

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Juha Raitmaa

INFRAPUNALÄMPÖMITTAUSTEN KÄYTTÖ TURVALASIN VALMISTUKSESSA

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2006

DI Mikko Numminen
Tamglass Engineering Ltd Oy, ohjaajana Juha Sulonen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Raitmaa, Juha

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Huhtikuu 2006

Hakusanat

Infrapunalämpömittausten käyttö turvalasin valmistuksessa

42 sivua + 2 liitesivua

DI Mikko Numminen

Tamglass Engineering Ltd Oy, ohjaajana Juha Sulonen

IR-mittaus, lasinkarkaisu, lämpösäteily, infrapunasäteily, turvalasi

TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena on tutkia ja kehittää turvalasin valmistusprosessissa käytettäviä infrapunalämpömittaussovelluksia. Tarkoituksena on ideoida uutta anturitekniikkaa hyödyntävä järjestelmä, jota voitaisiin sellaisenaan käyttää Tamglassin kaikkien eri tuoteperheiden lasinjalostuslinjoissa. Järjestelmän tulisi olla modulaarinen, jotta sitä voidaan tarpeen tullen laajentaa sopivaksi myös suuriin karkaisu- tai laminoitilinjoihin. Tavoitteena on myös tutkia, millä keinoilla infrapunalämpömittauksessa syntyviä mittausvirheitä voitaisiin poistaa tai vähentää ja miten infrapunalämpömittauksia voitaisiin hyödyntää nykyistä laajemmin prosessin eri vaiheissa.

Työssä on runsaasti tietoa lasinkarkaisu- ja taivutusprosesseista sekä infrapunamittauksen teoriasta. Työssä paneudutaan myös infrapunamittausten etuihin ja ongelmiin sekä selvitetään, kuinka ympäristöstä johtuvia mittausvirheitä voidaan vähentää.

Kenttäsuunnittelussa tuotettiin uuden pyrometrisovelluksen kenttäkotelon layout-kuvat sekä kytkentäkuvat, joilla järjestelmä voidaan toteuttaa. Lisäksi laadittiin ohjeita järjestelmässä olevien laitteiden käyttöönottoon ja asetusten määrittämiseen.

Työn tuloksia voidaan käyttää infrapunamittaussovellusten kehittämiseen ja uudenlaisen pyrometrisovelluksen tekemiseen sekä pohjana infrapunalämpömittauksien mahdollisten uusien käyttökohteiden tutkimiseen.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering
Automation Engineering

Raitmaa, Juha

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Comissioning Company

April 2006

Keywords

Non-contact temperature measurement in glass tempering

42 pages + 2 appendices

MSc Mikko Numminen

Tamglass Engineering Ltd Oy, supervisor Juha Sulonen

IR-measurement, safety glass, glass tempering, heat radiation, infrared radiation

ABSTRACT

The aim of this thesis was to analyse and develop infrared temperature measuring systems which are used in safety glass processes. The meaning of this thesis was to compose new infrared temperature measuring system which could be used in all product families of Tamglass glass refinery machines. This new infrared temperature measuring system should be modular and easily expandable because it would be used in large and small machines. Meaning of this thesis is also to find problems of infrared temperature measurements and analyse how problems could be removed or reduced. Target of this thesis is also to find out how infrared temperature measuring systems could be used more widely in all stages of glass tempering process.

In this thesis there is lots of knowledge from glass tempering and bending processes and infrared measuring systems and theory. There is also information about good and bad aspects of infrared temperature measuring systems.

The results of this thesis are plan for new infrared temperature measuring system. Plan includes layout pictures, connection pictures and devices, which need to be purchased. It also include installation instructions for used devices.

The results of this thesis could be used to developing infrared temperature measuring systems and creating new infrared measuring system. It also could be used for base to find out how infrared temperature measuring systems could be used more widely in all stages of glass tempering process.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO	5
2 TAMGLASSIN ESITTELY	5
3 LASINKARKAISUN PERIAATE	6
4 LASINKARKAISU PROSESSINA	6
5 LAMINOINTI JA LAMINOIDUN LASIN TAIVUTUS	8
5.1 Laminointi	8
5.2 Laminoidun lasin taivuttaminen	8
6 LÄMPÖSÄTEILYYN PERUSTUVA LÄMPÖTILANMITTAUS	9
6.1 Teoria	9
6.2 Infrapunalämpömittausjärjestelmä	11
7 IR-LÄMPÖMITTAUKSEN KÄYTTÖ LASINKARKAISUPROSESSISSA	12
8 IR-LÄMPÖMITTAUKSEN EDUT JA ONGELMAT	13
8.1 Edut	13
8.2 Ongelmat	13
8.2.1 Linssin likaantuminen	13
8.2.2 Ympäristön vaikutukset	14
8.2.3 Anturin ylikuumeneminen	14
8.2.4 Mitattavan kohteen emissiivisyyden muutokset	14
8.2.5 Anturin sijoittelu	15
8.2.6 Lämpötilan mittaus kappaleen sisältä	16
9 NYKYISET IR-LÄMPÖMITTAUSSOVELLUKSET	17
9.1 Pyrometri	17
9.2 Skanneri	18
10 UUSIEN JA VANHOJEN PYROMETRIANTUREIDEN VERTAILU	20
10.1 Koko	21
10.2 Kytkenä	21
10.3. Lämpötilan sieto	22
11 UUDEN PYROMETRISOVELLUKSEN SUUNNITTELU	23
11.1. Järjestelmän yleiskuvaus	23
11.2. Raytek Thermalert MID -pyrometri	24
11.3. Pyrometrin kokeilu DataTemp Multidrop ohjelman avulla	26
11.4. DigiOne IA Serial/Ethernet -muunnin	33
11.5. Kytkenä ja kenttäkotelon sisältö	36
12 IR-LÄMPÖMITTAUKSEN SOVELLUSKOHTEET TULEVAISUUDESSA	37
13 YHTEENVETO	40
LÄHDELUETTELO	41
LIITTEET	42

1 JOHDANTO

Työssä on tavoitteena tutkia ja kehittää turvalasin valmistusprosessissa käytettäviä infrapunalämpömittaussovelluksia. Turvalasiksi kutsutaan lasia, jolle on joko karkaisemalla tai laminoimalla saatu sellaiset ominaisuudet, että se ei särkyessäänkään ole vaaraksi eläimille tai ihmisille. Tarkoituksena on ideoida uutta anturitekniologia hyödyntävä järjestelmä, jota voitaisiin sellaisenaan käyttää Tamglassin kaikkien eri tuoteperheiden lasinjalostuslinjoissa. Tavoitteena on myös tutkia, millä keinoilla infrapunalämpömittauksessa syntyviä mittausvirheitä voitaisiin poistaa tai vähentää. Lisäksi tutkitaan, kuinka infrapunalämpömittauksia voitaisiin hyödyntää entistä laajemmin lasinkarkaisuprosessin eri vaiheissa ja millaista hyötyä niistä saataisiin.

Tutkimuksen kohde on tärkeä, koska infrapunalämpömittaus on paras keino saada tietoa lasinkarkaisuprosessista. Mittaustiedosta on suurta hyötyä laadun varmistuksessa ja laadun parantamisessa. Infrapunasovellusten uusien käyttökohteiden löytäminen on tärkeää, jotta niistä saatava hyöty olisi käytössä ennen kilpailevia valmistajia. Tämä auttaa Tamglassia pysymään teknologia- ja markkinajohtajana.

2 TAMGLASSIN ESITTELY

Tamglass on turvalasikoneiden ja -linjojen teknologia- ja markkinajohtaja, jonka asiakkaina ovat arkkitehtuuri-, ajoneuvo-, huonekalu- ja kodinkonelasiteollisuus. Tamglass muodostaa yhdessä lasin esikäsitteilykoneiden johtavan valmistajan, italialaisen Z. Bavellonin, kanssa maailman johtavan lasinjalostusteknologiaryhmän, joka kuuluu Helsingin Pörssissä listattuun Kyro-konserniin. Tamglassilla on myynti-, valmistus- ja huoltopalveluyksiköjä useissa Euroopan ja Aasian maissa sekä Amerikassa. Tamglass-ryhmään kuuluu myös lasinjalostusliiketoiminta-alue, jonka muodostavat Tamglass Turvalasi Oy, Tamglass Finton Oy ja Tamglass Lämpölasi Oy.

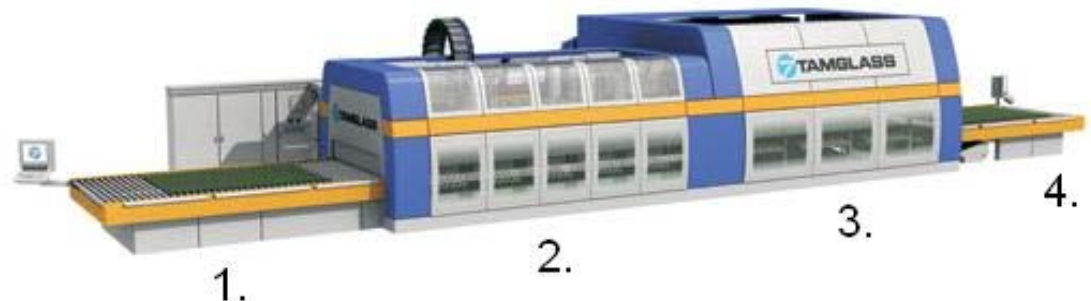
3 LASINKARKAISUN PERIAATE

Lasinkarkaisun periaate on varsin yksinkertainen. Ensin lasi lämmitetään noin 650°C :n lämpötilaan, jolloin se lämmön vaikutuksesta laajenee. Tämän jälkeen se jäähdytetään nopeasti huoneenlämpöiseksi. Lasin pinta jäähtyy niin nopeasti, ettei lämmöstä aiheutunut laajeneminen ehdi kunnolla poistua. Lasin keskiosa sen sijaan jäähtyy hitaammin, jolloin se ehtii kutistua. Nyt lasin ulkopinta on ikään kuin suurempi kuin sen sisäosa ja tästä syystä pintojen välille jää suuri voimavaikutus. Tämä luja jännitys tekee lasista huomattavasti kestävämmän verrattuna perinteiseen karkaisemattomaan lasiin. Toinen karkaistun lasin hieno ominaisuus on se, että lasin rikkoutuessa lasissa oleva jännitys purkautuu ja hajoittaa koko lasin pieniksi murusiksi. Tämä tekee lasista huomattavasti turvallisemman, koska siitä ei synny veitsenteräviä sirpaleita, jotka voisivat viiltää ihmisiä tai kotieläimiä. Tästä syystä karkaistusta lasista käytetään nimitystä turvalasi.

4 LASINKARKAISU PROSESSINA

Karkaisuprosessin suorittaa kuvassa 1 oleva linja, joka koostuu seuraavista osista:

1. Lastauspöytä
2. Uuni
3. Chilleri
4. Purkupöytä



Kuva 1: Lasin tasokarkaisulinja. /5/

Itse prosessiin kuuluvat seuraavat vaiheet:

- lastaus
- lämmitys
- karkaisu
- jäähdytys
- purku

Lastauksessa lasikuorma nostellaan rullakuljettimelle, joka kuljettaa sen läpi koko prosessin. Lastaus tehdään joko käsin tai koneellisesti. Etenkin suurien lasien lastaukseen tarvitaan koneapua.

Lämmitysvaiheessa kuljetin tuo lasikuorman uuniin, jossa se lämmitetään sopivaan lämpötilaan. Uunin lämpötila on noin $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja uunia lämmitetään vastuksilla, jotka sijaitsevat kuljettimen ylä- ja alapuolella. Uunin lämpötilaa mitataan uunissa olevilla termopareilla. Kun lasikuorma on uunissa, kuljetin ajaa sitä edestakaisin uunin pituussuunnassa. Tällä pyritään tasaiseen lämpiämiseen. Jotta prosessi olisi nopea, lasikuorma pyritään lämmittämään mahdollisimman nopeasti haluttuun lämpötilaan. Tähän pyritään lämmittämällä lasia sekä lämpösäteilyllä että johtumalla. Joissakin uuneissa käytetään lämmönjohtumisen parantamiseen konvektiota eli eräänlaista kiertoilmamenetelmää. Lasin lämpiäminen sopivaan lämpötilaan kestää noin $40 \frac{s}{mm}$. Jos lasin paksuus on 3 millimetriä, lämmitys kestää 120 s.

Kun lasit ovat lämmenneet, kuljetin siirtää ne chilleriin, jossa lasi karkaistaan ja jäähdytetään. Uunin ja chillerin välissä lasikuorman lämpötila mitataan ja tulos tallennetaan. Lasikuorma karkaistaan puhaltamalla sen pintaan huoneenlämpöistä ilmaa. Ilma tulee lasin läheisyyteen tuoduista suuttimista. Jotta karkaistuminen tapahtuisi, lasin on jäähdyttävä riittävän nopeasti noin $650\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta $350\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Tämän vuoksi ilmaa tarvitaan todella paljon ja sen saannista huolehtivat puhaltimet, joiden moottoriteho on yhteensä noin 700 kW. Kun lasikuorma on chillerissä, kuljetin ajaa sitä edestakaisin. Tällä pyritään tasaiseen jäähtymiseen.

Karkaisun jälkeen alkaa lasikuorman jäähditys. Jäähdityksessä lämpötilaa alennetaan edelleen puhaltamalla aina 50 °C :een saakka, minkä jälkeen sitä voidaan käsin kosketella.

Kun lasit ovat jäähtyneet, kuljetin siirtää ne purkupöydälle. Purkupöydältä ne puretaan joko käsin tai koneellisesti ja lastataan lasinkuljetuspukeille.

5 LAMINOINTI JA LAMINOIDUN LASIN TAIVUTUS

5.1 Laminointi

Laminoimalla valmistetussa turvalasissa on kaksi tai useampia lasikerroksia, joiden välissä on PVB-muovikalvo (polyvinylibutyaali). Lasikerrokset puristetaan kiinni kalvoon kuumennusprosessissa. Lasin rikkoutuessa sirpaleet jäävät kiinni muovikalvoon eivätkä siten aiheuta turvallisuusriskiä eläimille tai ihmisille. Tunnetuin laminointikohde ovat ajoneuvojen tuulilasit, jotka ovat sekä laminoituja että taivutettuja.

5.2 Laminoidun lasin taivuttaminen

Laminoitu lasi taivutetaan esimerkiksi kuvassa 2 olevalla ESU-linjalla. Taipuminen saadaan aikaan muotin ja korkean lämpötilan vaikutuksesta. Laminoitu tasolasi asetetaan teräksestä valmistetun muotin päälle, jonka mukana se kulkee pitkän uunin läpi. Lasia lämmitetään uunissa, kunnes se pehmenee ja muotoutuu muottiin painovoiman vaikutuksesta. Tämän jälkeen lasin annetaan jäähtyä noin 50 °C :een, jolloin se on valmis. Uunia lämmitetään sähkövastuksilla aivan kuten karkaisu-prosessissa ja myös taivutusuuneissa on käytössä konvektio.



