

Lehmän poikimiskäyttäytymistä indikoivien piirteiden eristys kiihtyvyysdatasta

Tiedonlouhinnan projekti

Ville Kumpulainen (kumpulai@student.uef.fi)

Nina Hänninen (nhannine@student.uef.fi)

Sari Kajava (sari.kajava@mtt.fi)

1. kesäkuuta 2013

1 Aiheen yleiskuvaus

(Sari Kajava)

Karjakokojen kasvun myötä kiinnostus lehmien käyttäytymisen ja hyvinvointitason automaattiseen valvontaan lisääntyy jatkuvasti. Tasaisen ja taloudellisen maidontuotannon turvaamisen vuoksi lehmän on saatava vasikka keskimäärin kerran vuodessa, mutta lypsylehmän onnistuneeseen poikimiseen voi liittyä useita riskitekijöitä. Poikimisen valvonta suurilla tiloilla on hyvin aikaa vievää ja valvontaa vaikeuttaa erityisesti lehmien alttius poikia yöaikaan. Yleensä lehmät kykenevät poikimaan itsenäisesti, mutta poikima-apu on joissain tilanteissa välttämätöntä. Vasikan ja erityisesti lehmän menetys poikimisen yhteydessä aiheuttaa tilalliselle suuret taloudelliset tappiot. Tämän harjoitustyön tavoitteena oli eristää lehmän poikimiskäyttäytymistä indikoivia piirteitä lehmän ihon alle leikatun implantin anturin kiihtyvyysdatasta. Harjoitustyössä kiihtyvyysdatasta yritettiin löytää piirteitä, jotka viittaisivat mahdollisimman tarkasti lehmän lähestyvään poikimiseen (esimerkiksi supistusvälien tiheneminen ja levottomuus).

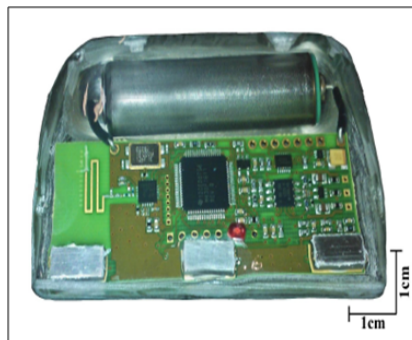
2 Alkuperäinen data

2.1 Yleiskuvaus

(Sari Kajava)

Harjoitustyön aineisto oli kerätty Remowel-hankkeessa, jossa kehiteltiin uutta implantoitavaa teknologiaa lehmien hyvinvoinnin automaattiseen mittaamiseen (Kuva 1). Tutkimus koostui pääpiirteittäin kahdesta isommasta koikeesta, joissa mitattiin kipulääkkeiden ja poikimisen vaikutuksia lehmien sykeväli vaihteluihin. Hankkeessa kehitetty lehmän ihon alle implantoitava mit-

talaite tallensi eläimen sydänkäyrän lisäksi lämpötilaa ja kiihtyvyyttä x-, y- ja z-tasoissa. Tässä harjoitustyössä käsitellään 11 lehmän ihonalaisen implantin 16 Hz:n taajuudella kerättyä kiihtyvyydatasia, joka on kerätty kunkin lehmän poikimisen yhteydessä. Lisäksi jokaiselta lehmältä on tallennettu jatkuvalla videoseurannalla (focal animal sampling, continuous recording) käyttäytymistiedot kaksi vuorokautta ennen poikimista. Jatkuvassa käyttäytymisseurannassa lehmien käyttäytymisestä kirjattiin lähes kaikki eläimen käyttäytymistoiminnot ylös (ks. etogrammi, taulukko 1). Implantin keräämä data ei kerääntynyt itse implanttiin, vaan se lähetettiin implantilta radioteitse datan tallentimelle, joka kirjoitti tulokset muistikortille (Kuva 2). Tallennin oli mittausten aikana kiinnitettynä loimivyöllä lehmän kupeelle.



Kuva 1: Lehmän ihon alle leikattu implantti (kuva Ásgeir Bjarnason).



Kuva 2: Implanttidatan vastaanotin kiinnitettiin lehmän kylkeen loimivyön avulla (kuva Lilli Frondelius).

Taulukko 1: Lehmien käyttäytymisseurannassa käytetty etogrammi (Lilli Frondelius).

| Käyttäytymisloukka | Käyttäytyminen | Käyttäytymisen kuvaus |
|-------------------------------------|--|--|
| 1. Aktiivisuus | 1. liikkuu 2. seisoo 3. makaa | Eläin ottaa useita askeleita siirtyäkseen paikasta toiseen (poikimakarsinassa). Eläin liikkuu kohtalaisen hitaasti siirtäen yhtä jalkaa kerrallaan eteenpäin. Myös peruuttaminen ja kääntyminen. Eläin seisoo paikoillaan vähintään kolmen jalan ollessa kosketuksissa maahan. Eläimen vartalo lepää maassa alemmanpuoleisen takajalan ja reiden, vatsan ja etujalkojen tai toisen kyljen varassa. |
| 2. Syöminen ja juominen | 4. syö 5. juo 6. märehtii | Eläin ottaa suuhunsa rehua, pureskelee ja nielaisee sen Juo, laskee päänsä kuppiin - nostaa sen pois kupista Suupalallinen ruohoa tai rehua (märepala) nousee pötsistä eläimen suuhun (regurgitation), jonka jälkeen eläin pureskelee märepalaa perusteellisesti sivuittaisilla jauhavilla leuan liikkeillä (remastication) ja nielaisee käsitellyn märepalan uudelleen (reswallowing). Seuraa lyhyt (4-5 sekuntia) tauko ennen seuraavan märepalan nousemista pötsistä. |
| 3. Kehon hoito | 7. Kehon hoito 8. Muu/Ei näy | nuolee, raapii tai hankaa itseään |
| Poikimiseen liittyvä käyttäytyminen | Supistukset (epäsäännölliset) | Köyristää selkäänsä, minkä lisäksi voi pitää häntäänsä jäykästi koholla. Makuulla ollessa saattaa ojentaa toisen takajalkansa. (1 – 3 tuntia ennen sikiökalvojen puhkeamista) Vatsassa ja lehmän takaosassa näkyy selvästi rytmikästä liikettä, kun lihakset supistuvat ja rentoutuvat toistuvasti. |
| | Intensiiviset supistukset (säännölliset) | Yleensä makuuasennossa. Ojentaa toisen takajalkansa. Voi kierähtää kokonaan kyljelleen, jolloin ojentaa molemmat takajalat. (alkaen noin puoli tuntia ennen poikimista) Vatsassa ja lehmän takaosassa näkyy selvästi rytmikästä liikettä, kun lihakset supistuvat ja rentoutuvat toistuvasti. |
| | Muita havaintoja | <ul style="list-style-type: none"> • ravitsemuskalvon puhkeaminen, punaruskeat sikiönesteet • vesipää näkyvissä • vesikalvon puhkeaminen, kellertävä sikiöneste • vasikan sorkat näkyviin • vasikka ulos |

