M. Pesonen ym. (2026)
https://doi.org/10.33354/smst.181012

Teknologiset innovaatiot naudanlihantuotannossa

Maiju Pesonen[1], Leena Tuomisto[2] ja Arto Huuskonen[2]

[1] Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki

[2] Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Halolantie 31A, 71750 Maaninka

email: arto.huuskonen@luke.fi

Vuosien 2023–2025 aikana toteutetussa TeknoNauta-hankkeessa hankittiin ja testattiin erilaisia nautatiloille soveltuvia laitteita. Tässä esityksessä nostetaan esiin keskeisimpiä hankkeen aikana tehtyjä havaintoja. Teknologiset ratkaisut auttavat tuottajia optimoimaan tuotantopanoksia, vähentämään hukkaa ja tekemään tarkempia, tietoon perustuvia päätöksiä koko tuotantoketjun ajan. Näin voidaan lisätä tuottoja ja samalla pienentää yksikkökustannuksia sekä vahvistaa tilojen kilpailukykyä muuttuvassa toimintaympäristössä. Teknologiaratkaisut tarjoavat keinon automatisoida työtehtäviä, vähentää kustannuksia, optimoida resurssien käyttöä ja parantaa eläinten terveyttä ja hyvinvointia, mikä tukee tilojen kannattavuutta. Älykkäät eläimen korvaan tai jalkaan kiinnitettävät kiihtyvyysanturiteknologiaa hyödyntävät anturit seuraavat reaaliaikaisesti eläinten terveyttä ja käyttäytymistä. Tämä mahdollistaa sairauksien ja hyvinvointiongelmien nopean havaitsemisen, mikä lyhentää hoitoaikoja, vähentää tuotantotappioita ja parantaa eläinkohtaista tuottavuutta. Laiduntavien eläinten GPS-pohjainen seuranta mahdollistaa laidunalueiden tehokkaan hyödyntämisen ja ruokinnan kohdentamisen, mikä lisää rehun hyväksikäyttöastetta ja alentaa rehukustannuksia. GPS-seuranta helpottaa eläinten hyvinvoinnin valvontaa laitumilla. Kannettavat NIR (Near-infrared spectroscopy) -rehuanalysoijat tarjoavat nopean ja tarkan ravintoarvoanalyysin suoraan tilalla. Tämä auttaa optimoimaan ruokinnan tuotosvaatimuksiin perustuen, mikä nostaa rehun tuotantovaikutusta ja parantaa tulosta. Ihon pintalämpötilaa mittaavat infrapunalämpökamerat tarjoavat ei-invasiivisen ja nopean menetelmän eläinten terveydentilan arviointiin ja auttavat varhaisessa diagnosoinnissa, parantaen seurantaa ja pienentäen tuotantoriskejä. Ympäristöolosuhteita reaaliaikaisesti mittaavilla antureilla voidaan valvoa eläintilojen mikroilmastoa, mikä parantaa eläinten hyvinvointia ja tukee korkeaa tuotantotasoa. Bioturvallisuutta parantavat ratkaisut, kuten UV-desinfiointi ja lintujenkarkotuslaitteet, ehkäisevät tautien leviämistä ja suojaavat investointeja. Mekaaniset karjaharjat parantavat eläinten hyvinvointia ja vähentävät stressiperäisiä tuotannonmenetyksiä. Tallentava kameravalvonta mahdollistaa tilojen ja eläinten etävalvonnan, mikä parantaa turvallisuutta ja säästää työaikaa. Ennen teurastusta käytettävä ruhoultraääniteknologia tehostaa teurasoptimointia ja lisää tuloja markkinointitarkkuuden ansiosta. Teknologian integrointi naudanlihantuotantoon ei ole vain tuotantotekninen edistysaskel, vaan strateginen keino parantaa tuottavuutta, laatua ja taloudellista tulosta kestävällä tavalla. Teknologioiden integrointi mahdollistaa tuotantoprosessien automatisoinnin, riskienhallinnan parantamisen sekä tuotantokustannusten pienentämisen, mikä yhdessä johtaa parempaan taloudelliseen tulokseen sekä ympäristöllisesti ja eläinten hyvinvoinnin kannalta kestävämpään tuotteeseen.

Avainsanat: naudanlihantuotanto, teknologia, kestävyys, eläinten hyvinvointi

Johdanto

Erilaisten teknologioiden käyttö naudanlihatuotannossa ei ainoastaan paranna eläinten hyvinvointia ja tuotannon tarkkuutta. Teknologioilla on myös merkittäviä taloudellisia ja valvontatyötä keventäviä vaikutuksia. Automaattiset seuranta- ja valvontajärjestelmät vähentävät rutiininomaisten tarkastusten ja manuaalisen havainnoinnin tarvetta. Kun eläimiä ja ympäristöolosuhteita voidaan valvoa etänä, työkuorma kevenee ja työajan voi kohdentaa tehokkaammin eläinten hoitoon ja tuotannon kehittämiseen.

Vuosien 2023–2026 aikana Luonnonvarakeskuksen (Luke) Ruukin toimipisteessä toteutetussa Edistyksellisellä teknologialla tukea nautakarjatalouteen (TeknoNauta) -hankeparissa testattiin erilaisia nautatiloille soveltuvia laitteita. Hankepariin kuuluivat investointihanke ja kehittämishanke. Hankeparin yleistavoitteena oli resurssitehokkuuden, eläinterveyden ja kilpailukyvyn edistäminen naudanlihantuotantoketjussa. Tähän raporttiin on koottu tietoa ja havaintoja keskeisimmistä TeknoNauta-hankeparissa hankituista ja testatuista laitteistoista.

