

Sini Porrassalmi

Tullilaboratorioon toimitettavien pakastenäytteiden lämpötilan seuranta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

11.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Sini Porrassalmi Tullilaboratorioon toimitettavien pakastenäytteiden lämpötilan seuranta
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 11.5.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Laadunvalvonta ja tuotekehitys
Ohjaaja(t)	Tulliylitarkastaja Jenni Vuokko Jaostopäällikkö Kristiina Ala- Fossi- Aalto Lehtori Hannu Turunen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli kehittää Tullilaboratorioon toimitettavien elintarvikenäytteiden lämpötilanseurantajärjestelmä ja luoda Tullin näytteenottajille ohjeet kylmäsäilytystä vaativien näytteiden lähettämiseen Tullilaboratorion tutkittavaksi.</p> <p>Työssä valittiin tallentavat lämpömittarit, joilla tehtiin ensin harjoitusmittauksia, joissa tutkittiin tekijöitä, jotka vaikuttavat näytteiden lämpötilaan. Harjoitusmittausten jälkeen lämpömittareita testattiin tullin näytteenotossa pakastenäytteillä.</p> <p>Näytteiden lämpötilaan vaikuttaa kuljetuksen aikana moni asia. Näytteet kuljetetaan Tullilaboratorioon kylmälaukuissa, joissa on kylmävaraajia. Lämpötilan pitäminen riittävän alhaisena voi olla haastavaa, koska lämpötila kylmälaukun ulkopuolella voi nousta korkeaksi.</p> <p>Tulosten perusteella voidaan todeta, että näytteiden kuljetusolosuhteet ovat pääosin kunnossa, koska kaikkien näytteiden lämpötilat pysyivät nollan alapuolella. Lisäksi huomattiin, että näytteenottajat voivat omalla toiminnallaan näytteenottotilanteessa vaikuttaa näytteiden lämpötilaolosuhteisiin.</p> <p>Lämpötilanseurannan merkitys Tullin pääkaupunkiseudulla otettujen näytteiden kuljetuksessa vähenee tulevaisuudessa kun Helsingin tullit ja tullilaboratorio saavat käyttöön kylmäauton. Näytteitä lähetetään kuitenkin muualta Suomesta ja näille näytteille lämpötilanseurainta tullaan vielä tekemään.</p>	
Avainsanat	lämpötilan seuranta, näytteenotto, elintarvikkeiden kuljetus

Author(s) Title Number of Pages Date	Sini Porrassalmi Temperature monitoring of frozen samples in Finnish Customs laboratory 28 pages + 2 appendices 11 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	Food Engineering
Instructor(s)	Jenni Vuokko, Senior Customs Officer Kristiina Ala- Fossi -Aalto, Head of Section Hannu Turunen, Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to develop a tracking system for the Finnish Customs Laboratory for monitoring and documenting transport temperatures of food samples. The aim was also to create instructions for the Finnish Customs samplers for sending and transporting samples that require cold storage to examination.</p> <p>New temperature data loggers were chosen and test measurements were first carried out to determine the factors which affect the temperature of the samples. After test measurements the data loggers were tested in Finnish Customs sampling of frozen foods.</p> <p>Sample temperature is influenced by many factors during the transportation. The samples are transported to the Finnish Customs Laboratory in styrofoam cold boxes filled with ice packs. Keeping the temperature low enough can be challenging as the temperature outside the cold box varies and can get quite high during the summer. Also the duration of the transportation and the filling and sealing of the cold box have an effect on the sample temperature.</p> <p>The results show that the transport conditions of samples delivered to Finnish Customs Laboratory are mostly in order, because all the sample temperatures remained below zero during the transportation. In addition, it was noted that sampler's performance can affect the temperature conditions of the samples.</p> <p>The significance of the temperature monitoring of the samples taken from the Helsinki metropolitan area will be reduced in the future, because the Finnish Customs samplers will be using a refrigerated van for transportation of the food samples. However, samples are sent from other parts of Finland and the temperatures of those samples will still be monitored.</p>	
Keywords	temperature, data loggers, sampling, food transportation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lämpötilahallittavien elintarvikkeiden kuljetus	2
2.1	Elintarvikkeiden luokittelu	2
2.2	Lainsäädäntö	2
3	Näytteenotto	4
3.1	Näytteenottoon liittyvät säädökset ja ohjeet	4
3.2	Tullin näytteenotto	4
3.3	Näytteiden vastaanottotarkastus	5
4	Pakasteet	6
4.1	Pakastettu elintarvike	6
4.2	Lämpötilan vaikutus pakastenäytteisiin	6
5	Lämpötilan mittaus	7
5.1	Lämpötila	7
5.2	Lämpömekaaniset lämpötilan mittaukset	7
5.3	Sähköiset menetelmät	8
5.4	Säteilylämpömittari	8
5.5	Tallentavat lämpömittarit	9
6	Lämmön siirtyminen	10
6.1	Lämmönsiirtymistavat	10
6.2	Konvektio	10
6.3	Johtuminen	10
6.4	Lämpösäteily	11
7	Tallentavan lämpömittarin valinta	11
7.1	Valintaan vaikuttavat tekijät	11
7.2	Tallentavia lämpömittareita	11
7.3	Testo 174T- dataloggeri	13
8	Harjoitusmittaukset	15

9	Näytteiden lämpötilan mittaus	16
10	Tulokset ja tulosten tarkastelu	17
10.1	Harjoitusmittaukset	17
10.2	Näytteiden lämpötilan mittaus	19
11	Yhteenveto	25
12	Tulevaisuus	26
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Dataloggereiden käyttöohje	
	Liite 2. Näytetiedot	

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena oli kehittää Tullilaboriolle lämpötilanseurantajärjestelmä, jolla seurataan sinne lähetettävien elintarvikenäytteiden lämpötilaa kuljetuksen aikana. Tarkoituksena oli myös luoda näytteenottajille uudet ohjeet kylmäsäilytystä vaativien näytteiden ja pakastenäytteiden lähettämiseen Tullilaboratorioon tutkittavaksi. Tullilaboratoriolla on ollut jo aiemmin käytössä tallentavia lämpömittareita, eli dataloggereita. Niitä on kuitenkin käytetty satunnaisesti ja lähinnä kesäaikaan. Insinööriyö tehtiin Tullilaboration näytteenotto- ja tarkastusjaostossa.

Näytteenotto ja näytteiden tutkiminen on olennainen osa elintarvikevalvontaa. Oikein suoritettulla näytteenotolla sekä näytteen kuljetuksella ja tutkimuksella voidaan varmistua siitä, että näyte on edustava otos näytteenoton kohteesta. Säädösten mukaan näytteet eivät saa muuttua kuljetuksen aikana niin, etteivät ne ole enää edustavia tutkimuksia varten.

Tullilaboratorio tutkii maahantuotavia ei- eläinperäisiä elintarvikkeita ja kulutustavaroita (muun muassa lelut, tekstiilit ja kosmetiikka) riskiperusteisen näytteenottosuunnitelman mukaisesti. Tullilaboratorio tutkii myös osaa niin sanotuista yhdistelmäelintarvikkeista, eli elintarvikkeita, jotka sisältävät kasviperäisten ainesosien lisäksi jalostettuja eläinperäisiä ainesosia.

Tulli valvoo elintarvikkeiden, elintarvikekontaktiin joutuvien tarvikkeiden ja materiaalien sekä kulutustavaroiden tuontia sekä ulko- että sisäkaupassa. Näytteitä otetaan riskiarvi-
oon perustuen.

2 Lämpötilahallittavien elintarvikkeiden kuljetus

2.1 Elintarvikkeiden luokittelu

Elintarvikkeet voidaan luokitella helposti pilaantuviin, pilaantuviin ja muihin elintarvikkeisiin (1, s. 16).

Helposti pilaantuvia elintarvikkeita ovat esimerkiksi eläinperäiset raaka-aineet, pilkotut kasvikset, pakasteet ja valmiit ruoat. Helposti pilaantuvien elintarvikkeiden ominaisuudet ja rakenne tarjoavat mikrobeille hyvät kasvuolosuhteet. Monet mikrobit voivat lisääntyä näissä elintarvikkeissa vaaralliseksi määräksi ilman aistein havaittavia muutoksia. Helposti pilaantuvat elintarvikkeet tulee säilyttää ja kuljettaa yleensä joko hyvin alhaisissa alle +6 °C: een tai korkeissa +60 °C: een lämpötiloissa. (2.)

Pilaantuvia elintarvikkeita ovat muun muassa tuore leipä, kokonaiset kasvikset ja hedelmät. Pilaantuvien elintarvikkeiden pilaantuminen alkaa fysikaalisilla ja kemiallisilla muutoksilla, jolloin pilaantuminen voidaan havaita aistinvaraisesti. (2.) Pilaantuvat elintarvikkeet ovat yleensä happamampia tai niiden veden aktiivisuus on pienempi kuin helposti pilaantuvien elintarvikkeiden (2). Säilymiseen vaikuttaa lämpötila ja kosteus (2).

Muut elintarvikkeet säilyvät fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksiensa puolesta pitkiä aikoja oikein säilytettynä. Hyvin säilyviä elintarvikkeita ovat esimerkiksi täyssäilykkeet, pähkinät, jauhot, mausteet ja makeiset. (2.)

2.2 Lainsäädäntö

Elintarvikelainsäädäntö asettaa elintarvikkeiden kuljetuksille lämpötilaa ja kalustoa koskevia vaatimuksia. Elintarvikkeiden kuljetuslämpötiloista on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EY) No 852/2004. (4.)

