

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2024

Nanni Piiparinen

Photo-ID:n käyttö hylkeillä

– Seal Codex -ohjelmistoalustan käyttöönotto
itämerennorpalle



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2024 | 50 sivua

Nanni Piiparinen

Photo-ID:n käyttö hylkeillä

- Seal Codex -ohjelmistoalustan käyttöönotto itämerennorpalle

Eläinyksilöiden tunnistaminen muodostaa keskeisen perustan ekologisessa tutkimuksessa. Yksilöntunnistuksen perustuessa valokuvaan kutsutaan sitä photo-ID:ksi. Automaattisen hahmontunnistuksen ja koneoppimisalgoritmien kehittyminen helpottaa manuaaliseen yksilöntunnistukseen liittyviä haasteita ja tarjoaa uusia keinoja aineistonhallinnalle. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kirjallisuuskatsaus photo-ID:n käytöstä hylkeillä sekä ottaa käyttöön tietokonenäköä ja tekoälyä yksilöiden tunnistamisessa hyödyntävä Seal Codex -ohjelmistoalusta itämerennorpan yksilötietokannalle.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella hylkeiden photo-ID:ssä hyödynnetään pääasiassa eläinten turkkikuviointia. Photo-ID:tä on käytetty hylkeillä eri käyttötarkoituksiin ja sen käyttöön yhdistetään usein pyynti-takaisinpyyntimenetelmiä. Photo-ID:llä on sekä hyötyjä että haasteita. Ohjelmistoja on kehitetty vaihtoehdoiksi manuaaliselle yksilöntunnistustyölle.

Seal Codexin käyttöönotossa perehdyttiin alustan käyttöohjeisiin ja valmisteltiin siirrettävä aineisto, jonka jälkeen se vietiin tutkimusalustalle. Seal Codex vaikuttaa toimivalta katalogina, mutta siinä on joitain käyttöjärjestelmään liittyviä haasteita. Ohjelmistoalusta kehittyy ja päivittyy jatkuvasti, joten siinä on potentiaalia kehittyä paremmaksi.

Asiasanat:

photo-ID, hylkeet, pyynti-takaisinpyynti, yksilöntunnistus, tietokoneohjelmat

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and Environmental Engineering

2024 | 50 pages

Nanni Piiparinen

Use of photo-ID for seals

- Introduction of Seal Codex software platform for the Baltic Ringed Seal

Individual identification of animals is a key basis for ecological research. When based on photographs, this method is called photo-ID. Advances in automatic pattern recognition and machine learning algorithms are easing the challenges associated with manual individual identification and providing new ways to manage data. The aim of this thesis was to conduct a literature review on the use of photo-ID for seals and to adopt Seal Codex, a software platform using computer vision and artificial intelligence to identify individuals, for the Baltic Ringed Seal individual database.

According to the literature review, the photo-ID of seals is mainly based on pelage patterns. It has been used in seals for a variety of purposes and is often combined with mark-recapture methods. Photo-ID has both advantages and challenges. Various software alternatives have been developed as an alternative to manual identification work.

Introduction of Seal Codex involved familiarization with the platform's user manuals and preparation of the data, which was then exported to the software platform. Seal Codex appears to function well as a catalogue, but it has some challenges related to the operating system. The software platform is evolving and being updated, offering potential for improvement in the future.

Keywords:

photo-ID, earless seals, mark-recapture, individual identification, software

Sisältö

Käytetty sanasto	6
1 Johdanto	7
1.1 Yhteinen saimaannorppamme LIFE -hanke	8
1.2 Työn tavoite ja menetelmät	9
2 Photo-ID	10
2.1 Pyynti-takaisinpyynti ja photo-ID	10
2.1.1 Keinotekoiset merkinnät	12
2.2 Hylkeiden turkkikuviot	12
2.3 Photo-ID:n käyttö hyljetutkimuksissa	13
2.3.1 Populaatorakenne ja -koko	14
2.3.2 Liikkuminen ja alueiden väliset yhteydet	15
2.3.3 Paikkauskollisuus	16
2.3.4 Eloonjääminen	16
2.3.5 Synnytyksen ajoittuminen, poikasten kokonaismäärä, imetyksen kesto ja toisten poikasten imettäminen	17
2.4 Photo-ID:n hyödyt	18
2.5 Photo-ID:n haasteet	19
2.6 Uudelleentunnistusmenetelmät ja -ohjelmistot	21
2.6.1 Automaattiset menetelmät	22
2.6.2 HotSpotter	23
2.6.3 NORPPA eli NOvel Ringed seal re-identification by Pelage Pattern Aggregation	23
2.6.4 Wild-ID	24
2.6.5 ExtractCompare	24
2.6.6 I ³ S Pattern	25
2.6.7 Menetelmiä vertailevia tutkimuksia	26
3 Seal Codexin käyttöönotto	28
3.1 Codex ja Seal Codex	28

3.1.1 Kuva-analyysi	29
3.2 Seal Codexin käyttöönoton alkuvalmistelut	30
3.3 Kuvien valmistelu ja tietojen täydennys	31
3.4 Aineiston vienti alustalle	32
3.5 Tietokonenäköalgoritmin kokeilu	34
3.6 Havaintoja Seal Codexin käytöstä	35
4 Pohdinta	38
Lähteet	41

Liitteet

Liite 1. Ohje havainnon ja yksilön lisäämiseen Seal Codexiin

Kuvat

Kuva 1. Kuvakaappaus Seal Codex -ohjelmistoalustalta. Havaintosivun yleisnäkymä, jossa näkyvät havainnon tiedot ja tunnistusprosessin vaiheet. Tiedoista poistettiin koordinaatit sekä saaren ja alueen nimet kuvakaappauksen oton ajaksi. (Kuva: WWF Suomi.)	29
Kuva 2. Kuvakaappaus Seal Codex -ohjelmistoalustalta. Yksilön Phb127 Annotation-välilehdellä näkyvä rajausta, katselusuunta ja laji. (Kuva: WWF Suomi.)	30
Kuva 3. Kuvakaappaus Seal Codex -ohjelmistoalustan yksilösivusta, jossa näkyy havaintoja yksilöstä Phb071 (Kuvat: WWF Suomi).	33
Kuva 4. Kuvakaappaus Seal Codex -ohjelmistoalustalta parhaat pisteet saaneesta osumaehdotuksesta (Vasemman puolen kuva: WWF Suomi, oikean puolen kuva: Seppo Keränen).	35
Kuva 5. Kuvakaappaus Seal Codex -ohjelmistoalustalta oikeasta osumaehdotuksesta (Kuvat: WWF Suomi).	35

Käytetty sanasto

hahmontunnistus	Ohjelman tai laitteen tekemä merkityksellisten kokonaisuuksien erottaminen aineistosta (Tietotekniikan termitalkoot 2017), koneoppimisen osa-alue (Lehto ym. 2019).
indeksi	Tietokannan hakemistorakenne, jonka tarkoituksena on tehostaa hakujen suorittamista (Helsingin yliopisto 2022).
indeksointi	Tekstin ja kuvien analysointi ja tallennus indeksiin (Google Search Central 2024).
kansalaistiede	Tieteellinen tutkimus, joka on osin tai kokonaan maallikoiden tekemää, esimerkiksi lintuharrastus (Tampereen yliopiston kirjasto 2023).
konenäkö	Toiminnaltaan ihmisenäön kaltainen tai sen mahdollisuuksia laajentava järjestelmä. Konenäköratkaisujen tavoitteena on hyödyllisten sovellusten tuottaminen digitaalista kuvankäsittelyä ja kuva-analyysia hyödyntäen. Termiä käytetään usein ristiin tietokonenäön kanssa. (Lehto ym. 2019.)
syväoppiminen	Koneoppimismenetelmä, joissa prosessointiyksikkökerroksia yhdistetään verkostoksi. Prosessoitu tieto kulkee kerroksien läpi vuoron perään. Kerroksellisuuden ansiosta datamäärä pysyy kohtuullisena myös monimutkaisten rakenteiden oppimisessa. (Minna Learn & Helsingin yliopisto 2024a.)
tietokonenäkö	Tietokoneiden digitaalisten kuvien ja videoiden ymmärrys, joka luokitellaan usein osaksi tekoälyä. Termiä käytetään usein ristiin konenäön kanssa. (Lehto ym. 2019.)

1 Johdanto

Eläinyksilöiden tunnistaminen on yksi keskeisistä menetelmistä ekologisessa tutkimuksessa. Valokuviiin perustuvaa yksilöntunnistusta kutsutaan photo-ID:ksi. Photo-ID:tä hyödyntämällä voidaan tutkia eläinten sosiaalisuutta ja populaatioekologiaa. (Karczmarski ym. 2022, 545.) Sen avulla voidaan seurata yksittäisiä eläimiä ajan mittaan ja saada tietoja liittyen yksilöiden kasvuun, eloonjäämiseen, levinneisyyteen ja lisääntymisstrategioihin (Duyck ym. 2014, 1059).

Photo-ID-menetelmää käytetään yleisesti, sillä se mahdollistaa tiedon keräämisen eläimiä häiritsemättä ja se sopii monenlaisiin ympäristöihin. Sitä on sovellettu eri lajeilla ja elinympäristöissä, niin maalla kuin merellä. Photo-ID on kuitenkin yksi eläinekologian työläimmistä tutkimusmenetelmistä, sillä kerätyn valokuva-aineiston käsittelyyn kuuluu lukemattomia tunteja työtä. Vaikka digitaalisen valokuvauksen kehittyminen on parantanut kuva-aineiston keruun tehokkuutta, on se johtanut valtavien aineistomäärien tuottamiseen lyhyessä ajassa. Tämä tekee aineiston tehokkaasta käsittelystä ja hallinnasta haasteellista. (Karczmarski ym. 2022, 545.)

Automaattisen hahmontunnistuksen ja koneoppimisalgoritmien nopea kehitys tarjoaa uudenlaisia keinoja aineistohallinnalle. Näissä innovaatioissa voidaan yhdistää eläimen yksilötietoja esimerkiksi käyttäytymiseen tai maantieteellisiin tietoihin. Kehitys edistää myös eri tutkimusryhmien yhteisten keskitettyjen tietokantojen luomista useita eri lajeja ja tutkimusalueita varten. (Karczmarski ym. 2022, 545–546.)

Tietokonenäön avulla tapahtuvaan eläinten automaattiseen tunnistamiseen ja yksilöntunnistukseen kohdistuu lisääntyvää kiinnostusta. Tietokonepohjaiset hahmontunnistusohjelmistot helpottavat manuaaliseen yksilöntunnistukseen liittyviä haasteita. (Duyck ym. 2014, 1059–1060.) Voittoa tavoittelemattoman organisaatio Wild Me:n Codex on esimerkki ohjelmistoalustasta, joka hyödyntää tietokonenäköä ja tekoälyä yksilöiden tunnistamisessa (Wild Me 2023a). Se toimii myös alustana tutkijoiden väliselle yhteistyölle ja helpottaa aineiston

hallintaa (Wild Me 2023a; Wild Me Documentation 2023b). Tässä opinnäytetyössä tehdään Seal Codex -ohjelmistoalustan käyttöönotto itämerennorpalle.