2.2 Muuttujat

(Ville Kumpulainen, Nina Hänninen)

Alkuperäinen data oli pakattuna REM-tiedostoihin, jotka sisälsivät mittausdataa sekä pannan että implantin kiihtyvyyksistä, pariston tilasta ja lämpötilasta sekä sydänsähkökäyrästä. Tässä työssä keskityttiin implantin kiihtyvyydataan, koska havaintoja voitiin pitää melko luotettavina anturin kiinteän sijainnin takia. Aikasarjamuotoinen kiihtyvyydata, jota oli kerätty 16 Hz taajuudella yhteensä 11 lehmältä, koostui kolmesta keskenään kohtisuorasta suuntakomponentista x , y ja z . Komponenttien yksiköt eivät olleet tiedossa. Oletuksena oli, että jos lehmä seisoo suorassa, x -akselin positiivinen suunta osoittaa kohti lehmän takapäätä, y -akselin positiivinen suunta kohti kattoa ja z -akselin positiivinen suunta lehmän kyljestä ulospäin. Implantit eivät olleet lehmien nahan alla täysin pystysuorassa, mikä aiheutti todennäköisesti hieman virhettä akselien suuntiin, ja lisäksi lehmän ollessa makuulla tai muussa asennossa akselien suunnat ovat voineet vaihdella merkittävästikin.

2.2.1 Käsitteet

(Ville Kumpulainen)

Havainto Data-aineistosta puhuttaessa hetkittäiset kiihtyvyydet, niistä jalostetut muuttujat ja kyseiseen ajanhetkeen liittyvät toimintomuuttujat.

Toimintojakso Ajanjakso, jolloin lehmä on suorittanut tiettyä toimintoa, esimerkiksi maannut.

Toimintomuuttuja Binäärinen muuttuja, joka ilmaisee tietyn lehmän toiminnon (esimerkiksi makaaminen) hetkellistä tilaa. Jos arvo on 1, tapahtuu toiminto kyseisellä ajanhetkellä, ja vastaavasti 0, jos toimintoa ei tapahdu tarkastellulla ajanhetkellä.

2.3 Anomaliat

(Ville Kumpulainen)

REM-tiedoston rakenteen ja datan mukana seuranneen muuntoskriptin yksityiskohtaisempi tarkastelu paljasti muutamia puutteita, joista johtuen havaintojen ajoitusta oli vaikea arvioida täysin oikein. Tiedostorakenne koostui yksinkertaisista avain-arvolista-pareista, joissa kokonaislukutyypinen avain ilmaisee avainta seuraavan tai seuraavien arvojen tyyppiä; aikaleimaa, näytteenottotaajuuslistausta, aukkokohtaa, EKG:tä tai joko implantin tai panta-anturin yksittäistä kiihtyvyykomponenttia, lämpötilaa tai pariston tilaa. Aikaleima kertoi kuluvan vuoden, kuukauden, päivän, tunnit, minuutit ja sekunnit Suomen aikana. Näytteenottotaajuuslistausta listasi peräkkäin eri havaintojen (kiihtyvyydet, EKG, lämpötilat ja paristojen tilat) näytteenottotaajuudet. Aukkokohta ilmoitti tiedostosta syystä tai toisesta puuttuvan datan määrän tavuissa. Muihin avaimiin liittyvät arvolistat olivat yksittäisiä

arvoja. Kiihtyvyysskomponentit esiintyivät tyypillisesti kolmena välittömästi peräkkäisenä havaintona järjestyksessä x , y ja z .

Yksittäisiä havaintoja ei siis ollut varustettu aikaleimalla, vaan aikaleimat esiintyivät muiden havaintojen ohessa noin minuutin välein. Yksittäisen aikaloikon sisällä saman tyypin havainnot sijoitettiin yksioikeisesti näytteenottotaajuudesta lasketun aikakeston välein välittämättä mahdollisista aukkokohdista. Tämän seurauksena aukkokohdat käytännössä siirtyivät kunkin aikaloikon loppuosaan. Alkuperäisen skriptin toiminnan korjaamisen sijaan lopulta päädyttiin johtopäätökseen olla korjaamatta asiaa, koska useimmat aukkopaidat olivat kuitenkin tyypillisesti pieniä, että kohta oli syytä jättää tarkastelusta kokonaan pois, ja havaintojen viivästyminen toisaalta korjautui aina seuraavan aikasignaalin myötä. Äärimmillään yksittäisen havainnon ajoitusvirhe siis voisi olla liki kokonaisen aikaloikon pituinen, mutta käytännössä virheet olivat merkittävästi vähäisempiä.