Eläimistä saataville elintarvikkeille on säädetty tuoteryhmäkohtaiset lämpötilavaatimukset koko tuotantoketjulle. Myös muille helposti pilaantuville elintarvikkeille on asetettu lämpötila- ja kuljetuskalustovaatimuksia. Pakasteiden kuljetusolosuhteet on määriteltävä asetuksessa (EY) No 37/2005. Taulukossa 1 on esitetty tuoteryhmäkohtaiset kuljetuslämpötilat kotimaisissa kuljetuksissa.

Taulukko 1. Elintarvikkeiden tuoteryhmäkohtaiset kuljetuslämpötilat kotimaisissa kuljetuksissa

Tuoteryhmä	Kuljetus tuotantolaitosten välillä	Kuljetus tukkuvarastoon tai vähittäiskauppaan/ravintolaan
Tuore liha (muu kuin siipikarja)	Korkeintaan 7 °C	Korkeintaan 7 °C
Sisäelimet, veri	3 °C	3 °C
Tuore siipikarjan liha	4 °C	4 °C
Raakalihavalmisteet	4 °C	4 °C
Jauheliha	2 °C	2 °C
Kypsennetyt lihavalmisteet	Korkeintaan 6 °C	
Kalastustuotteet	0–3 °C	0–3 °C
Pastöroitu maito	6 °C	6 °C
Muut maitovalmisteet (jogurtit, juustot jne.)	8 °C	8 °C
Kasvisjalosteet, raasteet, kuoritut kasvikset, kasvisalaatit	Korkeintaan 6 °C	Korkeintaan 6 °C
Herkästi pilaantuvat leipomotuotteet	Korkeintaan 6 °C	Korkeintaan 6 °C
Helposti pilaantuvat yhdistelmätuotteet	Korkeintaan 6 °C	Korkeintaan 6 °C
Munatuotteet	4 °C	4 °C
Eläinperäiset pakasteet	-18 °C	-18 °C
Kasvispakasteet	-18 °C/tilapäisesti - 15 °C	-18 °C/tilapäisesti -15 °C
Jäätelö, mehujää, elintarvikkejää	-18 °C/tilapäisesti - 15 °C	-18 °C/tilapäisesti -15 °C
Kuumien tuotteiden kuljetukset	60 °C	

Helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kansainvälisissä maantie- ja rautatiekuljetuksissa on noudatettava ATP- sopimuksen mukaisia lämpötilavaatimuksia (3). Lyhenne ATP tulee sopimuksen ranskankielisestä nimestä Accord relatif aux transports internationaux de denrées périssables et aux engins spéciaux a utiliser pour ces transports. Sopimus on astunut voimaan vuonna 1976 ja Suomessa vuonna 1981. (1, s. 18.) ATP- sopimus

on helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kuljetusta ja kalustoa koskeva yleissopimus, jonka edellyttämää määräysten valvontaa johtaa Elintarviketurvallisuusvirasto (4).

3 Näytteenotto ja näytteiden kuljetus

3.1 Näytteenottoon liittyvät säädökset ja ohjeet

Näytteenotto vaikuttaa tutkimusten lopputulokseen ja se on merkittävä epävarmuuden lähde. Näytteen tulee olla edustava otos näytteenoton kohteesta. Näytteet eivät saa muuttua näytteenoton tai kuljetuksen aikana niin, etteivät ne enää edusta kyseistä elintarviketta. (6.) Näytteiden kuljetuslämpötiloiksi on lainsäädännössä annettu suosituksia ja ohjeita.

Suosittelavat säilytyslämpötilat näytteille tutkimushetkeen saakka:

- Mikrobiologiseen tutkimukseen toimitettavat näytteet: 0 – 8 °C
- Muihin tutkimuksiin toimitettavat näytteet: Helposti pilaantuvat elintarvikkeet 0 – 8 °C ja muut korkeintaan 25 °C
- Pakasteet säilytetään niin, etteivät ne sula.

Näytteet tulisi toimittaa tutkimuslaboratorioon mahdollisimman nopeasti, lämpötilan vaihtelulta ja valolta suojattuina. (6.)

3.2 Tullin näytteenotto

Tulli toimivaltaisena viranomaisena valvoo ja Tullilaboratorio tutkii maahantuotavia ei-eläinperäisiä elintarvikkeita ja niin sanottuja yhdistelmäelintarvikkeita sekä eräitä käyttö- ja kulutustavaroita riskiperusteisen näytteenottosuunnitelmansa mukaisesti. Tullin toimivalta perustuu elintarvikelakiin (23/2006) ja kuluttajaturvallisuuslakiin (920/2011). Elintarvikelaki koskee soveltuvin osin myös elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvia tarvikkeita, kuten astioita, ruokailuvälineitä, taloustarvikkeita ja pakkausmateriaaleja. Näytteenottotoiminto keskittyy pääsääntöisesti toimijoiden varastoille, joissa tullitoimipaikkojen tai laboratorion näytteenottohenkilöstö ottaa toimeksiannon mukaisia näytteitä.

Tulli valvoo elintarvikkeiden, elintarvikekontaktiin joutuvien tarvikkeiden ja materiaalien sekä kulutustavaroiden tuontia sekä ulko- että sisäkaupassa. Ulkokaupan valvonnassa tullattavien tavaroiden, joista Tulli ottaa näytteet laboratoriotutkimuksia varten tai joihin kohdistuu muita tarkastustoimenpiteitä, pääsy markkinoille keskeytetään tutkimusten ja tarkastustoimenpiteiden ajaksi. Määräysten vastaisiksi todettuja tavaraeriä ei luovuteta vapaaseen liikkeeseen.

Sisäkaupan valvonnassa käyttöönottokieltoa eli vapaan liikkuvuuden rajoitusta tutkimusten ajaksi sovelletaan vain yksittäistapauksissa perustelluista syistä. Koska sisäkaupassa maahantuotavia tavaroita ei tullata, Suomessa, näytteenotto perustuu niin kutsuttuun varastovalvontaan. Tullin viralliset näytteenottajat ottavat tarvittavat näytteet tavaranhaltijan varastolla. Markkinoille päässeitä määräysten vastaisiksi todettuja tavaraeriä voidaan vetää takaisin kaupoista ja kuluttajilta yhteistyössä Elintarviketurvallisuusviraston (Evira) ja Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) kanssa.

3.3 Näytteiden vastaanottotarkastus

Tullilaboratorio on FINASin akkreditoima tutkimuslaboratorio. Sen laatu järjestelmä on ISO/IEC 17025 standardin mukainen. Laatu järjestelmän tarkoitus taata, että näytteet on otettu oikein ja että ne ovat tutkimuksia varten riittävän edustavia.

Laatu järjestelmä edellyttää, että Tullilaboratorioon toimitetuille näytteille tehdään vastaanottotarkastus välittömästi niiden saavuttua. Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan laboratorioon toimitettujen näytteiden yleinen kelpoisuus tutkimuksiin. Näytteille asetettuihin vastaanottoehtoihin kuuluu, että näyte on otettu oikein ja että se on aiottuun tutkimukseen riittävän edustava ja ettei näyte ole vaurioitunut tai päässyt kontaminoitumaan. Lisäksi näytteen tulee olla kuljetettu laboratorioon asianmukaisesti.

Vastaanottotarkastuksessa kiinnitetään huomiota siihen, että näytteet eivät ole päässeet sulamaan, jäätymään tai lämpenemään. Lisäksi tarkastetaan, että näytettä suojaava astia tai muu päällys on ehjä ja hyvin suljettu.

4 Pakasteet

4.1 Pakastettu elintarvike

Pakastetulla elintarvikkeella (pakaste) tarkoitetaan elintarviketta, joka jäädytetty pakastamiseksi kutsutulla jäähdytysmenetelmällä, jossa maksimaalinen kiteenmuodostus etenee elintarviketyypistä riippuen mahdollisimman nopeasti, jonka lopullinen lämpötila pidetään -18 °C :ssa tai sitä kylmempänä kaikissa elintarvikkeen osissa ja joka myydään tai muuten luovutetaan pakastettuna. (7.)

4.2 Lämpötilan vaikutus pakastenäytteisiin

Jokaisella mikrobilla on sille ominainen kasvulämpötila- alue. Mikrobit kasvavat nopeimmin 6 °C – 60 °C :een lämpötiloissa. Kun lämpötilaa alennetaan mikrobin optimikasvulämpötilan alapuolelle, kasvu hidastuu. Hidastuminen noudattaa Van't Hoffin reaktiokinetiikan periaatetta, jonka mukaan kasvunopeus suunnilleen puolittuu jokaista kymmenen asteen lämpötilan laskua kohti. (8, s. 191-193.) Mikrobin kyvyssä sietää lämpötilan laskua on eroja. Vegetatiiviset hiivasolut ja Gram-negatiiviset bakteerit, kuten koliformiset bakteerit ja salmonella-suvun bakteerit ovat herkimpiä lämpötilan alenemiselle. Gram-positiiviset bakteerit, kuten *Stafylococcus aureus* ja enterokokki, sekä homeitiöt sietävät kylmää paremmin. (9, s. 682.) Pakastaminen ei tuhoa elintarvikkeessa olevia mikrobeja, mutta se pysäyttää niiden kasvun, kun lämpötila laskee riittävän alhaiseksi, noin -10 °C :een (10, s. 27).

Pakasteissa lämpötilan muutokset ovat aina haitallisia tuotteen kannalta. Lämpötilan nousu muuttaa pakastetun elintarvikkeen rakennetta ja pilaantuminen alkaa. Jo tunnin pituinen vähäinenkin lämpötilan nousu vaikuttaa myös tuotteen sisäosiin. Kun lämpimässä ollut tuote siirretään takaisin kylmään, lämmön siirtyminen jatkuu tuotteen sisäosiin, jolloin tuotteen sisäosissa tapahtuu laatu- tai rakennemuutoksia. (1, s. 21.)