Karjaharjat

Naudoilla on voimakas tarve kehonhoitoon. Laidunolosuhteissa naudat hankaavat itseään mm. puihin, aitoihin ja kiviin, erityisesti niiltä kehon alueilta, joihin kieli ei yllä (Goncu ym. 2019, Strappini ym. 2021, Reyes ym. 2022). Rakennetussa ympäristössä sopivia hankauskohteita on vähemmän. Niiden puute voidaan ratkaista asentamalla eläintiloihin karjaharjoja tai muita kehonhoitoon tarkoitettuja rakenteita. Tuoreessa Euroopan Ruokaviraston julkaisemassa lihanautojen hyvinvointia käsittelevässä raportissa (EFSA 2025) suositellaan, että lihanaudoilla on

© CC BY 4.0

M. Pesonen ym. (2026)
https://doi.org/10.33354/smst.181012

käytössään karjaharja tai jokin muu sopiva virike. Karjaharjat vaikuttavat positiivisesti eläinten hyvinvointiin rakennetussa ympäristössä. Karjaharjat toimivat nautakasvattamoissa virikkeinä, jotka mahdollistavat naudoille kehonhoidon toteuttamisen ja vähentävät turhautumista, tekemättömyyttä ja epänormaaleja käyttäytymistoimintoja (Goncu ym. 2019, Ninomiya ym. 2019, Reyes ym. 2022). Kasvutuloksiin tai rehunkäyttöön karjaharjalla ei ole ollut vaikutusta (Ninomiya ym. 2019, Park ym. 2020, Dunston-Clarke ym. 2024). TeknoNauta-hankkeessa Luke Ruukin tutkimuspihattoon hankittiin mekaaniset, nimenomaan kasvaville lihanaudoille suunnitellut harjat heilurivarrella (EasySwing Midi). Kyseinen harja ei vaadi sähköä. Harjaosa liikkuu heilurivarren varassa, mikä mahdollistaa harjan monipuolisen käytön. Eläimet voivat rapsuttaa päätään ja kylkiään harjaan ja halutessaan nostaa harjan selkänsä päälle, mikä mahdollistaa ylettymisen muutoin vaikeasti tavoitettaville kehon alueille. Harjat ovat olleet Luke Ruukin lihanautapihatossa kasvavien sonnien käytössä lähes vuoden ajan, eikä vikoja ole ilmennyt. Eläimet käyttävät niitä päivittäin kehonhoitoon. Lisäksi harjat herättävät eläimissä leikkikäyttäytymistä.

UV-desifiointilaitteet

Kotieläintuotantoyksiköitä voidaan pitää korkean riskin ympäristöinä erilaisten bioturvallisuusriskien osalta. Jokaisessa kotieläinyksikössä on toiminnallisia tekijöitä, jotka lisäävät bioturvallisuusriskiä. Näitä ovat mm. suuri eläintiheys, eläinten vastaanottaminen useilta tiloilta, eläinten siirrot, tilan toimintatavat, käytetyt rehut ja vesi. Bioturvallisuusriskit voivat muodostua erilaisista tartuntataudeista, jotka voivat kulkeutua kaikkien tilalla vierailevien ja työskentelevien mukana. Bioturvallisuuteen kuuluvat tilalla tapahtuvan liikennöinnin valvonta, riskien ennaltaehkäisy, puhdistus, desinfektio ja tuholaistorjunta (Brandt ym. 2008). UV-desinfiointilaitteet toimivat tyypillisesti UV-C-säteilyn aallonpituusalueella 200–280 nm. Tämä aallonpituusalue inaktivoi mikro-organismeja aiheuttamalla fotokemiallisia vaurioita nukleiinihappoihin, mikä estää niiden replikaation ja mikro-organismien lisääntymisen (Mendes ym. 2022). UV-desinfiointilaite on tehokas desinfektiomenetelmä bakteereita, viruksia ja monia sieniä vastaan. Kaupallisia UV-desinfiointilaitteita kutsutaan usein UV-laatikoiksi. Näitä käytetään maataloudessa ja terveydenhuollossa kädessä pidettävien esineiden (puhelimet, työkalut, pienet laitteet) desinfiointiin ennen niiden viemistä biosuojatulle alueelle. UV-laatikoiden käyttö voi vähentää erilaisten vektorivälitteisten bioturvallisuusriskien esiintymistä kotieläinyksiköissä, jotka voivat siirtyä ”puhdas-likainen”-rajan yli esimerkiksi työvälineiden, diagnostisten laitteiden ja henkilökohtaisten tarvikkeiden välityksellä (Ruston ym. 2021, Mendes ym. 2022). Jo lyhyet jaksot (1–5 min) voivat inaktivoida erilaisia mikrobeja erilaisilta kiinteiltä pinnoilta. Huokoisilla pinnoilla desinfektioteho on heikompi (Ruston ym. 2021, Mendes ym. 2022). TeknoNauta-hankkeessa hankittiin kaksi osin eri käyttöön tarkoitettua UV-laatikkoa parantamaan Luke Ruukin tutkimuspihaton bioturvallisuutta. Laitteita käytetään erityisesti ”puhdas-likainen” -rajalla estämään mikrobien siirtymistä eläinhalliin tai ulos eläinhallista. LF CAB -desinfiointikaappi seisoo pysyvästi omilla jaloillaan ja sopii hieman suurempien esineiden desinfektioon. Pienempi IQ-mobile-desinfiointilaatikko on siirrettävä ja sitä voi käyttää akulla tai verkkovirralla. Molemmat laitteet käyttävät UVC-säteilyn aallonpituutta, mikä on tehokas mikrobien DNA- ja RNA-ketjut tuhoamisessa. UVC-desinfioimislaitteita on hyödynnetty Luke Ruukin lihanautapihatossa eläinhallissa mukana kulkevien, muutoin hankalasti puhdistettavien, esineiden desinfioinnissa. Esimerkiksi matkapuhelimia, kuulosuojaimia, otsalamppuja ja kyniä desinfioidaan laitteilla.