1.1 Yhteinen saimaannorppamme LIFE -hanke

Turun ammattikorkeakoulun vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä on mukana Yhteinen saimaannorppamme LIFE -hankkeessa. Hankkeen koordinaattorina toimii Metsähallitus ja se on käynnissä vuodet 2020–2025 (Metsähallitus 2023). Turun ammattikorkeakoulu koordinoi hankkeessa Saaristomerellä ja Ahvenanmaalla tehtäviä toimenpiteitä. Hankkeessa muun muassa kartoitetaan itämerennorppien esiintymisalueita ja pilotoidaan Saimaalla käytettyjä suojelu- ja tutkimusmenetelmiä, kuten keinopesiä ja photo-ID-tutkimusta Saaristomerellä.

Hankkeen aikana itämerennorppayksilöitä on tunnistettu valokuvattujen yksilöiden turkkikuvioiden perusteella eli photo-ID:n avulla. Itämerennorppatietokantaan on lisätty riistakamerakuvia, järjestelmäkamerakuvia sekä livekamerakuvia. Riistakamerakuvat ovat peräisin riistakameroista, jotka on asennettu Saaristomerelle kuvaamaan rantakiviä, joita norpat käyttävät karvanvaihtoaikana. Järjestelmäkamerakuvat ovat luontokuvaajan ja vapaaehtoisen kuvaajan ottamia sekä kuvia, joita on otettu vene- ja lentokartoitusten yhteydessä. Livekamerakuvilla tarkoitetaan WWF Suomen Saaristomeren norppaliven suorasta lähetyksestä tallennettuja kuvakaappauksia.

Kuva- ja havaintotiedot tietokantaan lisätyistä ja tunnistetuista yksilöistä on lisätty jo ennen hanketta olemassa olleeseen tietokantaan, joka koostuu pilvipalvelussa sijaitsevista valokuvakansioista ja tietokantataulukosta. Tietokannan on laatinut alun perin Itä-Suomen yliopisto vuosien 2006–2008 ja 2014–2018 aikana kerätystä aineistosta. Hankkeen aikana tietokanta on laajentunut Turun ammattikorkeakoulun toimesta vuoden 2023 loppuun mennessä 56 yksilöstä 138 yksilöön.

1.2 Työn tavoite ja menetelmät

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä kirjallisuuskatsaus photo-ID:n käytöstä hylkeillä sekä ottaa käyttöön Seal Codex -ohjelmistoalusta itämerennorpan yksilötietokannalle. Käytännössä käyttöönotto tarkoittaa olemassa olevan aineiston siirtoa ohjelmistoalustalle. Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän meriympäristötiimille.

Opinnäytetyö alkaa kirjallisuuskatsauksella photo-ID:n käytöstä hylkeillä käyttöönotettavan ohjelmistoalustan merkityksen ymmärtämiseksi. Sen jälkeen kuvaillaan Seal Codexin käyttöönottoprosessi ja käydään läpi havaintoja sekä käytännön kokemuksia sen käytöstä. Kirjallisuuskatsauksen teossa käytettiin hakukoneina FINNA:n ulkomaalaisten artikkelien hakua ja Google Scholaria. Kirjallisuuskatsauksessa haettiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä photo-ID tarkoittaa?
- Miksi photo-ID:tä käytetään?
- Miksi photo-ID toimii hylkeillä?
- Miten ja millaisin tuloksin photo-ID:tä on käytetty hylkeillä?

Keskeisiä hakusanoja aineiston haussa olivat photo-identification, seals, phocids, pinnipeds, automated photo-identification, software, mark-recapture, pelage pattern, individual recognition. Kirjallisuuskatsauksen tulokset rajattiin hylkeisiin (eng. earless seals, true seals), jotka ovat Phocidae-heimoon kuuluvia nisäkkäitä (Würsig ym. 2018, xxix; Laji.fi 2024). Keskeisinä lähteinä toimivat Würsig & Jeffersonin (1990) sekä Yochemin ym. (1990) artikkelit, joihin viitattiin useammassa hyljetutkimuksessa, sekä Cunninghamin (2009) artikkeli tietokoneavusteisen photo-ID:n ja pyynti-takaisinpyyntimenetelmien käytöstä kirjohylkeillä. Ohjelmistojen osalta Langley ym. (2021) hahmontunnistusohjelmistoja vertaileva tutkimus ja Nepovinnykhin ym. (2022a) automaattista photo-ID:tä käsittelevä artikkeli olivat käytetyistä lähteistä keskeisimmät.

2 Photo-ID

Photo-ID eli photo identification tarkoittaa yksilöntunnistusta, joka tehdään valokuvien perusteella (Karczmarski ym. 2022, 545). Se on tapa tunnistaa ja seurata luonnonvaraisia yksittäisiä eläimiä ajan mittaan (Nepovinnykh ym. 2022a, 958). Photo-ID-prosessissa yksilö tunnistetaan aluksi tietyn ulkoisen tunnusmerkin perusteella. Tämän tunnusmerkin perusteella sama yksilö voidaan tunnistaa uudelleen eri paikoissa tai eri ajan hetkellä otetuista valokuvista. (Würsig & Jefferson 1990, 43–44.) Yksilön tunnistaminen voi perustua erottuviin ja pysyviin piirteisiin, jotka ovat kuvissa havaittavia. Tunnusmerkkejä voivat olla esimerkiksi turkki, sulat, ihokuviointi, arvet tai eläimen muoto. (Nepovinnykh ym. 2022a, 958.) Photo-ID:n avulla tutkitaan eläinten liikkumismalleja, paikkauskollisuutta, populaatiokokoa ja muita populaatioparametreja (Karlsson ym. 2005, 628). Photo-ID-menetelmää on käytetty monien eri lajien tutkimuksissa, kuten esimerkiksi kirahveilla (Bolger ym. 2012), rupikonnilla (Schoen ym. 2015), valashailla (Arzoumanian ym. 2005), ryhävalailla (Cheeseman ym. 2021) ja saimaannorpilla (Koivuniemi ym. 2016; 2019).

2.1 Pyynti-takaisinpyynti ja photo-ID

Pyynti-takaisinpyyntianalyysi on ekologiassa laajalti käytetty menetelmä populaatiokoon, elossaäilyvyyden ja kuolleisuuden arviointiin. Perusaineisto, joka analyysiin tarvitaan, on yksilöllisesti tunnistettujen eläinten pyynti- tai tunnistushistoria. Käytännössä aineisto on 1 ja 0 merkkijono, joka kuvaa sitä, onko eläin otettu kiinni tai havaittu (1) vai ei (0) näytteenottokertojen aikana. Näytteenottokerrat ovat rajallinen ajanjakso, jolloin aineisto on kerätty. (Hammond 2018, 580.)

Analyyseihin liittyy useita oletuksia, joista poikkeaminen voi johtaa vääristyneisiin arvioihin eloonjäämisestä ja erityisesti runsaudesta (Hammond 2018, 581). Pyynti-takaisinpyyntianalyysit olettavat, että yksilöt ovat yksilöllisesti

merkittyjä, merkinnät eivät voi muuttua tai hävitä ja että kaikki merkityt eläimet tunnustetaan ja tieto havainnosta kirjataan oikein (Hammond ym. 2021, 13). Vaikka analyysin käyttö pyyntihistoriatietoihin on suoraviivaista, oletuksista poikkeaminen on otettava hyvin huolellisesti huomioon. Erityisesti tämä on otettava huomioon tutkimuksissa, joita ei ole alun perin suunniteltu tällaisia analyyseja varten. Analyyttisten mallien avulla joitakin oletuksia voidaan lieventää, mutta niiden avulla ei voi korvata hyvin suunniteltua kenttätutkimusta. (Hammond 2018, 581.)

Yksilöntunnistusaineistolle tehtävien pyynti-takaisinpyyntianalyysien päätelmien vahvuus on tapauskohtaista. Aikasarjan pituus ja jatkuvuus sekä takaisinpyydettyjen tai havaittujen eläinten osuus vaikuttavat tiedon laatuun. Riittävän pitkien ja monipuolisten aineistojen määrä kasvaa merinisäkkäillä jatkuvasti. Tämän vuoksi pyynti-takaisinpyyntimenetelmien merkitys on merinisäkkäillä kasvava. (Hammond 2018, 581.)

Pyynti-takaisinpyyntimenetelmät kehitettiin tutkimuksiin, joissa yksittäiset eläimet pyydetään fyysisesti ansoilla, merkataan ja päästetään vapaaksi ja tämän jälkeen pyydetään uudelleen tai havaitaan uudelleen ilman pyyntiä (Hammond 2018, 581). Hylkeillä näihin tekniikoihin liittyy useita haasteita ja potentiaalisia vääristymien lähteitä, joita ovat hylkeen pyytäminen, keinotekoisien merkintöjen lukemisen onnistuminen uudelleen havaitessa, pyydystämisen ja käsittelyn mahdolliset vaikutukset hylkeen käyttäytymiseen, tehtyjen merkintöjen vaikutus hylkeen käytökseen sekä hylkeen uudelleenpyynnin todennäköisyys. Eläinten pyyntiin ja merkintään liittyy riski eloonjäämistodennäköisyyden pienenemiselle tai sille, että ne kuolevat vahingossa merkintätapahtuman aikana. (Cunningham 2009, 320, 326.)

Photo-ID on vaihtoehtoinen pyyntiin ja merkintään käytettävä tekniikka, jossa otetaan kuvia yksittäisten eläinten luonnollisista ulkoisista tunnusmerkeistä, kuten hylkeillä turkkikuvioista, varsinaisen pyynnin ja merkinnän sijasta. Photo-ID on toteuttamiskelpoinen vain, jos lajin tai populaation yksilöt ovat riittävän hyvin tunnistettavissa ulkoisten tunnusmerkkien avulla. Photo-ID:n suuri etu on fyysisen pyydystämisen, käsittelyn ja keinotekoisien merkinnän välttäminen.

(Hammond 2018, 581.) Käyttämällä ulkoisia tunnusmerkkejä yksilöntunnistukseen voidaan myös välttää perinteiseen pyynti-takaisinpyyntiin liittyvät haasteet ja vääristymien lähteet (Cunningham 2009, 320). Photo-ID voi kuitenkin tehdä analyysimenetelmien oletusten täyttämistä haastavampaa, sillä esimerkiksi ulkoisen tunnusmerkin perusteella havaitun yksilön uudelleentunnistaminen voi riippua ulkoisen tunnusmerkin pysyvyydestä ja valokuvan laadusta (Hammond 2018, 581).

