

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Tietotekniikan koulutusohjelma
Viestintä

Rami Kuvaja
Suurnopeuskamerat

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä

Rami Kuvaja

Suurnopeuskamerat, 39 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta/

Tietotekniikan koulutusohjelma

Viestintä

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Yrjö Utti, Saimaan ammattikorkeakoulu

Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyössä tutkittiin suurnopeuskameroita: niille tehtiin testejä ja tutkittiin, miksi kamera olisi hyödyllinen. Työssä selvitettiin tarpeelliset asiat, joita tarvitaan suurnopeuskameran tehokkaaseen käyttöön eri ympäristöissä. Minkälaisia kameroita voidaan hankkia, missä niitä voidaan käyttää, kuinka eri kamerat eroavat toisistaan, mitä ne maksavat ja miten pitää valmistautua, jotta kuvaaminen onnistuisi mahdollisimman hyvin?

Tieto kerättiin pääasiallisesti Internetistä artikkeleja lukemalla ja omien suurnopeuskamerakokeilujen kautta. Suurnopeuskuvauksia olivat ammattikorkeakoulun rakennustekniikan opiskelijoiden tekemät rakennustekniset materiaalien kuormituskokeet ja muut arkisten ilmiöiden kuvaukset.

Työn päätteeksi tultiin lopputulokseen, että suurnopeuskamera on hyödyllinen laite ja ilman sitä monet tieteenalat olisivat paljon vaikeampia. Suurnopeuskamera on myös hyvä apuväline arkikäyttöön tavalliselle kuluttajalle, koska kameroiden hinnat ovat laskeneet ja suurnopeusominaisuuden löytää joistain digitaalikameroista.

Hakusanat: kamerat, suurnopeus, kuvaaminen

Abstract

Rami Kuvaja
High speed cameras, 39 Pages
Saimaa University of Applied Sciences
Technology Lappeenranta
Information technology
Communication technology
Bachelor's Thesis 2012
Instructors: Mr Yrjö Utti, Teacher
Mr Timo Lehtoviita Teacher

The main purpose of this thesis was to study high speed cameras, test them, and study why this kind of camera would be useful. I had to figure out what is essential for effective use of a high-speed camera in different environments.

What kinds of cameras are realistic to purchase, where you can use them, what are the differences between various camera types, what is their price and how do you have to be prepared to provide for successful filming, all that was important to find out.

The information was gathered mostly from the Internet by reading articles and by using own experiences as source of information. These tests gave a lot of new information about techniques and cameras.

In the end of this thesis i came to the conclusion that high-speed camera is quite a useful item to have, and without it, many branches of technology would be much difficult. High-speed camera is also a useful tool for everyday life, because camera prices have dropped and you can find one from a normal store that sells electronics.

Keywords: High, speed, camera, filming

Sisällys

Tiivistelmä	
Abstract	
Käsitteet.....	5
1 Johdanto	7
2.1 Historiaa.....	7
2.3 Kuvan tallennus	9
2.4 Valon riittävyys.....	10
2.5 Tallennuskapasiteetti	10
2.6 Käyttöympäristöt	11
3 Kuvanlaatu	12
3.1 Tietotyyppi	12
3.2 Tallenteiden varastointitila	13
3.3 Erottelukyky	13
3.4 Tallennusmuodot	15
4 Kameroita eri käyttötarkoituksiin	16
4.1 Fastec Hispec tutkimustyöhön	16
4.2 Fastec Sportscam urheilutapahtumiin ja yleiskäyttöön	17
4.3 Fastec Troubleshooter, mukana liikkuva kamera vaatimaan käyttöön ..	18
4.4 Fastec Inline valvomoon	18
4.5 Neljän kameran vertailu	19
5 Digitaalikamerat suurnopeuskameroina	19
6 Kuvaustekniikka suurnopeuskameralla	21
7 Testit ja kokemukset	22
8 Testit Casio EX - ZR100 ja Fastec Troubleshooter	23
8.1 Casio EX – ZR100	24
8.2 Fastec Troubleshooter	26
9 Yhteenveto ja pohdinta	29
Kuvat.....	31
Lähteet.....	39

Käsitteet

AVI	Audio video interleaved tiedostomuoto, joka voi sisältää kuvaa ja ääntä.
Digitaaliefekti	Tietokoneella luotu efekti asian näyttämiseen ilman oikeaa ympäristöä.
Erottelukyky	Ilmaisee, kuinka monella pikselillä kuva tallennetaan.
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu. Tekniikka, jolla yhdistetään tietokoneita niin, että ne voivat kommunikoida toistensa kanssa.
Fps	Frames per second. Kuvaa sekunnissa. Useimmissa kameroissa ilmoitetaan kuvanopeus englannin lyhenteellä fps.
Giga	Katso mega. Giga vastaa matemaattisesti tuhatta miljoonaa. Yhdessä gigassa on tuhat megaa.
HR	High resolution. Korkea resoluutio.
JPEG	Joint photographic experts group, JPEG tai JPG, on kuvan häviöllinen pakkausmuoto.
Kenno	Kuva-anturi, kameran, osa jolle kuva piirtyy.
Kuvanopeus	Kuinka monta kuvaa kamera tallentaa sekunnissa.
Kuvapiste	Kuvapisteen toinen nimi on pikseli, joka on näytön pienin osa. Näytöllä voi olla tuhansia pikseleitä, joista jokainen voi muuttua vihreäksi, punaiseksi tai siniseksi.
Manuaalinen	Tehdään jotain itse ilman koneen avustusta. Esimerkiksi asetetaan kello oikeaan aikaan.
Mega	Tietokone luo tietoa eli dataa ykkösistä ja nolista. Näitä biteiksi kutsuttuja ykkösiä ja nollija tallennetaan tietokoneen muistiin, kun luodaan valokuva tai video. Noin tuhannen bitin jonosta syntyy kilotavu, tuhannesta kilotavusta syntyy megatavu. Mega tarkoittaa matemaattisesti tuhatta tuhatta eli miljoonaa.
Näyttö	Television ruutu, tietokoneen monitori tai mikä tahansa laite, joka näyttää grafiikkaa.
Pikseli	Näytön kuvan pienin osa. Näyttö muodostaa kuvan tuhansista pikseleitä, joista jokainen voi olla sininen, punainen tai vihreä.

RAW	RAW ei ole lyhenne, se tarkoittaa yksinkertaisesti englanninkielen sanaa raaka. RAW tiedostotyyppinä tarkoittaa raakaa pakkaamatonta kuvadataa.
Resoluutio	Näytön erottelukyky, eli kuinka monta kuvapistettä ruudulla on.
SD	Secure digital on yleisesti digitaalilaitteissa käytetty muistikorttityyppi.
SDHC	Secure digital high capacity on sama kuin SD mutta mahdollistaa suuremman kapasiteetin.
Suljin	Estää valon pääsemisen kameraan.
USB	Universal serial bus on sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.
Valotusaika	Se aika, jonka kamera tarvitsee yhden kuvan valottamiseen.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee suurnopeuskameroista: mitä ne ovat, mihin niitä tarvitaan, kuinka ne toimivat ja missä niitä käytetään. Työssä perehdytään myös muutamaaan suurnopeuskameran malliin, jotta ymmärretään, miksi jokin suurnopeuskamera on kalliimpi kuin toinen. Lisäksi testataan myös kahta suurnopeuskameraa ja tarkastellaan tuloksia.

2 Suurnopeuskamera

Suurnopeuskamera on laite, jolla voidaan ottaa kuvia tavallista suuremmalla nopeudella. Tavallinen videokamera ottaa 20 - 30 kuvaa sekunnissa, kun suurnopeuskamerat voivat ottaa 50 - 200 000 000 kuvaa sekunnissa. Englannin kielessä käytetään yleisesti lyhennettä fps, frames per second. (1,2.)

Tämä mahdollistaa todella nopeiden asioiden tallentumisen filmille, tosin nykyisin ei enää käytetä filmiin perustuvia tallennusratkaisuja, vaan kaikki tallennetaan digitaalisena massamuistille, kuten kiintolevyille, USB-muistikulle (Universal serial bus) tai muistikortille. (1,2.)

Suurnopeuskameroita käytetään useasti teollisessa ympäristössä, jotta voidaan esimerkiksi tutkia, miksi jokin laite petti. Tekniikan kehittymisen ja halpenemisen myötä myös kuluttajat pystyvät hankkimaan suurnopeuskameroita erilaisiin käyttötarkoituksiin ja valmentajat voivat käyttää niitä urheilusuoritusten seuraamiseen ja parantamiseen. (1,2.)

2.1 Historiaa

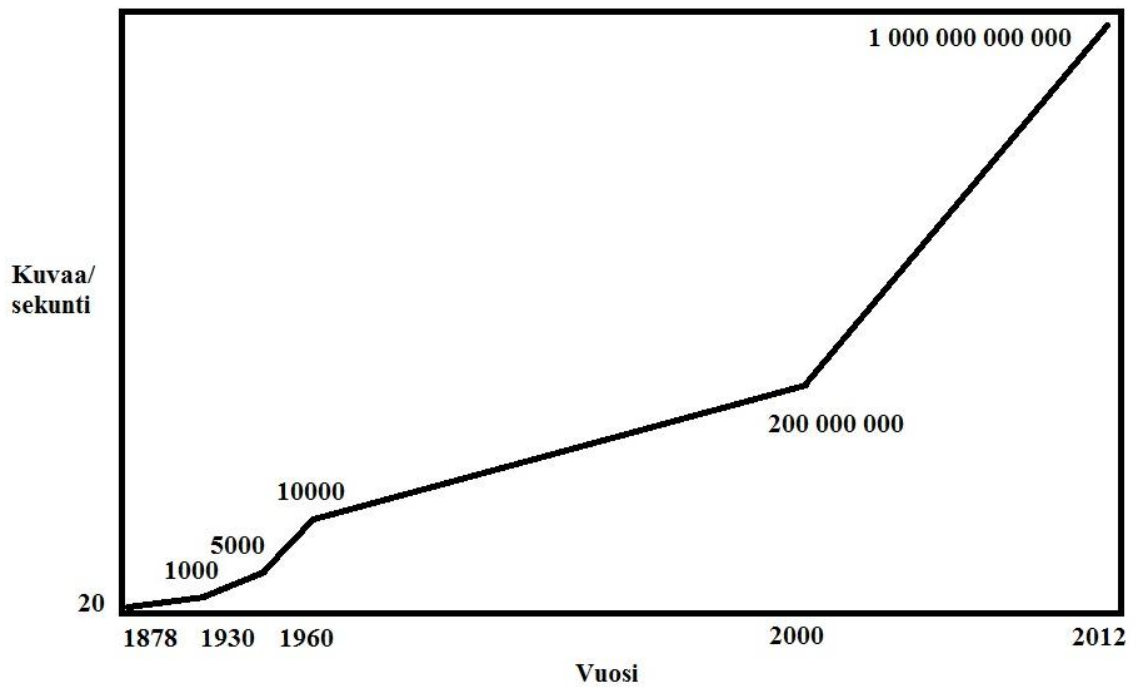
Ensimmäinen tieteellinen suurnopeuskuvaus tehtiin vuonna 1878, kun Eadweard Muybridge halusi tietää, ovatko hevosen kaikki jalat ilmassa laukan aikana. (Katso kuva 1.) Tämä tosin oli melko hidasta kuvausta nykyisen mittapuun mukaan. Laukan aikana otettiin vain noin 20 kuvaa, mutta vuonna 1878 sekin oli jo saavutus. Tästä hypätäänkin vuoteen 1930, jolloin Bell Telephone Laboratories hankki itselleen Eastman Kodak-yhtiöltä kameras, jolla pystyi kuvaamaan 1000 kuvaa sekunnissa ja jossa oli 30 metriä 16 millimetrin filmiä. Kodak ei suostunut parantelemaan omaa malliaan, joten Bell

Laboratories kehitti itse siitä nopeamman version, joka pystyi ottamaan 5000 kuvaa sekunnissa. (3.)