5 Lämpötilan mittaus

5.1 Lämpötila

Lämpötila nimisellä suureella kuvataan sitä aineen ominaisuutta, joka aiheuttaa kylmän ja kuuman aistimuksen. Lähes kaikki fysikaaliset ja kemialliset prosessit ovat riippuvaisia lämpötilasta. (11, s. 401.) Lämpötila vaikuttaa merkittävästi useimpien aineiden fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin (12, s. 35).

Kun aineen lämpötila muuttuu, aine luovuttaa tai vastaanottaa energiaa. Mikäli kaksi eri lämpötilassa olevaa kappaletta tuodaan kosketuksiin toistensa kanssa ja systeemi asetetaan lämmöneristeen sisälle, lämpötilaerot tasoittuvat. Saavutetaan terminen tasapaino, jossa lämpötila on kaikkialla yhtä suuri. (11, s. 401.)

Lämpötilan mittaaminen perustuu siihen, että mittauskohde ja lämpömittari asettuvat termiseen tasapainoon. Lämpömittari näyttää oman lämpötilansa ja ilmaisee samalla mittauskohteen lämpötilan. (11, s. 401.)

Lämpötilaa voidaan mitata usealla eri menetelmällä. Kaikki mittausmenetelmät perustuvat siihen, että havaitaan jonkin lämpötilasta riippuva suhteellisesti mitattavan suureen, esimerkiksi siirtymän, tilavuuden, paineen tai sähkövirran arvoja. Kun tiedetään miten suure riippuu lämpötilasta, voidaan lämpötila määrittää. (11, s. 403.) Materiaalin lämpötilan mittaus perustuu kosketusmittaukseen (lasilämpömittarit, vastuslämpömittarit ja termoelementit) tai koskemattomaan mittaukseen (infrapunalämpömittari) (12, s. 36).

5.2 Lämpömekaaniset lämpötilan mittaukset

Lämpömekaaniset anturit perustuvat nesteiden, metallien tai kaasujen lämpölaajenemiseen. Nesteiden lämpölaajenemisilmiötä käytetään hyväksi lasilämpömittareissa. Lasisäiliössä olevan nesteen annetaan laajentua lämpötilan noustessa ohueen kapilaari-putkeen. Pinnankorkeus kertoo lämpötilan. Nesteenä käytetään yleensä elohopeaa tai alkoholia. (12, s. 36.)

Bimetallilämpömittari perustuu metallin lämpölaajenemiseen. Bimetallilämpömittarissa on kahdesta metalliliuskasta yhteen valssaamalla saatu liuska. Metallien erilaisten lämpötilakertoimien johdosta liuska taipuu lämpötilan muuttuessa. (12, s. 42.)

5.3 Sähköiset menetelmät

Vastuslämpömittarien toiminta perustuu vastuksen resistanssin muuttumiseen. Vastuslämpömittareissa mitataan metallin sähköistä resistanssia, joka on riippuvainen lämpötilasta. Antureina mittareissa käytetään metalli- ja puolimetallivastuksia. (12, s. 44.) Vastuslämpömittareissa voidaan käyttää esimerkiksi kupari-, nikkeli- tai platinavastuksia. Metallisten vastusten resistanssi yleensä kasvaa lämpötilan noustessa (11, s. 404).

Monien puolijohdeiden sähkönjohtokyky riippuu lämpötilasta voimakkaammin kuin metallien. Puolijohdemateriaaleista valmistettuja vastuksia kutsutaan termistoreiksi (Thermally sensitive resistor). (11, s. 404.)

Toisin kuin metallivastuksilla, puolijohdevastuksien lämpötilakerroin on usein negatiivinen, eli resistanssi pienenee lämpötilan kasvaessa. Tällaista termistoria kutsutaan NTC-termistoriksi (Negative Temperature Coefficient). Jos termistorin resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa, sitä kutsutaan PTC-termistoriksi (Positive Temperature Coefficient). (12, s. 46.)

Termopari (termoelementti) on kahdesta johtimesta muodostuva silmukka, johon on kytketty herkkä jännitemittari. Johtimet on valmistettu eri metalleista. Jos johtimen liitospaikat kytketään eri lämpötiloihin, syntyy silmukkaan lähdejännite. Lähdejännite mitataan ja liitospaikkien välinen lämpötilaero saadaan taulukkokirjan tai kokeellisesti määritetyn kuvaajan avulla. (11, s. 404.)

5.4 Säteilylämpömittari

Säteilylämpömittarin ei tarvitse olla kosketuksissa mitattavan kohteen kanssa. Lämpötila mitataan mittauskohteen lähettämän lämpösäteilyn avulla. (12, s. 53.) Käytännössä mitataan pinnan lähettämän säteilyn teho pinta- alayksikköä kohti tai tarkastellaan tehon jakautumista eri aallonpituuksille (11, s. 404).

5.5 Tallentavat lämpömittarit

Tallentavat lämpömittarit, eli dataloggerit ovat laitteita, joilla voidaan tallentaa esimerkiksi lämpötiloja tai kosteuksia ja siirtää mittaustulokset tietokoneelle. Tietojen siirtäminen tapahtuu yleensä USB- liitännän kautta. Dataloggerin toimintaperiaate määritellään tietokoneohjelmalla. Ohjelmalla voidaan määritellä muun muassa mittausväli, mittausten lukumäärä ja aloitetaanko mittaus heti vai painettaessa käynnistyspainiketta. (13.)

Dataloggereiden käyttökohteita ovat muun muassa kylmäkuljetukset, kylmäketjun katkeamattomuuden seuranta, lämpötilaherkkien laitteiden kuljetuksen ja käsittelyn seuranta, huoneen lämpötilan ja kosteuden seuranta sekä kylmäkalusteiden toiminnan seuraaminen. (14)

Tallennuslaitteita koskeva standardi EN 12830 määrittää mittalaitteille asetetut vaatimukset. Standardi määrittelee laitteen tekniset ja toiminnalliset ominaisuudet.

Standardi määrää myös pakastekuljetusten lämpötilan rekisteröintivälin:

- 5 minuuttia, jos kuljetuksen kesto on korkeintaan 24 tuntia
- 15 minuuttia, jos kuljetuksen kesto on enemmän kuin 24 tuntia, mutta korkeintaan 7 vuorokautta
- 60 minuuttia, jos kuljetuksen kesto on enemmän kuin 7 päivää

Samaa mittausväliä suositellaan myös muissa kuin pakastekuljetuksissa. Rekisteröintitulosten säilyttämisessä on varmistettava, että tulokset on kohdistettavissa tiettyyn lastiin tai kuljetustapahtumaan. (15.)

6 Lämmön siirtyminen

6.1 Lämmönsiirtymistavat

Lämmön siirtyminen aiheutuu siitä, että lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Lämmön siirtymistapoja ovat konvektio, johtuminen ja säteily. (11, s. 449-450.)

6.2 Konvektio

Konvektiolla, eli kuljetuksella tarkoitetaan lämmön siirtymistä aineen mukana. Konvektio on tärkeä lämmön siirtymisen muoto nesteillä ja kaasuilla, koska ne voivat virrata. Konvektio on joko pakotettua tai vapaata. Pakotetussa konvektiossa ulkopuolinen voima, esimerkiksi pumppu, liikuttaa nestettä tai kaasua. Vapaassa konvektiossa nesteen tai kaasun liikuttajana toimii lämpötilaerojen aiheuttama tiheysero. Lämpötilaero saa esimerkiksi lämmityspatterin veden virtaamaan. (16, s. 173.)

6.3 Johtuminen

Lämmön johtumisessa lämpö siirtyy aineen sisällä tai kappaleesta toiseen, mikäli kappaleet ovat kosketuksissa toisiinsa. Johtumiseen ei liity ainevirtausta, joten se on erityisesti kiinteiden aineiden tärkeä lämmön siirtymisen muoto. (11, s. 450-451.) Lämpöenergian johtuminen on seurausta molekyylien törmäyksistä. Kuumennettavassa kohdassa molekyylit alkavat liikkua aina vain nopeammin ja värähdysliike kasvaa. Törmäyksissä ympärillä hitaammin liikkuviin molekyyleihin siirtyy energiaa ja näiden molekyylien nopeudet kasvavat. Näin energia siirtyy aina vain kauemmaksi ja lopulta koko kappaleeseen. Esimerkiksi kun hopealusikalla sekoitetaan kahvia, voidaan hetken kuluttua todeta myös kädessä olevan pään lämpenevän, vaikkei se ole suoraan kosketuksissa lämmönlähteen kanssa. (17, s. 409.)

6.4 Lämpösäteily

Lämpösäteily on kappaleen pinnalta lähtevää sähkömagneettista säteilyä. Kaikki kappaleet lähettävät pinnaltaan eli emittoivat jatkuvasti energiaa sähkömagneettisena säteilyinä. Energia on peräisin atomien ja molekyylien lämpöliikkeestä. Lämpösäteily eroaa muista lämmönsiirtymistavoista, sillä se ei tarvitse väliainetta. (17, s. 418.)

7 Tallentavan lämpömittarin valinta

7.1 Valintaan vaikuttavat tekijät

Lämpötilanseurantaan on markkinoilla tarjolla runsaasti erilaisia vaihtoehtoja. Useilla valmistajilla on valikoima erilaisia tallentavia lämpömittareita. Lisäksi on olemassa monimutkaisempiakin seurantajärjestelmiä, joilla ohjelmiston kautta voidaan seurata lämpötiloja ja paikkatietoja reaaliajassa. Tallentavien lämpömittareiden valinta aloitettiin tutustumalla valikoimaan myyjien internetsivuilla ja esitteissä.