2.1.1 Keinotekoiset merkinnät

Harmaahylkeitä voidaan merkitä keinotekoisesti käyttämällä räpylämerkkejä, kiinnittämällä merkkejä turkkiin sekä kylmä- tai polttomerkinnoilla (Hall ym. 2001, 139–140). Myös norppia on merkitty räpylämerkinnöillä (Kapel ym. 1998, 212–215). Tavanomaisella räpylämerkinnällä merkityn yksilön tunnistaminen vaatii riittävän näköetäisyyden räpylämerkin lukemiseksi ja esimerkiksi kirjohylkeet häiriintyvät herkästi ihmisen tullessa lähietäisyydelle (Thompson & Wheeler 2008, 141–142). Hylkeiden keinotekoiisiin merkintöihin liittyvät logistiset haasteet voivat rajoittaa tutkimuksen otoskokoa ja aiheuttaa häiriöitä sekä pyydystetyille että pyydystyshetkellä lähettyvillä oleskeleville yksilöille (Mackey ym. 2007, 19).

2.2 Hylkeiden turkkikuviot

Ihmishavainnoijan on todettu voivan luotettavasti tunnistaa yksittäisen kirjohylkeen turkkikuvioiden perusteella (Yochem ym. 1990, 89; Crowley ym. 2001, 163). Jotta photo-ID:n perusteella tehtävät arviot ovat realistisia, on jokaisen yksilön turkkikuvioinnin oltava uniikki, kuvioinnin pysyvä ja yksilöllä tulee olla suunnilleen sama todennäköisyys tulla havaituksi ja uudelleenhavaituksi (Würsig & Jefferson 1990, 44). Aikuisten kirjohylkeiden turkkikuvioissa ei ole havaittu muutoksia vuosien aikana, mutta kuuteilla ja esi aikuisilla turkkikuviot eivät ole pysyviä (Cunningham 2009, 320, 326). Kirjohylkeiden monimutkaista ja monimuotoista turkkikuviointia voidaan käyttää

populaatiodynamiikan tilastollisiin tutkimuksiin paikallisilla populaatioilla sekä populaatiosuhteiden arviointiin (Yochem ym. 1990, 89).

Paterson ym. (2013, 537–539) tutkivat harmaahyljenaaraiden turkkikuvion pysyvyyttä ja sen vaikutusta automaattisen photo-ID:n käyttöön.

Naarasyksilöillä nähtiin muutoksia turkkikuviossa vieroituskäisestä aikuisuuteen. Tutkimuksessa arvioitiin, mitätöivätkö nämä muutokset automaattisen photo-ID-tekniikan käytön manuaalisen, silmillä tehtävän vertailun, sijasta. Tuloksena todettiin, että harmaahyljenaaraiden turkkikuviointi on riittävän vakaa vieroituskäisestä aikuisuuteen, jotta automaattista photo-ID-menetelmää voidaan käyttää. Hibern ym. (2013, 253) mukaan aikuisten harmaahyljeurosten turkkikuviot eivät ole soveltuvia vertailualgoritmeille.

Visser ym. (2022, 690) toteavat tutkimuksessa seuratun leopardihyljeyksilön täplikkään turkkikuvion muuttuvan ajan mittaan. Mikään hylkeen täpläkuviosta ei kuitenkaan hävinnyt tutkimuksen aikana. Tutkimuksen päätelmänä oli, että turkin täpläkuviointi on tehokas työkalu yksittäisten leopardihylkeiden tunnistamiseen. Tutkimuksen tulos ei mitätöinyt photo-ID-tutkimuksia leopardihylkeillä, vaan osoitti, sen olevan vankka menetelmä, jota voidaan käyttää pitkillä aikaväleillä.

Saimaannorpan sisarpopulaatioon kuuluvalla laatokannorpalla on turkkikuvio, joka on yksilöllinen jokaiselle yksilölle. Tämä mahdollistaa yksilöiden tunnistamisen koko niiden eliniän ajan. Erona saimaannorpan turkkikuviointiin on laatokannorpan kuvioinnin kontrasti pienempi kuin saimaannorpalla. (Nepovinnykh ym. 2022a, 958.) Myös saimaannorppien turkkikuviot ovat yksilöllisiä ja ne pysyvät muuttumattomina vieroituskäisestä aikuisuuteen (Koivuniemi ym. 2016, 34).

2.3 Photo-ID:n käyttö hyljetutkimuksissa

Vaikka hylkeet viettävät suurimman osan elämästään vedessä, ne viettävät osan ajastaan maalla. Hylkeiden maalle nousua lepäily- ja karvanvaihtokiville on mahdollista hyödyntää populaation koon arvioinnissa laskemalla maalla

olevia yksilöitä. (Cunningham 2009, 319.) Hylkeiden maalle nousua on mahdollista hyödyntää myös photo-ID-kuvien ottamisessa. Tutkimuksissa käytettävien valokuvien ottaminen voi tapahtua rannalta, veneestä tai lentokoneesta kuvaten (Würsig & Jefferson 1990, 46–47). Tyypillisesti photo-ID-kuvaaminen tapahtuu peilijärjestelmäkameroilla, mutta myös riistakameroita käytetään. Lajeille, jotka ovat harvinaisia, uhanalaisia tai riittävän lähelle vaikeasti lähestyttäviä, riistakamerat tarjoavat uusia mahdollisuuksia tutkimukseen. (Koivuniemi ym. 2016, 30.)

Esimerkkejä photo-ID:n käytöstä hyljetutkimuksissa löytyy esimerkiksi populaatiokoon arvioinnin (Hiby ym. 2007; Cunningham 2009; Koivuniemi ym. 2019; Kurt & Gücü 2021), hylkeiden käyttämien alueiden välisten yhteyksien (Sayer ym. 2019), paikkauskollisuuden (Karlsson ym. 2005; Cordes & Thompson 2015; Langley ym. 2020), eloonjäämisen (Hastings ym. 2012), synnytyksen ajoittumisen (Thompson & Wheeler 2008) sekä imetyksen (Civil ym. 2021) osalta.

2.3.1 Populaatorakenne ja -koko

Hiby ym. (2007, 164–165) arvioivat Itämeren harmaahylkeiden populaatiokokoa photo-ID-tutkimuksen tuloksia hyödyntämällä. Kuvat otettiin hylkeiden makuupaikoilla pään ja kaulan alueelta yksilöistä, joiden turkkikuviot olivat selkeästi erottuvat. Pään ja kaulan alueelta poimittiin kuvanäyte kolmiulotteisen pintamallin kautta tarkoitukseen suunnitellulla kuvankäsittelyohjelmistolla. Tunnistustyö tehtiin tietokoneavusteisesti ja ohjelman ehdottamat vastaavuudet tarkistettiin visuaalisesti.

Cunningham (2009, 320–321) hyödynsi tietokoneavusteista photo-ID:tä ja pyynti-takaisinpyyntimenetelmää kirjohyljepopulaation koon arvioimiseen Luoteis-Skottlannissa. Kuvia otettiin eri suunnista ja molemmilta puolin vartaloa. Yksilöiden yhdistäminen tapahtui automaattisesti turkin alueen numeeriseen kuvailuun perustuvan tietokoneohjelman avulla. Ohjelman tarjoamat potentiaaliset vastaavuudet tarkistettiin visuaalisesti.

Koivuniemi ym. (2019, 3–5, 13) käyttivät photo-ID:tä ja pyynti-takaisinpyyntimenetelmiä saimaannorppapopulaation koon arvioinnissa. Kuva-aineisto kerättiin riistakameroiden ja venekartoitusten avulla karvanvaihtoaikana usean vuoden ajan tärkeimmiltä lisääntymisalueilta ja kokeneet havainnoijat tunnistivat yksilöt manuaalisesti turkkikuvioiden perusteella. Lähestymistavan todettiin olevan tehokas ja hyödyllinen uhanalaisen saimaannorpan populaatiokoon puolueettomassa arvioinnissa.

Kurt & Gücü (2021, 79, 81) yhdistivät aiempaa Välimeren munkkihylkeiden photo-ID-aineistoa päivitettyyn luolamonitorointiaineistoon. Tavoitteena oli antaa ajantasainen arvio Välimeren munkkihylkeistä ottaen huomioon niiden liikkuvuuden alueella. Hylkeitä kuvattiin riistakameroiden avulla luolissa ja populaationkoon arvioinnissa käytettiin photo-ID:n avulla tunnistettujen hylkeiden perusteella pyynti-takaisinpyyntimenetelmää. Yksilöt tunnistettiin fyysisten piirteiden, kuten koon, arpien ja luonnollisten merkkien perusteella. Väriä ei käytetty tunnistuskriteerinä.

2.3.2 Liikkuminen ja alueiden väliset yhteydet

Sayer ym. (2019, 1223, 1227) hyödynsivät uutta, osittain kansalaistieteen avulla tuotettua photo-ID-aineistoa Lounais-Englannin harmaahylkeiden käyttämien alueiden yhteyksien tutkimiseksi. Tarkoituksena oli saada yhtenäisempi käsitys harmaahylkeiden liikkumisesta pitkällä aikavälillä tutkimusalueella ja sen ulkopuolella. Rannikkoalueella kuvat otettiin systemaattisesti veneistä ja kallion laelta. Maalla kuvaaminen tapahtui vapaaehtoisten, kansalaisjärjestöjen, merensuojeluryhmien ja ekomatkailuyrittäjien toimesta. Yksilöiden tunnistaminen tehtiin turkkikuvion perusteella manuaalisesti. Tutkimuksen avulla saatiin arvokasta tietoa hyljeyksilöiden käyttämien alueiden välisistä yhteyksistä.

2.3.3 Paikkauskollisuus

Karlsson ym. (2005, 628–630) käytti photo-ID:hen perustuvaa pyynti-takaisinpyyntianalyysia Itämeren naarasharmaahylkeiden paikkauskollisuuden ja liikkumisen tutkimuksessa. Tutkimuksessa yksilöiden pään ja niskan alueen turkkikuvioiden kuvista poimittiin kuvanäyte kolmiulotteisen pintamallin kautta tarkoitukseen suunnitellulla kuvankäsittelyohjelmistolla. Varsinainen tunnistustyö tehtiin ohjelmalla, joka laskee kuvanäytteille samankaltaisuuskertoimet. Ohjelman ehdottamat vastaavuudet tarkistettiin visuaalisesti.