Toinen potentiaalinen ongelma olivat puuttuvat arvot yksittäisissä kiihtyvyysskomponenteissa, jolloin yksittäisiin suuntiin tapahtuvista kiihtyvyyksistä ei välttämättä saatu luotettavasti täsmälleen samanhetkisiä kiihtyvyysskomponenttikolmikkoja. Nämä yksittäisiin komponentteihin kohdistuvat häiriöt havaittiin kuitenkin äärimmäisen harvinaisiksi.

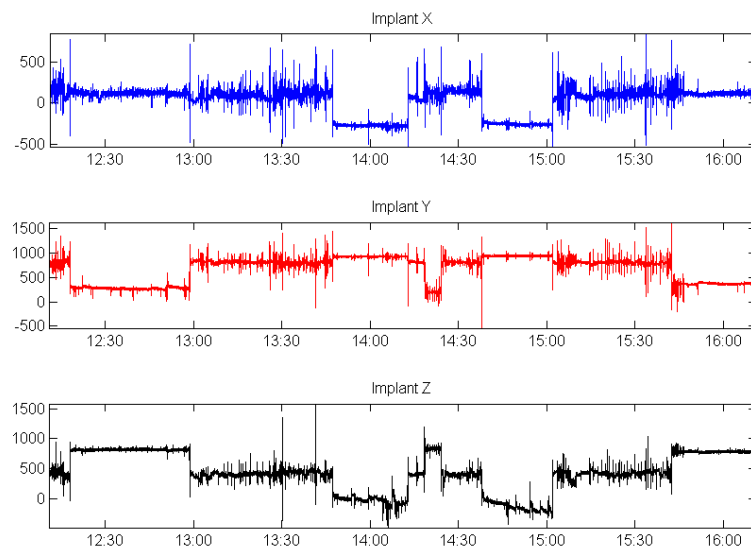
Kiihtyvyyshavainnoissa oli myös suurempia, useamman tunninkin katkoja. Nämä ajanjaksot jätettiin tarkasteluista pois.

3 Esiprosessointi

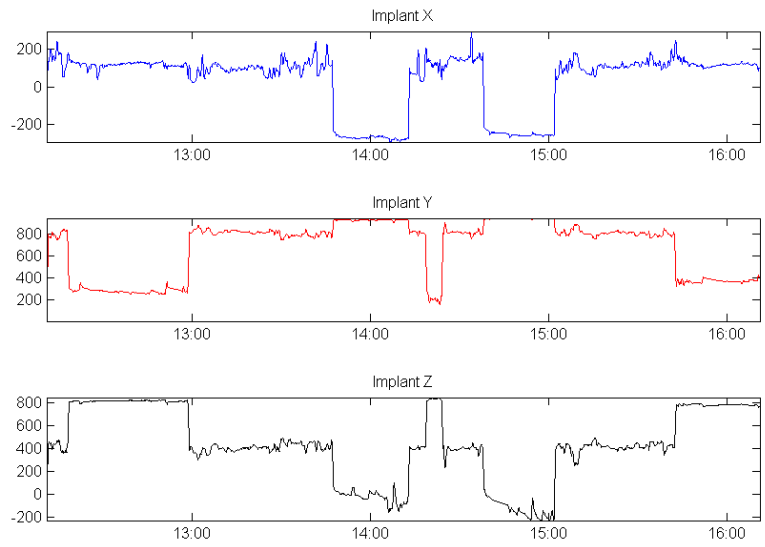
3.1 Alipäästösuodatus (Low-pass Filter)

(Nina Hänninen)

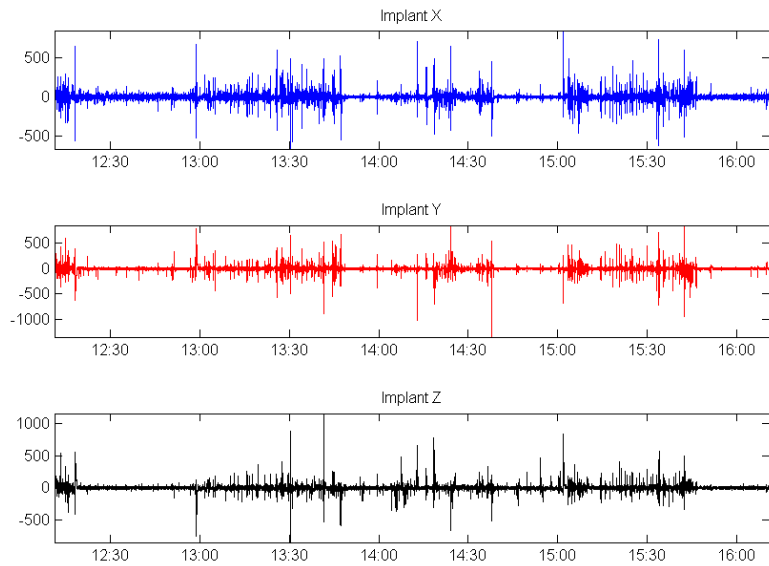
Mittausdataa tarkasteltaessa havaittiin sen olevan „portaakkoinen”, eli signaalin perustaso ei ollut nollakeskiarvoinen, vaan vaihteli pykälittäin mitausanturin asennon muuttumisesta tai muusta syystä johtuen (Kuva 3). Signaalin analysoimisen helpottamiseksi kullekin datapätkälle muodostettiin alipäästösuodatin (Low-pass Filter) (Kuva 4), jonka vähentämällä alkupe-
räisestä signaalista saatiin lopputuloksena nollakeskiarvoinen signaali (Kuva 5).



Kuva 3: Suodattamaton data.



Kuva 4: Muodostettu alipäästösuodatin.



Kuva 5: Suodatettu data.