Kuva 1 Ensimmäisiä suurnopeuskameroita (4.)

Myöhemmin Wollensak Optical Company vielä paranteli kyseistä mallia, jolloin he saivat kameran toimimaan 10 000 kuvan sekuntinopeudella. (Katso kuva 2.) (3.)



Kuva 2 Suurnopeuskameroiden kehitys

1990-luvulla suurnopeuskuvaus mullistui nykyaikaisten teknologioiden vaikutuksesta ja kuluttajakin pystyi hankkimaan oman suurnopeuskameran. (3.)

2.2 Kuluttaja- ja ammattilaissuurnopeuskameran ero

Suurnopeuskameran voi tavallinen kuluttaja hankkia noin 500 eurolla. Tällaiset kamerat on kehitetty kuluttajille, joten niiden käyttäminen ja hinta ovat sen mukaiset. Kamerat myös tällöin muistuttavat enemmän tavallista järjestelmä- tai videokameraa kuin teollisuuskäytössä olevia ”valvontakameroita”. Edullisesta hinnasta huolimatta kuluttajakamerat pystyvät tallentamaan hyvällä laadulla ja nopeudella, mutta eivät yllä kalliimpien kameroiden tasolle. Hinta/laatusuhde pyritään pitämään sopivalla tasolla.

Kalliimmat kamerat vaihtelevat 1000 – 10 000 euron ja 10 000 – 500 000 euron välillä.

Todella nopeat kamerat pystyvät tallentamaan 200 miljoonaa kuvaa sekunnissa, joten käytetyt komponentit ja teknologiat ovat erittäin kalliita. Tällaisilla kameroilla ei ole suurta kysyntää, joten yksittäiset kappaleet ovat kalliita. Ihmiset, jotka tarvitsevat huippulaadun hidastuskuvaa, eivät voi kääntyä kuin näiden yritysten puoleen hankkiakseen tarvittavat laitteet, joten hintaa voidaan pitää korkealla. (5.)

Esimerkiksi Fastcam SA1.1 on Photronin myymä suurnopeuskamera ammattilaiskäyttöön. Verrattuna kuluttajakameraan, Fastcamin usean tuhannen hinta on liikaa useimmille, joten tätä kameraa käytetäänkin useimmiten teollisuudessa tai tieteen aloilla. Fastcam pystyy parempaan kuvanopeuteen kuin mikään kuluttajamalli. Vertaa Fastcamin maksimikuvanopeutta 675 000 kuvaa sekunnissa, kuluttajamallin maksimikuvanopeuteen 1000 kuvaa sekunnissa. (6.)

2.3 Kuvan tallennus

Tavallisessa kamerassa kuvat tallennetaan käyttäen suljinta (suljin estää valon pääsemisen kameraan), kun taas suurnopeuskamerassa kuvat tallennetaan

käyttäen pyörivää prismaa tai peilejä. Pyörivän prisman avulla filmiä ei tarvitse välillä pysäyttää, mikä nopeuttaa kuvien ottamista. Jos filmi pysäytettäisiin jokaisen kuvan kohdalla, filmi repeytyisi. Tämä siis silloin, kun käytettiin filmiä. Nykyisin digitaalilaitteissa ei tätä ongelmaa ole, koska tiedot tallennetaan digitaalisena massamuistille. (2.)

Suurin digitaalilaitteiden ongelma nykyisin on muistin hitaus. Koska laite luo hetkessä erittäin suuren määrän tietoa, eivät tallennusratkaisut pysy mukana vauhdissa, vaan käyttäjä joutuu usein odottamaan laitetta, jotta se olisi taas valmis uuteen tallennukseen. Digitaalikamera ottaa kuvia kameran kuva-anturilla, johon valo osuu linssin ja suljimen läpi. Suurnopeuskamerassa on useampia kuva-antureita, joihin prisma tai peili jakaa valoa, jolloin yksittäinen anturi tallentaa kuvan. (2.)

2.4 Valon riittävyys

Suurin ongelma, suurella nopeudella kuvattaessa, on valon riittävyys. Mitä nopeammin tallennetaan kuvia, sitä enemmän tarvitaan valoa, jotta kuva tallentuisi. Todella suurissa nopeuksissa tarvitaan niin paljon valoa, että tutkittava kohde voi tuhoutua valoista tulevan kuumuuden takia. Tallennettava kohde pitää myös valaista oikeanlaisella valaistuksella. Vaihtosähkölamppu syttyy ja sammuu 50 kertaa sekunnissa; paljaalla silmällä tätä ei voi havaita, mutta suurnopeuskamerassa tämä ilmenee valojen välkkymisenä. Tämä on asia, joka pitää huomioida valaistusta hankkiessa.

Koska pistorasiasta tuleva virta on vaihtovirtaa, on hankittava tasavirtalähde, jotta valojen välkkyminen voidaan estää. Patterit ja akkukäyttöiset välineet toimivat tasavirralla ja ovat valoteholtaan erittäin hyviä. Useammalla taskulampulla voidaan tutkittava kohde valaista melko hyvin. Tieteellisessä tutkimuksessa ja todella nopeilla kuvanopeuksilla kohde valaistetaan lasereilla. (2.)

2.5 Tallennuskapasiteetti

Nykyisin pystytään tallentamaan neljän megapikselin (miljoona kuvapistettä) kuvia 1000 kuvan sekuntivauhtia, joten jokaista tallennettua sekuntia kohti,

luodaan 11 gigabittiä (1 gigabitti = 1000 megabittiä) tietoa. Tämä taas tarkoittaa, että vaikka kuvia pystytään tallentamaan nopeasti, ei kirjoitusnopeus pysty vielä vastaamaan tätä nopeutta. (2.)

2.6 Käyttöympäristöt

Suurnopeuskameraa käytetään useimmiten tieteellisessä tutkimuksessa, jotta voidaan nähdä jonkin todella nopean asian tapahtumat, kuten kemialliset reaktiot tai atomitasolla nopeat tapahtumat mikroskoopin avulla. Teollisuudessa suurnopeuskameroita käytetään laadunvalvontaan. Paperitehtaassa voidaan linjalle asentaa suurnopeuskameroita, jotka tarkkailevat paperin kulkua telojen päällä. Jos jokin virhe tapahtuu, esimerkiksi paperin repeäminen, voidaan kameroiden tallenteista katsoa, miksi ja miten virhe tapahtui. Autoteollisuudessa kameroita käytetään törmäystesteissä, jotta voidaan nähdä mitä törmäyksessä todella tapahtui. (Katso kuva 3.) (1.)



Kuva 3 Auton törmäystesti suurnopeuskameralla tallennettuna (7.)

Myös tavallinen kuluttaja voi hyödyntää suurnopeuskameroita. Kameroita hyödynnetään urheilutapahtumissa. Rallissa voidaan näyttää katsojille kolarin tapahtumat dramaattisena hidastuksena ja keihäänheitossa urheilijan suoritus yksityiskohtaisena.

Monet harrastelijat kuvaavat hovin vuoksi erilaisia tosielämän tapahtumia, kuten ilmapallojen puhkeamisia tai veden liikehdintää, kun siihen pudottaa pisanan.

Elokuvateollisuus käyttää suurnopeuskameroita tavallisten kameroiden rinnalla. Tällä tekniikalla saadaan elokuvan tapahtumat näyttämään yksityiskohtaisemmalta ja hitaammalta, tosin sama toiminto saadaan nykyisin aikaan myös digitaaliefekteillä (tietokoneella luotu efekti asian näyttämiseen ilman oikeaa ympäristöä).

3 Kuvanlaatu

Suurnopeuskameroissa hyvänä puolena on se, että niissä voidaan useimmiten valita millä nopeudella ja resoluutiolla (horisontaalikuvapistettä kertaa vaakakuvapistettä, eli kuvan erottelukyky) kuvia tallennetaan. Tämä helpottaa kuvien tallentamista massamuisteihin. Kameroissa myös ilmoitetaan maksimiresoluutio tietyllä kuvanopeudella, joten mitä suurempi kuvanopeus, sitä pienemmällä resoluutiolla on kuvattava.

Kameroista kannattaa yleensä selvittää tietotyyppi, tallenteiden varastointitila, erottelukyky ja tallennusmuodot, kun laitetta ollaan hankkimassa.

3.1 Tietotyyppi

Tietotyyppi määrittää, mihin tiedostomuotoon kamera videon/kuvat tallentaa. Yleisimmät tiedostomuodot kuville on RAW (RAW ei ole lyhenne, se tarkoittaa yksinkertaisesti englanninkielen sanaa raaka). Tiedostotyyppinä RAW tarkoittaa raakaa pakkaamatonta kuvadataa. Se on häviötön ja pakkaamaton muoto, jolloin tiedostoon tallentuu jokainen kuvapiste (kuvapiste eli pikseli). Kuvapiste voi olla sininen, punainen tai vihreä. Kameran kennon (kameran osa, jolle kuva piirtyy) koko määrittää, kuinka monta kuvapistettä kuva voi sisältää. (8.)

JPEG (Joint photographic experts group) tai JPG, on kuvan häviöllinen pakkausmuoto, jolloin kuvasta poistetaan mahdollisimman paljon tietoa ilman, että ihmisen silmä sitä havaitsee. RAW ja JPEG ovat kuvatiedostoille tarkoitetut tiedostotyypit, näitä voidaan suositella löytyvän suurnopeuskamerasta. (9.)