Cordes & Thompson (2015, 467–468, 471) tutkivat Koillis-Skotlannissa kirjohylkeiden runsauden ja paikkauskollisuuden vuodenaikojen mukaista vaihtelua käyttäen yksilöihin perustuvasta tutkimuksesta peräisin olevaa photo-ID-aineistoa. Manuaalisesti tehty yksilöntunnistaminen perustui pään ja niskan alueen turkkikuvioihin ja aineisto analysoitiin pyynti-takaisinpyyntimenetelmällä. Tutkimuksessa todettiin, että seurantatekniikoiden, kuten dronejen käytön, viimeaikainen kehitys voi tehdä usealla paikalla tapahtuvat hylkeiden photo-ID-tutkimukset käytännöllisemmiksi mahdollistaen hylkeiden paikkojen välillä liikkumisen ja populaatioiden alarakenteiden tutkimisen.

Langley ym. (2020, 1, 2, 4, 13) tutkivat harmaahylkeiden makuupaikkojen alueellisia yhteyksiä ja aikuisten naaraiden paikkauskollisuutta lisääntymispaikoille Walesissa. Hylkeiden pään turkkikuvioiden vertailu tehtiin kvantitatiivisella ja standardoidulla menetelmällä käyttäen puoliautomaattista ExtractCompare photo-ID-ohjelmistoa. Tutkimuksessa todettiin, että pitkäaikaiset photo-ID-tutkimukset ovat kustannustehokkaita ja voivat osaltaan edistää ymmärrystä siitä, miten hylkeet käyttävät elinalueitaan.

2.3.4 Eloonjääminen

Mackey ym. (2007, 18–23, 25) arvioivat aikuisten kirjohylkeiden eloonjäämistä turkkikuvioihin perustuvalla yksilöntunnistusaineistolla Koillis-Skotlannissa.

Kuvat yksilöntunnistusta varten otettiin hylkeen pään sivuista ja ne luokiteltiin laadun ja kuviointityypin mukaan. Yksilöiden manuaalinen tunnistaminen perustui kahden parhaimman laatuluokan kuvien pään sivun ja niskan alueen turkkikuvioihin. Eloojäämis- ja takaisinpyyntitodennäköisyyksien arviointi tehtiin käyttämällä pyynti-takaisinpyyntimalleja Bayesilaisella tilastollisella lähestymistavalla. Photo-ID-menetelmä osoittautui hyödylliseksi ja Bayesilainen lähestymistapa mahdollisti aikuisten hylkeiden eloonjäämisen arvioinnin ja arvion epävarmuuden ilmoittamisen.

Hastings ym. (2012, 1369) arvioivat Alaskassa kirjohylkeiden ikä- ja sukupuolikohtaista näennäistä eloonjäämistä käyttämällä turkkikuvioihin perustuvaa photo-ID-tekniikkaa ja pyynti-takaisinpyyntimallinnusta. Näennäinen eloonjääminen ottaa kuolleisuuden lisäksi huomioon epävarmuuden, joka liittyy siihen, että eläin siirtyy pysyvästi pois alueelta, jota tutkitaan (Lebreton ym. 1992, 104). Tutkimuksessa yksilöiden vatsapuolen valokuvia sovitettiin yhteen tietokoneavusteisen järjestelmän avulla, joka listasi potentiaaliset osumat visuaalista tarkistusta varten. Turkkikuvioihin perustuva photo-ID on tutkimuksen mukaan toteuttamiskelpoinen menetelmä ikä- ja sukupuolikohtaisen eloonjäämisen arvioinnissa paikoissa, joissa oleilee suuria määriä hylkeitä, ja jotka ovat esimerkiksi suojelun kannalta tärkeitä ja siten sellaisia, että häiriötä tulisi välttää. Photo-ID:n todettiin olevan toimiva myös paikoissa, joissa riittävän monen hylkeen pyynti keinotekoisista merkintää varten ei ole mahdollista. (Hastings ym. 2012, 1368, 1370, 1378.)

2.3.5 Synnytyksen ajoittuminen, poikasten kokonaismäärä, imetyksen kesto ja toisten poikasten imettäminen

Thompson ja Wheeler (2008, 138–145) käyttivät photo-ID:tä Koillis-Skotlannissa kirjohyljenaaraiden yksilöntunnistukseen tavoitteenaan hyödyntää havaintoja tunnistetuista naaraista alueella syntyvien poikasten määrän, poikimisen ajoittumisen ja imetyksen keston arvioinnissa. Tutkimuksessa käytettiin pyynti-takaisinpyyntimenetelmää, jotta vältettiin pyydystämistodennäköisyyden muutosten aiheuttamat vääristymät. Photo-ID-

menetelmä mahdollisti emojen seuraamisen lisääntymisaikana ja sen tuloksena saatiin arvioita poikasten määrästä, syntymäajankohdasta sekä imetyksen kestosta. Menetelmänä sen todettiin voivan tarjota käytännöllisen menetelmän kirjohylkeiden lisääntymisen tutkimiseen. Potentiaalia sillä on paikoissa, joissa intensiivinen pyynti ja merkintä ei ole mahdollista logistisista, laillisista tai eettisistä syistä.

Civil ym. (2021, 2–3) tutkivat kirjohyljenaaraiden toisten poikasten imetyksen esiintymistä ja sen vaikutusta imetykseen ja imetyksen kestoon Skotlannissa. Ilmiön esiintymisen arvioinnissa käytettiin photo-ID:tä ja maastohavainnointia. Yksilöiden tunnistuksessa käytettiin Wild-ID photo-ID-ohjelmaa, jonka toimivuutta ei tutkimuksessa kommentoitu.

2.4 Photo-ID:n hyödyt

Photo-ID on tehokas tutkimusmenetelmä, joka ei yleensä aiheuta häiriötä eläimille (Würsig & Jefferson 1990, 43, 49). Verrattuna perinteisiin, keinotekoisii merkintämenetelmiin, on se non-invasiivinen eli siinä vältetään eläimen fyysinen pyydystäminen ja käsittely. Se on myös suhteellisen edullinen keinotekoisii merkintämenetelmiin verrattuna. (Karlsson ym. 2005, 628; Hiby ym. 2007, 164.) Muihin pyynti-takaisinpyyntimenetelmiin verrattuna saadaan sillä ”merkittyä” suuria määriä eläimiä pienillä resursseilla (Crowley ym. 2001, 163). Photo-ID soveltuu erityisen hyvin suojeltujen kookkaiden eläinlajien populaatioille, joiden pyynti on haastavaa ja joiden häirintää on vältettävä (Cunningham 2009, 320).

Photo-ID:n avulla saadaan tuotettua monenlaista tietoa tutkimuksen kohteena olevasta populaatiosta ja sen yksilöistä. Yksilöiden tunnistaminen auttaa saamaan tietoa ryhmärakenteesta, paikkauskollisuudesta, liikkumismalleista ja populaatiokoosta. Kun pitkäaikainen photo-ID-tieto yhdistetään muihin tutkimuksiin, voidaan myös tarkentaa elinajan parametreja, kuten sukukypsyysikä, poikimaväliä ja elinaikaa. (Würsig & Jefferson 1990, 44.)

Hylkeiden kuvaaminen ei edellytä tietyn valokuvausprotokollan käyttämistä, joten tutkimuksissa voidaan hyödyntää myös paikallisten asukkaiden ja vierailijoiden ottamia kuvia. Tämä osaltaan edistää tunnistusten ja uudelleenhavaintojen määrää. (Trukhanova ym. 2023, 173.) Esimerkki tällaisesta hyödyntämisestä on kaikille avoin saimaannorpan kuvagalleria (www.norppagalleria.fi), jonne kuka tahansa voi lisätä norpista otettuja kuvia (Koivuniemi ym. 2019, 5). Kuvien ja havaintotietojen lähettäminen tapahtuu Seal Codex -ohjelmistoalustan kautta ilman ohjelmaan kirjautumista tai sähköpostitse (WWF Suomi 2024).

2.5 Photo-ID:n haasteet

Valokuvien käsittely ja samojen yksilöiden kuvien yhteensovittaminen edellyttää kokenutta henkilöstöä ja vie mahdollisesti paljon aikaa, riippuen otettujen kuvien määrästä (Hammond ym. 2021, 15). Käytettävien valokuvien tulee olla hyvälaatuisia, jotta aiemmin havaitut eläimet tunnistetaan varmasti, jos ne nähdään myöhemmin uudelleen (Hammond 2018, 581). Kuvan laatua voivat heikentää vähäinen valotus, eläimen sijainti ja tarkennuksen puute (Cunningham 2009, 327).

Kaikki tutkimuksissa kerätyt valokuvat eivät ole riittävän laadukkaita valokuvaan perustuvaan yksilöntunnistukseen, joten usein ne luokitellaan laadun mukaan ja vain parhaita kuvia käytetään analyysissä (Hammond 2018, 581). Esimerkiksi Cunningham (2009, 320) luokitteli kirjohylkeiden kuvat laadun mukaan asteikolla yhdestä (huono) viiteen (erinomainen). Luokittelu perustui kuvan tarkkuuteen ja resoluutioon, kuvakulmaan sekä tarkasteltavan turkin alueen osuuteen kuvassa. Vain luokittelun kolme tai enemmän saaneet valittiin tutkimuksessa tietokoneella vertailtavaksi. Valokuvien luokittelua on tehty kirjohylkeillä myös turkin väriasteen (Crowley ym. 2001, 162; Hastings ym. 2012, 1370) ja kuviointityypin mukaan (Crowley ym. 2001, 162; Mackey ym. 2007, 20).

Oman haasteensa tunnistamiseen tuo se, että hylkeen turkin pinta ei ole tasomainen ja se voi näyttää hyvin erilaiselta riippuen eläimen asennosta ja vartalon vääntymisestä (Hiby & Lovell 1990, 57). Lisäksi haasteen voivat aiheuttaa eri puolilta samaa hyljeyksilöä otetut kuvat. Tällaisia kuvia ei voida sovittaa yhteen ilman lisätietoja. (Langley ym. 2020, 4.) Saimaannorpan kylkien turkkikuviot ovat epäsymmetrisiä (Koivuniemi ym. 2019, 5) eli vasemman ja oikean kyljen kuviot ovat erilaiset, kuten myös itämerennorpalla. Jos eri puolilta otettujen kuvien yksilöt tunnistetaan eri yksilöiksi, aiheuttaa se virheen havaintohistoriaan (Hiby ym. 2013, 253; Langley ym. 2020, 4).

Tutkimuksissa saimaannorpilla ja leopardihylkeillä on havaittu, että mikäli eläin on märkä kuvanottohetkellä, voi valon heijastuminen aiheuttaa haasteita yksilöntunnistamiseen (Koivuniemi ym. 2016, 32; Visser ym. 2022, 690). Saimaannorpan turkkikuvion ulkonäkö vaihtelee märän ja kuivan turkin välillä (Nepovinnykh ym. 2020, 25). Kirjohylkeen osalta on havaittu, että runsas hiekan määrä turkissa voi peittää turkkikuvion alleen (Hastings ym. 2012, 1370).