3.2 Uudet muuttujat

(Ville Kumpulainen)

3.2.1 Alipäästösuodatetut kiihtyvyydet

Alipäästösuodatetuista kiihtyvyydsarvoista tuotettiin uudet muuttujat. Kiihtyvyydsarvojen a suodatus tapahtui kaavalla $a_{lpf}(t) = \frac{a(t)}{501} + \frac{500}{501}a_{lpf}(t-1)$, missä $a(t)$ on kiihtyvyyden arvo ajanhetkellä t ja $a_{lpf}(t)$ on vastaava alipäästösuodatettu arvo ajanhetkellä t . Ajanhetkelle $t = 0$ asetettiin $a_{lpf}(0) = 0$.

3.2.2 Toimintomuuttujat

Tarkasteluja varten tarvittiin myös varmistetut havainnot lehmän kulloisestakin tilasta. Kustakin toimintotyyppistä luotiin uusi binäärinen muuttuja, jonka arvo oli 1, jos kyseinen toiminto oli meneillään kyseisellä ajanhetkellä, ja vastaavasti 0, jos toimintoa ei parhaillaan esiintynyt.

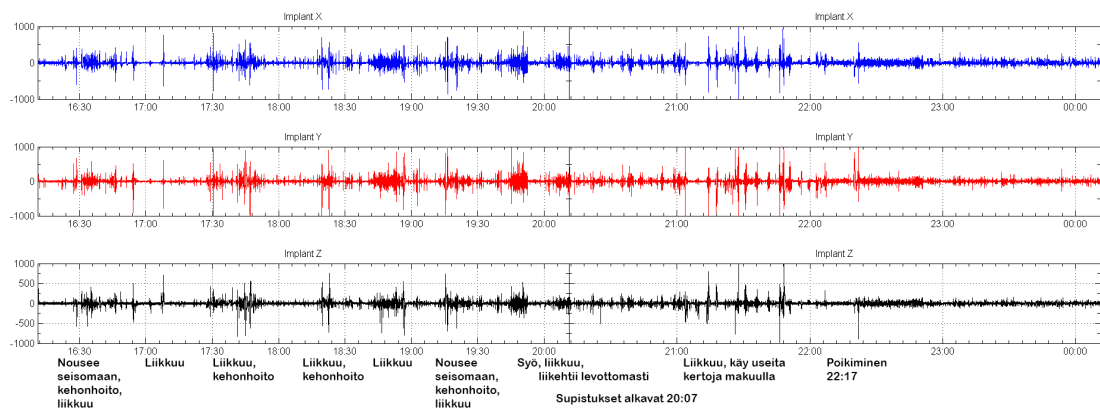
4 Mallinnusmenetelmät ja tulokset

4.1 Lehmän aktiivisuus ennen poikimista

(Nina Hänninen)

Kiihtyvyydsdataa tarkasteltaessa havaittiin, että datasta voitiin erottaa suhteellisen selviä komponentteja, jotka kuvasivat lehmän yleistä aktiivisuutta, kuten liikkumista sekä makuulle menemistä ja makuulta nousemista (Kuva 6). Vastaavasti makuuajanjaksot näkyivät isompien kiihtyvyydskomponenttien puuttumisena. Lehmien käyttäytymishavaintoihin ja datan tarkasteluun perustuen lehmien aktiivisuus ja levottomuus lisääntyivät joitakin tunteja ennen poikimista. Poikimista enteilevien toimintojen tunnistaminen erikseen vaikutti melko haastavalta tehtävältä, joten tässä työssä päätettiin keskittyä tunnistamaan datasta yleisesti aktiiviset ajankohdat, sillä aktiivisuuden lisääntymisen perusteella poikimista voitaisiin ennustaa, etenkin jos aktiivisuutta esiintyy normaalia enemmän esimerkiksi yöaikaan, jolloin lehmät yleensä ovat suhteellisen rauhallisia. Pari tuntia ennen poikimista lehmillä alkaa esiintyä myös supistuksia, joita kuitenkin voi olla vaikea datasta havaita, erityisesti jos samaan aikaan on tapahtunut muuta liikehdintää, jonka aiheuttama kiihtyvyydsignaali peittää heikommalla supistussignaaliin.

Poikimista edeltävä aktiivisuus näkyi hyvin esimerkkidatana käytetyn lehmän (3415) mittauksessa (Kuva 6). Poikiminen kyseisellä lehmällä tapahtui kello 22:17 ja tätä edeltävänä aikana voidaan nähdä useita aktiivisia hetkiä eikä juuri ollenkaan pidempiä makuujaksoja, joita lehmillä yleensä esiintyy. Vastaavasti poikimisen jälkeen eläimen aktiivisuus selvästi laskee, eikä suuria kiihtyvyydsarvoja ole enää havaittavissa.



Kuva 6: Lehmän kiihtyvyydataa ennen poikimista ja sen jälkeen.

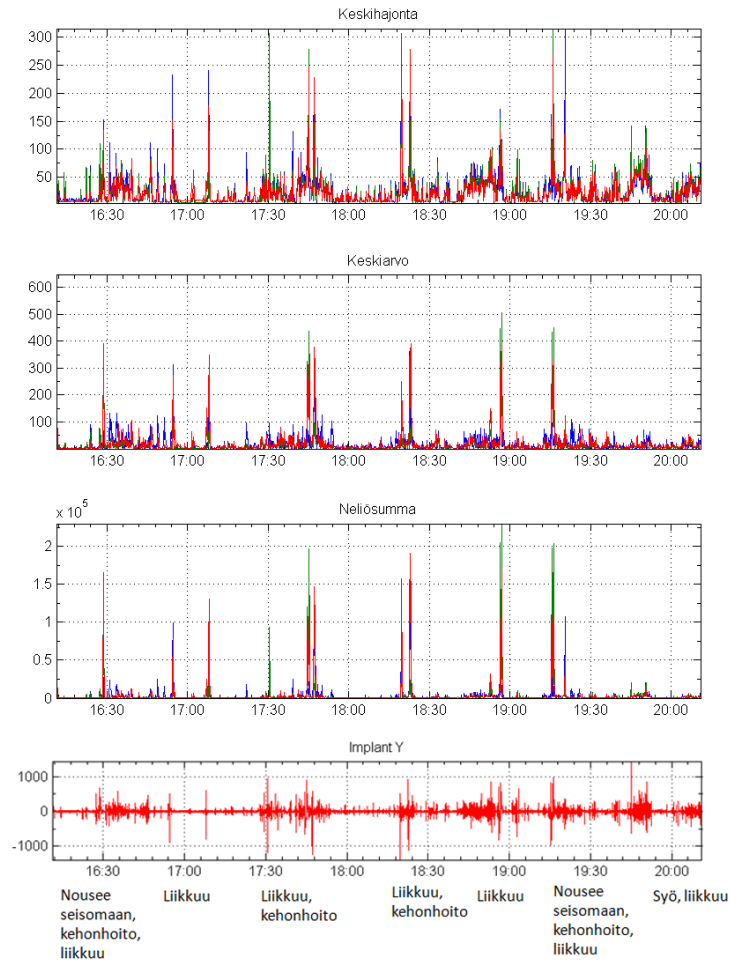
4.2 Keskihajonta, keskiarvo ja neliösumma