Suurnopeusvideoiden tallentamiseen pitäisi vähintään löytyä AVI tiedostotyyppi (Audio video interleave tiedostomuoto joka voi sisältää kuvaa ja ääntä), joka on

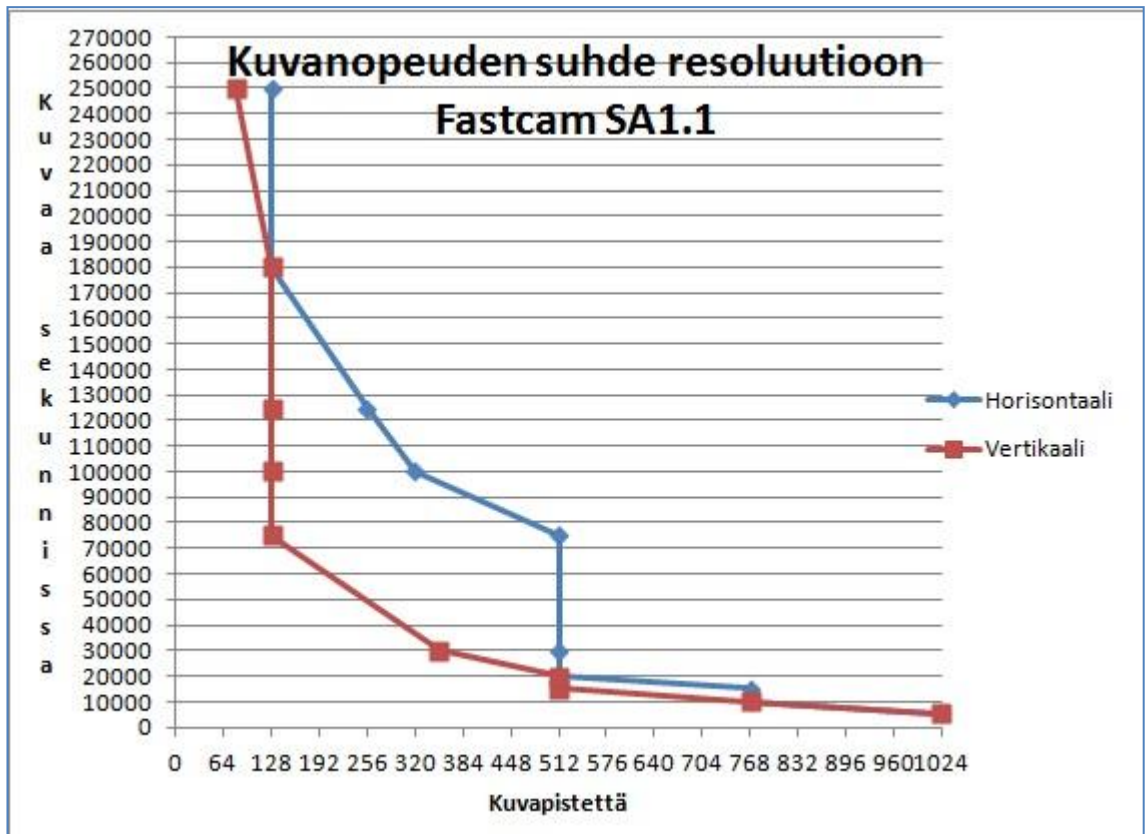
yleisin ja eniten tuettu videomuoto. Kameran kanssa saattaa tulla myös valmistajan omia ohjelmia, joilla tallennettuja videoita voidaan käsitellä. (6,10.)

3.2 Tallenteiden varastointitila

Varastointitilalla tarkoitetaan sitä, mihin suurnopeuskamera tallentaa kaappaamansa tiedon, eli kaikki kuvat ja videot. Kameran olisi hyvä tukea useampaa tallennusmahdollisuutta. Useissa kameroissa on sisäänrakennettu muisti, mutta se on yleensä riittämätön edullisissa kuluttajamalleissa. Tällöin kamerassa pitää olla mahdollisuus liittää jokin muistilaitte. Muistilaitteita ovat muistikortit ja kiintolevyt. Muistikortit ovat yleisempiä ja kamerasta tulisi löytyä ainakin SD (Secure digital) tai SDHC (Secure digital high capacity) muistikorttipaikka. Jotkin kamerat siirtävät tiedot suoraan tietokoneen kiintolevylle. (10.)

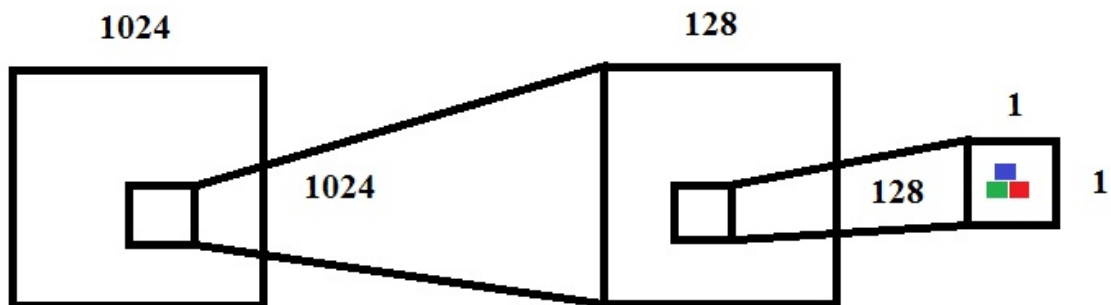
3.3 Erottelukyky

Erottelukyky ilmaisee, kuinka monella pikselillä kuva tallennetaan. Suurempi erottelukyky merkitsee suurempaa resoluutiota ja parempaa kuvaa. (Katso kuva 4), josta selviää Fastcam SA1.1-merkkisen suurnopeuskameran kuvanopeuden suhde resoluutioon. Mitä nopeammin kuvia tallentuu kameraan, niin sitä vähemmän aikaa jää yhden kuvan erotteluun ja täten kuvanlaatu pienenee. (6.)



Kuva 4 Kuvanopeuden suhde resoluutioon

Jokaisella kameramallilla on omanlainen kuvanopeuden suhde resoluutioon. Kuten taulukosta nähdään, on kameras maksimiresoluutio (1024x1024) saavutettavissa vain noin 5000 kuvan sekuntinopeudella, kun kuvanopeus kasvatetaan 180 000:een, on resoluutio tippunut vaatimattomaan 128x128 kuvapisteeseen. Suurella resoluutiolla pitää tallentaa 1024 vaakakuvapistettä ja 1024 pystykuvapistettä joka kuvasta, mutta jos resoluutiota pienennetään kymmenesosaan, tarvitaan enää vain 128 vaakakuvapistettä ja 128 pystykuvapistettä tallentaa joka kuvasta. (Katso kuva 5.)

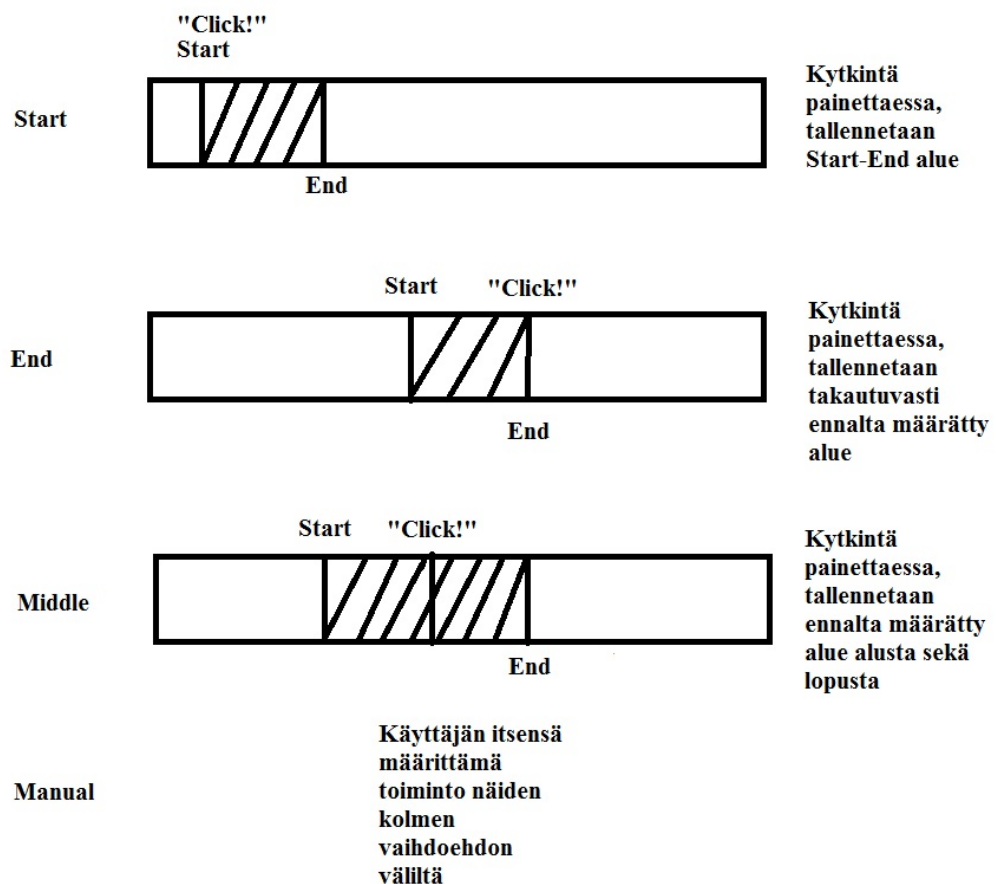


Kuva 5 Resoluutio selitetty kuvana

Tämä säästää aikaa ja muistia. Resoluutio koostuu kuvapisteistä, joka on yhdistelmä sinistä, vihreää ja punaista.

3.4 Tallennusmuodot

Koska kyseessä on nopeasti liikkuvat kohteet, on kamerassa hyvä olla useampi tallennusmuoto. (Katso kuva 6.) Useimmiten kamera alkaa tallentaa, kun käyttäjä painaa nappia kamerassa. Suurnopeuskamerasta voi löytää myös kaukolaukaisimen siltä varalta, että käyttäjä olisi vaarassa, kun kuvauskohde toimii (kuten jotain räjähtävää kuvatessa). Näillä keinoilla voidaan siis aloittaa kuvaaminen, mutta miten kuvattava tilanne saadaan osumaan tallennusajankohtaan?