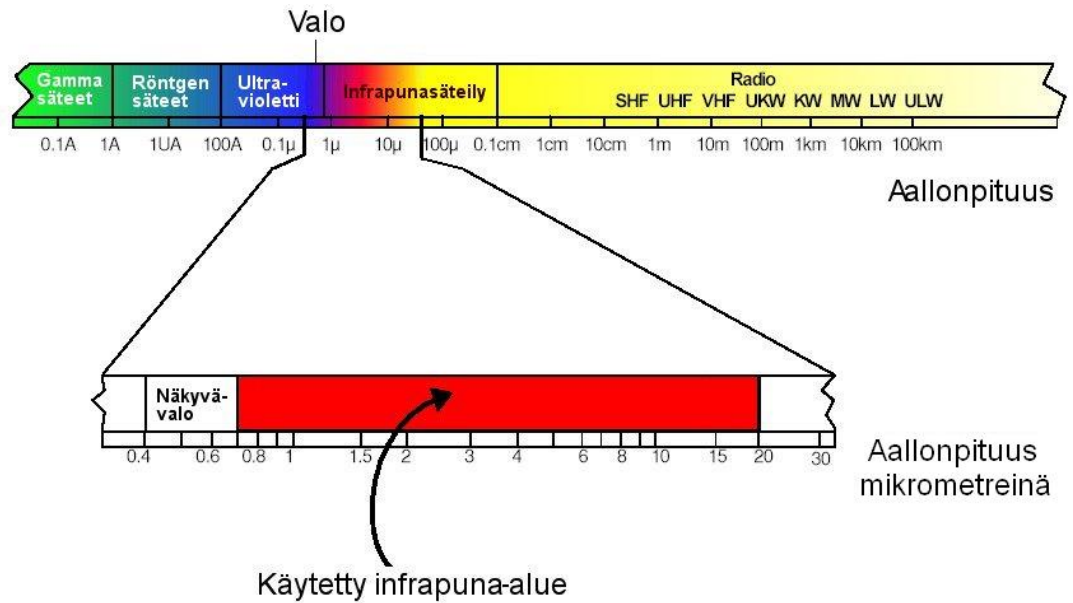
Kuva 2: Laminoidun lasin taivutusuuni, eli ESU-linja. /5/

6 LÄMPÖSÄTEILYYN PERUSTUVA LÄMPÖTILANMITTAUS

6.1 Teoria

Kaikki kappaleet, jotka ovat lämpötilaltaan absoluuttisen nollapisteen yläpuolella, säteilevät lämpösäteilyä, jonka suuruus riippuu kappaleen lämpötilasta. Säteilyn aiheuttaa jatkuva molekyylien mekaaninen liike, jonka voimakkuus riippuu kappaleen lämpötilasta. Molekyylien liikkuaessa myös varaukset liikkuvat ja siitä aiheutuu kappaleesta lähtevä elektromagneettinen säteily. Tämä säteily kulkee valon nopeudella ja käyttäytyy tunnettujen optiikan lakien mukaan. Säteily voi taittua, sitä voidaan tarkentaa linseillä ja se voi heijastua kiiltävistä pinnoista. Infrapunasäteilyn spektri ulottuu $0,7 \mu\text{m}$:stä, $1000 \mu\text{m}$:n aallonpituuteen (Kuva 3). Lämpötilan mittaukseen käytetään tavallisesti aallonpituuksia väliltä $0,7 - 20 \mu\text{m}$.

Infrapunasäteilyn aallonpituus on siis suurempi kuin näkyvän valon ja tästä syystä sitä ei näe paljaalla silmällä. Säteilyn aallonpituus alkaa siitä, mihin punaisen värin aallonpituus loppuu. Siksi sitä kutsutaan infrapunasäteilyksi. /1/ /3/

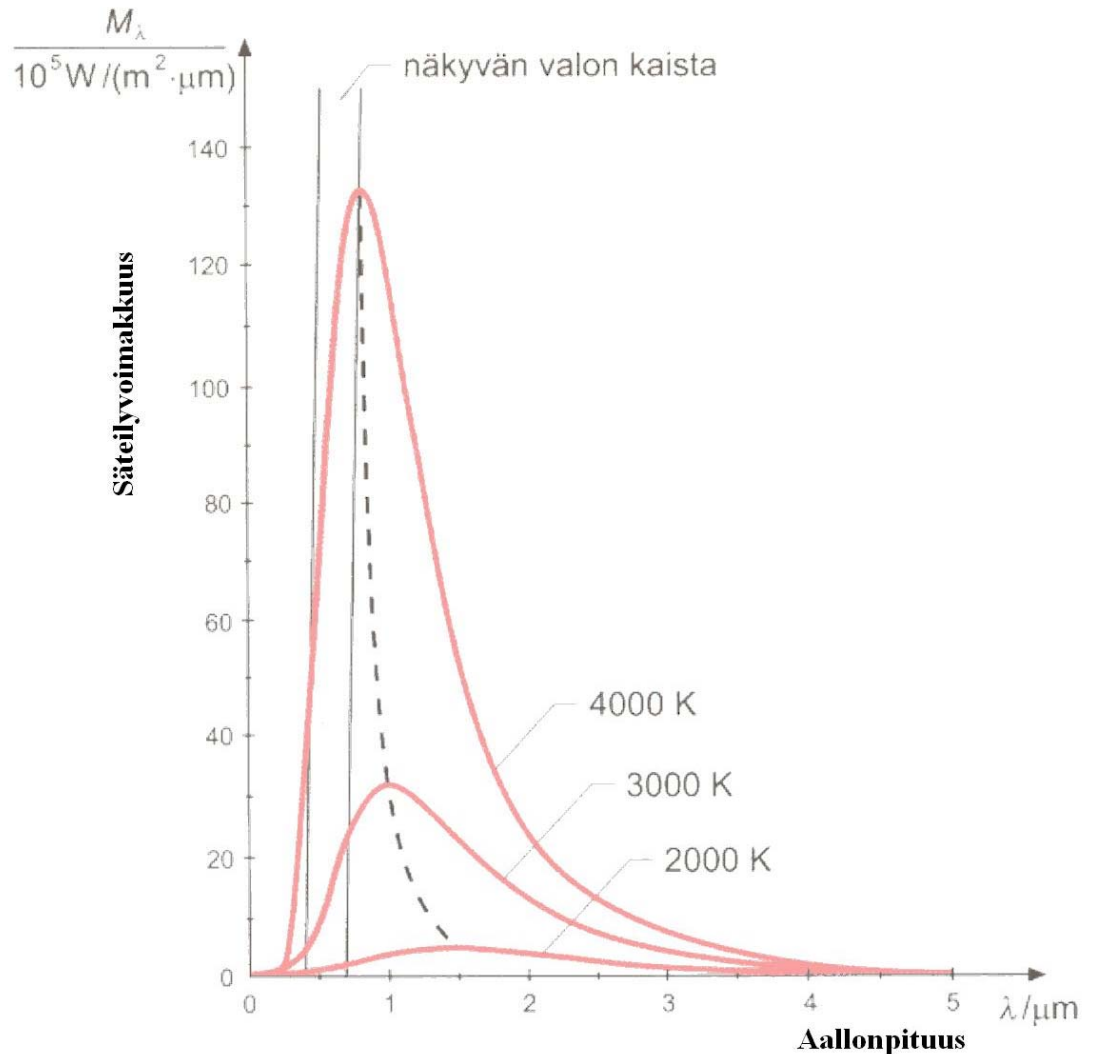


Kuva 3: Infrapunasäteilyn sijoittuminen sähkömagneettisen säteilyn spektriin.

/4/

Kuvassa 4 on tyypillinen kappaleen lähettämä lämpösäteily eri lämpötiloissa. Kuvasta voidaan todeta, että kuumissa lämpötiloissa säteilyn aallonpituus ulottuu näkyvän valon puolelle. Tästä syystä voimme nähdä esimerkiksi raudan hehkuvan, kun se on tarpeeksi kuumaa. Infrapunamittausteknologia perustuu siihen seikkaan, että lämpösäteilyn energia on 100 000 kertainen verrattuna näkyvään valoon. Kuvasta 4 voidaan nähdä, kuinka säteilyn maksimiarvo siirtyy yhä lyhyemmille aallonpituuksille lämpötilan noustessa. Kappaleen lähettämän säteilyn kokonaisenergia on verrannollinen kappaleen termodynaamisen lämpötilan neljänteen potenssiin. Jos kappaleen lämpötila kaksinkertaistuu, kappaleen lähettämän säteilyn kokonaisenergia kasvaa 16 kertaiseksi. Tämän keksivät Stefan ja Boltzmann vuonna 1879 ja he todistivat, että kappaleen lämpötilan voi mitata sen lähettämän säteilyn perusteella. /1/

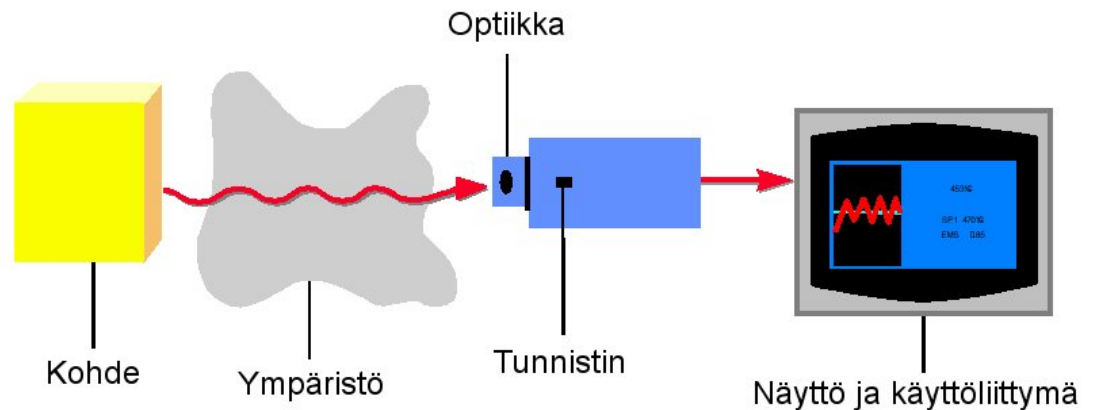
/2/



Kuva 4: Kappaleen lähettämä lämpösäteily eri lämpötiloissa. /1/

6.2 Infrapunalämpömittausjärjestelmä

Kuvassa 5 on infrapunalämpömittausjärjestelmä yksinkertaistettuna. Se sisältää kohteen, josta lämpötila halutaan mitata; ympäristön, jonka läpi mitattava säteily kulkee; optiikan, jolla säteily ohjataan tunnistimelle sekä näytön ja käyttöliittymän. Järjestelmää voidaan verrata ihmisen näköaistiin. Kohteesta lähtevä säteily kulkee ympäristön läpi anturin optiikkaan. Ympäristön ominaisuuksien mukaan se saattaa absorboitua, heijastua tai taittua. Ympäristön vaikutukset tulisi tutkia, jotta mittaustulos olisi luotettava. Kun säteily on kulkenut ympäristön läpi, se saapuu anturin optiikkaan, jolla se ohjataan tunnistimelle. Tunnistin muuttaa säteilyn sähköiseksi viestiksi, joka näytetään käyttäjälle näytöllä.



Kuva 5: Infrapunälämpömittausjärjestelmä. /4/

7 IR-LÄMPÖMITTAUKSEN KÄYTTÖ LASINKARKAISUPROSESSISSA

IR-lämpömittausta tarvitaan lasin lämpötilan mittaamiseen lämmitysvaiheen jälkeen. Lämpötila mitataan, koska se on oleellinen osa karkaisun onnistumisen kannalta. Lämpötilan tulee olla sopiva ja lämmön pitää olla tasaisesti jakautunut koko lasikuorman alueella. Jos nämä tavoitteet eivät täyty, lasiin tulee helposti optisia virheitä ja kaarevuutta. Pahimmassa tapauksessa lasi särkyi jo karkaisuvaiheessa. Tärkeä karkaistun lasin ominaisuus on myös murukoko, joka ei saa tulla liian suureksi. Murukoko määräytyy lasin lämpötilasta ja karkaisupaineesta. Karkaistun lasin murujen lukumäärän määrää kulloinkin sovellettava tai käytettävä turvalasistandardi.

Lasin lämpötilaa mitataan siis lasin lämmitysvaiheen onnistumisen takia. Jos lasin lämpötiloissa havaitaan poikkeamia, muutoksia voidaan tehdä uunin lämpötilaan, lämmitysaikaan ja lämmönjakautumiseen uunin eri kohdissa. Lämpötilasta saatu informaatio auttaa operaattoria tekemään muutoksia oikeaan suuntaan ja oikeaan kohteeseen. Mittausinformaatio nopeuttaa oikeiden prosessiparametrien löytämistä uusille lasityypeille ja auttaa parantamaan entisestään jo tunnettujen lasien laatua.

Toinen lämpötilan mittauksen tavoite on laadun varmistus ja laadun seuranta. Kun lasin lämpötila on mitattu, voidaan lasin laadusta olla varmoja. Mittaustulokset

tallennetaan laadunvalvontaraportteihin, jotta niitä voidaan tarpeen tullen tarkastella. Jos laadusta tulee valituksia, voidaan tietyn lasin tai toimituksen mittaustuloksista etsiä prosessissa ollutta vikaa.

8 IR-LÄMPÖMITTAUKSEN EDUT JA ONGELMAT

8.1 Edut

IR-mittauksella on yksi kiistaton etu kaikkiin muihin lämpötilanmittausmenetelmiin nähden. Kun kohteen lämpötila mitataan sen lähettämän infrapuna- eli lämpösäteilyn perusteella, kohteeseen ei tarvitse tehdä fyysistä kontaktia. Toinen IR-mittauksen suuri etu on sen nopeus. Mittaus on lähes täysin reaaliaikainen, eikä siinä esiinny juuri lainkaan viivettä. Nykyisissä antureissa viive on noin 20 - 150 ms. Eduksi luetaan myös laaja mittausalue, aina +3000 asteeseen saakka. Nämä ovat ne syyt, miksi IR-mittaus on valittu tasokarkaisuprosessiin. Nopeasti liikkuvan, noin 650 asteisen lasikuorman lämpötilan mittaus on lähes mahdoton tehdä millään muulla menetelmällä riittävän tarkasti.