Tärkeimpiä tallentavien lämpömittareiden valintaa vaikuttavia asioita olivat helppokäyttöisyys ja luotettavuus. Tallentavien lämpömittareiden käyttö tuli olla mahdollisimman yksinkertaista, jotta jokainen näytteenottaja pystyy käynnistämään ne näytteenottotilanteessa. Lisäksi mittareiden ohjelmointi ei saanut olla liian vaikeaa. Mittareiden tuli olla sellaisia, että mittausdata voidaan purkaa vasta perillä Tullilaboratoriossa.

Tallentavien lämpömittareiden valintaan vaikutti myös hinta. Mittareita tilattiin yhteensä yhdeksän kappaletta, joten niiden toivottiin olevan mahdollisimman edullisia.

7.2 Tallentavia lämpömittareita

Seuraavaksi on esitelty joitakin malleja tallentavista lämpömittareista.

3M TL20 dataloggeri (kuva 1) vaikutti yksinkertaiselta, helppokäyttöiseltä ja se oli edullinen. Kyseiseen malliin ei kuitenkaan ollut enää ladattavissa ohjelmistoa, koska se ei toiminut uusimmilla Windows- käyttöjärjestelmillä.



Kuva 1. 3M TL20- dataloggeri (18)

Markkinoilla oli myös erilaisia metallikuorisia pieniä napin kokoisia dataloggereita. Esimerkkinä kuvan 2 Lämpötila-dataloggeri, DS1921G-F5#. Ne ovat kuitenkin kooltaan niin pieniä, että niitä on vaikea saada pysymään tallessa. Lisäksi mittauksia ei pysty käynnistämään näytteenottoaikalla, vaan mittauksen aloitus pitää ohjelmoida joko alkamaan välittömästi tai viiveellä.



Kuva 2. Lämpötila-dataloggeri, DS1921G-F5# (18)

Myös kuvan 3 kaltaisia USB- dataloggereita, joissa ei ole erillistä tietojen purkulaitetta, oli markkinoilla useita eri malleja. Tämän kaltaiset dataloggerit eivät ole tarpeeksi luotettavia, koska mittauksia ei pääse katsomaan tai mittarin voi ohjelmoida uudelleen kuka vain.



Kuva 3. OM-EL-USB-1- dataloggeri (19)

7.3 Testo 174T- dataloggeri

Mittareiksi valittiin Testo 174T- dataloggerit (kuva 4), jotka ovat uudempia versioita Tullilaboratoriossa aiemmin käytössä olleista Testo 174- dataloggereista.



Kuva 4. Testo 174T- dataloggeri (18)

Tekniset tiedot:

- Datalogit suureille: Lämpötila
- Kanavat: 1
- Lämpötilamittausalue: -30 - +70 °C
- Tarkkuus: $\pm 0,5$ °C (mittausalueella)
- Tallennusväli: 1min – 24 h
- Liitännät: USB
- Tallennuskapasiteetti: 16000 mittausarvoa
- Ohjelmisto: Testo ComSoft 5

Testo 174T:ssä on sisäinen lämpötila- anturi, jossa on NTC- vastus. NTC- vastus (Negative Temperature Coefficient) on puolijohdemateriaalista valmistettu vastus.

8 Harjoitusmittaukset

Harjoitusmittausten tarkoituksena oli tutkia erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat näytteiden lämpötilaan kuljetuksen aikana.

Lämpötilaan vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

- näytemäärä
- kylmälaukun muoto, koko ja materiaali
- kylmälaukun täyttöaste ja eristeiden määrä
- kylmävaraajien määrä ja sijainti
- lämpötila kylmälaukun ulkopuolella
- kylmälaukun sulkeminen
- tallentavan lämpömittarin sijainti
- kuljetusaika

Tarkoituksena oli myös selvittää miten lämpötilan seuranta tulisi jatkossa suorittaa ja tämän pohjalta tehdä näytteenottajille ohjeet, joiden avulla pakastenäytteet saataisiin kuljetettua Tullilaboratorioon niin, että niiden lämpötila säilyisi riittävän alhaisena.

Harjoitusnäytteinä käytettiin jäätelöpaketteja. Kylmälaukkuihin laitettiin ensimmäisissä mittauksissa tallentavia lämpömittareita kolme kappaletta. Yksi laitettiin kylmälaukun pohjalle, toinen näytteiden väliin tai päälle ja yksi kiinnitettiin kylmälaukun kanteen. Näin saatiin mitattua sekä näytteiden pintalämpötila, että kylmälaukun sisälämpötila.

Mittauksia tehtiin kylmälaukun erilaisilla täyttöasteilla. Ensimmäisissä mittauksissa kylmälaukkuun jäi paljon tyhjää tilaa. Huomattiin, että lämpötila ei pysynyt tarpeeksi alhaisena. Seuraavissa mittauksissa kylmälaukkuun laitettiin lisäeristeeksi kuplamuovia ja sanomalehtiä niin, että kylmälaukkuun jäi vain vähän tyhjää tilaa. Myös kylmävaraajien määrää ja sijaintia kylmälaukussa vaihdeltiin.

Harjoitusmittausten perusteella saatiin selvitettyä parhaat mahdolliset mittausolosuhteet. Testien pohjalta laadittiin näytteenottajille ohjeet, joiden mukaan lämpötilan seuranta voitaisiin jatkossa suorittaa näytteenotossa. Ohje on liitteenä insinööriyön lopussa.

9 Näytteiden lämpötilan mittaus

Tallentavia lämpömittareita testattiin sisämarkkinatuontina tulleilla pakastenäytteillä. Näytteitä haettiin eri yritysten pakkasvarastoilta yhteensä 26 kappaletta seitsemällä näytteenotokerralla. Näytteiden tiedot ovat liitteenä insinööriyön lopussa. Varastot sijaitsivat Espoossa, Vantaalla, Tuusulassa ja Hämeenlinnassa. Näytteet ottivat Tullin koulutetut näytteenottajat. Neljä näytteenotokerrosta oli sellaisia, joilla insinööriyön tekijä oli mukana ohjeistamassa näytteenottajille tallentavien lämpömittareiden käyttöä.

Mittarit ohjelmoitiin Tullilaboratoriossa. Mittausväliksi valittiin yksi minuutti. Mittarit asetettiin kahdella ensimmäisellä näytteenotokerralla näytepakkausten väliin ja muilla kuvan 5 mukaisesti näytteiden päälle. Mittarit käynnistettiin ja laitettiin näytteiden päälle. Kylmälaukut suljettiin teipillä.

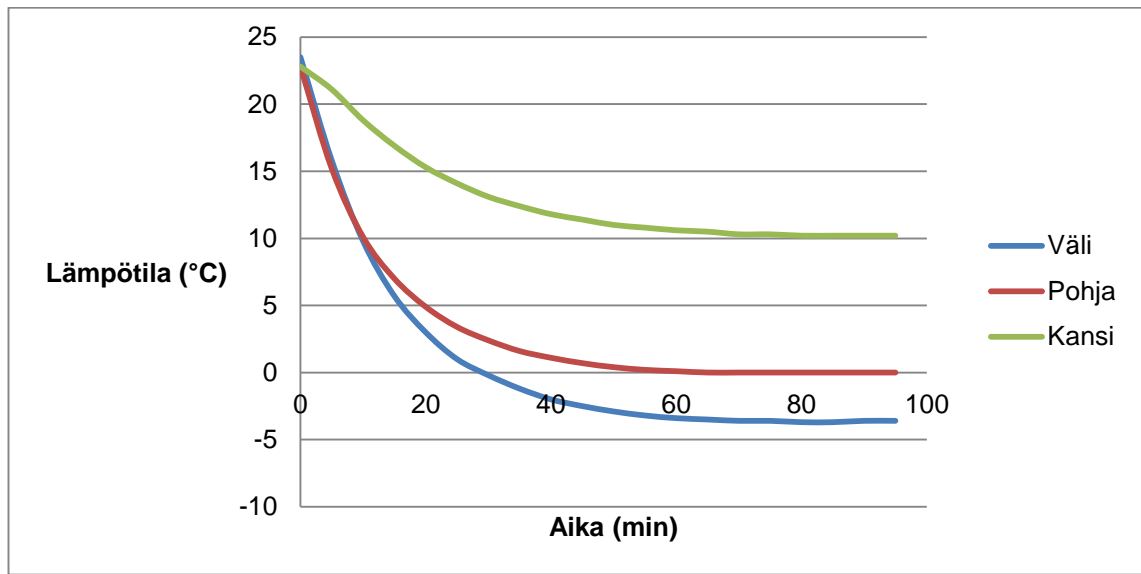


Kuva 5. Dataloggerin sijainti kylmälaukussa

10 Tulokset ja tulosten tarkastelu

10.1 Harjoitusmittaukset

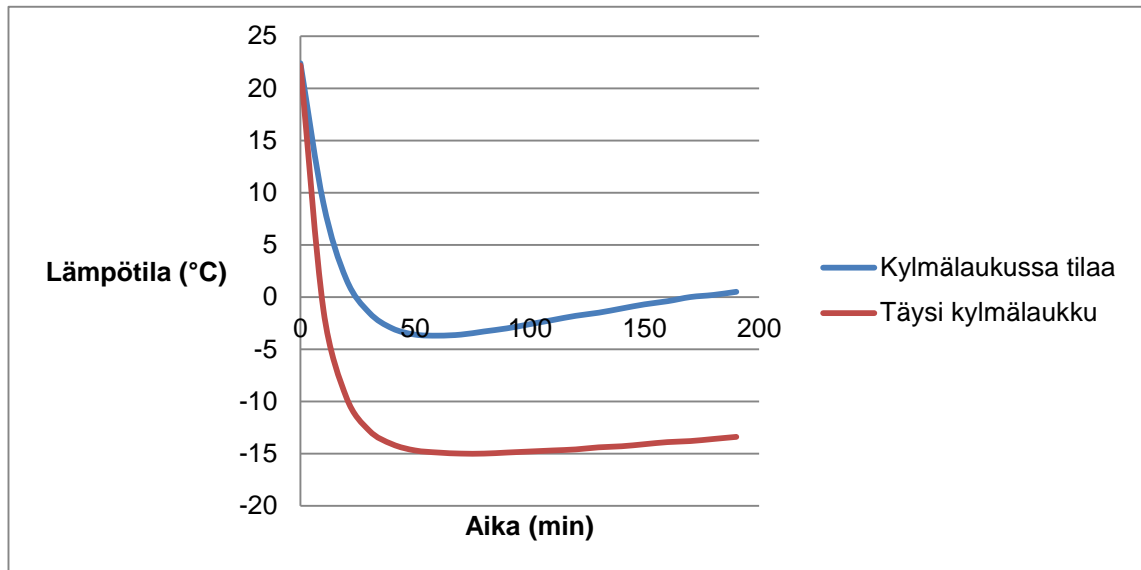
Kuvassa 6 on kylmälaukun pohjalla ja kannessa, sekä näytteiden välissä olevien lämpömittareiden mittaamat lämpötilat



Kuva 6. Dataloggerin sijainnin vaikutus lämpötilaan

Kuten kuvasta nähdään, kylmälaukun pohjalla ja kannessa olevien mittareiden mittaamat lämpötilat olivat korkeampia kuin näytteiden välissä olevan mittarin. Näytteiden päällä tai välissä olevan mittarin mittaustulokset kertoivat enemmän itse näytteen lämpötilasta.