(Nina Hänninen)

Mallien laskentaa varten datasta valittiin lehmän 3415 poikimista edeltänyt aktiivisuuden jakso, johon liittyvä kiihtyvyydata suodatettiin nollakeskiarvoiseksi ja suodatetulle datalle laskettiin 10 sekunnin peräkkäisille aikaikkunoille keskihajonnat, keskiarvot ja neliösummat. Tulosten itseisarvot on esitetty kuvassa (7).

Kaikissa lasketuissa parametreissa voidaan havaita selkeitä piikkejä samoilla hetkillä, jolloin eläin on ollut aktiivinen. Keskihajonnassa erottuvat selkeämmin pienemmät vaihtelut, kun taas keskiarvoa laskettaessa lähekkäisinä ajanhetkinä havaitut negatiiviset ja positiiviset piikit voivat osittain kumota toisiaan. Neliösumma korostaa suurimpia signaalipiikkejä, mutta siinä ongelmana voi olla mahdollisten häiriöpiikkien esiintyminen.

Kaikkia valittuja parametreja voitaisiin periaatteessa käyttää yksinkertaisen mallin muodostamiseen, joka määrittäisi mitatusta datasta tietyn kynnyksarvon ylittävät kiihtyvyyden arvot ja määrittäisi ne aktiivisiksi ajanhetkiksi. Aktiivisista hetkistä taas voitaisiin määrittää uusia parametreja, kuten aktiivisten hetkien määrä tietyn aikavälin aikana (esimerkiksi tunnissa) ja sitä kautta todeta lisääntynyt aktiivisuus.

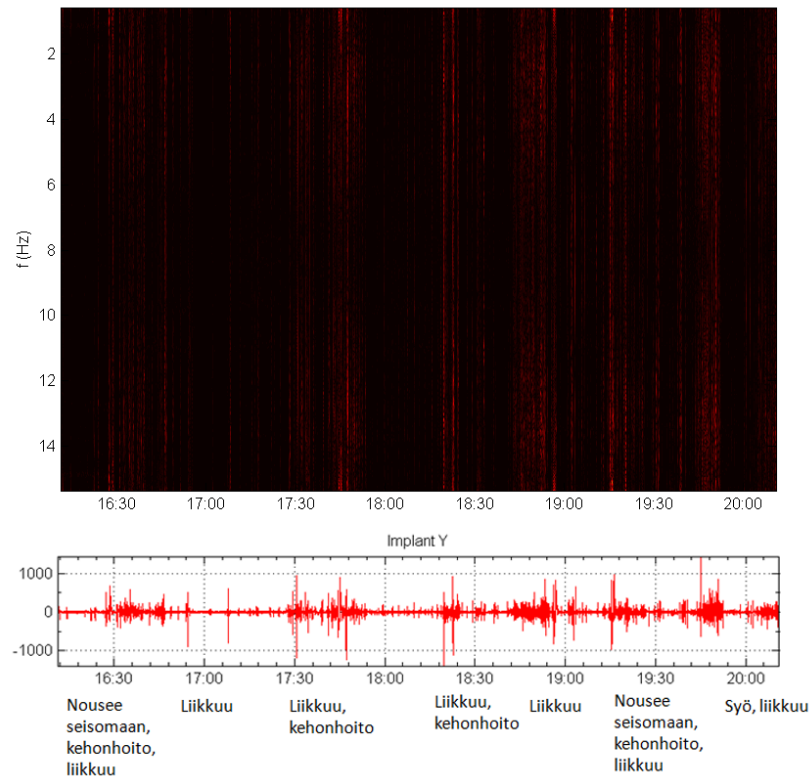


Kuva 7: Kiihtyvyyssdatan pätkälle lasketut keskihajonnat, keskiarvot ja neliösummat eri ajanhetkille (itseisarvot, sininen: x-suunnan kiihtyvyydelle lasketut arvot; punainen: y-suunta; vihreä: z-suunta). Alla on aikahetkiä vastaava y-suunnan kiihtyvyyssdata toimintokuvauksineen.

4.3 Fourier-muunnos

(Nina Hänninen)

Valitulle datalle laskettiin myös 512 pisteen Fourier-muunnos peräkkäisissä aikaikkunoissa kiihtyvyyssdatan eri komponenteille ja saaduista tuloksista muodostettiin spektrogrammit (Kuva 8). Vastaavasti kuten edellisessä kapaleessa määritetyissä parametreissa myös Fourier-muunnoksessa on havaittavissa suurempia taajuuksien arvoja silloin, kun signaalissa esiintyy voimakkaampia kiihtyvyyden arvoja.