8.2 Ongelmat

Kuten muillakin mittausmenetelmillä, myös IR-mittauksella on omat heikot puolensa. Näitä ovat muun muassa linssin likaantuminen, ympäristöstä heijastuvan säteilyn aiheuttamat virheet, anturin jäähtytys ja uusien lasityyppien emissiivisyyden tunnistaminen. Nämä kaikki voidaan kuitenkin poistaa tai ainakin niitä voidaan lievittää.

8.2.1 Linssin likaantuminen

Linssin likaantuminen on väistämätön ongelma lähes joka paikassa. Sitä vastaan on kuitenkin tehty varsin pätevä ratkaisu myös kuumiin olosuhteisiin. Linssin

likaantuminen estetään puhaltamalla siihen puhdasta paineilmaa, joka pitää lian loitolla.

8.2.2 Ympäristön vaikutukset

Ympäristöstä heijastuvan lämpösäteilyn aiheuttamat mittausrvirheet ovat hankalampia poistettavia. Lasin lämpötilaa mitattaessa ongelmana on se, että osa lämpösäteilystä läpäisee lasin. Tätä virhettä voidaan ehkäistä mittaamalla vain kapeaa aallonpituusalueetta koko lämpösäteilyn spektristä. Myös mittauskohteen lähellä olevien pintojen käsittely heijastamattomiksi ja emissiivisyydeltään pieniksi auttaa tähän ongelmaan.

8.2.3 Anturin ylikuumentuminen

Todella kuumissa olosuhteissa ongelmaksi on todettu anturin ylikuumentuminen. Anturi on elektroninen komponentti ja se saattaa vioittua, jos lämpötila anturin sisällä kohoaa liikaa. Ongelma on poistettu anturiin tehdyllä vesi- tai ilmajäähdytyksellä. Anturiin on tehty liityntä vesi- tai ilmaletkuille ja sen rungossa on kotelo, jossa jäähdytysaine kiertää. Vesijäähdytys on tehokas jäähdytyskeino, mutta se vaatii jonkin verran suunnittelua ja ylimääräistä tekniikkaa, jolla veden kierto saadaan aikaan. Lisäksi vesijäähdytys vaatii suodatetun veden, mutta siitäkin huolimatta se on todettu käytännössä epävarmaksi, koska putket tahtovat tukkeentua epäpuhtauksista. Putkien tukokset ovat kohtalokkaita kalliille antureille ja parhaaksi jäähdytyskeinoksi onkin todettu ilmajäähdytys, jossa ei ole edellä mainittuja ongelmia. Muita keinoja ovat anturin elektroniikan siirto entistä kauemmas mittapäästä ja linssin pinnoittaminen niin, että se heijastaa mittaukselle tarpeettomat säteilyn taajuudet takaisin ympäristöön.

8.2.4 Mitattavan kohteen emissiivisyyden muutokset

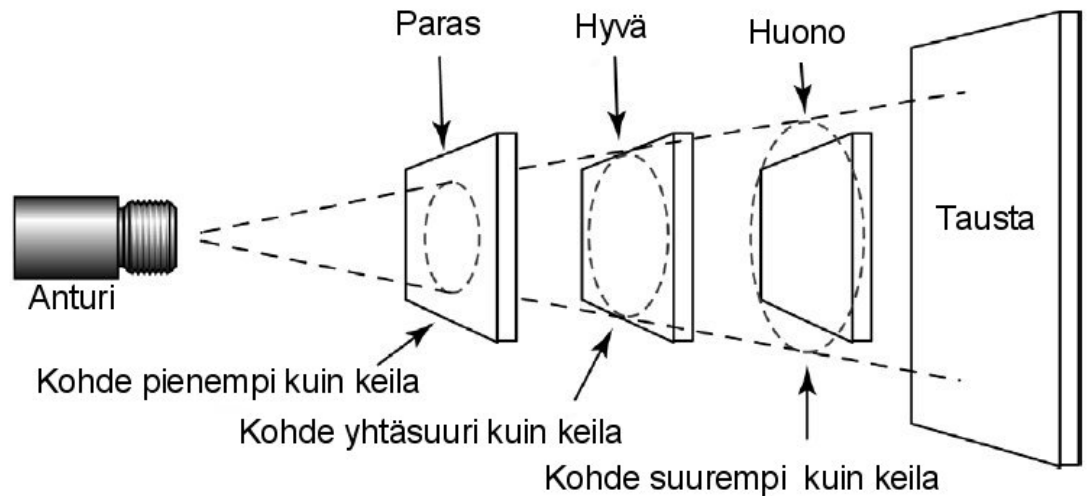
Jos mitattavan kappaleen materiaali tai sen pinnoite vaihtuvat, ongelmaksi tulee emissiivisyyden muuttuminen. Kappaleen lähettämän lämpösäteilyn voimakkuus on suoraan verrannollinen kappaleen pinnan emissiivisyyteen. Jos emissiivisyys muuttuu,

se pitää ottaa huomioon mittaustuloksessa. Antureihin voidaan syöttää emissiivisyyden korjauskerroin, jolla mittaus saadaan vastaamaan todellista lämpötilaa. Korjauskerroin voidaan syöttää joko jänniteviestillä tai HART-väylän avulla. Ongelmaksi jää lähinnä emissiivisyyden tunnistaminen kulloisestakin kappaleesta. Jos lasissa on jokin emissiivisyydeltään tunnettu pinnoite, voidaan korjauskerroin asettaa sen mukaan. Pinnoite saadaan tunnistettua käsikäyttöisellä mittalaitteella, joka mittaa pinnoitteen resistiivisyyttä. Jos pinnoite on tuntematon ja emissiivisyyttä ei tiedetä, se voidaan mitata hyvin tarkasti kalibrointiuunissa. Uuni pitää yllä tasaista lämpötilaa ja tutkittavan kappaleen lämpötila mitataan termoparilla ja IR-laitteella. Jos mittauksissa on eroa, voidaan IR-laitteen antama tulos saattaa kohdalleen emissiivisyyden korjauskertoimella. Tämän jälkeen samaa korjauskerrointa voidaan käyttää aina, kun mittauskohteena on sama pinta kuin tutkitussa kappaleessa.

8.2.5 Anturin sijoittelu

Anturin sijoittelu ei sinänsä ole suurempi ongelma kuin muissakaan menetelmissä, mutta siinä on otettava huomioon muutamia seikkoja parhaan mittaustuloksen saavuttamiseksi ja anturin suojaamiseksi.

Anturi on sijoitettava sopivalle etäisyydelle kappaleesta (Kuva 6). Anturin näkökenttä on kartion mallinen ja sen näkemä alue on siis sitä suurempi, mitä kauempana mitattava kappale on. Mitattavan kappaleen on aina täytettävä kokonaan anturin näkemä alue. Tämä on tärkeää, koska anturin antama tulos on sen näkökentän lämpötilojen keskiarvo. Jos mitattava kappale ei peitä anturin näkökenttää kokonaan, anturi voi nähdä kappaleen takana olevia kylmempiä tai kuumempia kohteita, jotka vääristävät mittaustulosta.



Kuva 6: Anturin etäisyys mitattavasta kappaleesta. /4/

Lasinkarkaisuprosessissa ovat ongelmana rikkoutuvien lasien kappaleet, jotka helposti rikkovat tai naarmuttavat herkän anturin linssin. Tästä syystä lasin alapuolelle sijoitettujen antureiden tulisi olla hieman kallistettuina, jotta ne voisi sijoittaa suojalipan alle. Sijoittelussa tulisi ottaa huomioon myös ympäristöstä heijastuva säteily. Jos anturi on liian viistossa lasipintaan nähden, lasi heijastaa helposti uunin rakenteista lähtevää lämpösäteilyä. Anturin olisi myös hyvä olla sellaisella paikalla, josta siihen pääsee helposti käsiksi. Jos anturissa esiintyy vikaa, tulisi olla myös mahdollista vaihtaa se ilman tuotantokatkoa.

8.2.6 Lämpötilan mittaus kappaleen sisältä

Yksi haittapuoli IR-menetelmässä on se, että sillä voidaan normaalisti mitata vain kappaleen pinnan lämpötila. Joissakin tapauksissa saadaan mitattua myös sisälämpötila. Tämä riippuu käytettävän IR-laitteen mittaamasta aallonpituudesta ja aineen paksuudesta. Tyypillisesti tunkeuma voi olla 0,5 mm, mutta joillakin anturityypeillä jopa 1,5 mm. Lasinjalostuksessa tunkeumasta olisi hyötyä ainakin emissiivisyyden muutoksia ajatellen. Jos lasin sisäosia pystyttäisiin mittaamaan tarkasti, voitaisiin kaikissa mittauksissa käyttää samaa korjauskerrointa. Tämä olisi mahdollista, koska lasin pintakerroksen emissiivisyys saattaa vaihdella eri pinnoitteiden takia, mutta sisältä lasi on aina samaa. Nykyisten, tältä osin toimivien

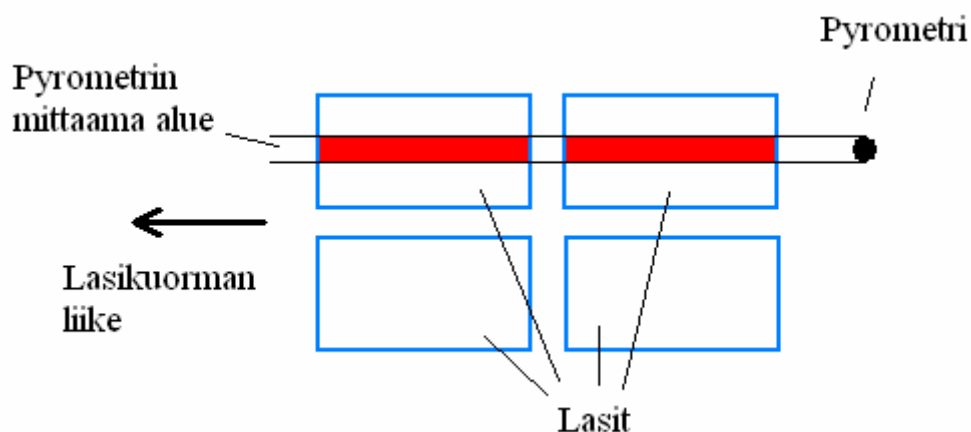
laitteiden korvaamista uusilla pidetään kuitenkin riskinä, eikä siihen ole ryhdytty. Ongelmia voisi tulla etenkin ohuita laseja mitattaessa, jolloin mittaus näkisi lasin läpi.

9 NYKYISET IR-LÄMPÖMITTAUSSOVELLUKSET

9.1 Pyrometri

Pyrometriä eli pistemäistä IR-lämpömittausta käytetään sekä tasolasiprosessissa että ESU-taivutusuunissa.

Tasokarkaisuprosessissa pyrometrillä voidaan mitata lasikuorman lämpötilaa pituussuunnassa. Pyrometri sijaitsee uunin ja chillerin välissä. Jos lasin laadussa havaitaan ongelmia, voidaan pyrometri ajaa tiettyyn lasikuorman kohtaan, jota halutaan tarkastella. Tullessaan uunista lasikuorma liikkuu pyrometrin alta ja pyrometri mittaa kuorman lämpötilan pituussuunnassa (Kuva 7). Mittaustuloksesta nähdään mahdolliset lasikuormassa olevat lämpötilaerot, jotka aiheuttavat laatuongelmia. Mittauksen avulla prosessin parametrejä on entistä helpompi korjata oikeaan suuntaan.



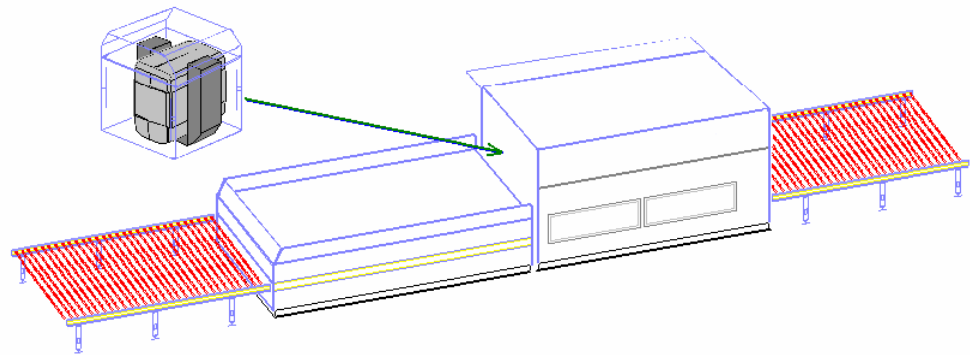
Kuva 7: Pyrometri mittaa lasikuormasta yhden juovan pituussuunnassa.

ESU-uunissa pyrometrin tehtävänä on mitata lasin lämpötila tietyistä pisteistä, josta voidaan todeta lasin olevan muotoutunut muottiinsa. Kullekin lasityypille ja muotille tehdään referenssiajoja, joissa etsitään sopivaa uunin lämpötilaa ja lämmitysaikaa, joilla lasista tulisi laadukas. Kun sopiva lämpötila ja lämmitysaika on löydetty, mitataan lasin lämpötila yleensä siitä kohtaa, missä sen kaarevuussäde on

pienimmillään. Myöhemmin samoja laseja ajettaessa voidaan niiden todeta olevan valmiita, kun kyseisen pisteen lämpötila on saavuttanut aiemmin määritellyn arvon. ESU-uunin katossa on useita kiinteitä pyrometrejä, joista valitaan kullekin lasille parhaassa kohtaa oleva.