Kuvassa 7 on kahden ensimmäisen harjoitusmittauksen näytteiden välissä olleiden tal-
lentavien lämpömittareiden mittaustulokset.

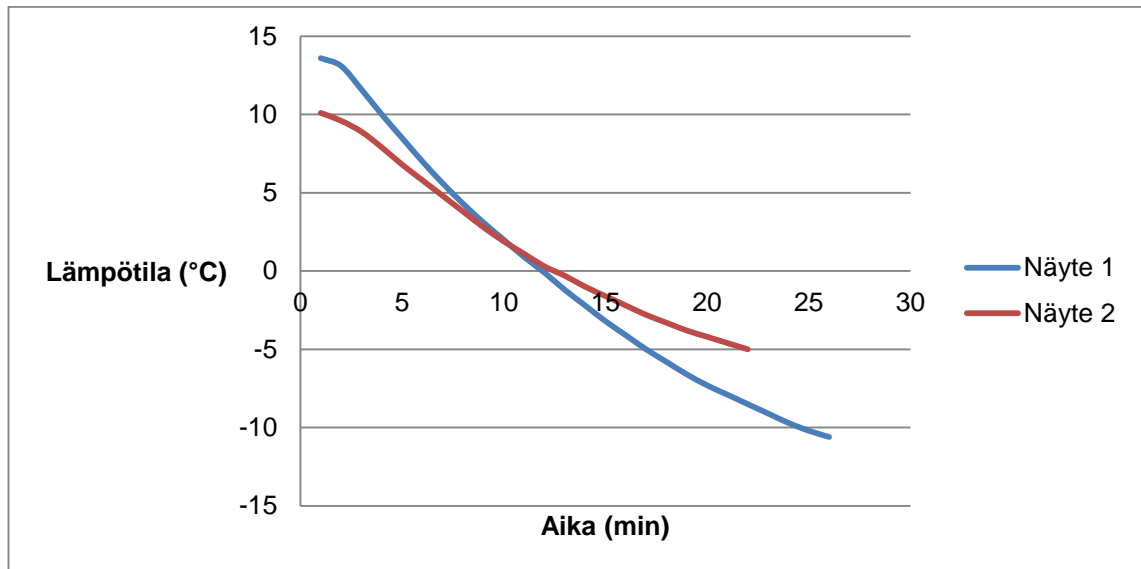


Kuva 7. Kylmälaukun täyttöasteen vaikutus lämpötilaan

Ensimmäisessä mittauksessa kylmälaukussa oli vain näyte ja kylmävaraajia, jolloin kyl-
mälaukussa oli paljon tyhjää tilaa. Toisessa mittauksessa kylmälaukkuun oli laitettu näyt-
teen lisäksi lisäeristeeksi kuplamuovia ja sanomalehtiä. Kuten kuvasta nähdään, kylmä-
laukussa, jossa oli lisäeristeitä, lämpötila pysyi alhaisempana. Eli tyhjällä tilalla kylmä-
laukussa on vaikutusta lämpötilan säilymiseen alhaisena.

10.2 Näytteiden lämpötilan mittaus

Kuvassa 8 on näytteiden 1-2 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 3.4.2014 Espoossa.

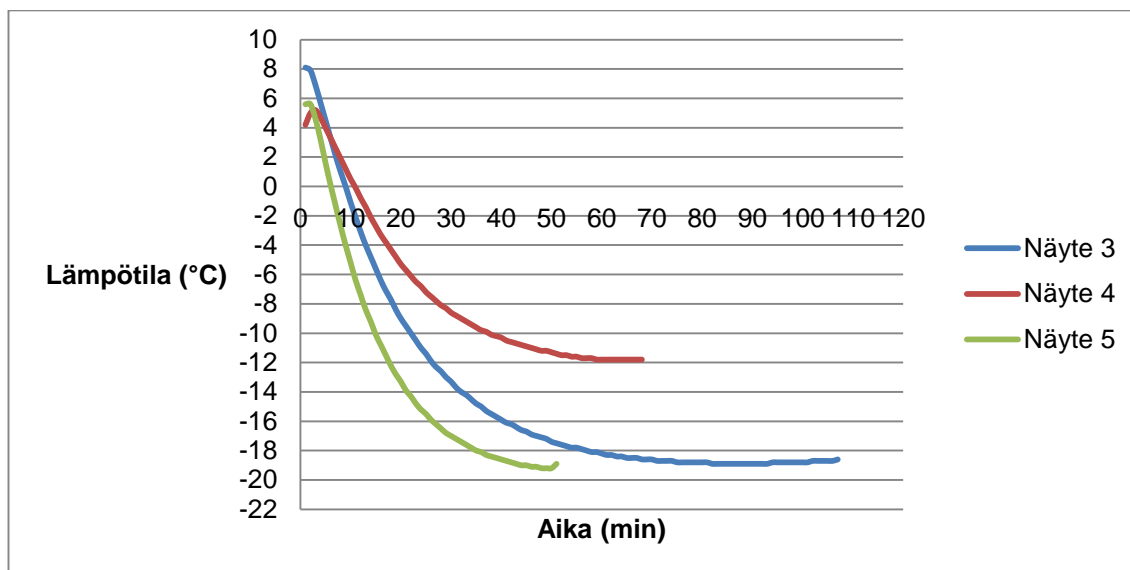


Kuva 8. Näytteiden 1-2 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana

Ensimmäisellä näytteenottokerralla kuljetusmatka oli erittäin lyhyt ja mittauksien kestot on vain 22 ja 26 minuuttia. Kuvaajasta 2 huomataan, lämpötila laski koko mittauksen ajan. Voidaan olettaa, että näin lyhyellä matkalla kylmälaukkuun pakatut näytteet pysyvät riittävän kylmänä kuljetuksen ajan.

Näytteen 2 näytemäärä oli puolet näytteen 1 näytemäärästä, minkä takia kylmälaukussa on ollut tyhjää tilaa. Näytteen 2 lämpötila on todennäköisesti tästä syystä ollut korkeampi kuin näyte 1:en.

Kuvassa 9 on näytteiden 3-5 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 8.4.2014 Vantaalla.

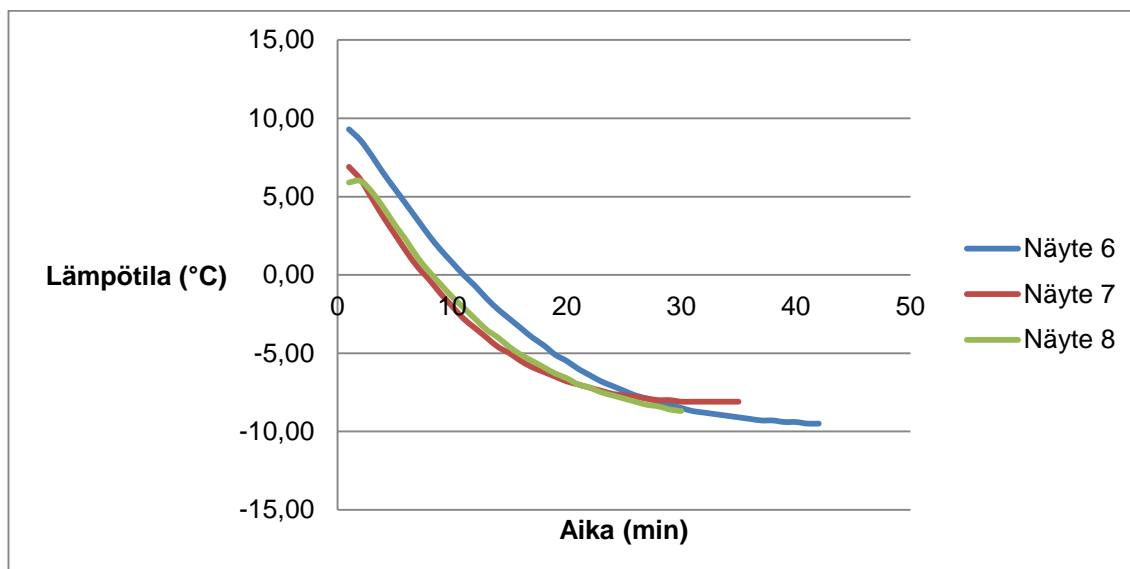


Kuva 9. Näytteiden 3-5 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana

Tallentavat lämpömittarit oli asetettu kahdella ensimmäisellä näytteenotokerralla näytteiden väliin. Siksi lämpötilat pysyivät alhaisena. Seuraavilla kerroilla mittarit sijaitsivat näytekäppästen päällä.