Lintujen karkotusjärjestelmät

Pahimmillaan linnut (erityisesti kottaraiset, varpuset, kesykyyhkyt ja varislinnut) kokoontuvat suurina määrinä suljettujen nautatilojen ympärille. Suuri määrä lintuja aiheuttaa riskin rehujen ja veden mikrobikontaminaatiolle (Shwiff ym. 2012). Lintujen karkottaminen alueilta, joihin lintuja ei toivota, on tilan bioturvallisuudesta huolehtimista. Karkottimilla tai pelotelaitteilla pyritään muuttamaan lintujen käyttäytymistä niitä tappamatta. Menetelminä käytetään usein erilaisiin aisteihin perustuvia menetelmiä. Karkottimet luokitellaan visualisiin (heijastinteipit, petoleijat, laserit), auditiivisiin (tykit, bioakustiikka) ja kemiallisiin (aversiiviset aineet). Säikäytys- tai pakoreaktio perustuu äkilliseen ääneen tai valoon. Lintujen karkotus on usein haastavaa, koska linnut oppivat ja tottuvat karkotteisiin helposti (Gilsdorf ym. 2003). Kun käytetään usean eri karkotemenetelmän yhdistelmää, petomallit ja erilaiset heijastinkarkotteet toimivat johdonmukaisesti noin 60 minuutin ajan. Vastaavasti äänilaitteiden ja kemiallisten karkotteiden teho on vaihtelevampaa (Hornain ja Rosely 2025). Tottuminen ja käyttöstrategia, ajoitukset, satunnaisuus ja yhdistelmät, vaikuttavat merkittävästi pitkäaikaiseen tehokkuuteen (Gilsdorf ym. 2003, Klug ym. 2023). TeknoNauta-hankkeessa hankittiin erilaisia lintujenkarkotukseen tarkoitettuja laitteita käytettäväksi Luke Ruukin tutkimuspihaton läheisyydessä. BirdAlert 2.0 -laitteisto yhdistää eri karkotusmenetelmiä. Laitteen mikrofoni kuuntelee ympäristön ääniä ja tunnistaa lähistöllä oleskelevan lintulajin sen äänien perusteella. Laite soittaa kaiuttimien kautta kyseisen lajin hätähuutoa. Laite tunnistaa hanhet, varislinnut, lokit ja kottaraiset. BirdAlert 2.0 -laitteiston lisälaitteita ovat verkkovirralla toimiva kaasutykki ja akkukäyttöinen ilmalla täyttyvä pelotinhahmo. Ääni

M. Pesonen ym. (2026)
https://doi.org/10.33354/smst.181012

ja valo lisäävät pelotinhahmon tehoa. Äänikarkotus ja pelotehahmo ovat ehtineet olla käytössä Luke Ruukin pihaton läheisyydessä rehunvalmistusalueella usean kuukauden ajan syksyllä ja syystalvella (pelotehahmo vain sulan maan aikana) ja käyttökokemus on ollut positiivinen: naakkojen ja varisten määrä alueella on tuntunut vähentyneen.

Reaaliaikainen eläinsuojan olosuhdeseuranta

Rakennetussa ympäristössä ilman laatu, lämpötila ja kosteus vaikuttavat suoraan eläinten hyvinvointiin. Heikko ilman laatu heikentää eläinten terveyttä ja altistaa taudeille. Liian kuuma ja kostea ilma aiheuttaa lämpöstressiä ja heikentää tuotantoa. Olosuhdeanturien keräämä data helpottaa ympäristöolosuhteiden hallintaa. Jatkuva reaaliaikainen ympäristöolosuhteiden seuranta on nousemassa yhdeksi keskeiseksi osaksi täsmäkarjataloutta (PLF) ja IoT-pohjaista kotieläintalouden hallintaa (Bordignon ym. 2025, Losacco ym. 2025). IoT-antureihin perustuvissa järjestelmissä lämpötila, kosteus, kaasupitoisuudet ja ilmanvaihtoparametrit mitataan tiheästi ja tiedot välitetään langattomasti palvelimelle, jossa ne visualisoidaan ja hyödynnetään päätöksen tekoon (Ozger ja Cihan 2024, Provolo ym. 2025). TeknoNauta-hankkeessa Luke Ruukin tutkimuspihattoon hankittiin 11 RuuviTag Pro -anturia, jotka mittaavat jatkuvasti lämpötilaa, ilmankosteutta, ilmanpainetta ja anturin liikettä. RuuviTag Pro -anturien suojausluokka on IP6, ja niissä on pitkäikäiset (12–14 kk), vaihdettavat paristot. Anturit ovat pölytiiviitä ja roiskeveden kestäviä, mutta ne eivät sovellu kondensoiviin olosuhteisiin. Laitteisto ollut käytössä Luke Ruukin tutkimuspihatossa puolen vuoden ajan ja tänä aikana se on toiminut moitteettomasti.