Kirjohylkeellä täysi-ikäisten hylkeiden turkki muuttuu vuosittain tasaisen ruskeaksi karvanvaihtoaikana, ennen kuin karva irtoaa muutaman viikon kuluessa. Turkkikuviot pysyvät samana ennen ja jälkeen karvanvaihdon, mutta vanha turkki voi hetkellisesti peittää turkkikuvion siten, että yksilöt eivät ole enää tunnistettavissa. Photo-ID-tutkimuksia ei tulisi tehdä kirjohylkeelle yksinomaan karvan vaihtuessa ja potentiaalinen tunnistamattomien hylkeiden määrän kasvu karvanvaihtoaikana tulisi ottaa huomioon. (Cunningham 2009, 324, 326.)

Väärin tunnistetut yksilöt voivat aiheuttaa vääriä positiivisia tuloksia (kaksi eri yksilöä tunnistetaan samaksi yksilöksi) ja/tai vääriä negatiivisia tuloksia (sama yksilö tunnistetaan kahdeksi eri yksilöksi) (Cunningham 2009, 326; Langley ym. 2021). Väärien positiivisten tulosten todennäköisyys on käytännössä nolla tietokoneavusteisessa tunnistuksessa, jos potentiaaliset vastaavuudet tarkistetaan visuaalisesti (Hastings ym. 2001, 148; Cunningham 2009, 321). Väärien negatiivisten todennäköisyys tulee arvioida muilla tavoilla (Hastings ym. 2001, 148). Väärien negatiivisten osuuden pienentämiseksi on ehdotettu kuvien suodattamista kuvanlaadun perusteella, mutta tämä on kuitenkin ongelmallista.

Suodattaminen edellyttää kuvanlaadun subjektiivista arviointia, vähentää saatavilla olevaa aineistoa ja saattaa korostaa tuloksissa yksilöitä, joilla on selkeitä tunnusmerkkejä. (Hiby ym. 2013, 257.)

2.6 Uudelleentunnistusmenetelmät ja -ohjelmistot

Photo-ID-tutkimuksissa kertyvä suuri määrä kuva-aineistoa edellyttää automaattisia menetelmiä, mikä on johtanut konenäkötekniikoiden hyödyntämiseen valokuvaan perustuvassa yksilöntunnistamisessa. Kuva-analyysinäkökulmasta photo-ID:ssä ratkaistava ongelma on yksilön uudelleentunnistaminen eli vastaavan yksilön löytäminen tietokantaan aiemmin lisätyistä yksilöistä. (Nepovinnykh ym. 2022b, 1.) Hylkeiden photo-ID-tutkimuksissa mainitaan sekä automaattisia (Nepovinnykh ym. 2022a; Birenbaum ym. 2022) että puoliautomaattisia menetelmiä ja ohjelmistoja yksilöiden uudelleentunnistamiseksi (Nepovinnykh ym. 2020, Langley ym. 2021).

Perusidea automaattisessa photo-ID:ssä on hyödyntää konenäkötekniikoita suurten kuvamäärien automaattiseen analysointiin sekä yksilöiden tunnistamiseen (Nepovinnykh ym. 2022a, 958). Algoritmeille voidaan opettaa olemassa olevien photo-ID-tietokantojen avulla hylkeen paikallistamista eli havaitsemista kuvasta, turkkikuvion poimimista ja kuvailua sekä sen vertailua tunnettujen yksilöiden aineistoon (Langley ym. 2021). Syväoppimisen havaitsemismenetelmistä konvoluutioneuroverkkoihin perustuvat menetelmät ovat nykyään kaikista yleisimpiä (Liu ym. 2019, 266–267) ja niiden käyttö on suosittua eläinten biometriikassa (Nepovinnykh ym. 2020, 26).

Langley ym. (2021) määrittelevät hahmontunnistusohjelmistot (Wild-ID, ExtractCompare ja I³S Pattern) puoliautomaattisiksi, koska ne vaativat käyttäjän manuaalisen vahvistuksen osumalle. Photo-ID-aineiston analysointiin käytettävän hahmontunnistusohjelmiston valinnassa on oleellista ohjelmiston kyky havaita osuma, mutta myös aineiston prosessointiin kuluva aika on usein tärkeä (Langley ym. 2021). Tietokoneavusteisia ohjelmia käytettäessä on myös

arvioitava tarkkaan mahdollisia virhelähteitä (Bolger ym. 2012, 820). Havaittujen osumien manuaalisen vahvistaminen on tarpeen ainakin siihen asti, kunnes virhemäärät alittavat hyväksytyyn kynnyksarvon (Langley ym. 2021).

2.6.1 Konvoluutioneuroverkot

Neuroverkot ovat koneoppimisen menetelmiä (Minna Learn & Helsingin yliopisto 2024a). Verkon syvyys viittaa neuroverkon rakenteeseen, jossa useammat kerrokset luovat syvemmän verkon. Mitä syvempi verkko, sitä monimutkaisempia ilmiöitä sille voidaan opettaa. Suurempi syvyys tekee kuitenkin verkon oppimisesta vaikeampaa sekä vaatii enemmän aineistoa ja laskentatehoa. (Minna Learn & Helsingin yliopisto 2024b.)

Konvoluutioneuroverkko tarkoittaa neuroverkkoa, johon on sisällytetty konvoluutiokerros. Konvoluutiokerros mahdollistaa erilaisten kuvapiirteiden, esimerkiksi tummien läiskien tai erilaisten kuvioiden, tunnistamisen opettamisen neuroverkolle. (Minna Learn & Helsingin yliopisto 2024c.)

2.6.2 Automaattiset menetelmät

Nepovinykhin ym. (2022a, 958, 963, 969) ehdottaman automaattisen photo-ID-prosessin vaiheita olivat hyljeyksilön segmentointi Mask R-CNN -menetelmällä, yksilöiden ryhmittely, kuvioiden poimiminen ja uudelleen tunnistaminen.

Tutkimuksessa rajattujen laatokannorppayksilöiden kuvat ryhmiteltiin siten, että jokaisesta yksilöstä on useita kuvia, joissa norpan asento, valaistus ja laatu vaihtelevat. Näitä ryhmiä voidaan käyttää uudelleentunnistuksessa sekä yksilön ja tietokannassa jo olevien tunnistettujen yksilöiden yhdistämiseen. Useiden kuvien käyttäminen voi parantaa uudelleentunnistamisen tarkkuutta verrattuna perinteisiin menetelmiin, joissa käytetään vain yhtä kuvaa kerrallaan.

Uudelleentunnistusalgoritmi voi myös koota enemmän tietoa turkkikuvista, kun hylkeen kääntyessä näkyviin tulee uusia osia turkkikuvista, jotka voidaan lisätä tietokantaan. Konvoluutioneuroverkkoa hyödyntämällä voidaan saada myös alhaisen kontrastin turkkikuviot poimittua kuvista.

Birenbaum ym. (2022, 2–3, 9) ehdottavat automaattisen kasvojen tunnistustekniikan käyttöä merinisäkkäiden tunnistamiseen uuden SealNet-ohjelmiston avulla. Ohjelmiston kehittämiseen käytettiin syväoppimismenetelmiä ja konvoluutioneuroverkkoja. Aineistona käytettiin kirjohylkeiden kasvokuvia, jotka oli otettu Yhdysvalloissa Mainen Casco Bayssa. Tulokset olivat lupaavia, mutta ohjelmistossa on rajoituksia. Se vaatii manuaalista työtä silmien, nenän ja suun osoittamisessa sekä harjoitusaineiston tuottamisessa. Lisäksi harjoitusaineiston tuottaminen voi olla virhealtista.

2.6.3 HotSpotter

Tässä opinnäytetyössä otetaan käyttöön Seal Codex -ohjelmistoalusta, joka käyttää HotSpotter-algoritmia hyljeyksilöiden tunnistamiseen (Wild Me 2023b). Algoritmi ei ole lajispesifi. HotSpotter-algoritmia hyödynnettäessä kuvasta määritetään suorakulmainen alue, jota halutaan tarkastella. (Crall ym. 2013, 1–2.) Algoritmi analysoi tarkasteltavalla alueella esiintyviä piirteitä löytääkseen erottuvia kuvioita, joita kutsutaan ”hot spoteiksi”. Tämän jälkeen se vertaa näitä kuvioita tietokannassa oleviin kuviin ja luo mahdollisista vastaavuuksista luettelon. Todennäköisimmin vastaavilla kuvilla on suurin kuvioiden samankaltaisuus. (Wild Me Documentation 2023a.) Ohjelman tulokset tarkistetaan visuaalisesti (Crall ym. 2013, 2), joten se voidaan luokitella puoliautomaattiseksi ohjelmistoksi (Langley ym. 2021).

2.6.4 NORPPA eli NOvel Ringed seal re-identification by Pelage Pattern Aggregation

Norppayksilöiden uudelleentunnistamista on tutkittu paljon (Zhelezniakov ym. 2015, Chehrsimin ym. 2018, Nepovinnykh ym. 2020, Chelak ym. 2021, Nepovinnykh ym. 2022a, Nepovinnykh ym. 2022b). Saimaannorppayksilöiden uudelleentunnistusta varten on ehdotettu useita menetelmiä (Nepovinnykh ym. 2020; Chelak ym. 2021; Nepovinnykh ym. 2022c; Nepovinnykh ym. 2024), joista uusin on NORPPA (NOvel Ringed seal re-identification by Pelage Pattern

Aggregation, Nepovinnykh ym. 2022c; Nepovinnykh ym. 2024). NORPPA-algoritmi hyödyntää uudelleentunnistamisessa saimaannorpan turkkikuviointia ja käyttää sisältöpohjaisia kuvatiedonhakutekniikoita, jotka ovat tietokonenäön sovelluksia (Nepovinnykh ym. 2024, 1–2). Sisältöpohjainen kuvatiedonhaku tarkoittaa kuvien automaattista hakua tietokannoista hyödyntämällä kuvien visuaalista sisältöä, kuten väreä, muotoja ja piirteitä (Seth & Jindal 2017, 7498–7499). NORPPA-menetelmässä kuva esikäsitellään, ominaisuudet poimitaan ja yhdistetään sekä lopuksi yksilö tunnistetaan uudelleen yhdistettyjen vektorien perusteella. Menetelmää on mahdollista soveltaa saimaannorppien lisäksi myös muihin kuvioituihin eläinlajeihin. (Nepovinnykh ym. 2024, 2, 8.) Saimaannorppalle kehitettyjä menetelmiä on hyödynnetty ja muokattu laatokannorpan uudelleentunnistukseen sopiviksi (Nepovinnykh ym. 2022a, 963).