Kuva 6 Kuvaamisen eri vaihtoehdot videokuvan tallentamiseen

Ammattilaiskäyttöön tarkoitetuissa suurnopeuskameroissa on yleensä tallennusmuodot "Start", "End", "Middle" ja "Manual". Alusta "Start" (kamerassa komento on todennäköisesti englannin kielellä), aloittaa tallentamisen kun käyttäjä painaa laukaisinta. Kamerassa on yleensä mahdollista syöttää

tallennusalue (eli jokin aika mikä syötetään kameraan), niin kamera tallentaa videota laukaisimen painamisesta, tallennusalueen loppuun. (11.)

Lopusta "End" lopettaa tallentamisen, kun laukaisinta painetaan. Tämä mahdollistaa videon tallentamista takautuvasti. Koska kuvattavat kohteet saattavat liikkua todella nopeasti, voi tapahtuma olla loppunut, ennen kuin käyttäjä ehtii aloittaa tallentamisen. Kamera on siis tallentanut koko ajan, mutta muistiin siirretään vain alue, joka on määritelty tallennusalueeseen, eli tallennetaan takautuvasti ennalta määritelty alue. (11.)

Keskeltä "Middle" tallentaa videota laukaisimen painamisesta ennen ja jälkeen sen ajan, mikä on määritelty tallennusalueeseen. (11.)

Manuaalinen "Manual" voi olla mitä tahansa näistä, mitä käyttäjä on määritellyt. (11.)

4 Kameroita eri käyttötarkoituksiin

Infradex Oy myy lämpö- ja suurnopeuskameroita eri tarkoituksiin. Jotta ymmärtäisimme erilaisten suurnopeuskameroiden suuren lajikirjon ja niiden eroavaisuudet, niin tässä luvussa tarkastellaan neljää suurnopeuskameraa Infradex Oy:n valikoimasta: kuinka ne eroavat toisistaan ja mihin niitä voidaan käyttää. (Katso kameroiden vertailutaulukko kuva 8.) (11.)

4.1 Fastec Hispec tutkimustyöhön

Aloitetaan Fastec Hispec-mallista. (Katso kuva 7.) Hispec-kameraa voidaan käyttää melkein mihin tahansa, niin tutkimustyöhön kuin teolliseen valvontaan. Laitte on tarkoitettu kiinteään asennukseen, koska akkupaikkaa ei ole. Pieni valontarve suurellakin nopeudella on hyvä asia, jos kamera sijoitetaan valvomaan paikkaa, johon on vaikea sijoittaa lisävalaistusta. Kamerassa on ohjelmisto, jolla voidaan määritellä tietyn alueen valvonta, ja kamera tallentaa tilanteet, joissa kohdealueella tapahtuu jotain poikkeavaa. (11.)

Kameran hallinta tapahtuu tietokoneen avulla, ja yhdellä tietokoneella voidaan hallita useampaa kameraa noin 100 metrin päästä käyttäen Ethernet-verkkoa (lähiverkko, useampi verkkolaite, kuten tietokone, jotka on yhdistetty niin, että

ne voivat kommunikoida yhdessä). Kameran maksimiresoluutio on 1280x1024, kuvanopeudella 506 fps ja 128x2 kuvanopeudella 112 183 fps (pienin ja suurin nopeus). Pienimmän ja suurimman kuvanopeuden välillä on useita välivaihtoehtoja, joista voi etsiä sopivimman. (11.)



Kuva 7 Fastec Hispec (11.)

Fastec Hispec on hyvä valinta vaativaan käyttöön. (11.)

4.2 Fastec Sportscam urheilutapahtumiin ja yleiskäyttöön

Fastec Sportscam on seuraavana. (Katso kuva 8.) Jo nimensä mukaan tämä malli soveltuu urheilusuoritusten valmentamiseen ja parantamiseen, ja sen voi ottaa mukaan mihin tahansa sisäänrakennetun akkunsa ansiosta. Siirreltävyys, edullisempi hinta ja käyttömukavuus suosittavat tätä kameraa myös harrastelijalle. Kamerassa on sisäänrakennettu näyttö, joten tiedostoja ei tarvitse ladata tietokoneelle ennen katsomista, vaan suorituksen tehtyään urheilija voi katsoa heti, miltä se näyttää.

Pienen muistinsa takia on käyttäjällä silti oltava kannettava tietokone, jotta hän voi tallentaa säilytettävät tiedostot pysyvään paikkaan. Sportscamilla ei voi tallentaa niin suurella kuvanopeudella kuin Hispec-mallilla, mutta tämä ei haittaa, koska jo 1000 kuvan sekuntinopeudella ihmisen liike näyttää todella hitaalta. Kuvanopeudesta hieman lisää seuraavassa luvussa. Kameran maksimiresoluutio on 640x480, 50 fps ja 320x240, 500 fps. (11.)



Kuva 8 Fastec Sportscam (11.)

Fastec Sportscam on hyvä valinta suurnopeuskuvaukseen.

4.3 Fastec Troubleshooter, mukana liikkuva kamera vaativaan käyttöön

Fastec Troubleshooter on kameroista monikäyttöisin. (Katso kuva 9.) Laite käyttää virtalähteenään akkuja tai paristoja ja videot tallennetaan muistikortille. Kamera soveltuu kaikenlaiseen kuvaamiseen, niin tehtaalla, laboratoriossa kuin myös ulkona. Laitteesta on yhteensä 4 erilaista mallia, jotka kaikki eroavat hintansa ja toimintojensa puolesta. Tehokkaimmassa HR-mallissa (High Resolution) on suurin resoluutio ja suurin kuvanopeus, 1280x1024, 250 fps ja 1280x32, 16 000 fps. (11.)



Kuva 7 Fastec Troubleshooter (11.)

Fastec Troubleshooter kamerassa yhdistyy tehokkuus ja helppokäyttöisyys.

4.4 Fastec Inline valvomoon

Viimeinen Infradex Oy:n kameroista on Fastec Inline. (Katso kuva 10.) Laite soveltuu parhaiten teolliseen ympäristöön kiinteään asennustarpeensa ja virtalähteen vuoksi. Kamerasta on kolme eri mallia ja ne eroavat lähinnä hinnan, kuvanopeuden ja muistinsa osalta. Laitetta operoidaan tietokoneelta, jonka on

oltava aina yhteydessä kameraan. Resoluutio vaihtelee 640x480, 50 fps ja 320x240, 1000 fps välillä. (11.)



Kuva 10 Fastec Inline (11.)

Fastec Inline on niin sanottu valvontakamera muotonsa puolesta.

4.5 Neljän kameran vertailu

Seuraavassa nähdään neljän edellisen kameran tiedot taulukkona, josta on helppo katsoa, kuinka kamerat eroavat toisistaan. Katso kuva 11.

Nimi	Hispec	Sportscam	Troubleshooter	Inline
Käyttötarkoitus	Tutkimustyö	Urheilupöytäurheilun parantaminen/analysointi	Mikä tahansa, sopii kaikkiin ympäristöihin	Teolliset ympäristöt
Virtalähde	Ulkoinen virtalähde	Akku tai ulkoinen virtalähde	Akku tai ulkoinen virtalähde	Ulkoinen virtalähde
Resoluutio/kuvanopeus				
Maksimi	1280x1024, 506fps	640x480, 50fps	1280x1024, 250fps	640x480, 50fps
Minimi	128x2, 112 183fps	320x240, 500fps	1280x32, 16 000fps	320x240, 1000fps
Hinta	Tarjouksen mukaan	Tarjouksen mukaan	Tarjouksen mukaan	Tarjouksen mukaan
Ajastus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Värikkisyys	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Mustavalko

Kuva 11 kameroiden vertailutaulukko

Koska kamerat ovat melko kalliita, tuhansia euroja maksavia, niin hinta esitetään yleensä tarjouksen mukaan. Ostaja soittaa yritykselle ja pyytää tarjouksen kamerasta, kunhan ensin tarkastellaan, mikä sopisi parhaiten käyttötarkoitukseen. (11.)

5 Digitaalikamerat suurnopeuskameroina

Edellisessä luvussa tarkasteltiin niin sanottuja oikeita suurnopeuskameroita. Jotkut valmistajat ovat tuoneet suurnopeustekniikkaa myös kuluttajille, digitaalikameroiden ja digitaalijärjestelmäkameroiden muodossa. (Katso kuva 12.)

Fujifilm FinePixHS10

Fujifilm Finepix näyttää aivan tavalliselta digitaalikameralta, mutta sisään on rakennettu myös laitteet suurnopeusvideon kuvaamiseen. Kamerassa on viisi eri kuvanopeutta, 1000 fps, 480 fps, 240 fps, 120 fps ja 60 fps. Suurimmalla kuvanopeudella 1000 fps resoluutio on enää vain 224 x 64 kuvapistettä, pienimmällä kuvanopeudella 1280 x 720 kuvapistettä. Hinta on noin 320 euroa. Kamera on varteenotettava malli edullisen hintansa vuoksi. Kamerassa ei ole mitään suurnopeuskameralle tyypillisiä apulaitteita tai toimintoja, kuten aikavälin asettamista, joten nopeimmat tapahtumat ehtivät mennä ennen kuin käyttäjä ehtii kameran laukaista. (12.)

Nikon P100

Nikon P100 on monella tapaa samanlainen kamera kuin Fujifilmin malli, mutta kamera pystyy tallentamaan vain 240 kuvaa sekunnissa, joka ei aivan riitä suurnopeuskameraa etsivälle harrastelijalle. Hinta on 350 euroa. Suurnopeusominaisuudet eivät kamerassa ole hyvät, mutta digitaalikamerana se toimii yhtä hyvin kuin muutkin. (13.)

Casio Exilim EX-FH20

Casio on tuonut kuluttajille melko käytännöllisen suurnopeuskameran, mallinimeltä Exilim EX-FH20. Kamera maksaa noin 400 euroa ja sopii paljon paremmin harrastelijalle kuin ammattilaiselle, joka haluaa päästä heti kuvaamaan. Resoluutio on 1280x720, 30 fps ja 224x56, 1000 fps. Tähänkään kameraan ei saa suurnopeuskameralle tyypillisiä ominaisuuksia, kuten aikavälin asettamista. (10.)

Casio Exilim ZR-100

Exilim ZR-100 on Casion uudempi ja pienempi malli FH20-kamerasta. Ominaisuudet eivät silti ole huonommat, vaan kameralla pystyy ottamaan 1920x1080, 30 fps ja 224x64, 1000 fps. Tämän pienempää kameraa kuluttaja ei

kirjoitushetkellä voi löytää jos hän haluaa ottaa suurnopeusvideoita. Hinta noin 300 euroa. (14.)