Tallentava kamerajärjestelmä

Eläintiloihin asennettu kameravalvontajärjestelmä mahdollistaa eläinten aktiivisuuden seurannan ryhmätasolla, ruokinta- ja lepoalueiden käytön tarkastelun sekä stressin, levottomuuden ja hierarkiakäyttäytymisen havaitsemisen. Jatkuvan kameravalvonnan avulla voidaan seurata automaattisesti ja ei-invasiivisesti eläinten käyttäytymistä, terveyttä ja hyvinvointia karja-, karsina- ja yksilötasolla. Tallenteiden avulla analyysiä voidaan kohdentaa tarvittaessa tiettyihin karsinoihin tai yksilöihin. Jatkuvan valvonnan ja tallenteiden yhdistämisellä pystytään havaitsemaan harvinaiset ja lyhytaikaiset tapahtumat (esim. aggressiot), jotka voivat jäädä huomiotta yksittäistäisillä valvontakäynneillä (Wurtz ym. 2019). Tietokonenäköön perustuva tutkimus on osoittanut, että videojärjestelmillä voidaan tunnistaa erilaisia käyttäytymismuotoja, esimerkiksi syöntiä, juontia, lepoa, sosiaalista käyttäytymistä ja ontumista. Kaikki nämä käyttäytymistoiminnat vaikuttavat tuotantoon ja eläimen hyvinvointiin (Chen ym. 2021, Qiao ym. 2021). TeknoNauta-hankkeessa Ruukin lihanautapihattoon hankittiin tallentava kameravalvontajärjestelmä. Kaikki hankitut kamerat olivat haastaviin ulko-olosuhteisiin soveltuvia Milesight AI Zoom Dome 5 MP valvontakameroita. Suuren tallennettavan datamäärän vuoksi järjestelmä toteutettiin suljettuna ja paikallisena vaikka myös pilveen tallentaminen olisi mahdollista.

Eläinten paikannuslaitteet laitumelle

GPS-paikannuslaitteet ovat muuttaneet laiduntavien nautojen seurantaa ja jopa hallintaa. GPS-paikannin voi tuottaa korkean resoluution aika-paikka-dataa eläinten sijainnista ja liikkeistä kaikenlaisilla laidunalueilla (Bailey ym. 2018, Turner ym. 2000, Obermeyer ym. 2025). Uudet GPS-järjestelmät tarjoavat tiheitä paikannuksia mm. parantuneiden akkujen ansioista. Järjestelmiin on myös integroitu 3-akselisia kiihtyvyysantureita ja gyroskooppeja, jotka mahdollistavat käyttäytymisen luokittelun (Bailye ym. 2018, Versluijs ym. 2023, Obermeyer ym. 2025). TeknoNauta-hankkeen kahdella kumppanuustilalla testattiin kesällä 2025 laidunkauden ajan Laidunna.fi -paikannusjärjestelmää. Järjestelmä koostuu kevyistä eläimen kaulapantaan kiinnitettävistä GPS-paikannuslaitteista ja pilvipalvelusta. Paikannustiedot tallentuvat pilvipalveluun, josta eläinten sijaintia voi tarkastella ilmakuvalta tai peruskarttapohjalta puhelimella, tabletilla tai tietokoneen selaimella. Tietokoneen selaimella voi karttapohjalle piirtää ja tallentaa laidunalueiden rajoja ja kytkeä tekstiviestihälytyksen, mikäli paikanninta kantava eläin poistuu valitulta alueelta. Laidunna.fi toimii Digitan koko maan kattavassa LoraWAN radioverkossa. Puhelinliittymäsopimuksi ja niiden SIM-kortteja ei tarvita. Paikantimissa on vaihdettavat sormiparistot, jotka kestävät koko laidunkauden.

Reaaliaikainen ultraäänimittaus

Reaaliaikainen ultraäänimittaus (RTU) on ei-invasiivinen menetelmä elävien eläinten teurasominaisuuksien arviointiin. Ultraäänimittausta käytetään erityisesti nautojen, lampaiden ja sikojen teurasominaisuuksien arviointiin ja jalostusvalintaan. Ultraäänimittauksessa mitataan pintarasvan paksuus, selkälihaksen paksuus ja -pinta-ala sekä lihaksen sisäisen rasvan osuus. Mittaustulokset tukevat jalostusvalintaa, ruokinnan suunnittelua ja teuraslaadun ennustamista (Perkins ym. 1992, Herring 2014). Toisin kuin teurasruhosta muodostettavat tulokset (EUROP rasva- ja lihakkuusluokka sekä teuraspaino), ultraäänimittaus on nopea ja voidaan toistaa eläimen kasvatusaikana useamman kerran (Brethour 2000). Teknologiset innovaatiot tulevat parantamaan ultraäänikuvantamisen käytettävyyttä.

M. Pesonen ym. (2026)
https://doi.org/10.33354/smst.181012

Tekoälypohjainen automaattinen kuvantulkinta nopeuttaa analyysiä ja lisää mitattujen ominaisuuksien tarkkuutta. Korkeampitaajuisilla antureilla olisi mahdollista parantaa analysoitavien kuvien resoluutiota ja erityisesti lihaksen sisäisen rasvan mittaamisen tarkkuutta. Ultraäänimittaustuloksiin voidaan yhdistää genomitestauksen tuloksia, jolloin jalostusvalinta muodostuu tarkemmaksi. Lihasultraäänimittaus on nopea, luotettava ja käytännöllinen menetelmä teurasominaisuuksien arviointiin elävästä eläimestä. Oikein kalibroiduilla laitteilla ja hyvin koulutetuilla mittaajilla ultraäänimittaus tuottaa tarkkoja arvioita kudosten paksuuksista, pinta-aloista ja lihaksen sisäisistä ominaisuuksista. Kuvantamistekniikan ja automaattisten analyysien kehittyessä menetelmän hyödyntäminen jalostuksessa ja tuotannon optimoinnissa tulee todennäköisesti lisääntymään.