2.6.5 Wild-ID

Wild-ID käyttää SIFT-algoritmia kuvien vertailuun ja kuvioiden tunnistamiseen (Bolger ym. 2012, 816). Scale-Invariant Feature Transform -menetelmää (SIFT) käytetään samankaltaisten kuvioiden havaitsemiseen. Se poimii kohdeobjektien ominaispiirteet kuvista ottaen samalla huomioon kuvan mittakaavan ja kiertymisen. (Lowe 2004, 91–92.)

Ohjelman toimivuutta on arvioitu kirjohylkeiden lukumäärän arviointiin liittyvässä kandidaatintutkielmassa Ruotsissa. Sen todettiin toimivan hyvin ja siitä on valtava apu suurten aineistomäärien läpikäynnissä. Se ei ole virheetön, mutta yksinkertaistaa työtä. Kaikki ohjelman tarjoamat osumat on hyväksyttävä manuaalisesti. (Isaksson 2022, 20.)

2.6.6 ExtractCompare

ExtractCompare kehitettiin alun perin harmaahylkeille, mutta se voidaan mukauttaa muillekin lajeille, joilla vähintään jotkut yksilöt omaavat erottuvia kuvioita. Ohjelma käyttää matemaattista kolmiulotteista pintamallia halutun

alueen paikantamiseen ja kyseisen alueen kuvioinnin kuvailuun tunnistejoukkona. Kolmiulotteinen pintamalli mahdollistaa sen, että eläimen suuntaus ja asento valokuvan ottohetkellä eivät vaikuta merkittävästi tuloksena olevaan tunnistejoukkoon. (Hiby & Lovell 1990, 57, 60.) Ohjelma asettaa kuvaparit paremmuusjärjestykseen samankaltaisuuspisteiden perusteella ja vastaavuudet vahvistetaan manuaalisesti. Samankaltaisuuspisteille on mahdollista määrittää kynnyksarvo suurten aineistomäärien käsittelyn tehostamiseksi. (Langley ym. 2021.) Ohjelma käyttää monibiometristä tunnistusta (Langley ym. 2021) eli se yhdistää useita biometrinen tietojen lähteitä (Ross 2007, 20).

Ohjelmaa on käytetty tutkimuksessa, jossa arvioitiin miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien käyttöä hylkeiden kuvaamisessa. Tutkimus tehtiin harmaahylkeillä ja kirjohylkeillä pesinnän ja karvanlähdön aikana Isossa-Britanniassa. ExtractComparea oli tarkoitus käyttää tunnistuksessa molemmille hyljelajeille, mutta sen käyttö onnistui vain harmaahylkeillä, sillä kirjohylkeiden kuvien kuvanlaatu ei ollut riittävä valokuvauskorkeuden vuoksi. Kirjohylkeiden turkkikuvio on hienovaraisempi ja epäselvempi kuin harmaahylkeiden. (Pomeroy ym. 2015, 103, 105.)

2.6.7 I³S Pattern

I³S Pattern on vuorovaikutteinen yksilöntunnistusohjelma, josta on useita versioita. Se on suunniteltu poimimaan ja vertailemaan eri lajien luonnollisia ulkoisia tunnusmerkkejä. (Langley ym. 2021.) Ohjelma käyttää tunnistinta ja kuvaajaa, joita kutsutaan nimellä SURF (Speeded-Up Robust Features). SURF valitsee ensin kiintopisteet kuvan erottuvista kohdista, kuten kulmista ja T-risteyksistä, jonka jälkeen jokaisen kiintopisteen lähialuetta kuvataan ominaisuusvektorilla. Lopuksi kuvaajavektoreita yhteensovitetään kuvien välillä vastaavuuksien havaitsemiseksi. (Bay ym. 2008, 346.)

2.6.8 Menetelmiä vertailevia tutkimuksia

Rhode Islandin hylkeillä tehtiin Wild-ID ja ExtractCompare photo-ID-ohjelmistojen arviointia tutkien niiden kykyä toimia manuaalisen yhteensovittamisen apuna ja tunnistaa hyljeyksilöitä, jotka käyvät toistuvasti paikassa, jossa ne nousevat maalle makoilemaan. Tutkimuksen mukaan ExtractCompare oli tehokkaampi ohjelmisto ja väärin negatiivisten määrä väheni sitä käytettäessä huomattavasti verrattuna Wild-ID -ohjelmistoon. ExtractComparen käytön todettiin kuitenkin olevan Wild-ID:hen verrattuna vaikeaa ja aikaa vievää eivätkä kaikki ohjelmiston ominaisuudet olleet vielä saatavilla. (Moll ym. 2016, 1, 6, 21.) Seuraavana vuonna saman alueen hylkeille tehtiin ExtractComparen avulla paikallispopulaation koon arviointi ja analyysi paikkauskollisuudesta makoilupaikalle. Vertailua Wild-ID:hen tehtiin laadullisesti edellisen vuoden tuloksiin verraten. ExtractComparen todettiin olevan potentiaalisesti tehokas, mutta suositeltiin seuraamaan uusien vakaampien ja luotettavampien ohjelmistojen saatavuutta. (Moll ym. 2017, 6, 31–32.)

Saimaannorpan kuva-aineistolla on arvioitu Wild-ID:n ja HotSpotterin suoritumista yksilöntunnistuksesta. Kuvien segmentointi eli hylkeen paikallistaminen kuvasta ja tunnistusta vaikeuttavan taustan poistaminen sekä jälkikäsitteily paransivat tunnistustuloksia. HotSpotter suoriutui yksilöntunnistuksessa Wild-ID:tä paremmin. (Chehrsimin ym. 2018, 141, 151.)

Avoimen lähdekoodin puoliautomaattisten hahmontunnistusohjelmistojen suorituskkyä photo-ID-käytössä on arvioitu kirjohylkeillä Atlantilla. Tutkimuksessa vertailtiin ohjelmia Wild-ID, I³S Pattern ja ExtractCompare. Suorituskkyä mitattiin ohjelmien kykynä pisteyttää samaa yksilöä edustavat kuvat paremmin kuin kuvat, jotka eivät ole samasta yksilöstä. Tutkimuksen mukaan Wild-ID oli suorituskkyisin hahmontunnistusohjelmisto kirjohylkeen photo-ID-tutkimukseen ja sitä suositeltiin parhaana vaihtoehtona. Seuraavaksi paras oli ExtractCompare ja sen jälkeen I³S Pattern. Wild-ID:n käyttö vaati vähiten aikaa yksittäiselle kuvalle esikäsitteilyä vastaavuuden vahvistamiseen eli se oli myös vertailuista ohjelmista nopein. (Langley ym. 2021.)

Nepovinnykh ym. (2022b, 7–9) ehdottavat uudelleentunnistusmenetelmien arviointiprotokollaa ja esittävät NORPPA- ja HotSpotter-algoritmien suoriutumisen tulokset saimaannorpan aineistolla. Esikäsittelyyn, joka piti sisällään sävykartoituksen ja segmentoinnin, todettiin parantavan uudelleentunnistustuloksia molempien algoritmien osalta. NORPPA:n tarkkuus ilman esikäsittelyä oli paljon alhaisempi kuin HotSpotterilla, mutta esikäsittelyn kanssa käytettynä se päihitti HotSpotterin selvästi.

3 Seal Codexin käyttöönotto

3.1 Codex ja Seal Codex

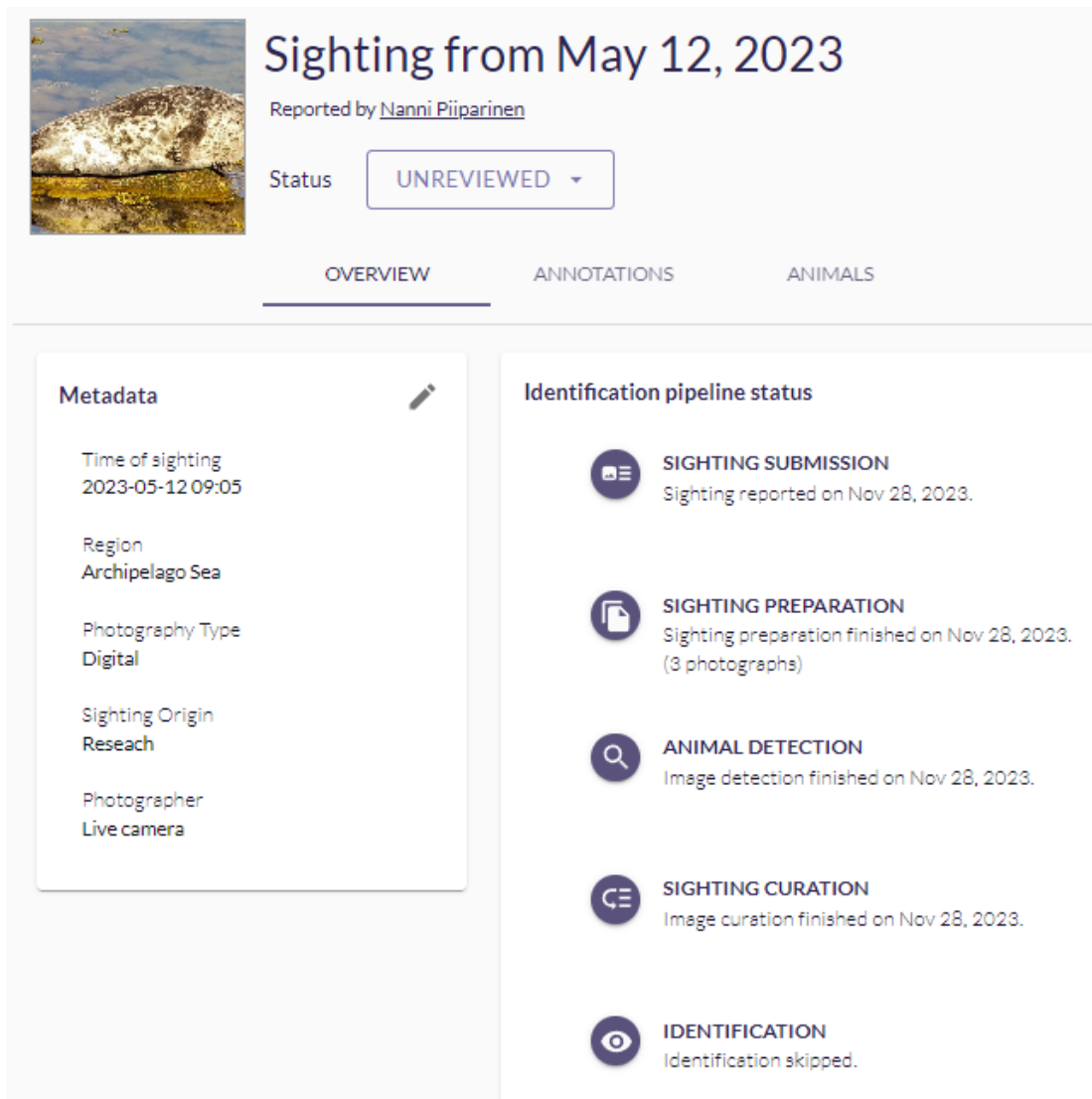
Codex on verkkopohjainen avoimen lähdekoodin ohjelmistoalusta, joka yhdistää luontotutkimusta tekoälyyn, kansalaistieteeseen ja tietokonenäköön populaatioanalyysien nopeuttamiseksi sekä uusien innovaatioiden kehittämiseksi uhanalaisten lajien sukupuuttoon kuoleminen torjumiseksi (Wild Me 2023a). Codexin tarkoituksena on auttaa tutkijoita seuraamaan yksittäisiä eläimiä luonnonvaraisissa populaatioissa ja arvioimaan populaatiokokoa. Codex-alustaa voi käyttää useampi tutkija ja organisaatio useiden lajien tutkimiseen eri alueilla. (Wild Me Documentation 2023b.) Codex on myös työkalu aineiston helpompaan hallintaan ja luetteloiden täsmäytykseen (Wild Me 2023a; Wild Me Documentation 2023b).