Nimi	Fujifilm FinePixHS10	NIKON P100	Casio Exilim EX-FH20	Casio Exilim ZR-100
Resoluutio/kuvanopeus				
Maksimi	1280x720, 60fps	1920x1080, 30fps	1280x720, 30fps	1920x1080, 30fps
Minimi	224x64, 1000fps	320x240, 240fps	224x56, 1000 fps	224x64, 1000 fps
Hinta	320 €	350 €	400 €	300 €

Kuva 12 Taulukko digitaalikameroista, joilla pystyy tallentamaan suurnopeuskuvaa

Digitaalikamerat eivät yllä suurnopeuskameroiden rinnalle, mutta niiden valttikorttina on kuitenkin kannettavuus, halpa hinta ja käyttömukavuus.

6 Kuvaustekniikka suurnopeuskameralla

Suurnopeuskameralla kuvaaminen ei ole ihan niin yksinkertaista kuin tavallisella digitaalikameralla. Tässä luvussa on koottu hyviä ohjeita onnistuneeseen kuvaamiseen.

1. Käytä paljon valoa. Koska suurnopeuskamera ottaa kuvia satoja kappaleita sekunnissa, jää yhdelle kuvalle valotusaikaa vain sekunnin tuhannesosa. Sisätiloissa kuvatessa tarvitaan poikkeuksetta lisävalaistusta ja ulkonakin tarvitaan kirkas auringonpaiste.

Mitä suurempaa kuvausnopeutta käytetään, sitä enemmän tarvitaan valaistusta.

2. Valitse oikea nopeus kuvien ottamiselle. Erilaisten kohteiden kuvaamiseen on sopivaa valita omanlainen tallennusnopeus, esimerkiksi ihmisen liikkeen kuvaaminen ei tarvitse 1200 fps:n nopeutta, koska ihminen liikkuu ”hitaasti” verrattuna toisenlaisten ilmiöiden kuvaamiseen, esimerkiksi salama tai räjähdys.

Lista nopeuksista ja käyttötarkoituksista

120 fps: Sopii tosielämän hidastuksiin, kuten jalkapalloon. (sport replay)
300 fps: Elokuviissa käytetty nopeus dramaattiseen kävelyyn.
600 fps: Ihmisen liikkeet alkavat näyttää enemmän anatomiselta. Tämä on sopiva nopeus golflyöntien parantamiseen.
1000 – 1200 fps: Hitaat räjähdyskset, ihmisen liike jo liian hidasta.
5000 – 10000 fps: Nopeat räjähdyskset, salamet ja luodit tallentuvat kameralle.

3. Muista käyttää jalustaa. Jalustan käyttö on aina hyvä keino vakauttaa kuva ja saada hyviä otoksia.
4. Suurnopeuskamera ei tallenna ääntä, koska kaikki tietävät, miltä hidastettu ääni kuulostaa. Lisää videoihisi musiikkiraita, niin parannat katsojan videoelämystä. Videomateriaalia tulee aina enemmän kuin haluaisit, kuvaaminen 6 sekuntia tuottaa 1 minuutin videota 300 fps:n nopeudella ja 2 minuuttia 600 fps:n nopeudella. Mitä suurempi nopeus, sitä matalaresoluutioisempi video. (15.)

7 Testit ja kokemukset

Keväällä 2011 Saimaan ammattikorkeakoulu sai Infradexiltä lainaksi Fastec Inline 1000 -mallisen suurnopeuskameran, jota opettajat ja opiskelijat pääsivät testaamaan. Kamera oli lainassa viikon, jonka aikana suoritettiin joukko erilaisia testejä, kuten veteen pudotettavien esineiden aiheuttamia aaltoja ja roiskeita.

Testattiin myös, kuinka vaikeaa laitteen käyttö on ja miten valaistus vaikuttaa kameran kuvaan.

Testejä tehtiin useampana päivänä. Laite tarvitsi tukevan jalustan ja tietokoneen, jonka avulla laitetta käytettiin. Kamera myös tallensi kaiken nauhoittamansa tietokoneelle, josta videoita katsottiin ja tutkittiin. Valaistus tuotti paljon päänvaivaa, koska suurnopeuskamera tarvitsee todella tehokkaat valot, jotta lyhyt valotusaika onnistuisi suurella kuvanopeudella. Kameralle oli hankittu tehokkaat 300 wattiset valaisimet. Valaisimien valovoimakkuus riitti hyvin kuvattaville kohteille, kun käytettiin hitaampaa kuvanopeutta, mutta täydellä kuvanopeudella valojen voimakkuus olisi voinut olla parempi. Ongelmaksi muodostui myös valojen vilkkuminen, koska tasavirtalaitteistoa ei ollut käytettävissä kuvaushetkellä.

Kameralla yritettiin kuvata rasiustestejä, jossa kappaletta painetaan suurella voimalla ja yritetään saada kuvattua se kohta, kun kappale petteä. Testit valitettavasti epäonnistuivat, koska on todella vaikeaa saada kamera laukaistua juuri oikeaan aikaan. Testien loputtua päätettiin, että kameraa ei hankita, koska malli ei ollut sopiva ominaisuuksiltaan. Testeistä saatiin kuitenkin tarpeeksi tietoa suurnopeuskuvauksesta ja laitteistosta.

Kameralla kuvattiin myös voimistelijoita suorittamassa liikkeitään. Suurnopeuskuvasta oli tämän jälkeen hyvä analysoida suoritusta. Kameraa käytiin kokeilemassa myös golflyöntien kuvaamiseen, mikä onnistui melko hyvin. Tässä suurin ongelma oli sijoittaa kamera ja valot sellaisiin paikkoihin, etteivät ne ole lyöjän tiellä. Kameraan ehdittiin perehtyä jonkin verran, mutta jos kamera olisi ollut pidempään käytössä, niin olisi voitu ratkaista valaistuksen kanssa ilmennyt valojen välkkyminen.

8 Testit Casio EX - ZR100 ja Fastec Troubleshooter

Tämän opinnäytetyön tarpeeseen hankittiin kaksi muutakin suurnopeuskameraa testattavaksi: Casion valmistama EX – ZR100 ja Fastec Troubleshooter.

8.1 Casio EX – ZR100

EX-ZR100 -malli muistuttaa täysin tavallista digitaalikameraa. (Katso kuva 13.) Se pystyy silti tallentamaan suurnopeusvideoita tuhannen kuvan sekuntinopeudella. Resoluutio ei ole kovin hyvä suurilla nopeuksilla, mutta tässä hintaluokassa kamera suoriutuu silti hyvin verrattuna oikeisiin suurnopeuskameroihin.



Kuva 13 Casio EX - ZR100 digitaalikamera (14.)

Casio-kamera toimii paremmin valokuvauksessa, sillä se ottaa hyvänlaatuisia valokuvia. Hintaa laitteella on noin 300 euroa, mikä ei ole paljon hyvästä digitaalikamerasta, joka pystyy tallentamaan suurnopeusvideoita värillisenä.

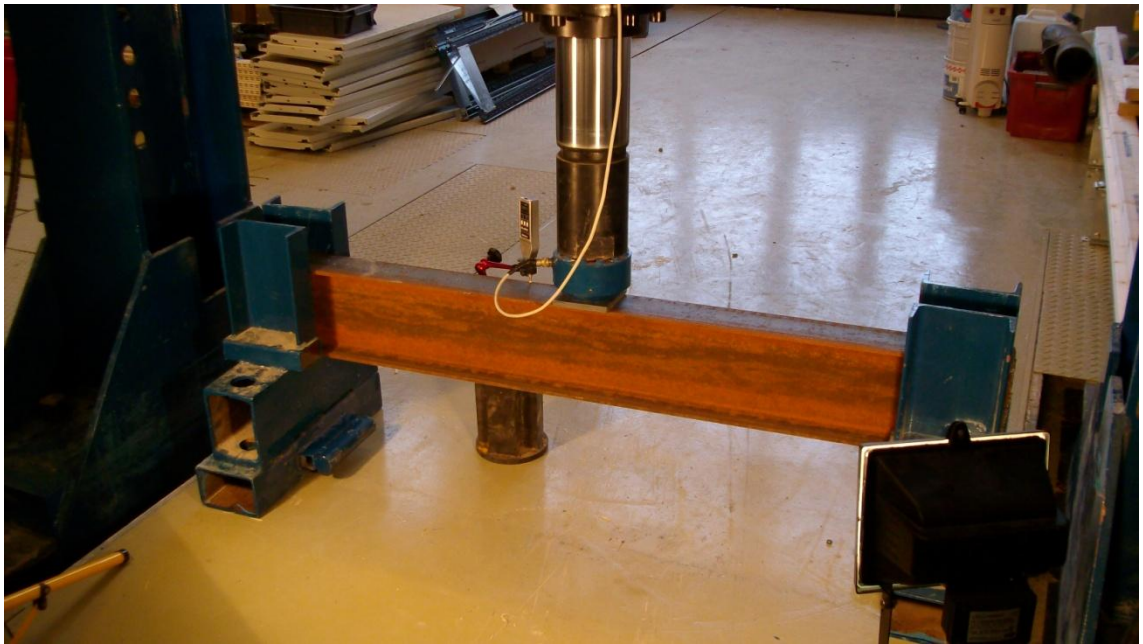
Saimaan ammattikorkeakoulu hankki kameran omaksi, joten sitä pystyttiin testaamaan juuri niin kauan kuin oli tarvetta. Ohjekirjaa luettiin hieman, mutta se osoittautui melko turhaksi kameran ollessa hyvin selkeäkäyttöinen. Valikosta tarvitsee vain valita haluttu kuvanopeus, jonka jälkeen painetaan ”tallenna” -painiketta. Kamera kertoo myös, kuinka pitkään se voi tallentaa videota ennen kuin tallennustila loppuu.

Laite selviytyy hyvin 240 kuvan sekuntinopeudesta, mutta sitä suuremmat nopeudet pudottavat resoluution liian pieneksi. Jotta laitteella voisi tehdä mitään hyödyllisiä analyysejä, olisi kuvasta saatava tarkempi. 240 kuvan nopeus riittää hyvin ihmisen liikkeiden parempaan hahmottamiseen.

Testeissä testattiin erilaisten materiaalien rasittamista. Testeissä kone lisää painoa kappaleen päälle kunnes se antaa periksi. Suurnopeuskameran on

tällöin tarkoitus tallentaa mahdolliset nopeat muutokset kappaleen rakenteessa. Videosta voidaan jälkikäteen tarkastella paremmin, mitä oikeasti tapahtui. (Katso kuva 14.)