Diagnostinen lämpökuvantamislaite

Infrapunalämpökuvaus (IRT, infrared thermography) on eläimeen kajoamaton menetelmä, joka mittaa eläimen pinnasta lähtevää infrapunasäteilyä ja muuntaa sen lämpötilakartaksi eli lämpökuvaksi. Lämpökameratekniikka on herättänyt kasvavaa kiinnostusta kotieläintuotannossa, sillä sen avulla voidaan havaita sairauksia, tulehduksia, vammoja, lämpöstressiä ja hyvinvointiongelmia jo varhaisessa vaiheessa (McManus ym. 2022). Lihanaudoilla varhainen terveysongelmien tunnistus voi parantaa kasvutuloksia ja hyvinvointia sekä vähentää lääkitsemisen tarvetta. Lämpökuvatekniikan käyttö naudanlihantuotannossa vaatii kuitenkin lisää tutkimusta. Lämpökuvatekniikan yhdistäminen tekoälyyn ja automatiikan lisääminen kuvantamisprosessiin lisäisi kuvantamisen käyttökelpoisuutta lihanautatilojen arjessa (Wang ym. 2023). Lisätutkimus olisi tarpeen erityisesti lämpöstressin, sorkkasairauksien ja hengitystietulehdusten varhaisessa havaitsemisessa aina nuorista eläimistä loppukasvatusvaiheeseen. Lämpökuvantamista on käytetty naudoilla mm. kehonpinnan lämpötilan seurantaan, tulehdusten (esim. sorkkaongelmat, utaretulehdus) tunnistamiseen sekä lämpöstressin arviointiin. Lämpökuvantamistekniikka on osoittautunut objektiiviseksi menetelmäksi mm. vasikoiden lämpöstressin seurantaan (Unruh ym. 2017). TeknoNauta-hankkeessa hankittiin lämpökuvantamisjärjestelmä, joka koostuu Thermidas IRT-384 Tablet lämpökuvantamislaitteesta, analysointitabletista ja pilvipalvelusta kuvien säilyttämiseen. Ruukin lihanautapihatossa lämpökuvantamista käytetään eläinten sairauksien ja vammojen diagnosoinnin tukena. Terveissä eläimissä kehon lämpötilaerot ovat symmetrisiä molemmin puolin kehoa. Vammat ja tulehdukset aiheuttavat epäsymmetriaa ja jotta se voidaan havaita, lämpökuvat otetaan symmetrisesti molemmin puolin kehoa. Lämpökuvantamisen avulla voidaan paikallistaa vammaalueita, seurata eläinlääkärin antaman hoidon vaikutuksia ja varmistaa vamman tai tulehduksen parantuminen.

Käyttäytymisen kiihtyvyysanturiperusteinen seurantalaitteisto pihattoon

Eläinten käyttäytymisen seuranta on keskeinen osa täsmäkarjataloutta erityisesti rakennetussa kasvatusympäristössä. Muutokset syöntikäyttäytymisessä, märehtimisessä, makuu-ajoissa, aktiivisuudessa sekä hengityksen rytminvaihdokset voivat ilmetä jo ennen kliinisiä sairastumisen oireita ja kertoa varhaisista terveys- ja hyvinvointiongelmista (Rushen ym. 2012, Richeson 2018). Kiihtyvyysanturit tunnistavat eläimen laidunnus-, syömis-, märehtimis-, lepo- ja liikkumiskäyttäytymisen. Poikkeamat normaalista rytmistä voivat viitata ontumiseen, ruoansulatushäiriöihin tai sairastumiseen. Tutkimusten mukaan automaattinen käyttäytymisanalyysi voi havaita muutokset jo 12–24 tuntia ennen näkyviä oireita. Anturijärjestelmät voivat tunnistaa nämä muutokset automaattisesti ja lähettää hälytyksen, jolloin sairastunut eläin voidaan hoitaa ajoissa. Tämä ehkäisee tautien leviämistä ja vähentää lääkintäkustannuksia. Uudet sensoriteknologiat ja koneoppiminen ovat tehneet mahdollisiksi jatkuvan yksilötason seurannan karsinakasvatusolosuhteissa. Kehitys hyödyntää pitkälti maidontuotannossa jo validoituja menetelmiä (Jiang ym. 2023, Besler ym. 2024). TeknoNauta-hankkeessa Ruukin lihanautapihattoon hankittiin CowAlert -eläinten käyttäytymisen seurantajärjestelmä koko karjalle. Järjestelmän toiminta perustuu eläimistä kiihtyvyysantureilla kerättyyn tietoon ja edistyneisiin tietoa analysoiviin algoritmeihin. Järjestelmään kuuluvat eläinten takajalkoihin kiinnitettävä langattomat IDS i-QUBE-anturit, eläinhalliin kiinnitettävä reititin sekä pilvipalvelu. Järjestelmä antaa yksilökohtaista tietoa eläimen aktiivisuustasosta (askelten määrä) ja makuu- ja seisomiskäyttäytymisestä (kokonaiskesto ja jaksojen lukumäärä). Automaattinen käyttäytymisen seurantajärjestelmä mahdollistaa käyttäytymisdatan käytön entistä useammissa tutkimuksissa, vähentää eläinten käyttäytymisen analysointiin tarvittavaa työaikaa ja toimii apuna eläinten terveydentilan päivittäisessä seurannassa. Aktiivisuuden lasku tai makaamisen lisääntyminen voivat olla varhaisia merkkejä hengitystie- tai ruoansulatussairauksista.