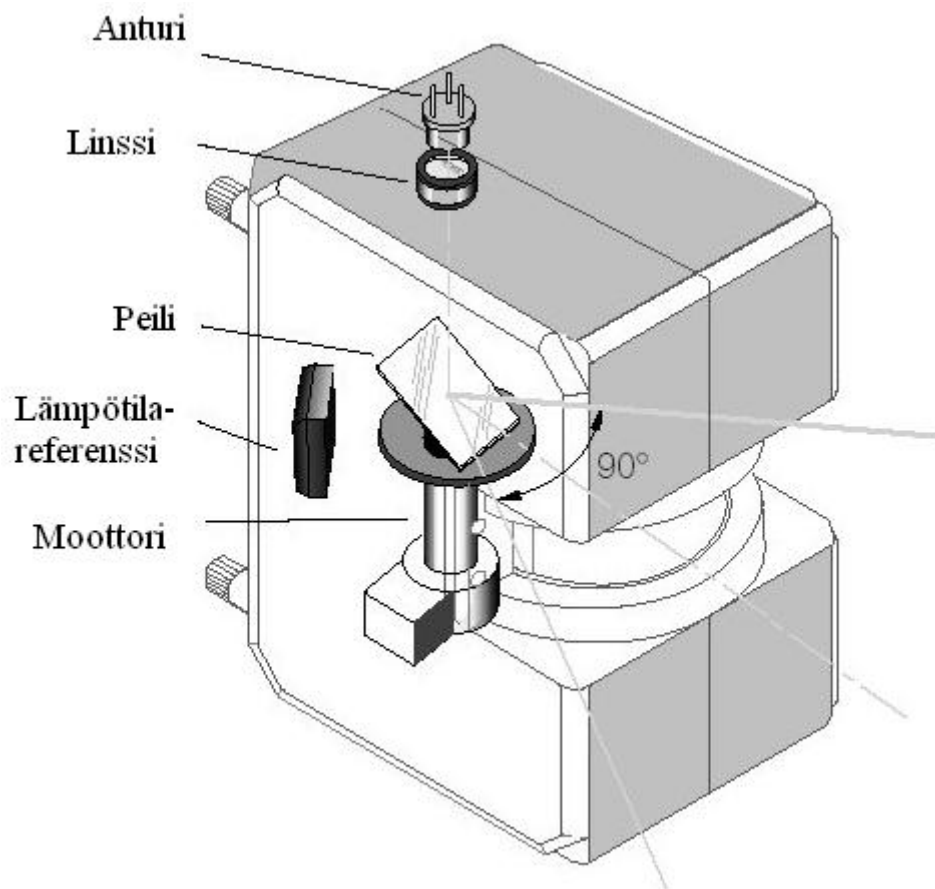
9.2 Skanneri

Skanneria käytetään tasokarkaisuprosessissa ja se sijaitsee uunin ja chillerin välissä (Kuva 8) mitattavan lasikuorman yläpuolella.

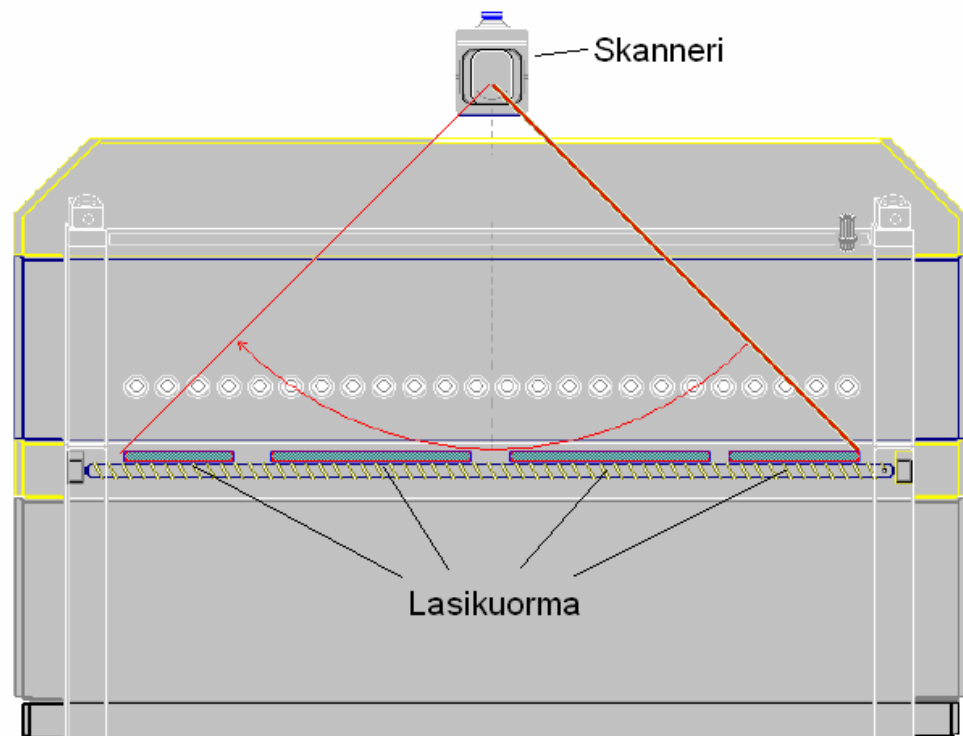


Kuva 8: Skannerin sijainti karkaisulinjassa. /6/

Skannerissa on yksi lämpösäteilyä mittaava elin, joka mittaa koko lasikuorman leveyden kerralla. Yhteen mittaukseen kuuluu 256 pistettä, jotka saadaan mitattua optiikan avulla (Kuva 9). Ohjelmallisesti mittauspisteiden määrää voidaan lisätä 512:een. Itse anturi on paikallaan, mutta peili pyörii 360 astetta. Skannerin näköalue on 90 astetta ja ollessaan tällä alueella peili heijastaa mitattavan IR-säteilyn linssin läpi anturille. Mittaus kalibroidaan jokaisella pyörähdyksellä lämpötilareferenssin perusteella. Skanneri on asennettu niin että optiikka pyyhkäisee lasikuormaa poikkisuunnassa (Kuva 10). Kun pyyhkäisyjä tehdään peräkkäin, saadaan koko lasikuorman kattava lämpöjakaumakuva.



Kuva 9: Skannerin rakenne. /4/



Kuva 10: Skanneri mittaa lasikuorman lämpöä poikkisuunnassa. /6/

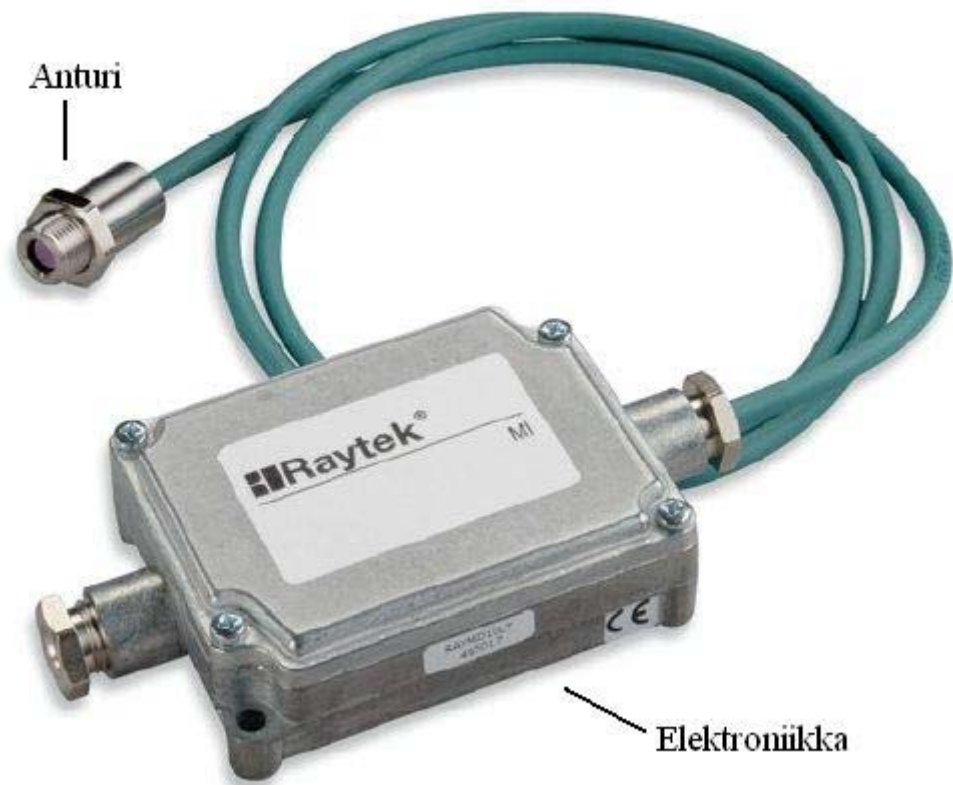
Lasikuorman liikkeessa skannerin alta saadaan kuormasta lämpötilan lisäksi muutakin tietoa. Mitatusta kuvasta saadaan lämpötilaeroja tarkastelemalla laskettua lasien koko ja siitä taas lastauksen täyttöaste. Skanneri on yksittäisiä pyrometrejä kalliimpi ratkaisu, mutta sen ominaisuudet ovat myös paremmat. Sillä saadaan mitattua kerralla koko lasikuorman lämpöjakauma ja vieläpä hyvällä resoluutiolla. Skanneria käytettäessä ei tarvitse ajaa useita lasikuormia, jotta saataisiin kuva koko lasikuorman lämpöjakaumasta.

10 UUSIEN JA VANHOJEN PYROMETRIANTUREIDEN VERTAILU

Verrattaessa nykyisin käytettäviä pyrometrejä (Kuva 11) myöhemmin markkinoille tulleisiin (Kuva 12) voidaan todeta uudemmissa antureissa huomattavia etuja. Näitä ovat muun muassa koko, lämpötilan sieto ja hinta. Lisäksi uusien antureiden erilaisen kytkennän avulla voidaan vähentää I/O-liityntöjen määrää. Toki niillä on huonohkojakin ominaisuuksia, kuten mittaviive.



Kuva 11: Raytekin valmistama XT-sarjan pyrometri. /4/



Kuva 12: Raytekin valmistama MI-sarjan pyrometri. /7/

10.1 Koko

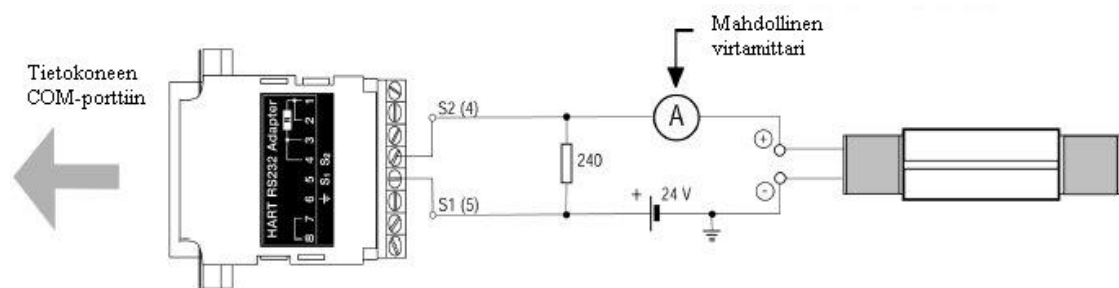
Uusilla ja vanhoilla antureilla on huomattava kokoero. Vanhemman anturin mitat ovat 187 mm * 42 mm, kun uudemmalle anturille ilmoitetut mitat ovat: 28 mm * 14 mm. Pienemmistä ulkomitoista on suuri hyöty anturia sijoitettaessa. Anturi on helpompi sijoittaa viistosti, jolloin se saadaan suojaan putoavilta sirpaleilta. Myös linssin koko on eduksi anturin ehjänä pysymisen kannalta. Mitä pienempi linssi, sitä epätodennäköisempää on, että siihen osuu esim. lasin rikkoutuessa vahingoittavia sirpaleita.

10.2 Kytkeä

Uuden anturin kytkennässä voidaan käyttää Serial/Ethernet muunninta, jolloin saadaan kytkettyä yhteen maksimissaan 32 anturia. Muuntimen avulla antureiden lukeminen ja ohjaus suoritetaan Ethernetin välityksellä, eli kaikkien antureiden kytkeminen tietokoneeseen onnistuu tavallisen Ethernet-hubin kautta yhdellä

liittimellä. Perusteellinen selvitys uuden anturin kytkennästä on seuraavassa kappaleessa.

Jotta nykyistä anturia voitaisiin ohjata järjestelmän kautta, joudutaan käyttämään HART/RS232 -adapteria (Kuva 13). Anturin ohjaaminen järjestelmän kautta on tärkeää, koska lasilaadun vaihtuessa anturin parametreja on muutettava. Jos parametrien muuttaminen ei onnistuisi järjestelmästä käsin, jouduttaisiin anturi etsimään, avaamaan ja muuttamaan parametrit anturista käsin. HART/RS232 -muunnin varaa järjestelmästä COM-portin jokaista anturia kohden. Tästä syystä vanhan järjestelmän laajentaminen useammalle anturille on hankalaa.



Kuva 13: Vanhemman anturin kytkeminen järjestelmään

10.3. Lämpötilan sieto

Uusissa antureissa elektroniikka on siirretty erilliseen yksikköön, joten se voidaan viedä kauemmas kuumasta ympäristöstä, johon anturi usein sijoitetaan. Tämän takia uudempien antureiden lämpötilansieto on huomattavasti parempi kuin vanhemmilla antureilla. Uusi anturi voidaan asentaa ympäristöön, jonka lämpötila on 180 astetta, kun vanhemmalla anturilla sama luku on vain 70 astetta. Haittapuolena erillisestä elektroniikkayksiköstä on sen sijoittelu. Jos antureita on useampia, pitää niiden elektroniikkayksiköille olla oma kotelonsa, johon ne sijoitetaan.

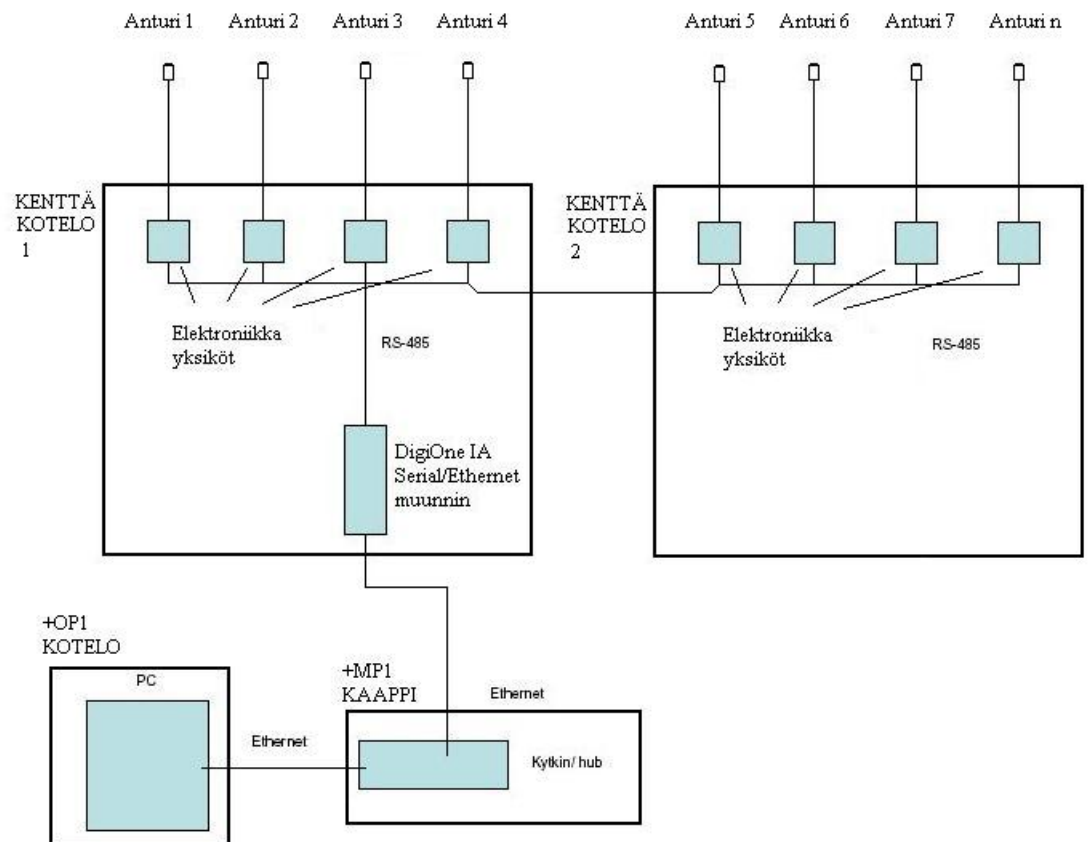
11 UUDEN PYROMETRISOVELLUKSEN SUUNNITTELU

Pyrometrisovelluksen uudistamisen tarkoituksena on kehitellä mittausjärjestelmä, joka sopii sellaisenaan tai pienellä muokkauksella kaikkiin Tamglassin tuoteperheisiin ja jonka ominaisuudet olisivat lämpötilansiedon ja sijoittelun suhteen edeltäjänsä paremmat. Lisäksi tavoitteena on I/O-liityntöjen vähäinen määrä ja edullinen hinta.