Kuva 8: Kiihtyvyyssdatan pätkän y-komponentille laskettu spektrogrammi (kuvaajasta on poistettu kontrastin parantamiseksi matalimmat signaalin perustasoa kuvaavat taajuudet). Alla on samalta ajalta y-suunnan kiihtyvyyssdata toimintokuvauksineen.

5 Kiihtyvyytstasojen tarkastelu

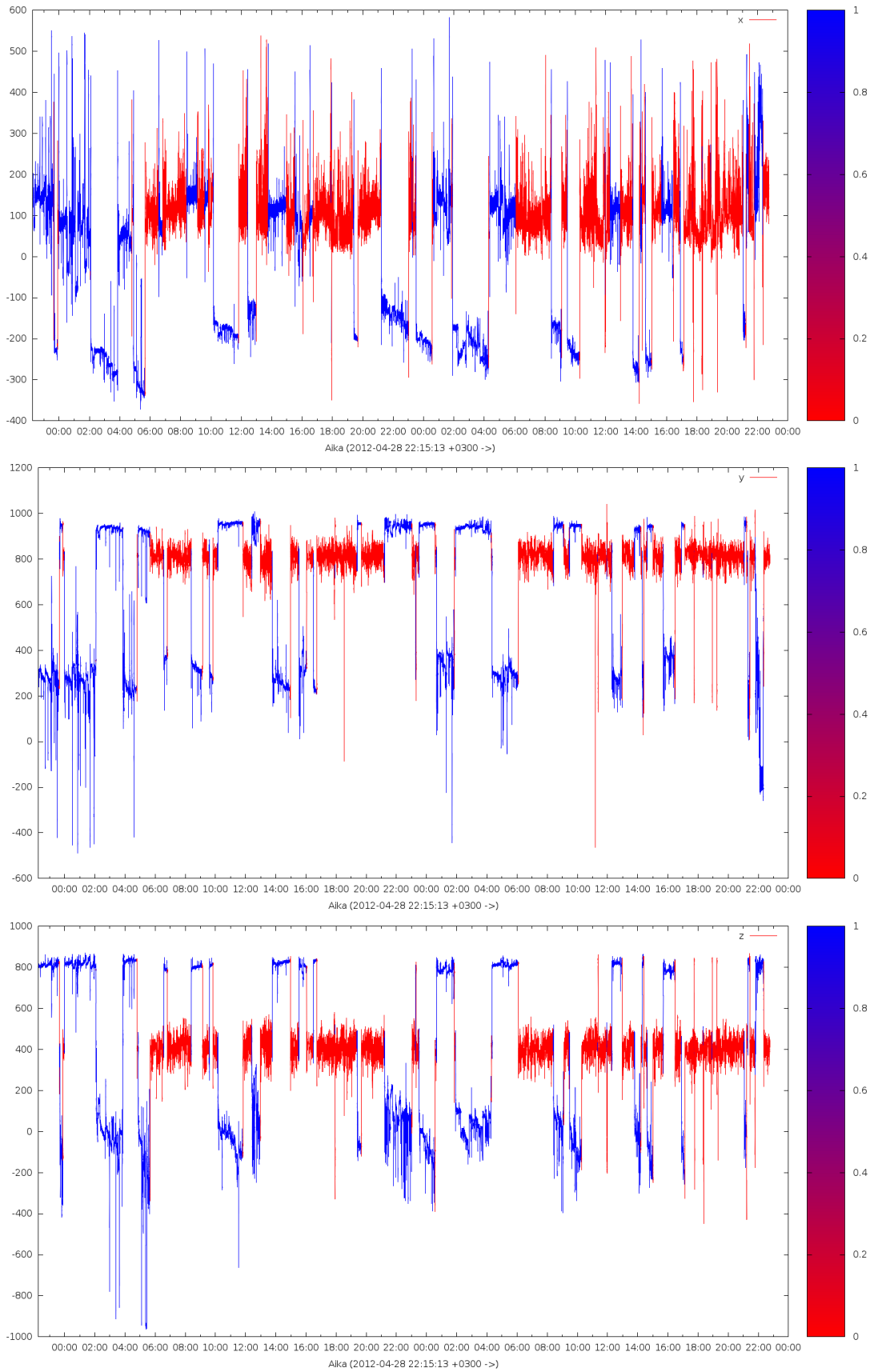
5.1 Visuaalinen tarkastelu

(Ville Kumpulainen)