NIR-spektroskopia rehuarvojen määritykseen

Lähialue-infrapunaspektroskopia (Near InfraRed, NIR) on laajasti käytetty, nopea ja näytteitä tuhoamaton menetelmä rehujen analysointiin. Se perustuu O-H-, N-H- ja C-H-sidosten värähtelyihin aallonpituusalueilla 700–2500 nm (Osborne ym. 1993). Viime vuosina laitteiden koon pienentyminen on mahdollistanut käsikäyttöisten NIR-spektrometrilaitteiden käytön vaihtelevissa olosuhteissa aina pellolta ruokintapöydälle. Nopeasti tehty rehuanalyysi

https://doi.org/10.33354/smst.181012

täydentää perinteistä laboratoriossa tehtyä rehuanalyysiä (Gullifa ym. 2023); esimerkiksi dieettien muutokset ja tarkennukset voidaan tehdä reaaliaikaisesti. Käsilaitteet soveltuvat erityisesti viljojen koostumuksen (esim. valkuaisaineet, kosteus, tärkkelys) ja karkearehujen (raakavalkuainen, kuitufraktio, sulavuus nopeaan arviointiin (Yamada ym. 2024). TeknoNauta-hankkeessa hankittiin käsikäyttöinen X-NIR laite, jolla voidaan analysoida rehuista (säilörehu, kuiva heinä, vilja, seosrehu) kuiva-aine, tärkkelys, valkuainen, kuitu ja rasva. Laitteiston vakiopakettiin kuuluvan yhden vuoden huoltosopimukseen sisältyvän kalibrointipalvelun avulla kalibrointia voidaan tarvittaessa ja haluttaessa täsmentää milloin tahansa käyttöönoton jälkeen.

Pikamittari mykotoksiinien määritykseen

Deoksinivalenoli (DON), zearalenoni (ZEN), fumonisiinit (FUM), alfatoksiinit, okratoksiinit A (OTA) ja monet muut hometoksiinit esiintyvät usein viljoissa, sivutuotteissa ja säilörehuissa, joita käytetään nautojen dieettien komponentteina (Ogunade ym. 2018, Li ym. 2021, Manni ym. 2022, Xu ym. 2022). Mykotoksiinit vähentävät rehun syöntiä, heikentävät rehuhyötysuhdetta sekä alentavat eläinten vastustuskykyä ja hedelmällisyyttä. Mykotoksiinien vaikutus tapahtuu usein kroonisena, jatkuvana subkliinisenä altistuksena (Gallo ym. 2015, Xu ym. 2022, Bandyk 2024). Kontaminaatioita on mahdoton estää täysin. Nopeat tilalla käytettävät mykotoksiinien mittauslaitteet ovat tärkeä osa riskienhallintaa yhdessä viljely-, korjuutapa-, varastointi- ja ruokintastrategioiden sekä mahdollisten lisäaineiden käytön kanssa (Zheng ym. 2006, Singh ja Mehta 2020, Li ym. 2021). TeknoNauta-hankkeessa hankittiin RIDA Smart Box -mittauslaitteisto viljan mykotoksiinien määritykseen. Itse mittalaitteiston lisäksi toksiinimittauksissa tarvitaan laboratoriotarvikkeita kuten mittaliuskoja, reagenssia, pipettejä, pipettien kärkiä, putkiravistelija, minisentrifugi, lasisia koeputkia ja muovisia eppendorfnäyteputkia, tarkkuusvaaka, putkiteline, ajastinkello ja suodatinpaperia. Kyseisiä tarvikkeita tarvitaan, kun viljanäyte punnitaan ja jauhetaan ohjeiden mukaisesti. Laitteistoon on saatavana DON ja T-2/HT-2-toksiinien lisäksi myös aflatoksiini, zearalenoni ja fumonisiini-testit. Testiliuskojen avulla viljan hometoksiinien pitoisuudet saadaan määritettyä omatoimisesti alle puolessa tunnissa.

Kiitokset

TeknoNauta-hanketta rahoitettiin Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027-ohjelmasta.

Kirjallisuus

Bailey, D.W., Trotter, M.G., Knight, C.W. & Thomas, M.G. 2018. Use of GPS tracking collars accelerometers for rangeland livestock production research. Translational Animal Science 2: 81–88. https://doi.org/10.1093/tas/txx006

Bandyk, C.A. 2024. Review: Mycotoxins in ruminant livestock production: An underestimated and overlooked risk and opportunity? Applied Animal Science 40: 802–817. https://doi.org/10.15232/aas.2024-02602

Besler, B.C., Mojabi, P., Lasemiimeni, Z., Murphy, J.E., Wang, Z., baker, R., Pearson, J.M. & Fear, E.C. 2024. Scoping review of precision technologies for cattle monitoring. Smart Agri-cultural Technology 9: 100596. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100596

Bordignon, F., Provolo, G., Riva, E., Caria, M., Todde, G., Sara, G., Cesarini, F., Grossi, G., Vitali, A., Lacetera, N. & Pezzuolo, A. 2025. Smart technologies to improve the management and resilience to climate change of livestock housing: A systematic and critical review. Italian Journal of Animal Science 24: 376–392. https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2455500