11.1. Järjestelmän yleiskuvaus

Uudessa järjestelmässä hyödynnetään uutta teknologiaa käyttävää Raytek MI-sarjan pyrometria, jota vertailtiin edellisessä kappaleessa tähän asti käytössä olleeseen malliin. Järjestelmään kuuluu kentällä olevat anturit sekä kotelo, johon sijoitetaan antureiden elektroniikkayksiköt ja DigiOne IA -Serial/Ethernet -muunnin. Kuvassa 14 on järjestelmän yleiskuvaus. Kuvassa näkyvä PC ja HUB ovat jo olemassa olevia osia. Anturit keskustelevat PC:n kanssa ethernetin välityksellä. Liikenne on kaksisuuntainen, eli antureita voidaan lukea ja niiden parametreja voidaan muuttaa PC:ltä.

Järjestelmä on modulaarinen, eli sitä voidaan laajentaa helposti. Yhdellä Serial/Ethernet -muuntimella voidaan käyttää 32:ta pyrometria. Ensimmäiseen kenttäkoteloon sijoitetaan neljän pyrometrin elektroniikkayksiköt ja serial/ethernet -muunnin. Jos ilmenee tarvetta useammalle kuin neljälle pyrometreille, niiden elektroniikkayksiköt laitetaan omaan koteloon ja RS-485 -väylä jatketaan ensimmäisestä kotelosta. Myös elektroniikkayksiköiden syötöt tulevat kenttäkotelo ykkösestä.

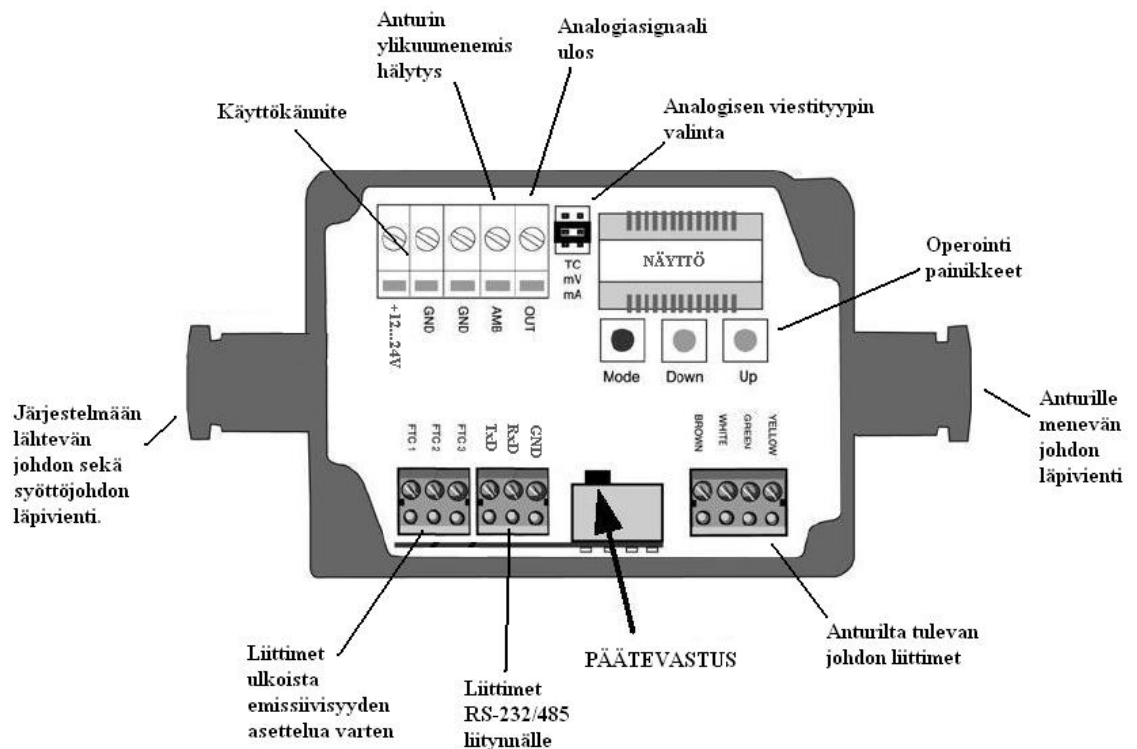


Kuva 14: Uuden pyrometrisovelluksen yleiskuvaus.

11.2. Raytek Thermalert MID -pyrometri

Raytekin Thermalert MID-pyrometri on todella monipuolinen. Sitä voidaan ohjata ja lukea useilla eri keinoilla.

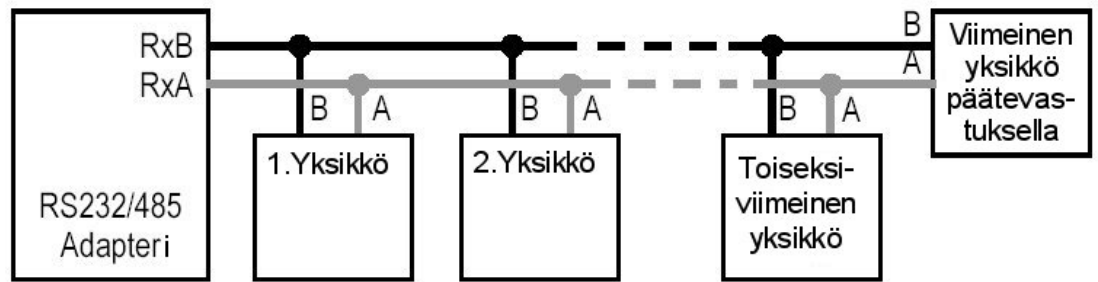
Kuvassa 15 on pyrometrin elektroniikkayksikkö ja sen sisältämät liittimet, joihin seuraavissa kohdissa viitataan.



Kuva 15: Elektroniikkayksikön sisältö. /7/

Analogisen ulostulon tyyppi voidaan valita seuraavista vaihtoehdoista: 0 - 5 V, 4 - 20 mA, J-tyyppin termopari, K-tyyppin termopari. Tyyppi valitaan kuvassa 14 näkyvillä jumbpereilla. Tässä järjestelmässä analogialähtöä ei ole tarkoitus käyttää, mutta se asetetaan 4 - 20mA:n alueelle mahdollista tarvetta varten.

Tietokoneeseen liittäminen voidaan tehdä joko RS-232:n tai RS-485:n kautta. Käytettäessä RS-232:ta liittymisen tietokoneeseen tehdään COM-portin kautta. Tässä järjestelmässä liittymiseen käytetään RS-485:tä ja Serial/Ethernet -muunninta, jossa on sisäänrakennettu RS-485 -adapteri. Näin saadaan useita pyrometrejä liitettyä järjestelmään yhdellä Ethernet-kaapelilla. Kuvassa 16 on pyrometriä kytettä RS-485 -adapteriin. Elektroniikkayksikön kytkeminen Serial/Ethernet -muuntimeen tapahtuu kuvassa 15 näkyvillä RS-232/RS-485 -liittimillä. Serial/Ethernet -muuntimen RxD+ kytketään elektroniikkayksikön RxA-liittimeen ja RxD- kytketään RxB-liittimeen. Mikäli pyrometrejä on useita, kytketään viimeisen pyrometrin päätevastus (Kuvassa 14) päälle.

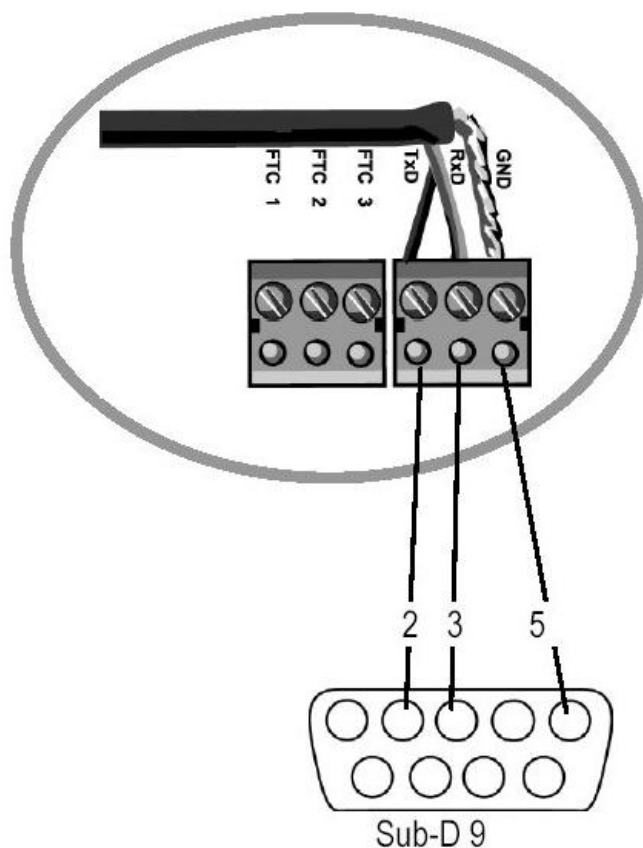


Kuva 16: Usean elektroniikkayksikön kytkeminen RS-485 adapteriin.

Kuvassa 15 olevat anturilta tulevan johdon liittimet on kytketty jo tehtaalla, joten niihin ei tarvitse koskea. Anturilta tulevaa johtoa ei saa lyhentää tai jatkaa, koska tämä vaikuttaa mittaustulokseen. Ulkoista emissiivisyyden asettelua varten olevia liittimiä ei käytetä, koska asettelu voidaan suorittaa RS-485 -liityntää käyttäen PC:n kautta.

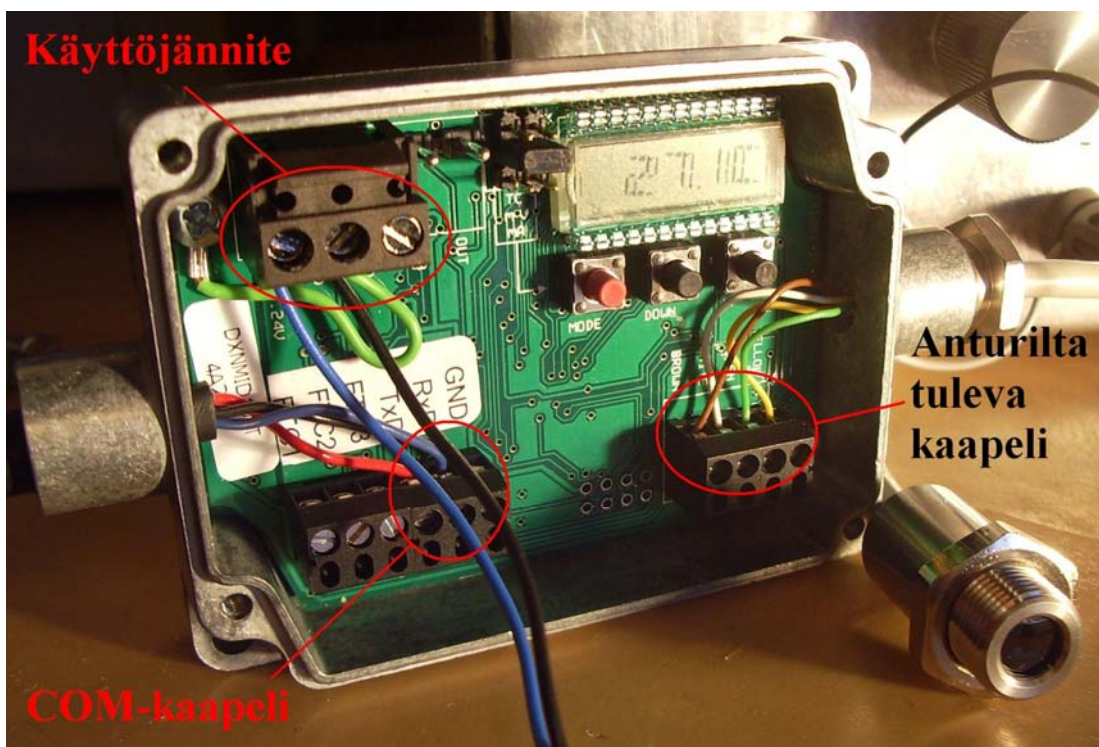
11.3. Pyrometrin kokeilu DataTemp Multidrop -ohjelman avulla

Tarkoituksena oli tutustua lähemmin pyrometrin toimintaan ja siihen kuinka pyrometri kytketään tietokoneeseen. Kokeilusta oli tarkoitus saada sellaista kokemusta jota manuaaleja selailemalla ei voi saada. Sain käyttööni yhden Raytek Thermalert MID -pyrometrin, jota kokeilin Raytekin DataTemp Multidrop ohjelmiston avulla. Asensin ohjelmiston omalle koti-PC:lle ja liitin pyrometrin tietokoneeseen COM-portin kautta. Tätä varten tein kuvan 17 mukaisen kaapelin.



