatud andmeid kasutades	Spektromeetrilise osisega spektromeeter JETI specbos 1211UV	Spektromeetrilise osisega spektromeeter JETI specbos 1211UV	
Leiutiskirjelduse mõõteseade	Kõik teekatendi valguse peegeldust iseloomustavad mõõtesuurused mõõdetavad ja arvutatavad 2 tunni jooksul					
Kasutatav mõõtemeetod	Teekatendi valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõte- ja arvutustulemuste saavutatava laiendmääramatuse keskmine väärtus protsentides mõõte- või arvutustulemusest 95 % tõenäosustasemel (värvsustemperatuuri ja värvsuskoordinaatide laiendmääramatuse saavutatav väärtus on esitatud mõõtühikuga)					
	Valgustus-tihedus	Heledus	Heledus-tegur	Taandatud heledus-tegur	Värvsus-temperatuur	Värvsus-koordinaadid
EN 13201-3 ja EN 13201-4 mõõtemeetod	10	15	18	20		
Leiutiskirjelduse mõõtemeetod	5	10	12	12	100 K	0,001

FIG 5