Brethour, J.R. 2000. Using serial ultrasound measurements to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. Journal of Animal Science 78: 2055–2061. https://doi.org/10.2527/2000.7882055x

Brandt, A.W., Sanderson, M.W., DeGroot, B.D., Thomson, D.U. & Hollis, L.C. 2008. Biocontainment, biosecurity, and security practices in beef feedyards. Journal of American Veterinary Medical Association 15: 262–269. https://doi.org/10.2460/javma.232.2.262

Chen, C., Zhu, W. & Norton, T. 2021. Behaviour recognition of pig and cattle: Journey from computer vision to deep learning. Computers and Electronics in Agriculture 187: 106255. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106255

Dunston-Clarke, E.J., Stockman, C., Sinclair, J. & Collins, T. 2024. Brush use in lot-fed cattle shows continued use and positive behaviour. Animals 15: 44. https://doi.org/10.3390/ani15010044

EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) Nielsen, S.S., Alvarez, J., Boklund, A., Dippel, S., Dorea, F., Figuerola, J., Herskin, M.S., Michel, V., Miranda Chueca, M.A., Nannoni, E., Nonno, R., Riber, A.B., Stahl, L., Stegeman, J.A., Thulke, H.-H., Tuyttens, F., Cozzi, G., Knierim, U., Martí, S., Mul-lan, S., Ashe, S., Cecchinato, G., Lima, E., Mosbach-Schulz, O., Vitali, M., Zannam M.B. & Winckler, C. 2025. Welfare of beef cattle. EFSA Journal 23: e9518. 195 p. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9518

Gallo, A., Giuberti, G., Frisvad, J., Bertuzzi, T. & Nielsen, K. 2015. Review on Mycotoxin issues in Ruminants. Occurrence in forages, effects of Mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. Toxins 7: 3057–3111. https://doi.org/10.3390/toxins7083057

Gilsdorf, J.M., Hygnstrom. S.E. & VerCauteren, K.C. 2003. Use of frightening devices in wildlife damage management. Integrated Pest Management Reviews 7: 29–45.

https://doi.org/10.33354/smst.181012

Goncu, S., Yesli, M.I., & Yilmaz, N. 2019. The cattle grooming behavior and some problems with technological grooming instruments for cow welfare. Journal of Environmental Science and Engineering B 8: 190–196. https://doi.org/10.17265/2162-5263/2019.05.005

Gullifa, G., Barone, L., Papa, E., Giuffrida, A., Materrazzi, S. & Risoluti, R. 2023. Portable NIR spectroscopy: The route to green analytical chemistry. Frontiers in Chemistry 11: 1214825. https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1214825

Herring, A.D 2014. Beef cattle production systems. CAB International. Oxfordshire, UK. 323 s.

Hornain, I.M. & Rosely, N.F.N. 2025. Efficacy of several types of pest bird deterrents and general trend of pest birds at an industrial factory. Tropical Life Science Research 30: 111–126. https://doi.org/10.21315/tlsr2025.36.1.7

Jiang, B., Tang, W., Cul, L. & Dang, X. 2023. Precision livestock farming research: A global scientometric review. Animals 13: 2096. https://doi.org/10.3390/ani13132096

Klug, P.E., Shiels, A.B., Kluever, B.M., Anderson, J., Hess, S.C., Ruell, E.W., Bukoski, W.P. & Siers, S.R. 2023. A review of nonlethal and lethal control tools for managing the damage of invasive birds to human assets and economic activities. Management of Biological Invasions 14: 1–44. https://doi.org/10.3391/mbi.2023.14.1.01

Li, R., Wen, Y., Wang, F. & He, P. 2021. Recent advances in immunoassays and biosensors for mycotoxins detection in feedstuffs and foods. Journal of Animal Science and Biotechnology 12: 108. https://doi.org/10.1186/s40104-021-00629-4

Losacco, C., Pugliese, G., Manfrini, M. & Guarino, M. 2025. Farm management: An up-to-date overview on precision livestock farming. Agriculture 15: 1383. https://doi.org/10.3390/agriculture15131383

Manni, M., Rämö, S., Franco, M., Rinne, M. & Huuskonen, A. 2022. Occurrence of mycotoxins in grass and whole-crop silages – A farm survey. Agriculture 12: 398. https://doi.org/10.3390/agriculture12030398

McManus, R., Boden, L.A., Weir, W., Viora, L., Barker, R., Kim, Y., McBride, P. & Yang, S. 2022. Thermography for disease detection in livestock: A scoping review. Frontiers in Veterinary Science 9: 965622. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.965622

Mendes Peter, C., Palm, W.P., Maggioli, M.F., Ebling, R.C., Gilsson, K., Donovan, T. & Bauermann, F.V. 2022. Evaluation of ultraviolet Type C radiation in inactivating relevant veterinary viruses on experimentally contaminated surfaces. Pathogens 11: 686. https://doi.org/10.3390/pathogens11060686

Ninomiya, S. 2019. Grooming device effects on behaviour and welfare of Japanese Black fattening cattle. Animals 9: 186. https://doi.org/10.3390/ani9040186

Obermeyer, K., Kayser, M. & Isselstein, J. 2025. Observing grazing patterns with collar-mounted accelerometers in cattle. Frontiers in Animal Science 6: 1517570. https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1517570

Osborne, B.G., Fearn, T. & Hindle, P.H. 1993. Practical Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis. Longman, Harlow. pp. 49–78.