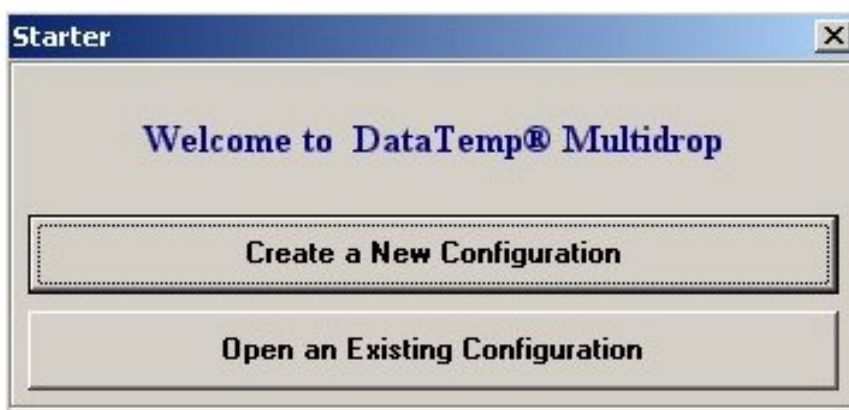
Kuva 17: Com-kaapelin kytkentä MID-pyrometriin. /7/

Kytke kaapelin pyrometrin elektroniikkayksikköön kuvan 17 mukaan ja annoin käyttöjännitteeksi 12 volttia. Kuvassa 18 pyrometri on toiminnassa. Kuvassa on elektroniikkayksikkö, johon on tuotu tietokoneelle menevä COM-kaapeli, käyttöjännite ja anturilta tuleva kaapeli. Oikeassa alareunassa on itse anturi, joka mittaa lämpösäteilyä. Näytössä näkyy reaaliaikainen lämpötila, jonka anturi on mitannut. Vasteajaksi tälle anturille ilmoitetaan 150 ms, mikä on pyrometrille varsin pitkä. Joillakin pyrometreilla päästään 20 ms:iin. Vaikka kyseessä on hidas pyrometri, vasteaika on aivan omaa luokkaansa verrattuna moneen muuhun lämpötilan mittaussmenetelmään.



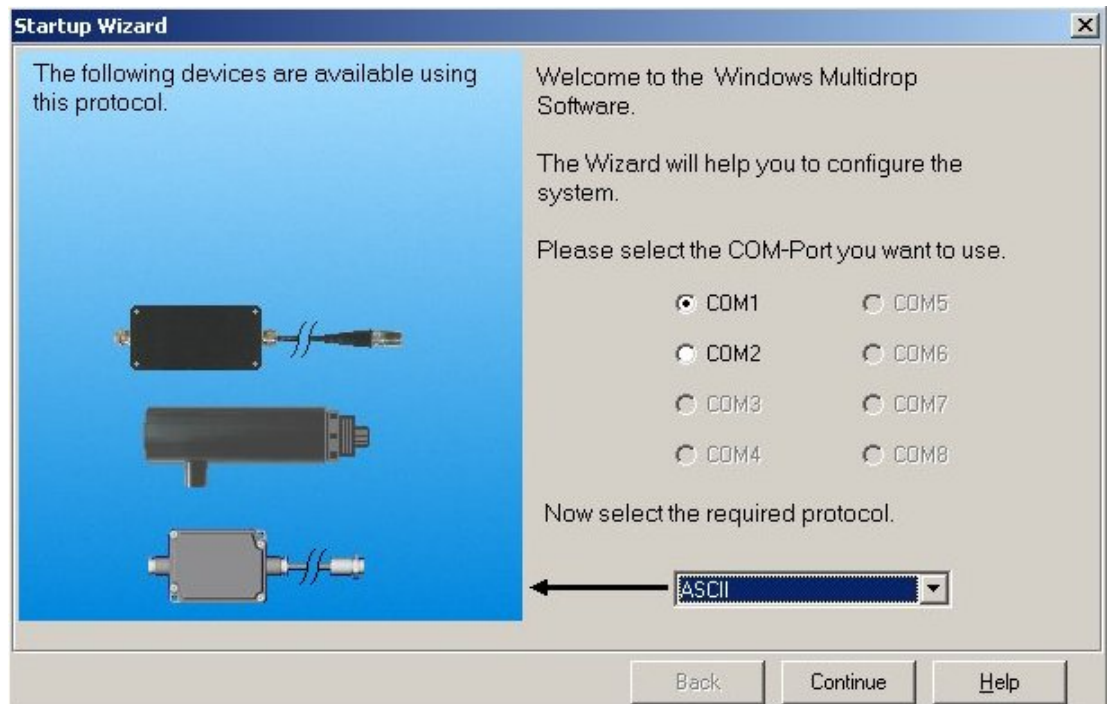
Kuva 18: Pyrometri toiminnassa.

Seuraavaksi käynnistin DataTemp Multidrop -ohjelmiston. Käynnistettäessä ohjelmisto se kysyy, etsitäänkö uusi laite vai käytetäänkö jo valmiiksi haettua laitetta ja sen konfigurointia (Kuva 19). Valitsin Create a New Configuration.



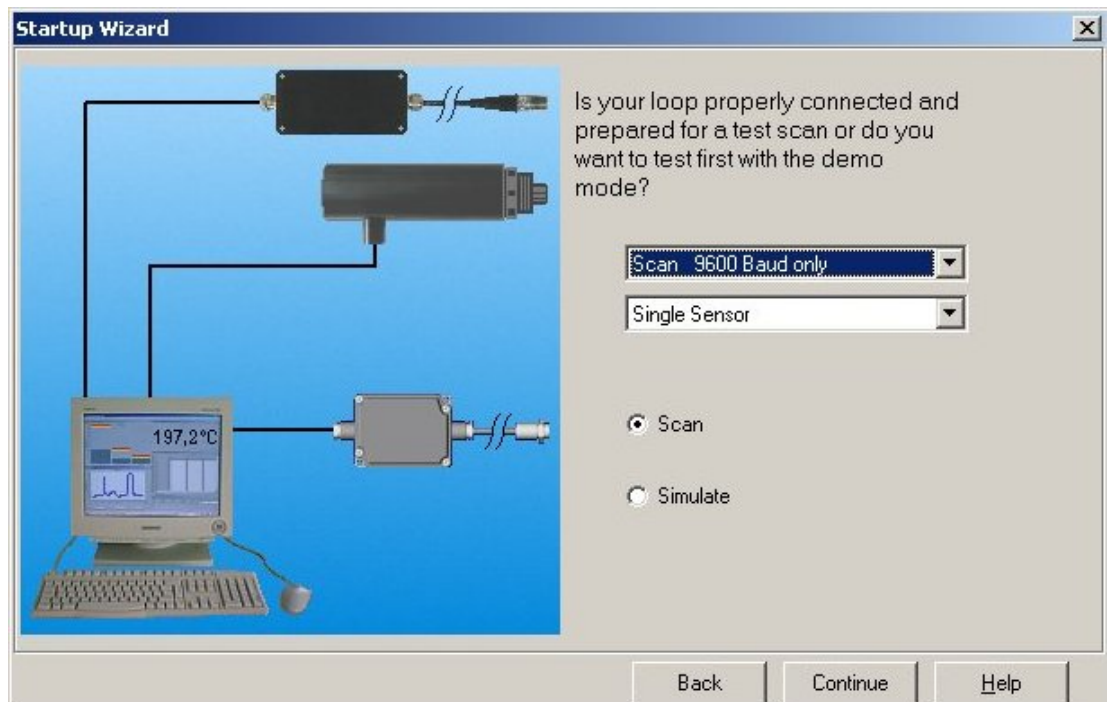
Kuva 19: DataTemp Multidrop -ohjelman aloitus.

Seuraavassa ikkunassa (Kuva 20) ohjelma kysyy tietokoneen porttia, johon anturi on kytketty ja käytettävää protokollaa. Kytkin anturin COM1-porttiin, joten valitsin sen. Protokollana oli oletusarvoisesti ASCII ja se toimi tässä tapauksessa.



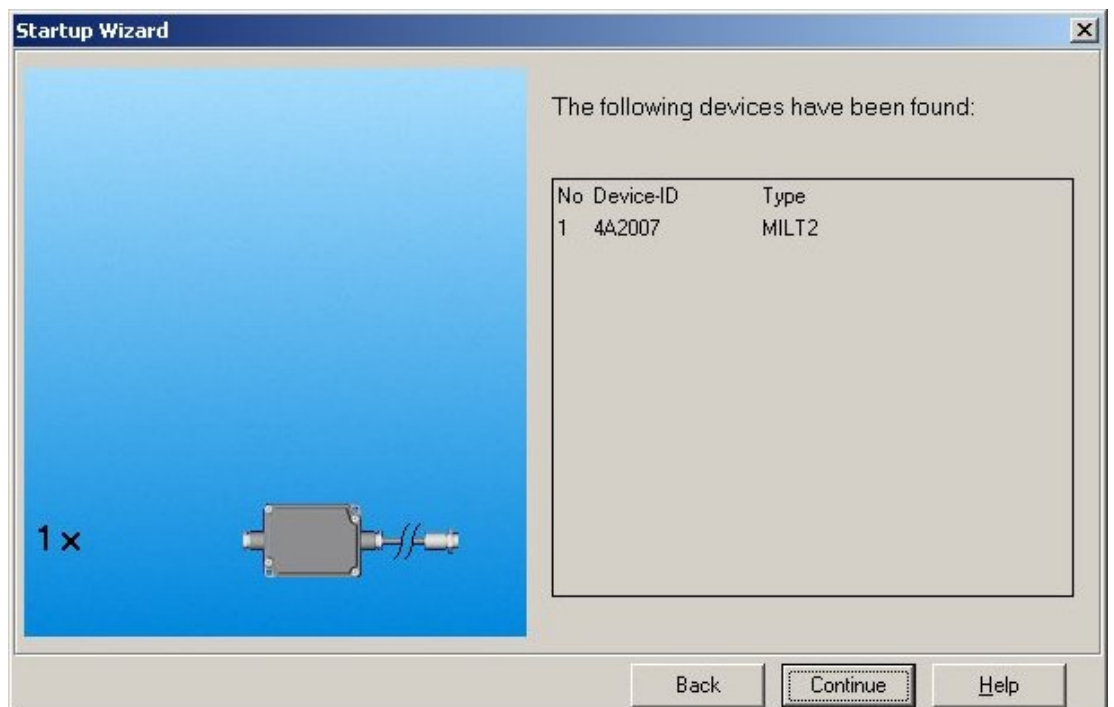
Kuva 20: COM-portin ja protokollan valinta.

Seuraavaksi ohjelma alkaa etsiä tietokoneeseen kytkettyä anturia ja sitä varten se kysyy käytettävää yhteysnopeutta, sekä etsitäänkö yhtä vai useampaa anturia (Kuva 21). Nopeudeksi valitaan 9600 kBit/s, joka ilmoitetaan anturin manuaalissa.



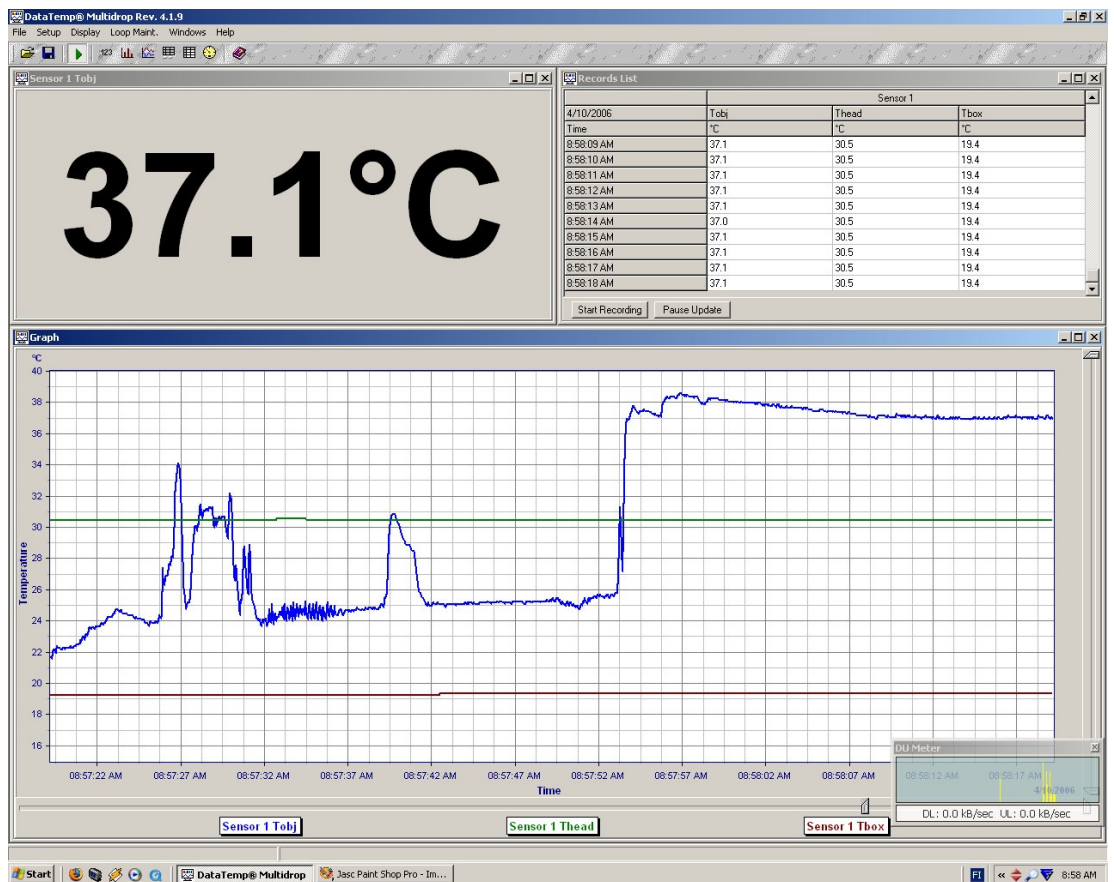
Kuva 21: Yhteysnopeuden määrittäminen.

Nyt ohjelma on suorittanut etsinnän ja se näyttää löydetty laitteet listassa (Kuva 22).