Valitettavasti kappaleen muutokset tapahtuivat niin nopeasti, että suurnopeuskamera ei pysynyt vauhdissa mukana, ja se vähä, joka saatiin tallennettua, ei huonon resoluution takia juurikaan selventänyt tilannetta. Tässä vaiheessa oli toivomuksena, että lainattu oikea suurnopeuskamera toimisi tehokkaammin.

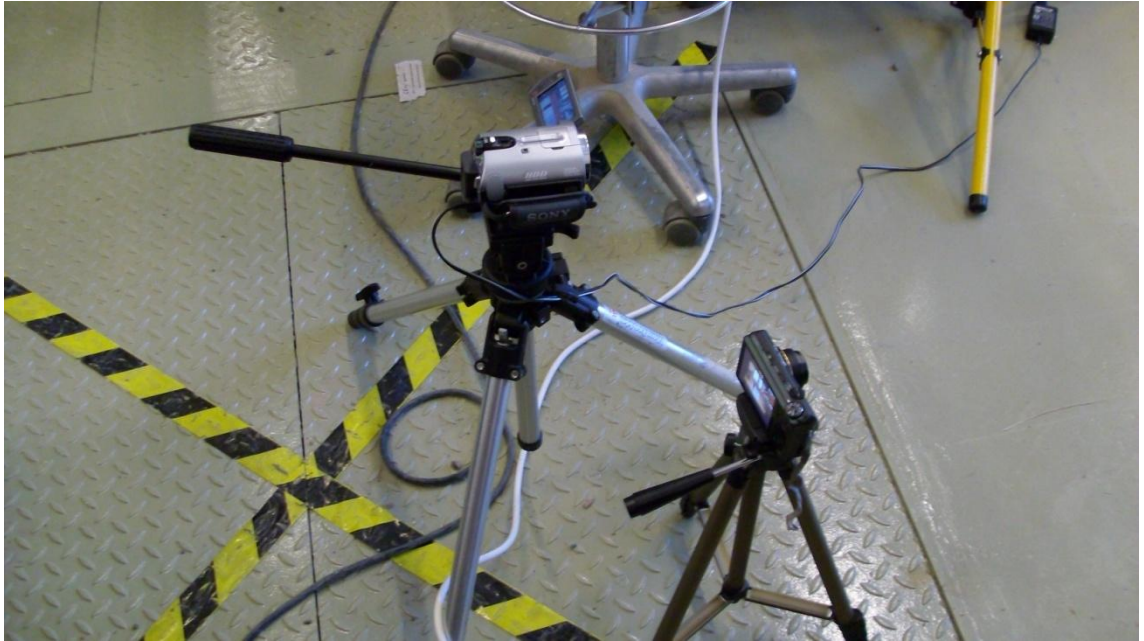


Kuva 14 Metallipalkin rasitus

Testeihin kuului metallipalkin rasitus, jossa ei tapahtunut mitään dramaattista ensimmäisellä yrittämällä, mutta toisella kerralla palkki petti.

Toisessa testissä rasitettiin puuta samalla tavalla ja saatiinkin muutama hyvä suurnopeusvideo.

Testeissä käytettiin monia tallennuslaitteita. (Katso kuva 15.)



Kuva 15 Kuvauslaitteisto

Mukana oli tavallinen videokamera, joka tallensi normaalilla nopeudella 25 fps. Ensimmäisissä testeissä käytettiin suurnopeuskamerana ZR – 100 mallia.

8.2 Fastec Troubleshooter

Fastec Troubleshooter on niin sanottu oikea suurnopeuskamera, joka oli lainassa Infradex-yritykseltä. Ensin tutkittiin yrityksen kameramallistoa, jonka jälkeen päätettiin lainata Troubleshooter-kamera. Kamera saatiin vain kahdeksi päiväksi, joten ensimmäisenä päivänä tutustuttiin kameraan, jotta seuraavaksi päiväksi sovitut testit voitaisiin suorittaa sovitussa ajassa. (Katso kuva 16.)

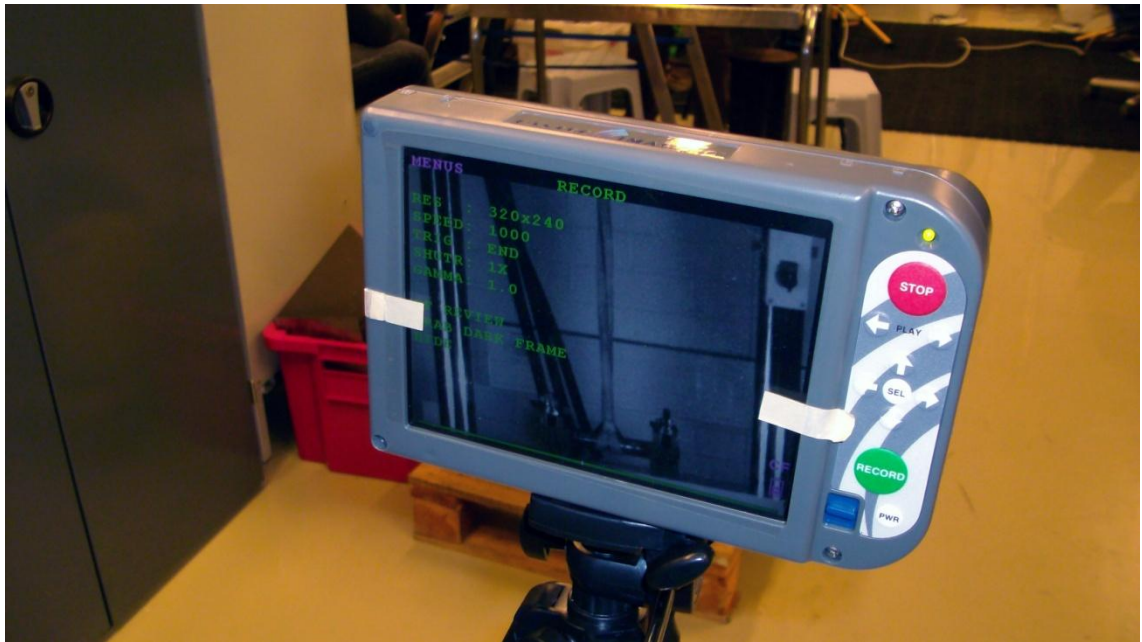


Kuva 16 Fastec Troubleshooter kamera

Infradexiltä saatiin kameran käytöstä lyhyt opetusvideo, josta sen käyttö kävi hyvin ilmi. Ensituntumalta kamera näytti ja tuntui vanhalta. Alustavien testien jälkeen tuntuma ei ollut muuttunut ja kameraa verrattiinkin heti Casion ZR – 100-malliin, joka tuntui paremmalta. Troubleshooter pystyy tuhannen kuvan sekuntinopeuteen, joka on aivan sama kuin ZR – 100-mallissa, tosin maksimiresoluutio oli hieman parempi. Laite tallentaa mustavalkoisia videoita ja mukana tullut teleobjektiivi oli niin voimakas, että kamera jouduttiin viemään melkein ulos asti, kun hallin pituus ei ollut riittävä.

Kamerassa oli mukana suurnopeuskameralle tunnusomaiset ominaisuudet, kuten tallennusvälin säätö ja mahdollisuus käyttää kaukolaukaisinta. Oli myös hyvä huomata, että kamera on sopivan kokoinen siirrettäväksi, akku kestää pitkään ja laitetta voi käyttää missä tahansa. Hintaa ei pysty kertomaan, koska laite lainattiin ilmaiseksi, mutta useamman tuhannen hinta on mahdollinen.

Seuraavana päivänä kameraa käytettiin tallentamaan kiinnitysremmien vetotestiä, jossa remmiä vedetään suurella voimalla kunnes, se katkeaa. (Katso Kuva 17.)



Kuva 17 Kamera takaa ja näytöllä näkyy mustavalkokuva kiinnitysremmistä

Testissä oli haasteellista sijoittaa kamera tallentamaan oikeaa kohtaa, koska tehokkaan objektiivin takia kameran ruudulle mahtui pelkästään remmin yläpää tai alapää. Tämän takia oli arvattava kummasta päästä remmi pettä ja kuvattava sitä. Arvaus osui kuitenkin oikeaan ja kameralle saatiin tallennettua kaikki tarpeellinen. Kuvanopeus oli kumminkin liian pieni ja remmin pettäminen liian nopea. Jotta videosta olisi hyötyä, täytyisi kuvanopeutta saada suuremmaksi.

Toinen testi oli hyvin samanlainen kuin ZR – 100-kameran testi, mutta metallipalkin sijaan rasetettiin puupalkkia. Tässä testissä saatiin aikaan parempi video, koska kaikki tapahtui hitaammin verrattuna vetoremmien katkeamiseen.

Testien jälkeen kaikki videot siirrettiin kummastakin kamerasta tietokoneelle, jossa ne ovat nyt tallessa.

Jos näitä kameroita vertaa keskenään, niin huomaa, että Troubleshooter on selkeästi melko vaatimaton laite eikä aivan ZR – 100-kameran tasolla. Kameroiden arvioitu hintaero on myös Casion eduksi. Jos Troubleshooter maksaisi tasan 300 euroa, eli saman verran kuin ZR – 100, niin voiton veisi ZR – 100, koska Troubleshooter-kameran suurnopeusominaisuudet ovat täysin samalla tasolla kuin Casion.

Testien perusteella tulee siihen johtopäätökseen, että tarvitaan paljon rahaa, jotta saataisiin tarpeeksi tehokas suurnopeuskamera näiden testien tutkimiseen. Kuten aiemmin todettiin, tehokas valaistus on tarpeen kaikenlaisessa kuvaamisessa. Kalliin kameran lisäksi kunnan valaistusratkaisut voivat maksaa paljon. Suuremmalla rahalla saa tehokkaamman laitteen.

9 Yhteenveto ja pohdinta

Kaikenlaiset kamerat ovat aina kiehtoneet minua, joten tämä työ sopi minulle hyvin. Kun Saimaan ammattikorkeakoululle päätettiin lainata suurnopeuskamera ja etsittiin, ketkä olisivat halukkaita tutkimaan kyseistä laitetta, niin ilmoittauduin vapaaehtoiseksi. Suurnopeuskamerat ovat harvinaisia laitteita, eikä niihin pääse tutustumaan kovinkaan moni. Vasta viime vuosina on myyntiin alkanut tulla kuluttajalle edullisia malleja, joten toivon, että ne alkavat yleistyä kuluttajien käytössä.