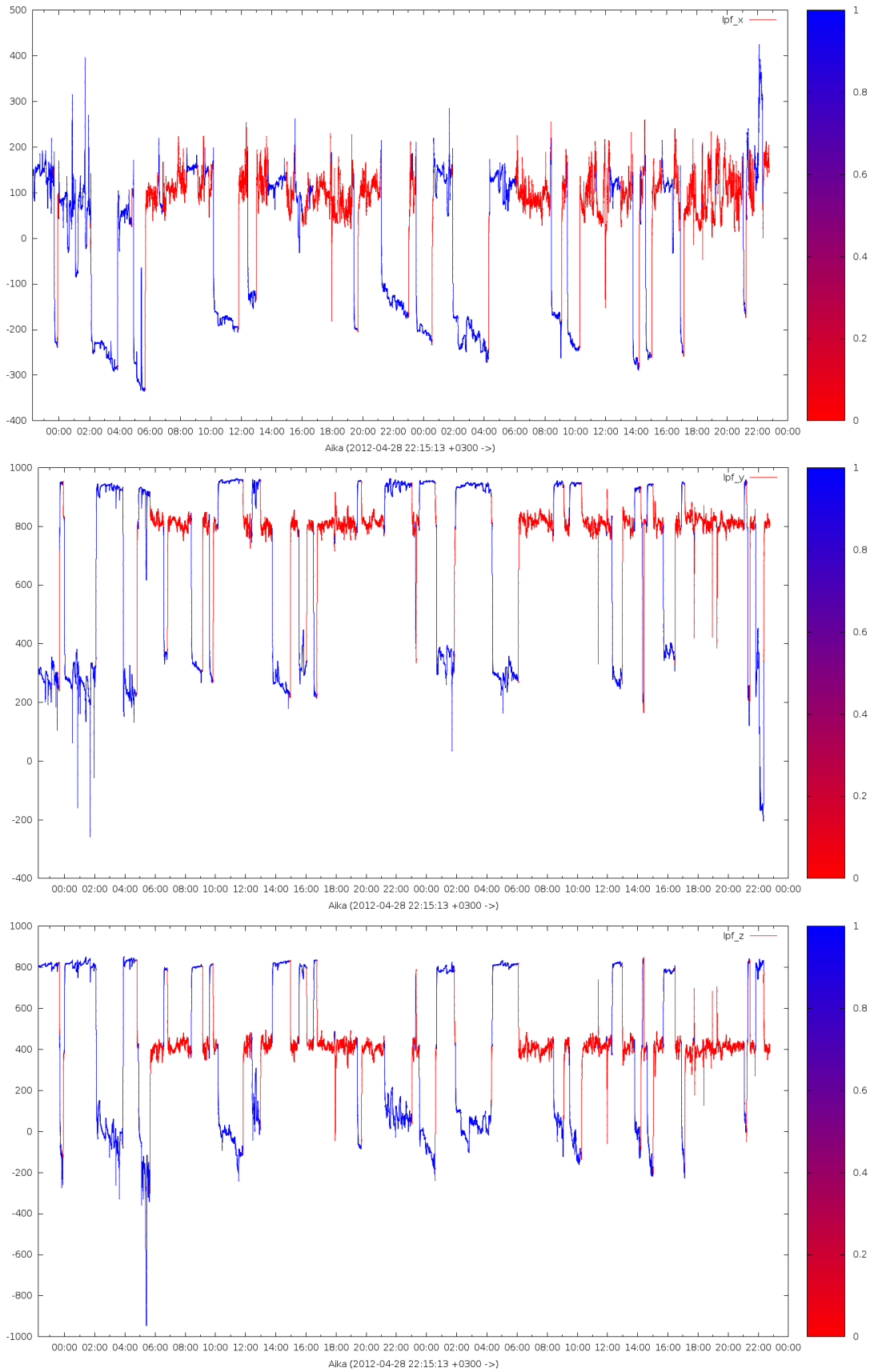
Tarkasteltaessa silmämääräisesti muuttujien välisiä kuvaajia esille nousi havainto makuujaksojen ja kiihtyvyytstasojen välisestä mahdollisesta yhteydestä. Kuvassa 9 on havainnollistettu kiihtyvyytskomponenttien arvoja makuujaksoilla (kuvaaja sinisenä) ja niiden välissä (kuvaaja punaisena). Lisäksi kuvassa 10 havaitaan alipäästösuodattimen lyhyitä hetkittäisiä vaihteluja lieventävä vaikutus, joka on eduksi kuvaajan perustason havainnoimisessa.

Kuvaajien hyppykohdat vaikuttavat liittyvän siis selkeästi vahvistettuihin tilamuutoksiin. Lisäksi esimerkiksi alipäästösuodatetun y-kuvaajan korkeimmat ja matalimmat tasot vaikuttaisivat liittyvän selkeästi lehmän eri makuuasentoihin eri kyljillä, vaikka varmistettuja havaintoja lehmän erilaisista makuuasennoista onkin vielä verrattain vähän ja vain yhdeltä lehmältä. Vaikuttaisi siis alustavasti siltä, että painovoima ja sitä myötä lehmän eri asennot painovoiman suuntaan suhteutettuna tulevat hyvin havainnollisesti esiin implantilta mitatuista kiihtyvyyksistä. Huomattavaa on myös, että heikoimmin erot tulevat esiin x-suuntaisissa kiihtyvyyksissä, joka vastaa hyvin käsitystä anturin tyypillisestä suuntauksesta.

Toinen visualisoinneista seurannut välitön havainto oli, että lineaarisiin lainalaisuuksiin perustuvat lineaarinen regressiomalli tai pääkomponenttianalyysin viimeisistä pääkomponenteista mahdollisesti havaitut muuttujien väliset lineaarisuusominaisuudet eivät tule havaitsemaan makuuasentoa kovinkaan luotettavasti kiihtyvyyksistä tuotetuilla tilastollisilla lyhyen aikakunnan sisäisillä tunnusluvuilla. Tämä havaitaan esimerkiksi kuvan 10 y-suuntaisella kiihtyvyydellä; koska eri makuuasennoille ominaiset kiihtyvyytstasot limittyvät makaamattomuudelle tyypillisen kiihtyvyytstason kanssa, on haastavaa löytää kiihtyvyyshavainnoista suoraan tuotetuille muuttujille tai näiden lineaarikombinaatioille yksinkertaista kynnyсарvoa, joka erottelisi riittävän luotettavasti makuujaksoja muista jaksoista. Väistämättä ainakin toinen makuuasennoista siis sekoittuisi muihin toimintoihin. Olisi toki mahdollista tuottaa uusia muuttujia tarkastelemalla esimerkiksi kiihtyvyyksien ja makaamattomuusjaksoille tyypillisen kiihtyvyytstason erotuksen välistä itseisarvoa, mutta toistaiseksi lineaarisesta mallista kuitenkin luovuttiin.



Kuva 9: Lehmän 3415 kiihtyvyydet suhteessa varmistettuihin toimintoihin (ylhäältä alas järjestyksessä x, y, z).



Kuva 10: Lehmän 3415 alipäästösuodatetut kiihtyvyydet suhteessa varmistettuihin toimintoihin (ylhäältä alas järjestyksessä x, y, z).