Ogunade, L.M., Martinez-Tuppia, C., Queiraz, O.C.M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D., & Adesogan, A.T. 2018. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. Journal of Dairy Science 101: 4034–4059. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13788

Ozger, Z.B. & Cihan, P. 2024. A systematic review of IoT technology and applications in livestock sector. Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi 30: 123–138. https://doi.org/10.9775/kvfd.2024.31866

Park, R.M., Schubach, K.M., Cooke, R.F., Herring, A.D., Jennings, J.S. & Daigle, C.L. 2020. Impact of a cattle brush on feedlot steer behavior, productivity and stress physiology. Applied Animal Behaviour Science 228: 104995. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104995

Perkins, T.L., Green, R.D. & Hamlin, K.E. 1992. Evaluation of ultrasonic measurements of fat thickness and longissimus muscle area in cattle. Journal of Animal Science 70: 1002–1010. https://doi.org/10.2527/1992.7041002x

Provolo, G., Brandolese, C., Fossati, N., Lovarelli, D., Riva, E. & Bordignon, F. 2025. An Internet of Things framework for monitoring environmental conditions in livestock housing to improve animal welfare and assess environmental impact. Animals 15: 644. https://doi.org/10.3390/ani15050644

Qiao, Y., Kong, H., Clark, C., Lomax, S., Su, D., Eiffert, S. & Sukkarieh, S. 2021. Intelligent perception-based cattle lameness detection and behaviour recognition: A review. Animals 11: 3033. https://doi.org/10.3390/ani11113033

Reyes, F.S., Gimenez, A.R., Anderson, K.M., Niller-Cushon, E.K., Dorea, J.R. & Van Os, J.M.C. 2022. Impact of stationary brush quantity on brush use in group-housed dairy heifers. Animals 12: 972. https://doi.org/10.3390/ani12080972

Richeson, J.T., Lawrence, T.E. & White, B.J. 2018. Using advanced technologies to quantify beef cattle behavior. Translational Animal Science 2: 223–229. https://doi.org/10.1093/tas/txy004

Rushen, J., Chapinal, N. & de Passille, A.M. 2012. Automated monitoring of behavioural-based animal welfare indicators. Animal Welfare 21: 339–350. https://doi.org/10.7120/09627286.21.3.339

Ruston, C., Zhang, J., Scott, J., Zhang, M., Graham, K., Linhares, D., Breuer, M., Karriker, L. & Holtkamp, D. 2021. Efficacy of ultraviolet C exposure for inactivating Senecavirus A on experimentally contaminated surfaces commonly found in swine frams. Veterinary Microbiology 256: 109040. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109040

Singh, J. & Mehta, A. 2020. Rapid and sensitive detection of mycotoxins by advanced and emerging analytical methods: A review. Food Science & Nutrition 8: 2183–2204. https://doi.org/10.1002/fsn3.1474

Strappini, A.C., Monti, G., Sepulveda-Varas, P., de Freslon, I. & Peralta, J.M. 2021. Measuring Calves' Usage of multiple environmental enrichment objects provided simultaneously. Frontiers in Veterinary Science 8: 698681. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.698681

Shwiff, S.A., Carlson, J.C., Glass, J.H., Suckow, J., Lowney, M.S., Moxcey, K.M., Larson, B. & Linz, G.M. 2012. Producer survey of bird-livestock interactions in commercial dairies. Journal of Dairy Science 95: 6820–6829. https://doi.org/10.3168/jds.2011-5216

Turner, L.W., Udal. M.C., Larson, B.T. & Shearer, S.A. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. Canadian Journal of Animal Science 80: 405–413. https://doi.org/10.4141/A99-093

https://doi.org/10.33354/smst.181012

Unruh, E.M., Theurer, M.E., White, B.J., Larson, R.L., Drouillard, J.S. & Schrag, N. 2017. Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool predict heat stress events in feedlot cattle. American Journal of Veterinary Research 78: 771–777. https://doi.org/10.2460/ajvr.78.7.771

Versluijs, E., Niccolai, L.J., Spedener, M. & Zimmermann, B. 2023. Classification of behaviors of free-ranging cattle using accelerometry signatures collected by virtual fence collars. Frontiers in Animal Science 4: 1083272. https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1083272

Wang, Y., Li, Q., Chu, M., Kang, X. & Liu, G. 2023. Application of Infrared Thermography and machine learning techniques in cattle health assessments: A Review. Biosystems Engineering 230: 361–387. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.05.002

Wurtz, K., Camerlink, I., D'Earth, R.B., Fernandez, A.P., Norton, T., Steibel, J. & Siegford, J. 2019. Recording behaviour of indoor-housed farm animals automatically using machine vision technology: A systematic review. PLOS One 14: e0226669. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226669

Xu, R., Kiarie, E.G., Yiannikouris, A., Sun, L. & Karrow, N.A. 2022. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. Journal of Animal Science and Biotechnology 13: 69. https://doi.org/10.1186/s40104-022-00714-2

Yamada, W., Cherney, J., Cherney, D., Runge, T. & Digman, M. 2024. Handheld Near-Infrared Spectroscopy for undried forage quality estimation. Sensors 24: 5136. https://doi.org/10.3390/s24165136

Zheng, M.Z., Richard, J.L. & Binder, J. 2006. A review of rapid methods for analysis of myxotoxins. Mycopathologia 161: 261–273. https://doi.org/10.1007/s11046-006-0215-6