Ammattikorkeakoulu tarjosi minulle kaikki tarvittavat laitteet tämän työn tekemiseen. Olisi tietysti ollut mukava päästä käyttämään tehokkaampia kameramalleja, mutta tämä on hyvä ensikosketus aiheeseen. Monet asiat ovat mielenkiintoisia, kun niitä hidastaa riittävästi, mutta toisessa ääripäässä ovat riittävästi nopeutetut asiat. Hyvänä esimerkkinä voitaisiin pitää ruohon kasvamista, tai maalin kuivumista, joka on todella tylsää katsottavaa, mutta jos sitä nopeuttaa riittävästi, muuttuu asia paljon mielenkiintoisemmaksi.

Suurnopeuskameroita ei tietääkseni ole aiemmin tutkittu ammattikorkeakoululla. Toivon, että tämä työ kertoo riittävästi suurnopeuskameroista kaikille niistä kiinnostuneille. Internet on täynnä tietoa suurnopeuskameroista ja siellä pääsee myös näkemään, miltä suurnopeusvideot näyttävät.

Teknologia kehittyy ja laitteet paranevat. Mielenkiintoisena uutisena luin kamerasta, joka pystyy ottamaan 1,000,000,000,000 eli biljoona kuvaa sekunnissa. Laite siis pystyy ottamaan kuvia valonsäteistä, joten voidaanko puhua, että laite toimii valoa nopeammin? (16)

Kuvasin testit rakennusalan opiskelijoiden kanssa, joiden oppiaineisiin kuuluvat erilaiset kuormitustestit. Näitä testejä tehtiin aikaisemminkin, kun koululla oli

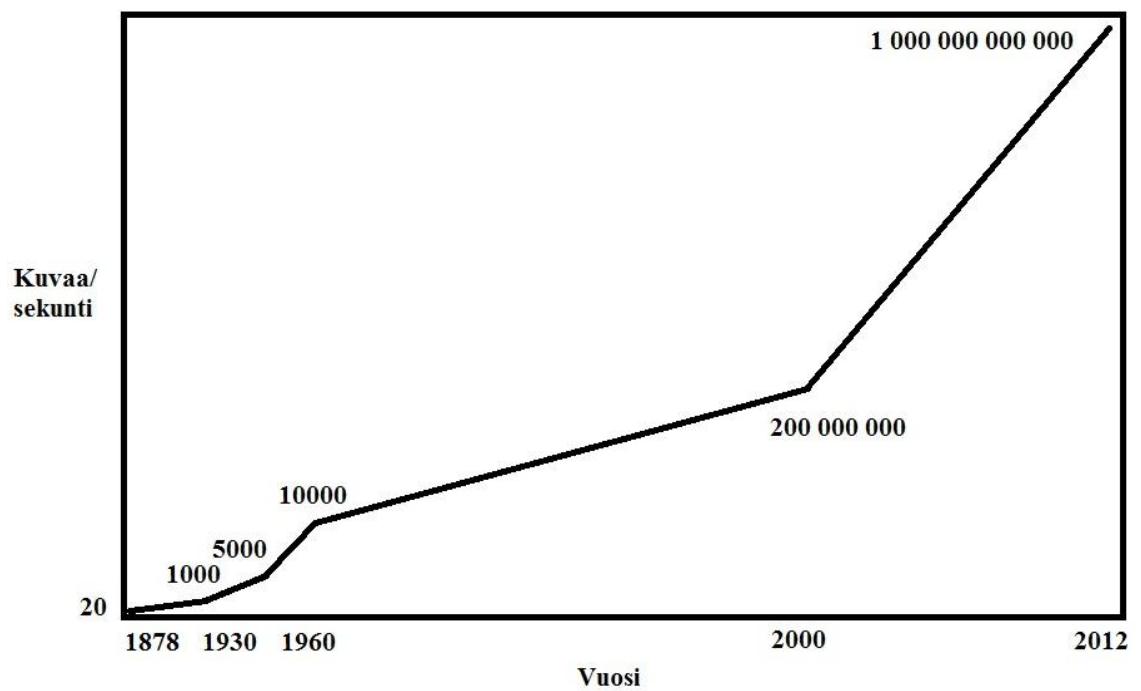
lainassa ensimmäinen suurnopeuskamera. Testien perusteella päätelimme, että kamera oli liian tehoton tällaisten kokeiden tekemiseen. Toivoimme kehittyneempää mallia lainaan, mutta valitettavasti toinenkin kamera oli melko vaatimaton. Minusta suurnopeuskameraa voidaan hyvin käyttää koululla tutkimuskäytössä ja se soveltuu erinomaisesti tiedonhankintaan, esimerkiksi materiaalien käyttäytymisien tutkimisessa. Suurnopeuskameraa ostettaessa tulisi kuitenkin ensin tutkia, kuinka tehokas laite tarvitaan.

Kuvat

Kuva 1. Ensimmäisiä suurnopeuskameroita, sivu 8.



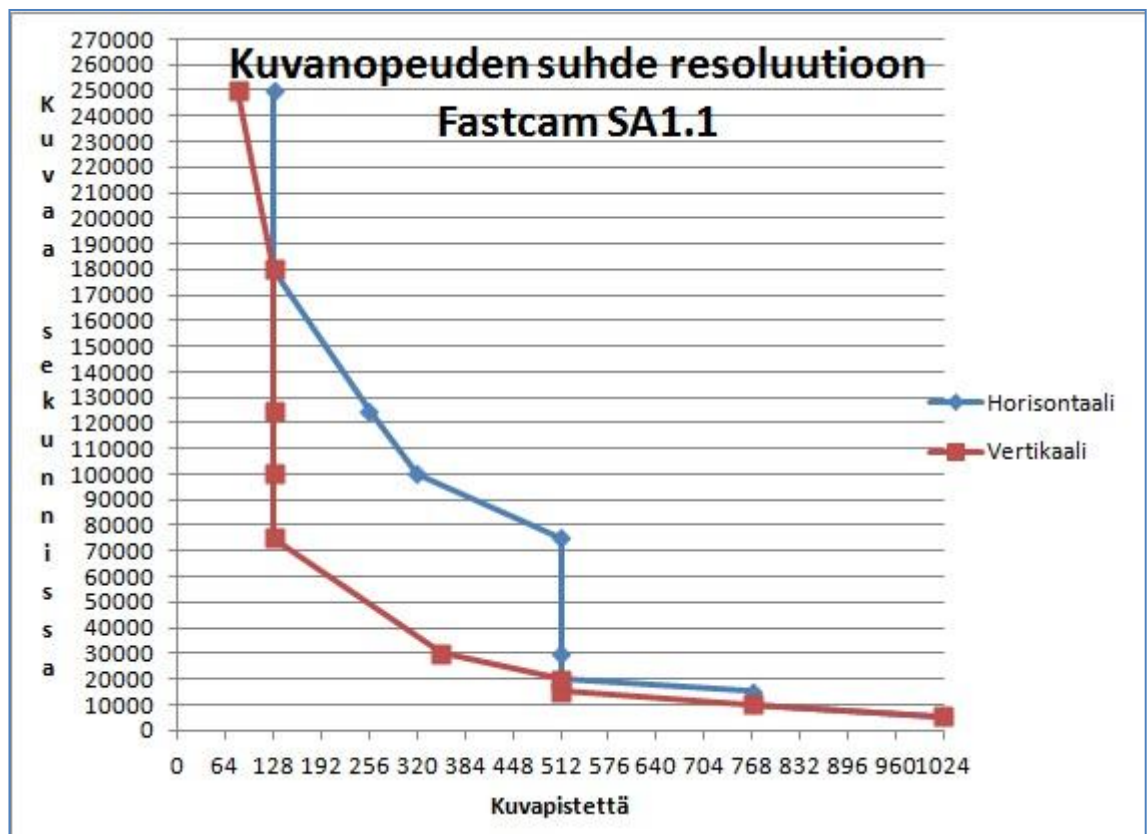
Kuva 2. Suurnopeuskameroiden kehitys. sivu 8.



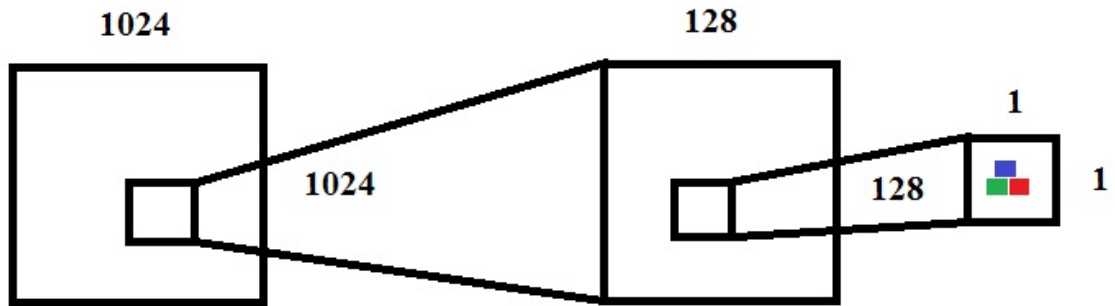
Kuva 8. Auton törmäystesti suurnopeuskameralla tallennettuna, sivu 11.



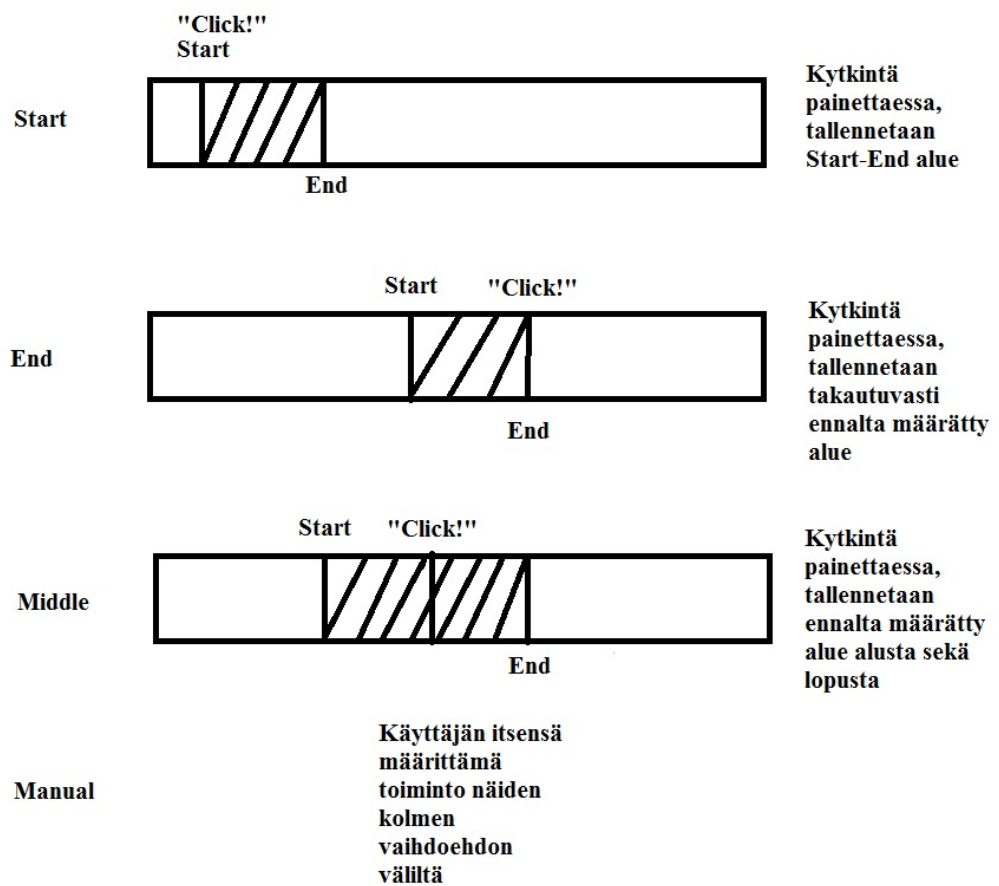
Kuva 9. Kuvanopeuden suhde resoluutioon, sivu 14