Näyte 4 kuljetettiin suuremmassa arkkumallisessa kylmälaukussa. Arkku oli niin täynnä, ettei sitä saatu suljettua yhtä tiiviisti kuin pienempiä kylmälaukkuja. Lämpötila oli sen takia korkeampi kuin muilla näytteillä.

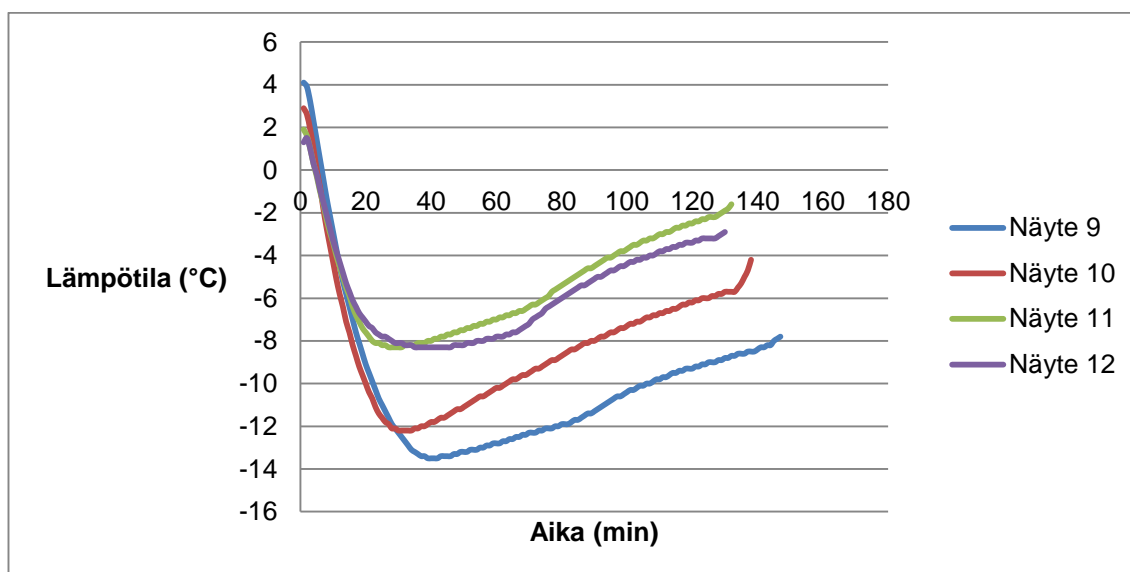
Kuvassa 10 on näytteiden 6-8 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 11.4.2014 Tuusulassa.



Kuva 10. Näytteiden 6-8 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana

Kuvasta nähdään, että kaikkien näytteiden lämpötilat pysyivät alhaisina koko kuljetuksen ajan.

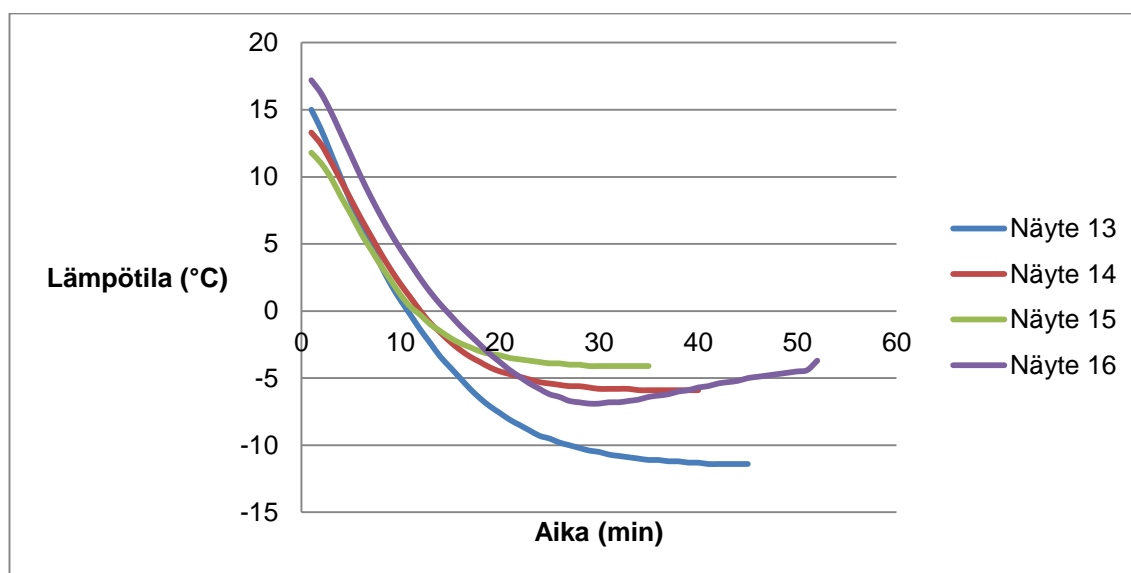
Kuvassa 11 on näytteiden 9-12 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 15.4.2014 Hämeenlinnassa.



Kuva 11. Näytteiden 9-12 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana

Kuljetusaika oli tällä näytteenottokerralla pisin, koska näytteet haettiin Hämeenlinnasta asti. Kuvaajasta huomataan, että lämpötila on pysynyt alhaisena noin tunnin ajan mittauksen käynnistyksen jälkeen ja alkanut sitten nousta.

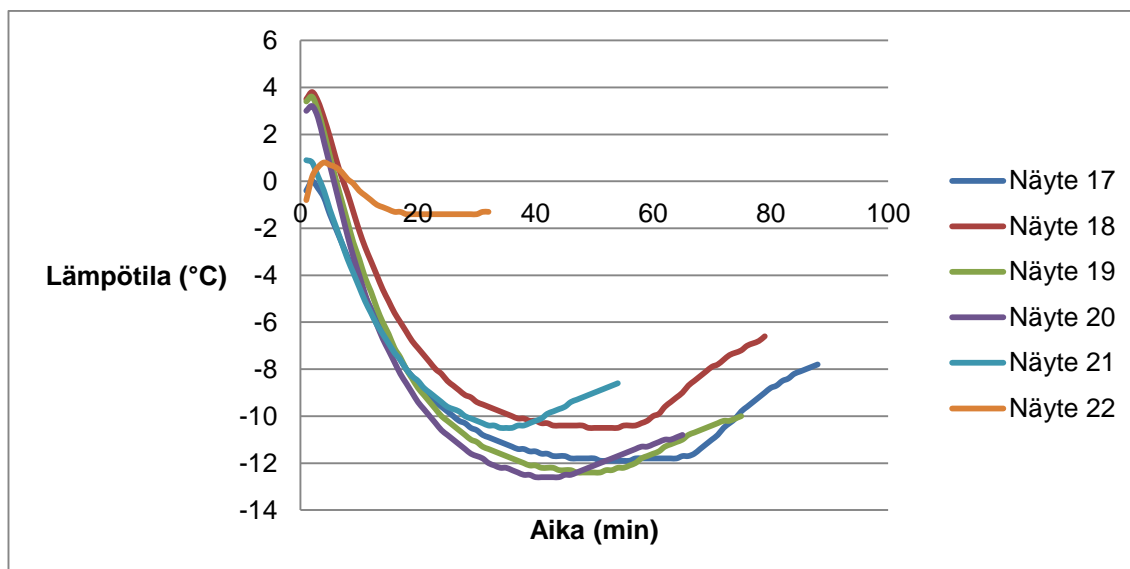
Kuvassa 12 on näytteiden 13-16 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 25.4.2014 Tuusulassa.



Kuva 12. Näytteiden 13–16 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana

Kuvasta nähdään, että näytteiden 13–15 lämpötilat pysyivät alhaisina koko kuljetuksen ajan. Näytteen 16 lämpötila on alkanut kuljetuksen loppuvaiheessa nousta. Näytemäärä on ollut suunnilleen sama kuin näytteillä 14 ja 15 ja kylmävaraajia on ollut enemmän kuin näytteillä 14 ja 15. Ehkä lämpötilan nousun selittää se, että mittaus on kestänyt noin kymmenen minuuttia kauemmin kuin näytteillä 14 ja 15, eli näyte 16 on ollut kylmälaukussa muita näytteitä pidempään. Näytemäärä näytteellä 13 oli muita suurempi, kylmälaukun täyttöaste oli siis korkeampi, joten näytteen 13 lämpötila on pysynyt alhaisempaa kuin muiden näytteiden.

Kuvassa 13 on näytteiden 17-22 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 7.5.2014 Vantaalla.