5.2 Mutual Information

(Ville Kumpulainen)

Aineistosta poimittiin kultakin makuu- ja makaamattomuusjaksolta alipäästösuodatetuin kiihtyvyysskomponenteittain mediaanit, jotka diskretoitiin 12 tasajaolla valittuun diskreetointiväliin. Peräkkäiset kiihtyvyyssmittaukset, joiden välinen aika oli yli 30 sekuntia, tulkittiin kuuluviksi erillisiin jaksoihin. Tarkasteltaessa muodostettujen muuttujien suhdetta vahvistettuihin makuuluokitteluihin saatiin taulukon 2 mukaiset mutual information -arvot.

Taulukko 2: 12 tasaväliin diskretoitujen alipäästösuodatettujen kiihtyvyyssien ja makuutoiminnon väliset mutual information -arvot.

| Lehmä | x | y | z |
|-------|-------|-------|-------|
| 46 | 0.083 | 0.172 | 0.167 |
| 71 | 0.141 | 0.179 | 0.154 |
| 3342 | 0.045 | 0.085 | 0.095 |
| 3351 | 0.083 | 0.164 | 0.162 |
| 3415 | 0.082 | 0.155 | 0.166 |
| 3421 | 0.052 | 0.112 | 0.112 |
| 4263 | 0.192 | 0.164 | 0.181 |

Havaittiin, että aineiston perusteella y- ja z-suuntaiset kiihtyvyydet vaikuttaisivat tyypillisesti indikoivan lehmien makaamista paremmin kuin x-suuntainen kiihtyvyys. Tämä havainto vastaa hyvin myös käsitystä anturin suunnasta suhteessa lehmään; anturin x-suunta on liki kohtisuorassa painovoimaan nähden lehmän asennosta riippumatta.

6 Johtopäätökset ja jatkokehitysideat

(Ville Kumpulainen, Nina Hänninen)

Lehmiltä implantin avulla mitattujen kiihtyvyyssdatajen analysointi osoittautui mielenkiintoiseksi vaikkakin haastavaksi tehtäväksi. Oma haasteensa oli heti aluksi datan purkaminen käsiteltävään muotoon. Lisäksi mittausanturin datan tallennukseen liittyvän tekniikan havaittiin aiheuttavan pientä mahdollista virhettä datapisteiden ajastukseen, mutta tämän todettiin olevan implanttidatan kohdalla sen verran pientä, että se jätettiin huomiotta.

Erityisesti poikimiseen liittyvien toimintojen tunnistaminen kiihtyvyyssdatasta todettiin sen verran haasteelliseksi, että tässä työssä keskityttiin määrittämään lehmän yleistä aktiivisuutta. Lehmän aktiivisuus ja levottomuus lisääntyvät ennen poikimista, joten näin ollen lisääntyneen aktiivisuuden havaitsemisen avulla poikimista voitaisiin mahdollisesti ennustaa, etenkin jos aktiivisuutta esiintyy normaalia enemmän esimerkiksi yöaikaan, jolloin lehmät yleensä ovat suhteellisen rauhallisia.

Kiihtyvyyssdataa analysoitiin kahdella tapaa. Ensimmäisessä vaiheessa dataa tutkittiin signaalianalyysin näkökulmasta laskemalla signaalin keskihajontaa, keskiarvoa ja neliösummaa sekä Fourier-muunnosta eri ajanhetkillä ja näiden avulla pyrittiin määrittämään lehmän aktiivisuutta kuvaavia suuria

kiihtyvyyden arvoja ja niiden ajanhetkiä datasta. Toisessa vaiheessa tutkittiin signaalin perustason vaihteluun vaikuttavia tekijöitä.

Kiihtyvyyssignaalin perustason havaittiin vaihtelevan lehmän asennon ja sitä kautta anturin asennon mukaan, jolloin signaalianalyysia varten signaalin portaakkuus poistettiin alipäästösuodatuksen avulla. Toisaalta alipäästösuodatuksen antamaa tulosta perustason vaihtelusta voitiin hyödyntää lehmän asennon määrittämisen perustana. Mielenkiintoista oli, että datasta pystytäisiin mahdollisesti näkemään myös se, millä kyljellä lehmä makaa.

Signaalianalyysissa muodostettujen parametrit, etenkin signaalin keskiarvot ja neliösummat, vaikuttivat suhteellisen hyvin soveltuvan lehmän aktiivisten hetkien arviointiin. Parametreja voitaisiin käyttää yksinkertaisen mallin muodostamiseen, joka määrittäisi mitatusta datasta tietyn kynnsarvon ylittävät kiihtyvyyden arvot ja määrittäisi ne aktiivisiksi ajanhetkiksi. Koska kiihtyvyyksakselien suunnat vaihtelevat lehmän asennon mukaan, voisi olla järkevämpää soveltaa signaalianalyysin malleissa eri komponenteista yhdistettyä kokonaiskiihtyvyyttä, jolloin suuntien merkitys katoaisi.

Tarkasteltavana olleen aineiston perusteella vaikuttaisi siltä, että eri kiihtyvyysskomponenttien perustaso on oleellisessa osassa lehmän asentojen tunnistamisessa. Havaintojen pohjalta muodostettiin luokittelija, joka arvioi komponentteittain makuutoiminnon ehdollisia todennäköisyyksiä diskretoiduilla alipäästösuodatetuilla kiihtyvyyksillä ja käytti heuristista päättelysääntöä näiden arvioiden yhdistämiseksi. Valitettavasti kurssin aikataulun puitteissa luokittelijaa ei ehditty testaamaan luotettavasti.

Lehmän asentoon perustuvan mallin avulla aktiivisuus voitaisiin määrittää makuujaksojen puuttumisena. Ennen poikimista lehmän levottomuus esiintyy pidempien makuujaksojen puuttumisena, joten tätä kautta mallia voitaisiin hyödyntää poikimisen ennustamisessa. Sekä signaalianalyysiin perustuvat mallit että asennon luokitteluun tähtäävät mallit kaipaavat vielä lisäkehittelyä, mutta ainakin alustavien tulosten perusteella ne vaikuttaisivat suhteellisen toimivilta.