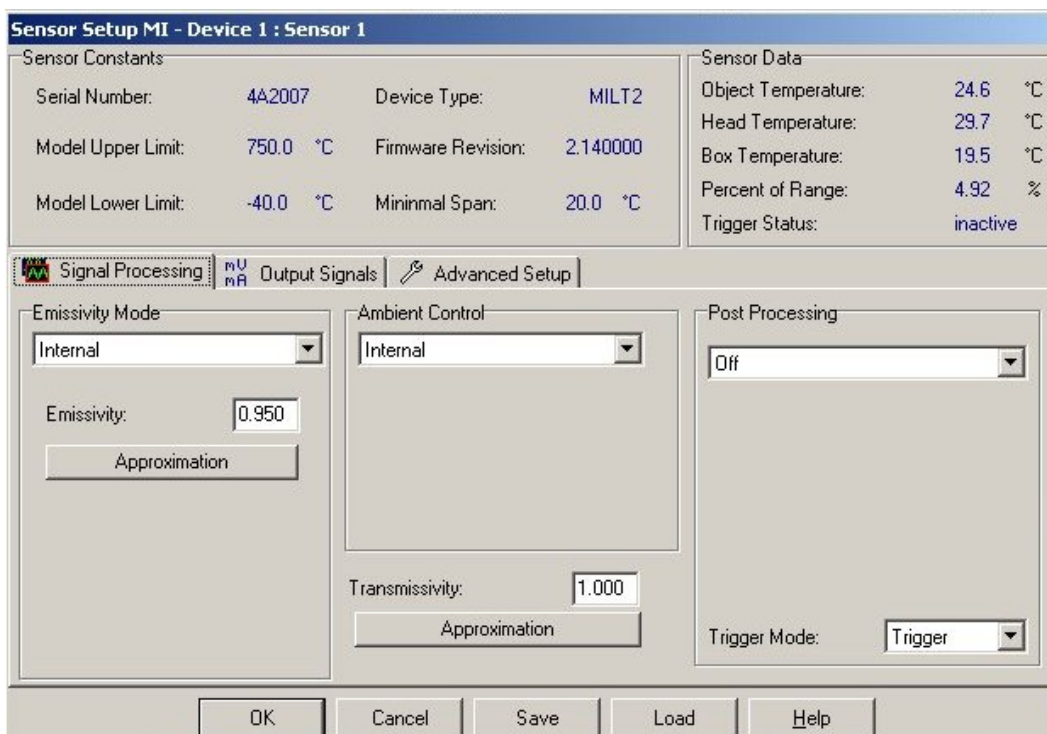
Kuva 22: Lista löydetyistä laitteista.

Kuvassa 23 on ohjelman perusnäyttö. Perusnäyttö jakautuu kolmeen eri osaan, joissa näytetään mitattua lämpötilaa eri tavoin. Vasemmassa yläreunassa näkyy anturin mittaama lämpötila numeroina. Oikeassa yläreunassa on lista, johon päivittyy mittausarvo kerran sekunnissa. Listasta näkyy mittaushetki sekä kolme lämpötilaa, jotka ovat mittausarvo, elektroniikkayksikön lämpötila sekä anturin lämpötila. Alareunassa olevaan suureen näyttöön piirtyy graafinen kuva mitatuista lämpötiloista. Myös tässä näytössä on samat kolme mittausarvoa, jotka ovat listamuotoisessa näytössä.



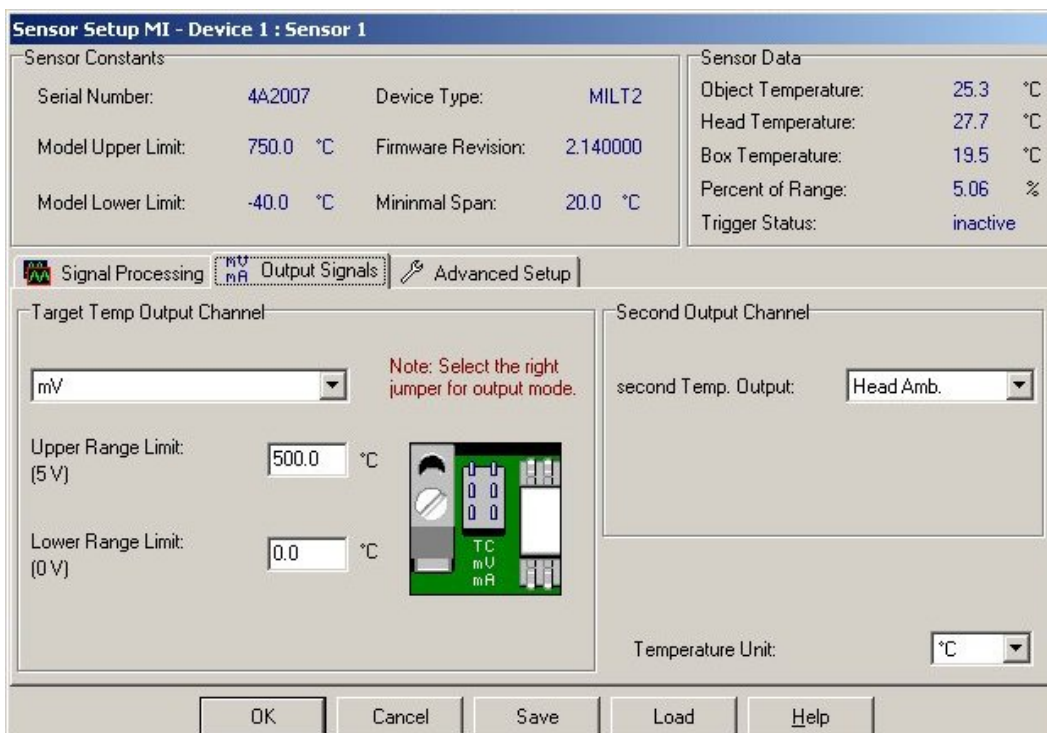
Kuva 23: DataTemp Multidrop-ohjelman yleiskuva.

Seuraavaksi tutustutaan anturin ominaisuuksia käsitteleviin ikkunoihin (Kuva 24). Ikkunassa näkyy perustietoa anturista kuten sarjanumero, tyyppi, anturin lämpötila-alue ja lämpötilat, joita se mittaa. Yksityiskohtaisempiin ikkunoihin voidaan valita Signal processing, Output signals tai Advanced setup. Signal processing -ikkunassa (Kuva 24) voidaan määrittellä mitattavan kappaleen emissiivisyys sekä ympäristöhäiriöiden kompensointi.



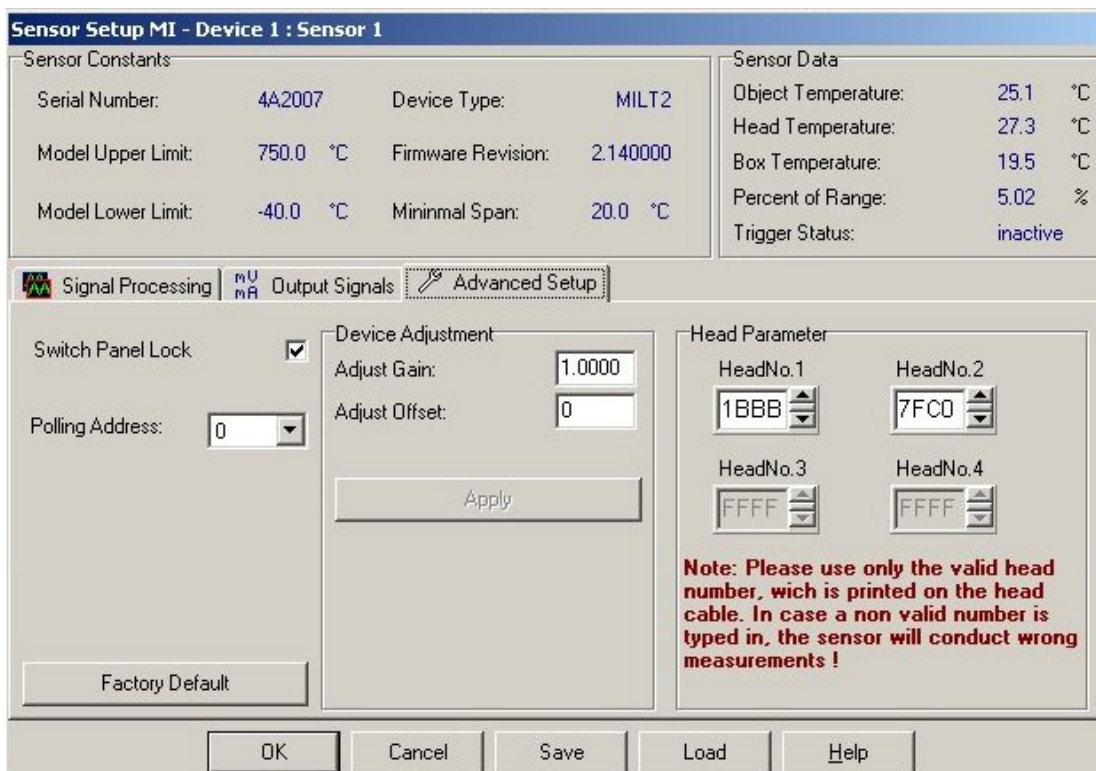
Kuva 24: Anturin ominaisuuksia käsittelevä ikkuna.

Output signals -ikkunaan (Kuva 25) määritellään ulostulon ominaisuudet. Ikkunassa määritellään ulostuloviestin tyyppi, joka voi olla mA, mV tai termopari. Tyyppi tulee valita sen mukaan, miten elektroniikkayksikön jumpperi on asetettu. Lisäksi ikkunassa voidaan määrittellä ylä- ja alarajojen lämpötila-arvot.



Kuva 25: Anturin ulostulon ominaisuuksia.

Advanced setup -ikkunaan (Kuva 26) määritellään lisäparametrit. Ikkunassa voidaan määrittellä vahvistus ja offset sekä anturin numero. Anturin numero on tärkeä, jos anturi joudutaan vaihtamaan. Numero tulee katsoa anturilta elektroniikkayksikköön tulevasta kaapelista. Jos numero on väärä, mittaustulos ei ole luotettava.



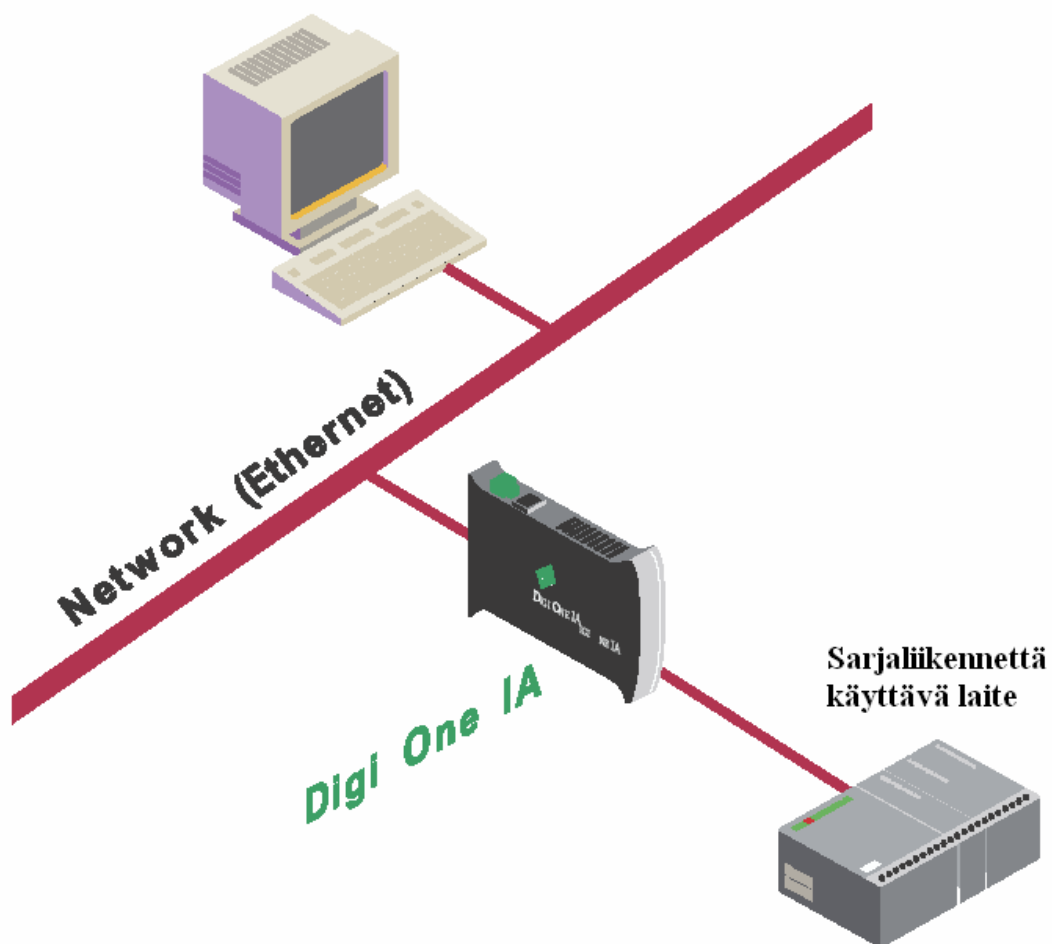
Kuva 26: Anturin lisäparametrit.

11.4. DigiOne IA Serial/Ethernet -muunnin

Kuvassa 27 olevan Serial/Ethernet -muuntimen toimintaperiaate on yksinkertainen (Kuva 28). Serial/ethernet -muuntimeen liitetään sarjaliikennettä käyttävät laitteet muuntimen sisäänrakennetun RS-485 -adapterin kautta. Adapteri liitetään Ethernet -verkkoon vaikkapa tavallisen Ethernet-hubin kautta. PC:lle, jolla muuntimeen kytkettyjä laitteita halutaan lukea tai kirjoittaa, asennetaan DigiOne IA:n RealPort-ohjelmisto. RealPort luo PC:lle virtuaalisen com-portin, jota lukemalla ja kirjoittamalla voidaan kommunikoida Serial/Ethernet -muuntimeen kytkettyjen laitteiden kanssa. Virtuaalinen com-portti muuntaa tietokoneen käskyt Ethernet muotoon ja lähettää ne Serial/Ethernet muuntimelle. Muunnin muuntaa liikenteen takaisin sarjamuotoon ja lähettää kenttälaitteille.