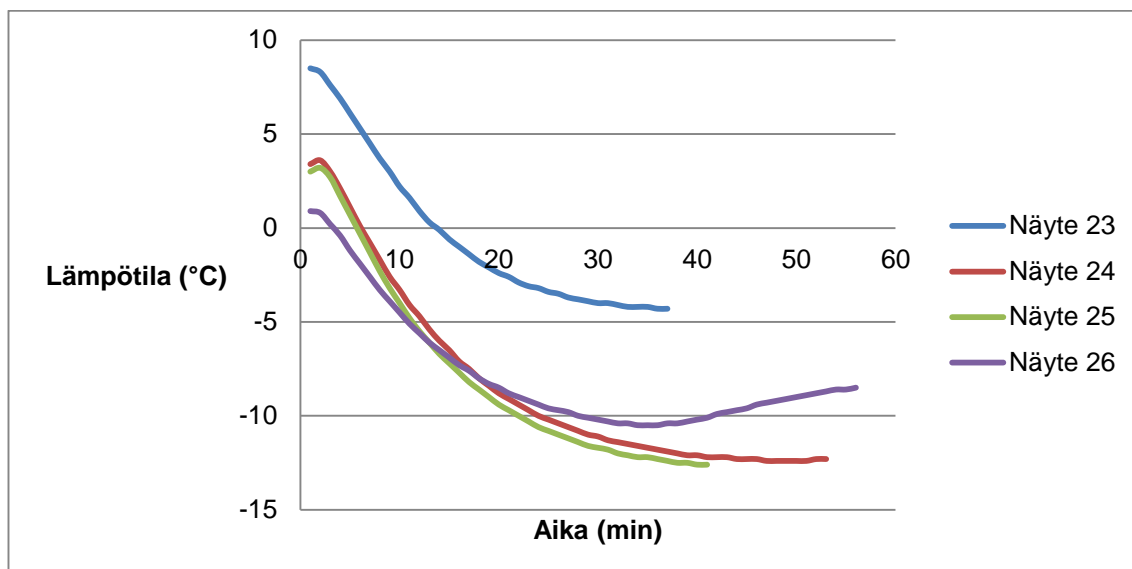


Kuva 13. Näytteiden 17–22 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana

Näytteet 17–21 olivat pakastekasviksia, jotka oli pakattu suuriin 2,5 kg:n pusseihin. Kylmälaikut olivat täynnä, eikä niissä ollut tyhjää tilaa. Vaikka lämpötilat alkoivat loppuvaiheessa nousta, ne kuitenkin pysyivät reilusti alhaisempana kuin näytteen 22.

Näyte 22 oli pakastemarjoja, jotka punnittiin näytepusseihin suurista paperisäkeistä. Näytettä oli yhteensä 5,5 kg. Näytemäärä oli siis pienempi kuin näytteillä 17–21. Lisäksi näytepusseihin jäi ilmaa, jonka ansiosta lämpömittari ei ole ollut kosketuksissa näytteen kanssa. Se luultavasti vaikutti näytteen lämpötilaan. Kyseisellä näytteenottokerralla otettiin yhteensä kuusi näytettä. Näyte 22 otettiin viimeisenä, jonka vuoksi tuote oli näytteenottopaikalla, jonka lämpötila vastasi jääkaappilämpötilaa, pisimmän ajan. Lisäksi näytteenotto kesti kauemmin kuin muilla näytteillä, koska tuote oli irtotavaraa, joka piti punnita. Tuotteen lämpötila oli, kuten kuvasta 13 nähdään, todennäköisesti näistä syistä johtuen korkeampi kuin muiden samalla kerralla otettujen näytteiden.

Kuvassa 13 on näytteiden 23-26 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 12.5.2014 Tuusulassa.



Kuva 14. Näytteiden 23–26 lämpötilan muutokset kuljetuksen aikana. Näytteet otettiin 12.5.2014 Tuusulassa

Näytteiden lämpötilat pysyivät kuljetuksen ajan alhaisina. Näytteen 26 lämpötila on kuitenkin noin viisi astetta korkeampi koko mittauksen ajan kuin muilla näytteillä. Syytä on vaikea löytää näytetietoja tarkastelemalla, koska näytemäärä on ollut suunnilleen sama kuin muilla näytteillä. Lisäksi kyseisessä kylmälaukussa oli kylmävaraajia enemmän kuin muilla näytteillä. Ehkä näytteenoton kohteena ollut tuote on näytteen 22 tavoin ollut pidemmän aikaa näytteenotto paikalla ja päässyt sen vuoksi lämpiämään. Mittausaika oli kyseisellä näytteellä tällä näytteenottokerralla lyhin, joten näyte on otettu viimeisenä.

11 Yhteenveto

Kuten kuvista nähdään, lämpötila pysyi nollan alapuolella kaikilla näytteenotto-kerroilla kuljetuksen ajan. Tallentavilla lämpömittareilla kestää jonkin aikaa, yleensä noin kymmenen minuuttia, ennen kuin lämpötila putoaa pakkasen puolelle. Ulkolämpötila on ollut pakkasvarastoa paljon lämpöisempi ja mittareiden antureilla kestää jonkin aikaa, että lämpötila tasaantuu. Näytteet on myös otettu tilassa, jonka lämpötila vastaa jääkaappi-lämpötiloja. Mittarit eivät ehdi jäähtyä tarpeeksi näytteenoton aikana. Siksi lämpötila putoaa mittauksen alussa rajusti ja tasaantuu vasta myöhemmin. Näytteiden lämpötilan voisi mitata esimerkiksi infrapunalämpömittarilla näytteenottotilanteessa, jolloin saataisiin selville näytteiden todellinen lämpötila ja lämpötilan muutos.

Tulokset ovat suuntaa antavia, eikä niiden perusteella voida sanoa onko näytteissä mahdollisesti tapahtunut jotain muutoksia. Voidaan kuitenkin todeta, että kuljetusolosuhteet olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta kunnossa, koska näytteiden lämpötilat pysyivät nollan alapuolella, eivätkä näytteet päässeet sulamaan ja pakastumaan uudelleen, ja että näytteenottajat voivat omalla toiminnallaan vaikuttaa näytteiden lämpötilaolosuhteisiin, esimerkiksi näytteiden pakkaamisella kylmälaukkuihin sekä näytteenottoon ja kuljetukseen käytettävällä ajalla.

Lämpötilan seuranta tulee vielä tehdä kauempaa tuleville näytteille, jotka lähetetään Tullilaboratorioon JetPak:n tai Matkahuollon kautta. Tässä työssä lämpötilan seuranta testattiin sisäkaupan näytteillä, jotka haettiin pääkaupunkiseudulla sijaitsevista pakkasvarastoista.

Näytteiden lämpötilaan vaikuttaa kuljetuksen aikana moni asia ja tavallisilla kylmälaukuilla lämpötilan pitäminen riittävän alhaisena on hankalaa. Ulkolämpötila vaihteli näytteenotto-kerroilla näytteenotto- paikan muutamasta plusasteesta huoneenlämpötilaan. Kesällä lämpötila voi nousta kuljetuksen aikana hyvinkin korkeaksi, mikä tietysti vaikuttaa myös kylmälaukun lämpötilaan.

Kuljetusajalla on myös suuri vaikutus lämpötilan muutokseen. Kun muilla näytteenotto-kerroilla lämpötila pysyi melko tasaisena koko matkan ajan, Hämeenlinnasta haettujen näytteiden lämpötila alkoi nousta kun mittaus oli kestänyt noin yhden tunnin. Näytteet tulisi siis toimittaa mahdollisimman nopeasti laboratorioon tutkittavaksi.

Myös se, kuinka paljon kylmälaukuissa oli näytteitä ja kuinka tiiviisti se oli suljettu, vaikuttivat lämpötilan muutoksiin.

12 Tulevaisuus

Helsingin Tulli ja Tullilaboratorio ovat saamassa näytteenottoon kylmäauton, jossa kuljetustila on jaettu kahteen osaan, kylmä- ja pakastetilaan. Tämän ansiosta lämpötilan seurannan merkitys pääkaupunkiseudulla otettujen näytteiden kuljetuksessa vähenee. Lämpötilanseuranta tullaan kuitenkin tekemään muualta Suomesta tulleille näytteille, jotka toimitetaan Tullilaboratorioon JetPakin tai Matkahuollon kautta.

Kuljetusyritykset tarjoavat erilaisia kuljetuspalveluita elintarvikkeille, joita näytteiden kuljettamiseen voisi mahdollisesti käyttää. Esimerkiksi Itellalla on Itella- Thermo- palvelu, jonka kautta voi lähettää pieniä elintarvike- eriä nopeasti ja lähetystä ja lämpötiloja voi seurata Itellan seurantajärjestelmästä. Itella Thermo ei kuitenkaan ainakaan toistaiseksi kuljeta pakasteita. Lisäksi palveluiden hinnat voivat olla korkeampia kuin käytössä olevien Matkahuollon ja JetPakin kuljetuspalveluiden.

Suomi on kärkimaita erilaisten älypakkausten kehittämisessä ja älykkäiden pakkausmateriaalien käyttö todennäköisesti lisääntyy tulevaisuudessa. Älykkäillä pakkausmateriaaleilla tarkoitetaan materiaaleja, jotka valvovat pakatun elintarvikkeen käyttökelpoisuutta tai elintarviketta välittömästi ympäröivää tilaa. Älypakkauksiin liitetään tarroja, mittareita tai siruja, jota kertovat tietoja tuotteista, esimerkiksi tuotteen lämpötilan tai sen onko kylmäketju katkennut. Sirujen avulla tietoja voidaan myös tallentaa.

Lähteet

- 1 Luoto, Leena. 2007. Lämpötilahallittavien elintarvikekuljetusten logistiikkaopas.YTL Yleinen Teollisuusliitto. Helsinki
- 2 Ruokatieto.(www-lähde)
<http://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/lupa-kokata-elintarvikehygienian-perusteet/hygieniaosaaminen/elintarvike> .
 Luettu: 15.5.2014
- 3 Transveritas.(www-lähde)
<http://www.transveritas.fi/media/Elintarvikekuljetukset.pdf>
 Luettu:15.5.2014
- 4 Elintarvikkeiden kuljetuslämpötilat.Elintarviketurvallisuusvirasto Evira.
 (www-lähde)
<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/kuljetus+ja+logistiikka/kansainvaliset+kuljetukset/kuljetuslampotilat>.
 Luettu:15.5.2014
- 5 ATP- sopimus- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. (www-lähde)
<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/kuljetus+ja+logistiikka/kansainvaliset+kuljetukset/atp-sopimus> .
- 6 Maa- ja metsätalousministeriön asetus hygienialain mukaisten näytteiden ottami-sesta 3/EEO/2000. Annettu Helsingissä 15 päivänä maaliskuuta 2000
- 7 Maa- ja metsätalousministeriön asetus pakasteista 5.12.2012/818, 2012. Annettu Helsingissä 5 päivänä joulukuuta 2012
- 8 Salkinoja- Salonen Mirja.2002. Mikrobiologian perusteita. Helsinki: Helsingin yliopisto
- 9 Fellows, P.J.2009.Food processing technology, Principles and practice. Cambridge: Woodhead Publishing
- 10 Judith A. Evans.2008. Frozen Food Science and Technology. Oxford: Blackwell Publishing.
- 11 Suvanto, Kari. Tekniikan Fysiikka 1. Helsinki : Edita Prima Oy, 2005.
- 12 Pihkala Juhani. 2008. Prosessisuureiden mittaustekniikka. Vantaa: Opetushallitus
- 13 Elfa Distrelec.(www-lähde)
https://www.elfaelektroniikka.fi/elfa3~fi_fi/elfa/init.do?item=76-708-02&toc=0&q=dataloggeri.