Codex hyödyntää tietokonenäön koneoppimista kuvien käsittelyssä, eläinten paikantamisessa, lajitunnisteiden käyttämisessä ja vastaavien yksilöiden ehdottamisessa tietokannasta. Käytössä on erilaisia algoritmeja, jotka tunnistavat yli 50 eläinlajia. Codexia edeltävä ohjelmistoalusta on nimeltään Wildbook. Codexissa on Wildbookiin verrattuna nopeampi prosessointi ja parannettu käyttöliittymä. Wildbookeja ja Codexeja löytyy esimerkiksi seeproille, kirahveille ja hylkeille. (Wild Me 2023a.)

Seal Codex on tutkimusalusta, joka hyödyntää tekoälyä hylkeiden suojelussa automatisoimalla yksilöiden tunnistamista ja tarjoamalla tietomallin yhteistyötä varten. Tällä hetkellä se on käytössä saimaannorpilla, norpilla, krillihylkeillä, leopardihylkeillä, havaijinhylkeillä, harmaahylkeillä, antarktisenhylkeillä, kirjohylkeillä, täplähylkeillä ja munkkihylkeillä. Seal Codex käyttää SIFT-pohjaista HotSpotter-tietokonenäköalgoritmia, joka analysoi kuvan piirteitä löytääkseen erottuvia kuvioita ja vertaa niitä tietokannassa oleviin kuviin. (Wild Me 2023b.)

3.1.1 Kuva-analyysi

Codexin kuva-analyysi koostuu eläimen havaitsemisesta ja tunnistamisesta (Kuva 1). Kuvien analysointiin käytetään Wildbook Image Analysis (WBIA) -nimistä kehittyntä koneoppimispalvelinta. WBIA käyttää havaitsemisprosessia eläinten löytämiseen kuvista. Havaitsemisprosessi on syvien konvoluutioneuroverkkojen sarja. (Wild Me Documentation 2023a.)



Sighting from May 12, 2023
Reported by [Nanni Piiparinen](#)

Status: **UNREVIEWED**

OVERVIEW | ANNOTATIONS | ANIMALS

Metadata

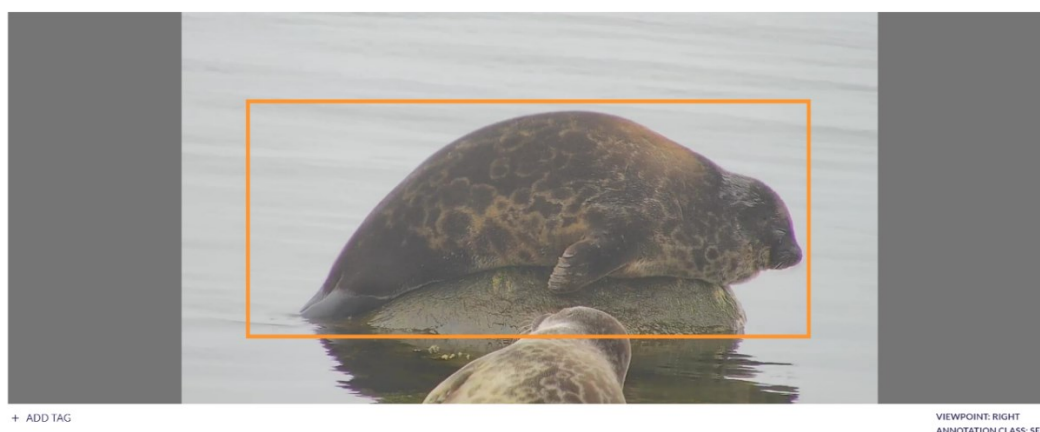
- Time of sighting: 2023-05-12 09:05
- Region: Archipelago Sea
- Photography Type: Digital
- Sighting Origin: Research
- Photographer: Live camera

Identification pipeline status

- SIGHTING SUBMISSION**
Sighting reported on Nov 28, 2023.
- SIGHTING PREPARATION**
Sighting preparation finished on Nov 28, 2023. (3 photographs)
- ANIMAL DETECTION**
Image detection finished on Nov 28, 2023.
- SIGHTING CURATION**
Image curation finished on Nov 28, 2023.
- IDENTIFICATION**
Identification skipped.

Kuva 1. Kuvakaappaus [Seal Codex -ohjelmistoalustalta](#). Havaintosivun yleisnäkymä, jossa näkyvät havainnon tiedot ja tunnistusprosessin vaiheet. Tiedoista poistettiin koordinaatit sekä saaren ja alueen nimet kuvakaappauksen oton ajaksi. (Kuva: WWF Suomi.)

Codexin kuva-analyysin havaitsemisvaiheeseen kuuluu eläimen löytäminen kuvasta ja havaitun eläimen automaattinen rajaaminen, joka esitetään oranssina suorakulmiona (Kuva 2). Ohjelma merkitsee lajin ja kuvakulman rajauksiin. Tunnistusvaiheessa palvelin nimeää rajauksen ja ohjaa sen havaintotyyppin mukaan yhdelle tai useammalle tunnistusalgoritmille. Algoritmi vertaa rajattua yksilöä tietokannassa oleviin yksilöihin kuva-alan piirteitä tarkastelemalla. (Wild Me Documentation 2023a.) Vaihtoehtoisesti algoritmin tekemän tunnistuksen voi ohittaa, ja liittää havainnon manuaalisesti olemassa olevaan yksilöön tai luoda uuden yksilön.



Kuva 2. Kuvakaappaus [Seal Codex -ohjelmistoalustalta](#). Yksilön Phb127 Annotation-välilehdellä näkyvä rajaus, katselusuunta ja laji. (Kuva: WWF Suomi.)

3.2 Seal Codexin käyttöönoton alkuvalmistelut

Seal Codexin käyttöönotto käynnistyi yhteydenotolla voittoa tavoittelemattomaan organisaatioon Wild Me, josta pyydettiin käyttäjätunnukset ohjelmistoon. Työ alkoi ohjelmiston käyttöohjeisiin tutustumalla. Näihin kuuluivat varsinaiset kirjalliset ohjeet, YouTube-videot ja Wild Me Community Forums -keskustelualue. Ohjemateriaalia ja neuvoja saatiin myös Piia Mutkalta Itä-Suomen yliopistosta. Wild Me Community Forums -keskustelualue toimii myös Seal Codexin teknisenä tukialustana, ja sitä hyödynnettiin Seal Codexin käyttöönoton aikana. Ratkaisuja ongelmiin saattoi myös löytää muiden

käyttäjien kysymysten vastauksista. Wild Me tiedottaa päivityksistä keskustelualueella.

Seal Codexiin on mahdollista lisätä yksittäinen havainto tai tehdä massatiedonsiirto tietokantataulukkoa hyödyntäen. Aineiston massatiedonsiirtoa varten luotiin Codexin ohjeiden mukainen, halutut tietokentät sisältävä Excel- taulukkopohja. Havaintojen viemistä ohjelmistoalustalle testattiin sekä massatiedonsiirron kautta että havainto kerrallaan. Puuttuvia ominaisuuksia pyydettiin lisättävän Seal Codexiin, näitä olivat aluetieto ”Archipelago Sea” ja lajitieto ”*Pusa hispida botnica*”. Ohjelmistoalustalle lisättävien tarkkojen sijaintitietojen näkyvyys käyttäjille selvitettiin niiden arkaluontoisuuden vuoksi.

3.3 Kuvien valmistelu ja tietojen täydennys

Jokaiselle olemassa olevan tietokannan kuvalle etsittiin alkuperäinen tiedostonimi, jos se oli mahdollista. Tämä tehtiin kuvien ominaisuuksien, ulkoisten kovalevyjen ja tietokantataulukon tietoja yhdistelemällä.

Tietokantataulukon tiedot eivät viittaa suoraan tietokannan kuviin, vaan taulukossa on esitetty alkuperäisten, tietokantaan lisättyjen kuvien nimet.

Tietokannan kuvat on nimetty yksilön nimen mukaan: etuliite ”Phb” (*Pusa hispida botnica*) yhdistettynä juoksevaan numerointiin, esimerkiksi Phb001.

Tietokantataulukon ja pilvipalvelussa olevien kuvien välillä ei ole siis suoraa vastaavuutta. Kuvien alkuperäisistä nimistä tehtiin erillinen taulukko, jonka käyttöä suositellaan jatkossa, jotta jokaisen kuvan alkuperäinen nimi on suoraviivaisempaa selvittää. Osalla riistakamerakuvista ei ollut alkuperäisiä nimiä, joten niille luotiin nimet Seal Codexia varten ja nämä nimet lisättiin edellä mainittuun taulukkoon. Näitä nimiä ei lisätty tietokantataulukkaan, sillä kyseessä eivät ole kuvien alkuperäiset tiedostonimet.