Kuva 10. Resoluutio selitetty kuvana, sivu 14



Kuva 11. Kuvaamisen eri vaihtoehdot videokuvan tallentamiseen, sivu 15



Kuva 7. Fastec Hispec, sivu 17



Kuva 8. Fastec Sportscam, 18



Kuva 12. Fastec Troubleshooter, sivu 18



Kuva 10. Fastec Inline, sivu 19



Kuva 11. kameroiden vertailutaulukko, sivu 19

Nimi	Hispec	Sportscam	Troubleshooter	Inline
Käyttötarkoitus	Tutkimustyö	Urheilu-uroritusten parantaminen/analysointi	Mikä tahansa, sopii kaikkiin ympäristöihin	Teolliset ympäristöt
Virtalähde	Ulkoinen virtalähde	Akku tai ulkoinen virtalähde	Akku tai ulkoinen virtalähde	Ulkoinen virtalähde
Resoluutio/kuvanopeus				
Maksimi	1280x1024, 506fps	640x480, 50fps	1280x1024, 250fps	640x480, 50fps
Minimi	128x2, 112 183fps	320x240, 500fps	1280x32, 16 000fps	320x240, 1000fps
Hinta	Tarjouksen mukaan	Tarjouksen mukaan	Tarjouksen mukaan	Tarjouksen mukaan
Ajastus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Värillisyyys	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Mustavalko

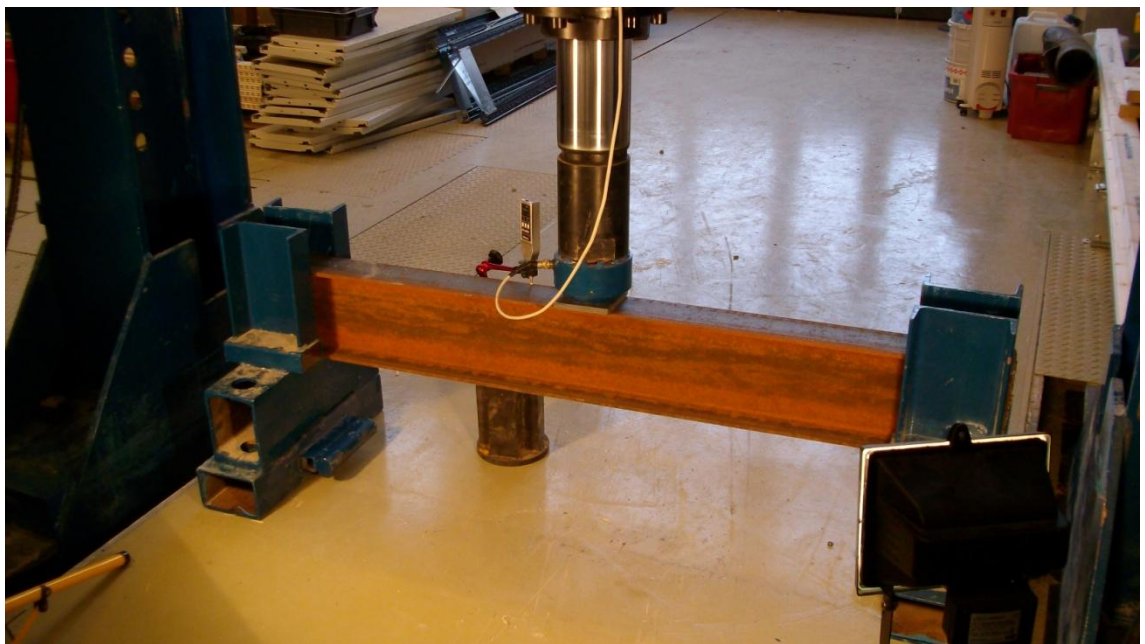
Kuva 12. Taulukko digitaalikameroista, joilla pystyy tallentamaan suurnopeuskuvaa, sivu 21

Nimi	Fujifilm FinePixHS10	NIKON P100	Casio Exilim EX-FH20	Casio Exilim ZR-100
Resoluutio/kuvanopeus				
Maksimi	1280x720, 60fps	1920x1080, 30fps	1280x720, 30fps	1920x1080, 30fps
Minimi	224x64, 1000fps	320x240, 240fps	224x56, 1000 fps	224x64, 1000 fps
Hinta		320 €	350 €	400 €
				300 €

Kuva 13. Casio EX - ZR100 digitaalikamera, sivu 24



Kuva 14. Metallipalkin rasiutus, sivu 25



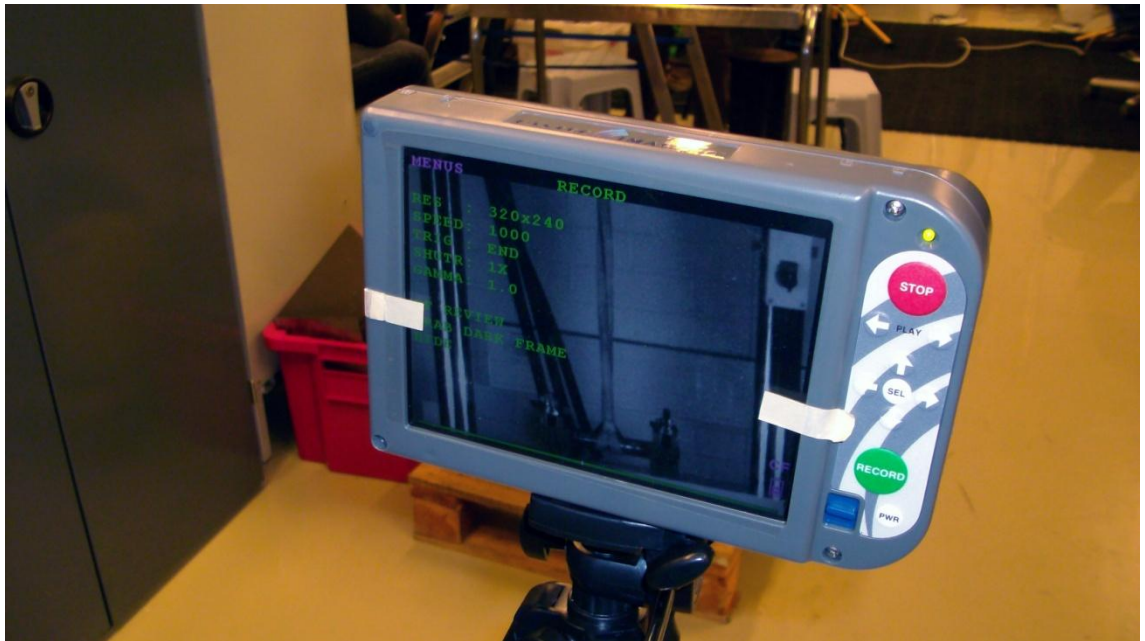
Kuva 15. Kuvauslaitteisto, sivu 26



Kuva 16. Fastec Troubleshooter kamera, sivu 27



Kuva 17. Kamera takaa ja näytöllä näkyy mustavalkokuva kiinnitysremmistä, sivu 28



Lähteet

1. Suurnopeuskameran käyttötarkoitus <http://tieku.fi/kysy-meilta/suurnopeuskameran-kayttotarkoitus> luettu 24.8.2011
2. Suurnopeuskamera http://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_camera luettu 24.8.2011
3. Suurnopeuskuvaus http://en.wikipedia.org/wiki/High_speed_photography luettu 3.12.2011
4. Vanhan kameran kuva <http://members.chello.nl/a.wichmann/debrieF.jpg> luettu 18.3.2012
5. Miksi suurnopeuskamerat ovat kalliita <http://ask.metafilter.com/193474/Why-is-the-Phantom-camera-so-expensive> luettu 24. 8.2011
6. FastcamSA1 kameran tietoja http://www.photron.com/index.php?cmd=product_general&product_id=4&product_name=FASTCAM+SA1.1&home=1 luettu 11.9.2011
7. Törmäystestin kuva <http://www.nacinc.com/images/autosafety2.jpg> luettu 18.3.2012
8. RAW tiedosto <http://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/raw> luettu 20.10.2011
9. JPEG tiedosto <http://help.adobe.com/fin/InDesign/5.0/help.html?content=WSa285fff53dea4f8617383751001ea8cb3f-6bce.html> luettu 20.10.2011
10. Kamerassa olevia tietotyyppejä http://www.casio.com/products/archive/Digital_Cameras/High-Speed/EX-FH20/content/Technical_Specs/ luettu 11.9.2011
11. Infradex Oy:n sivut <http://www.infradex.com/fastec.html> luettu 23.10.2011
12. Fujifilm kamera http://www.fujifilm.com/support/digital_cameras/specifications/s/finepix_hs10/index.html luettu 8.11.2011
13. Nikon kamera <http://www.nikonusa.com/Nikon-Products/Product/Compact-Digital-Cameras/26212/COOLPIX-P100.html> luettu 8.11.2011
14. Casion kamera <http://www.gigantti.fi/product/kamerat/digikamerat/EXZR100WH/casio-exilim-zr-100-digikamera-valkoinen> luettu 3.12.2011
15. Kuvaustekniikkaa <http://www.it-line.fi/content/view/34/43/> luettu 23.10.2011
16. Maailman nopein kamera <http://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/biljoona+kuvaa+sekunnissa+maailman+nopein+kamera+kuvaa+valon+liikkeenkin/a739833> luettu 18.3.2012