- Luettu:25.8.2014
- 14 NDT- tukku.(www- lähde)
http://www.ndt-tukku.com/product_details.php?p=1581.
Luettu:25.8.2014
- 15 SFS-EN 12830. 2002. Jäähdytetyn, pakastetun, syväjäädetytyn/pikajäädetytyn ruoan ja jäätelön kuljetuksessa, varastoinnissa ja jakelussa käytettävät lämpökisteröintilaitteet. Testaukset, suorituskyky ja sopivuus .
- 16 Hautala Mikko, Peltonen Hannu.2003 Insinöörin(AMK) fysiikka, Osa 1. Lahti: Lahden Teho- opetus Oy
- 17 Inkinen Pentti, Tuohi Jukka.2002. Momentti 1 Insinöörin fysiikka. Helsinki: Otava
- 18 Paratronic Oy (www-lähde)
http://www.paratronic.fi/datalogger_usb.shtml
Luettu: 3.8.2014
- 19 Pietiko(www-lähde)
http://www.pietiko.fi/dataloggerit/esitteet/thermochron_ds1921g_ds1922t_ds1923_ds1922L_dataloggeri_esite_pietiko_fin.pdf
Luettu:3.8.2014

TALLENTAVIEN LÄMPÖMITTAREIDEN KÄYTTÖOHJE

1. Dataloggerin säilyttäminen

- Dataloggeri säilytetään suljettavassa muovipussissa. Dataloggeria ei tarvitse ottaa mittausta käynnistettäessä pois muovipussista.

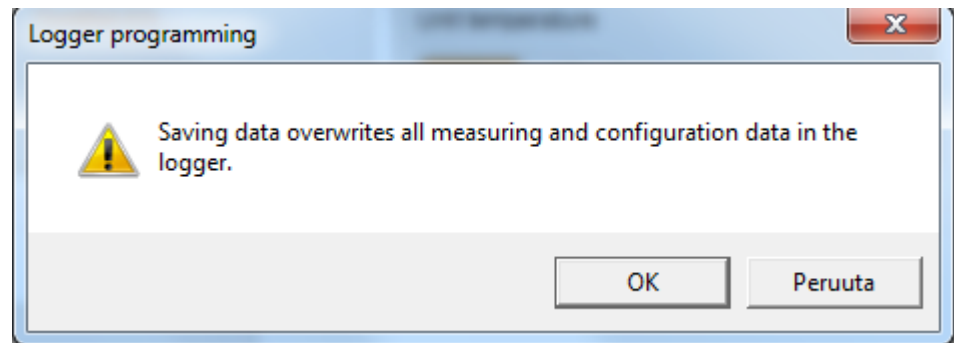
2. Mittauksen käynnistäminen

- Näytteenottaja käynnistää valmiiksi ohjelmoidun dataloggerin **näytteenottoaikalla** kun näytettä pakataan kuljetuspakkaukseen (kylmälaukku).
- Dataloggeri käynnistetään painamalla Go- näppäintä noin 3 sekunnin ajan, jolloin näytölle ilmestyy REC (ennen käynnistystä näytöllä lukee WAIT).
- Dataloggeri kiinnitetään teipillä näytepakkausten päälle.
- Kylmälaukun pohjalle sekä näytteen ympärille laitetaan sopiva määrä (4- 5 kpl) kylmävaraajia ja lisäeristeeksi esimerkiksi sanomalehtiä niin, että kylmälaukkuun jää mahdollisimman vähän tyhjää tilaa.
- Kuljetuspakkaus suljetaan huolellisesti teipillä ja varustetaan kuljetusta varten tarvittavilla merkinnöillä (Esim. Pakastenäytteitä/Säilytettävä -18 °C)

Dataloggerin käyttöohjeet

Ohjelmointi

- Dataloggeri laitetaan USB- lukulaitteeseen.
 - Klikataan **Connect instrument**
 - Valitaan laite **Testo 174T** → klikataan **Connect**
 - Klikataan **Configure instrument**
 - Voidaan valita valmis ohjelma (template) tai ohjelmoida kaikki arvot uudelleen.
- **Start criteria:** Määritetään miten mittaus käynnistetään. Valitaan **START BUTTON ON INSTRUMENT** (Käynnistys tapahtuu näytteenottoaikalla)
 - **Stop Criteria:** Valitaan **NUMBER OF MEASUREMENT VALUES** ja annetaan mittausten lukumäärä.
 - **Storage cycle:** Valitaan mittausväli (min).
- Klikataan **TRANSFER TO INSTRUMENT** → Näytölle ilmestyy seuraavanlainen ilmoitus:




- Painetaan **OK** ja odotetaan kunnes ilmoitus häviää ja dataloggerin näyttöön tulee teksti **Wait**.
- Painetaan **SELECT INSTRUMENT** → **DISCONNECT**

Tietojen purku

- Dataloggeri laitetaan USB- lukulaitteeseen.
- **SELECT INSTRUMENT → CONNECT**
- **CONFIGURE INSTRUMENT**
- Jos mittaus on päättynyt, dataloggerin näytöllä lukee **End**. Jos näytöllä lukee **Rec**, mittaus pysäytetään klikkaamalla oikeasta alakulmasta **STOP MEASUREMENT**.
- **EVALUATING → IMPORT MEASUREMENT DATA**




- Klikataan kuvaketta:  ja valitaan kansio, johon tiedot halutaan tallentaa.

Tiedostojen tallentaminen

- **EVALUATING → OPEN FILE** (oikea alakulma) Valitaan haluttu tiedosto.



- Klikataan kuvaketta  (oikea yläkulma)
- Valitaan **REPORT**
- **CHOOSE EXPORT FORMAT → PDF**
- Jos raportit halutaan tulostaa, klikataan **PRINT REPORT**. Jos raportti halutaan tallentaa PDF- tiedostona, klikataan **START EXPORT** ja valitaan haluttu kansio.
- Käyrä ja lämpötilataulukot pitää tulostaa/tallentaa erikseen.

Näytetiedot

Nro	Näyte	Näytemäärä (kg)	Kylmävaraajien lukumäärä	Kylmävaraajien sijainti	Mittauksen kesto (min)
1	Hedelmäpyree	6	3 kpl	Kylmälaukun pohjalla	26
2	Hedelmäpyree	3	4 kpl	Kylmälaukun pohjalla	22
3	Pakasteaterioita/kasviksia	4,8	3 kpl	Kylmälaukun pohjalla	107
4	Pakasteaterioita/kasviksia	10,7	4 kpl	Kylmälaukun pohjalla	67
5	Pakasteaterioita/kasviksia	6	3 kpl	Kylmälaukun pohjalla	50
6	Pakastekasviksia	7,5	4 kpl	Näytteiden välissä/ympärillä	41
7	Pakastekasviksia	7,5	5 kpl	Kylmälaukun pohjalla, näytteiden välissä	34
8	Pakastekasviksia	7,5	4 kpl	Kylmälaukun pohjalla, näytteiden välissä	29
9	Jäätelöitä	8,5	4 kpl	Näytteiden välissä/ympärillä	147
10	Jäätelöitä	6,2	5 kpl	Kylmälaukun pohjalla ja näytteiden välissä	138
11	Jäätelöitä	6,2	4 kpl	Kylmälaukun pohjalla ja näytteiden välissä	132
12	Jäätelöitä	8,2	4 kpl	Kylmälaukun pohjalla ja näytteiden välissä	130
13	Jäätelöitä	4,6	8 kpl	Kylmälaukun pohjalla	45
14	Jäätelöitä	3,7	5 kpl	Kylmälaukun pohjalla	40
15	Jäätelöitä	3,5	6 kpl	Kylmälaukun pohjalla	35
16	Jäätelöitä	3,7	8 kpl	Kylmälaukun pohjalla	52

17	Pakastekasviksia	7,5	5 kpl	Kylmälaulun pohjalla ja näyttöiden välissä	88
18	Pakastekasviksia	7,5	5 kpl	Kylmälaulun pohjalla ja näyttöiden välissä	79
19	Pakastekasviksia	7,5	6 kpl	Kylmälaulun pohjalla ja näyttöiden välissä	75
20	Pakastemarjoja	7,5	5 kpl	Kylmälaulun pohjalla ja näyttöiden välissä	65
21	Pakastekasviksia	7,5	3 kpl	Kylmälaulun pohjalla ja näyttöiden välissä	57
22	Pakastemarjoja	5,5	3 kpl	Näyttöiden välissä/ympärillä	32
23	Jäätelöitä	3,6	7 kpl	Kylmälaulun pohjalla	37
24	Jäätelöitä	3,5	5 kpl	Kylmälaulun pohjalla	53
25	Jäätelöitä	3,8	5 kpl	Kylmälaulun pohjalla	41
26	Jäätelöitä	3,5	5 kpl	Kylmälaulun pohjalla	56