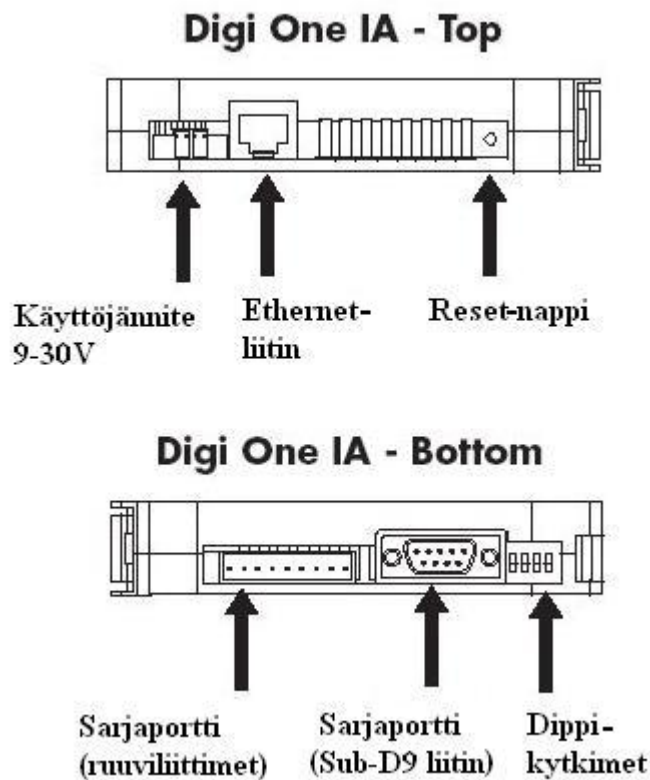


Kuva 27: DigiOne IA Serial/Ethernet -muunnin. /8/

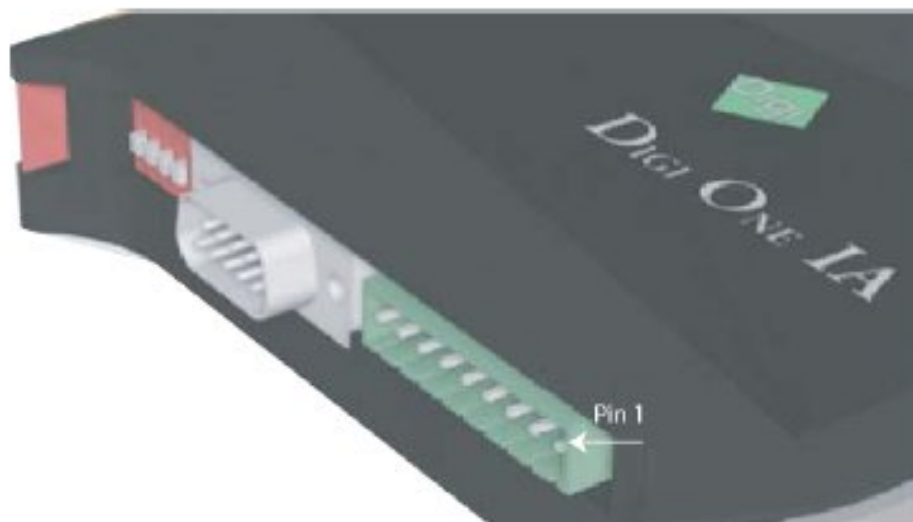


Kuva 28: Serial/Ethernet -muuntimen toimintaperiaate. /8/

Kuvassa 29 on Serial/Ethernet -muuntimen liittimet ja kytkimet. Tässä järjestelmässä käyttöjännite 24 V tuodaan kenttäkotelossa olevilta riviliittimiltä. Elektroniikkayksiköt kytketään kenttäkotelossa olevien riviliittimien kautta muuntimen ruuviliittimillä varustettuun sarjaporttiin niin, että elektroniikkayksikön RxD-liitin johdotetaan ruuviliittimeen numero 6 ja TxD-liitin johdotetaan ruuviliittimeen numero 7, sekä GND-liitin ruuviliittimeen numero 5. Kuvasta 30 selviää ruuviliittimien numerojärjestys.

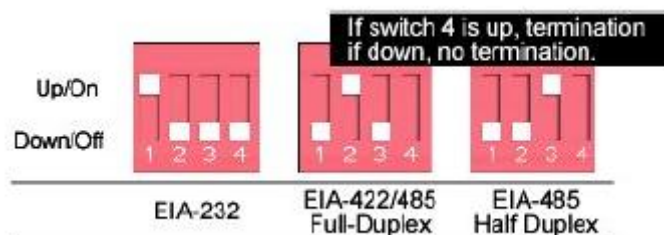


Kuva 29: Serial/Ethernet -muuntimen liittimet ja kytkimet.



Kuva 30: Sarjaliittimen pinnien numerointi.

Serial/Ethernet -muuntimen RS485-adapterin tyyppi valitaan dippikytkimillä (Kuva 31). Kytkimillä valitaan EIA-485 Half Duplex -vaihtoehto. Half Duplex tarkoittaa kaksisuuntaista liikennettä, jossa lähettäminen ja vastaanottaminen tapahtuvat eri aikaan. Half Duplex valitaan siksi, että pyrometrit eivät tue Full-Duplexia, jossa lähettäminen ja vastaanottaminen voivat tapahtua samaan aikaan. Dippikytkin numero neljä asetetaan ylös, koska viimeisenä väylässä olevan pyrometrin päätevastus asetetaan päälle.



Kuva 31: Serial/Ethernet -muuntimen dippikytkimet.

11.5. Kytkentä ja kenttäkotelon sisältö

Kenttäkotelo sijoitetaan lasinjalostuslinjan välittömään läheisyyteen. Kenttäkotelo sisältää pyrometriä elektronikkayksiköt, Serial/Ethernet -muuntimen sekä tarvittavat riviliittimet ja sulakkeet joiden kautta kenttäkotelossa oleville laitteille tuodaan käyttöjännite ja tarvittavat signaalit. Päädyimme ratkaisuun jossa kenttäkoteloon sijoitetaan 4 elektronikkayksikköä. Näin kenttäkotelon koko pysyy kohtuullisena.

Kenttäkotelon layout-kuva ja järjestelmän kytkentäkaavio ovat liitteessä 1 ja 2.
Kenttäkotelon merkiksi valittiin Rittal, koska kaikissa Tamglassin koneissa
käytettävät kotelot ovat saman valmistajan toimittamia. Samasta syystä
riviliitintoimittajaksi valittiin Phoenix Contact.

12 IR-LÄMPÖMITTAUKSEN SOVELLUSKOHTEET TULEVAISUUDESSA

Tässä kappaleessa käsitelty tieto on salaista ja siksi sitä ei ole tässä julkisessa
versiossa.

13 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin infrapunalämpömittausten käyttöä turvalasin valmistuksessa ja kuinka infrapunalämpömittauksia voitaisiin hyödyntää laajemmin tulevaisuudessa. Hyödyntämisellä tarkoitetaan prosessin nopeuttamista, energiansäästöä tai laadunparantamista. Työssä kartoitettiin myös infrapunalämpömittauksissa esiintyviä ongelmia etenkin lasinkarkaisuprosessissa. Tällä pyrittiin tuomaan tunnettuja ja ennestään tuntemattomia infrapunalämpömittauksissa esiintyviä ongelmia laajemmin yleiseen tietoon Tamglassin sisällä. Lisäksi työssä tuotettiin suunnitelma uudesta pyrometrisovelluksesta, joka voi korvata aiemmin käytössä olleet yksittäiset mittaukset.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet:

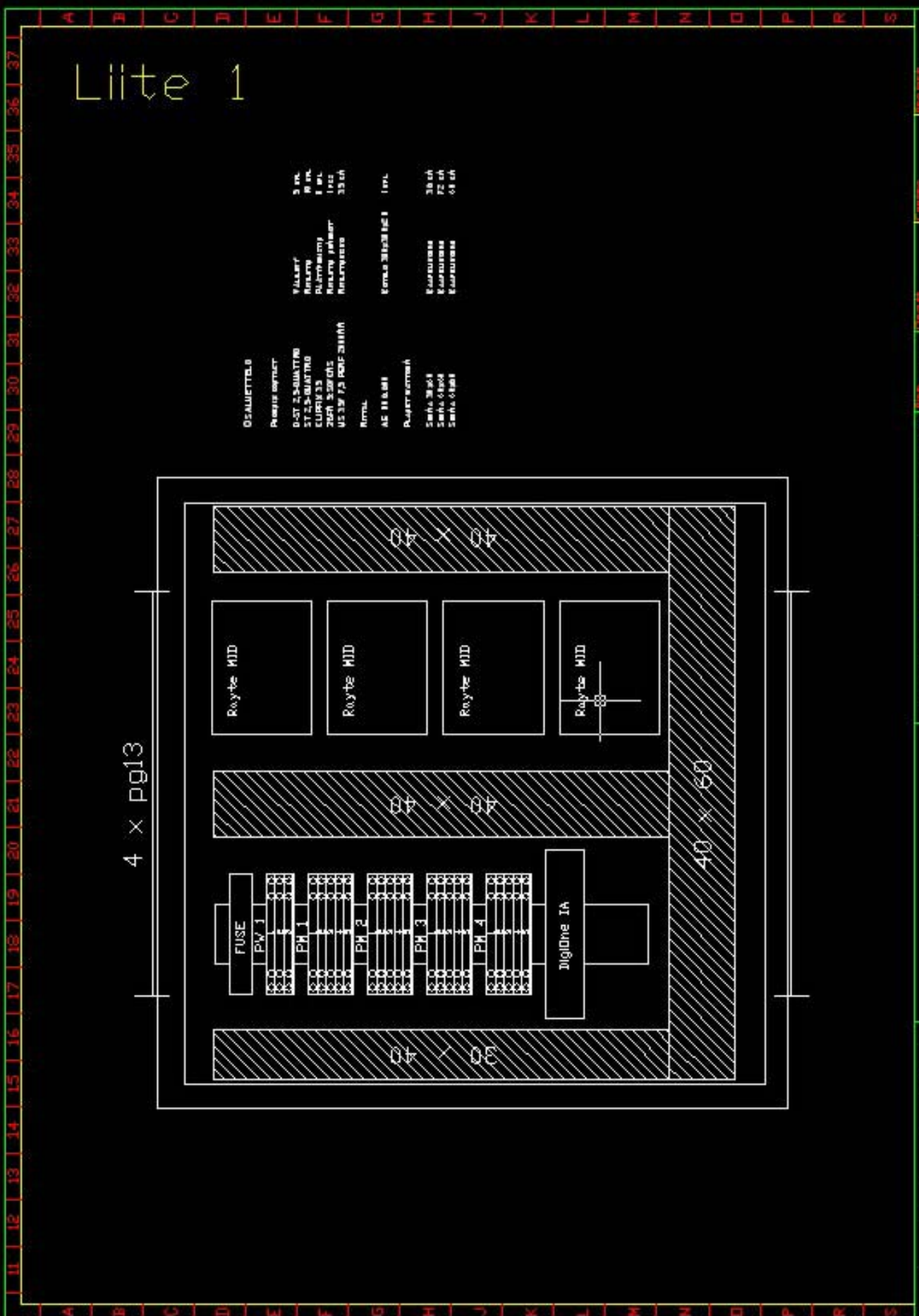
1. Inkinen Pentti – Tuohi Jukka, Momentti 1 Insinöörifysiikka. Otava. Keuruu 2002.
2. Raytek Thermalert MID/MIC Operators guide. Pyrometrin käyttäjän opas.
3. Tamglassilta saatu työtodistus.

Sähköiset lähteet:

4. Raytek, Tecnology. [www-sivu]. [viitattu 15.12.2005] Saatavissa:
<http://www.raytek-europe.com>
5. Tamglass Flat tempering products. [www-sivu] [viitattu 22.02.2006] Saatavissa:
<http://www.tamglass.com>
6. Tamglass Scanner manual. Skannerioption käyttöopas, joka annetaan asiakkaalle.
7. Raytekin maahantuojan (Sintrol Oy) lähettämä MI-pyrometrin sähköinen manuaali.
8. Raytekin maahantuojan (Sintrol Oy) lähettämä DigiOne IA:n sähköinen manuaali.

LIITTEET

LIITE 1	Kenttäkotelon layout
LIITE 2	Kytentäkaavio



Lite 1

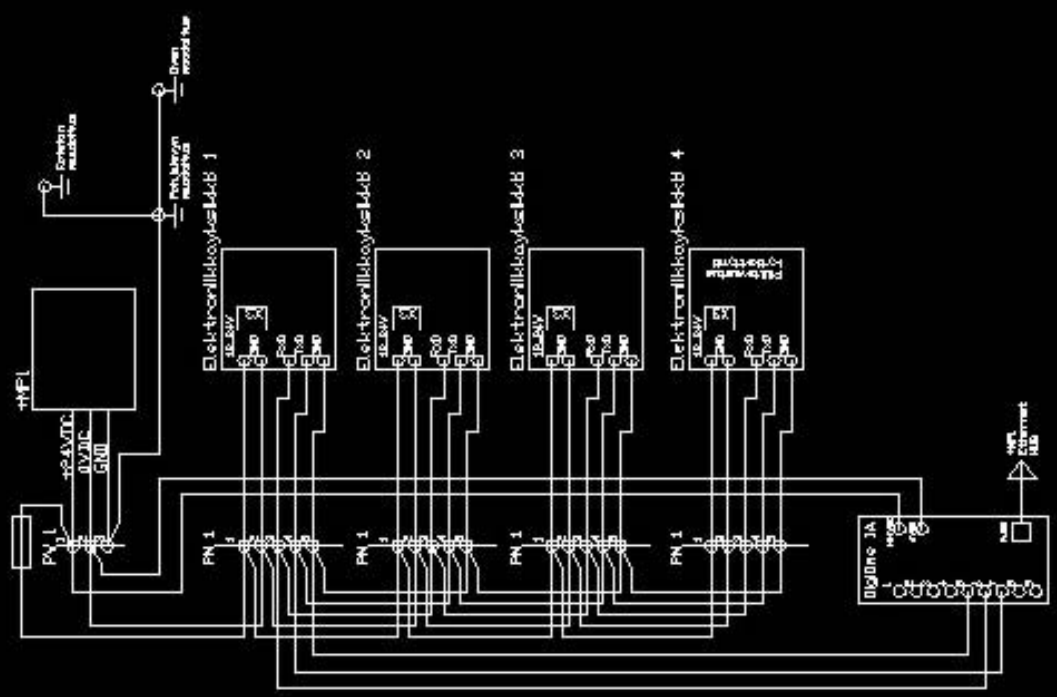
OSALUETTELO		
Projektin nimi	VALUUT	3 m.
0-57 2-50MATTRO	ROUHY	10 m.
57 2-50MATTRO	ROUHY	1 m.
CURR 33	ROUHY	1 m.
25M 5300H	ROUHY	1 m.
45 33 7,5 ROUF 2500H	ROUHY	33 m.
Nimi	Terma 31020 (M)	1 m.
AS 110 (M)		
Projektin nimi		
Sarja 31020	Esipuu	38 m.
Sarja 01020	Esipuu	72 m.
Sarja 01020	Esipuu	61 m.

Project	IR_1021
Sheet no.	1/1
Drawn	
Checked	

IR-LAMPÖMITTAUSJÄRJESTELMÄ
kotelo layout

Tamglass Engineering Ltd Oy

Liite 2



Plan. No. 3116	Centre	Project
Draught. 1/1	Drawing no.	IR_1022
Check		

Tamglass Engineering Ltd Oy

IR-1 AMPÖMITTAUS JÄRJESTELMÄ
Kytkenäkökaavio