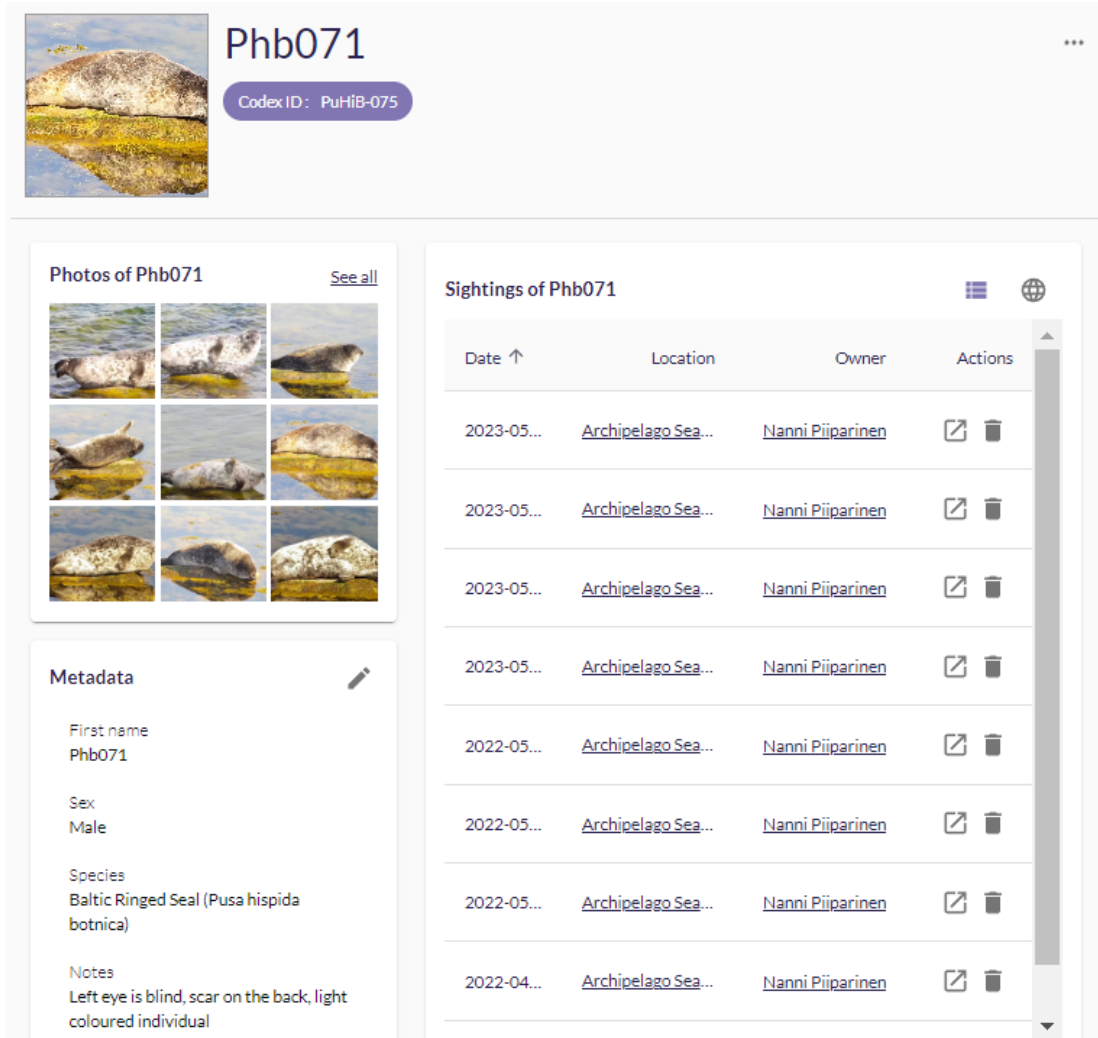
Tietokantataulukon havaintopäivämääriä täydennettiin riistakamerakuvien tietojen perusteella tarvittaessa. Riistakamerakuvahavainnot on tietokantataulukossa ilmoitettu pääasiassa ilman kellonaikaa vuosilta 2016–2018. Riistakamerakuvien ominaisuustietojen perusteella kellonaikatietoja

lisättiin Seal Codexiin täsmällisemmin kuin tietokantataulukossa. Järjestelmäkamerakuvien osalta kellonaikoja ei täydennetty Seal Codexiin kuvien ominaisuustietojen perusteella, sillä suurin osa järjestelmäkamerahavainnosta oli merkattu tietokantataulukoon ajan kera, jolloin tämä tieto vietiin Seal Codexiin.

Paikoille, joilla ei ollut koordinaatteja tiedossa, luotiin suurpiirteiset koordinaatit kirjallisen sijaintitiedon perusteella Seal Codexiin lisäämistä varten. Tietokantataulukkoa ei täydennetty näiden osalta, sillä sijaintitieto ei ole täsmällinen. Seal Codexia varten koordinaattitieto oli kuitenkin mielekästä lisätä, jotta mahdollista karttaominaisuutta voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Osa kuvista oli bmp- ja png-muodoissa. Nämä kuvat muunnettiin jpg-muotoon, joka on Seal Codexin tukema tiedostomuoto.

3.4 Aineiston vienti alustalle

Periaate havaintojen ja yksilöiden viemisessä Seal Codexiin on seuraava: ohjelmistoalustalle luodaan havainto, jonka jälkeen havainto liitetään jo olemassa olevaan yksilöön tai luodaan uusi yksilö (Kuva 3). Kaikki tietokantataulukossa olevat havainnot ja kuvakansioissa olevat kuvat vietiin Seal Codexiin ja kuvat yhdistettiin vastaaviin tietokantataulukon havaintoihin. Kaikkiin havaintoihin ei liity kuvia, mutta jokaisesta yksilöstä on vähintään yksi kuva.



Phb071
Codex ID: PuHIB-075

Photos of Phb071 [See all](#)

Metadata

First name
Phb071

Sex
Male

Species
Baltic Ringed Seal (*Pusa hispida botnica*)

Notes
Left eye is blind, scar on the back, light coloured individual

Sightings of Phb071

Date ↑	Location	Owner	Actions
2023-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2023-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2023-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2023-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2022-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2022-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2022-05...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	
2022-04...	Archipelago Sea...	Nanni Piiparinen	

Kuva 3. Kuvakaappaus [Seal Codex -ohjelmistoalustan](#) yksilösivusta, jossa näkyy havaintoja yksilöstä Phb071 (Kuvat: WWF Suomi).

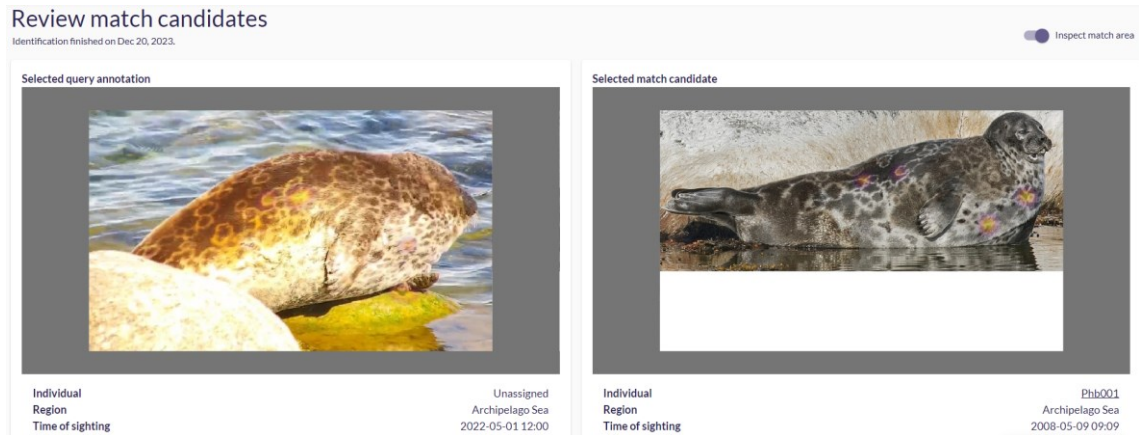
Havaintojen lisäämisen yhteydessä Seal Codexiin vietiin seuraavat tiedot: havainnon päivämäärä ja aika mahdollisimman tarkasti, alue (Saaristomeri), vapaamuotoinen sijaintitieto (saaren ja alueen nimi), tarkka sijaintitieto koordinaattien muodossa, valokuvaustyyppi (digitaalinen tai riistakamera), valokuvaaja (ei riistakamerahavainnoissa), havainnon alkuperä (tutkimus), laji (*Pusa hispida botnica*) ja sukupuoli (jos määritettävissä). Havaintojen pohjalta Seal Codexiin luotiin yksilöt, jotka nimettiin kuten tietokantataulukossa. Työn lomassa laadittiin ohje havaintojen ja kuvien lisäämistä varten (Liite 1) jatkokäyttäjille. Käyttöänsä aikana Seal Codexiin vietiin 501 kuvaa, luotiin 677 havaintoa ja 138 yksilöä.

Kun kaikki havainnot oli siirretty Seal Codexiin, tehtiin oman työn tarkistus ja havaittujen virheiden korjaaminen. Esimerkiksi jotkin havainnot oli lisätty tietokantaan kaksi kertaa. Samalla korjattiin tietokantataulukon riistakamerahavainnot aikajärjestykseen ja merkattiin siihen ristiin kuvaavat riistakamerat. Ristiin kuvaavien kameroiden osalta Seal Codexiin lisättiin vain yksi ensimmäisen havainnon hetki kyseiseltä päivältä. Mikäli yksilö oli kuvien perusteella poistunut ja palannut takaisin, samalta päivältä lisättiin havaintoja tilanteen mukaan kaksi tai useampia.

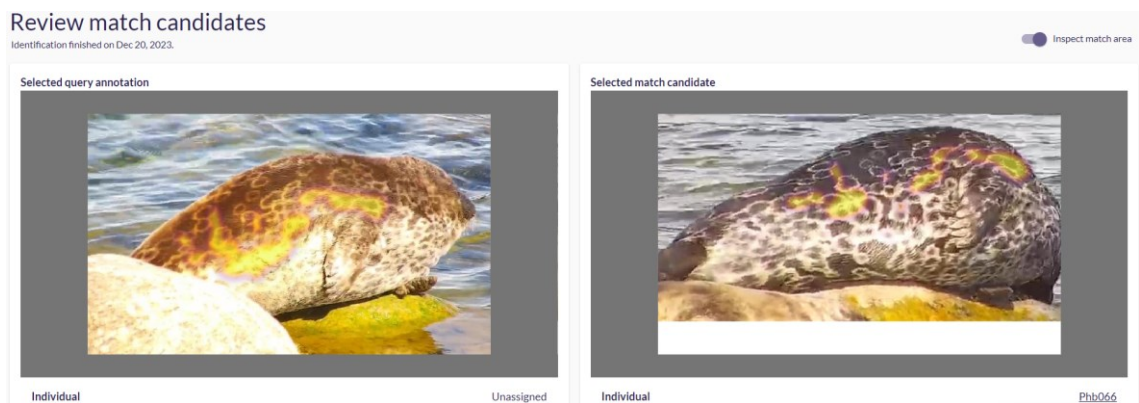
3.5 Tietokonenäköalgoritmin kokeilu

Testimielessä kokeiltiin HotSpotter-algoritmin suoriutumista itämerennorppayksilön uudelleentunnistamisesta. Tämä tehtiin poistamalla tietokannasta yksi oikean kyljen kuva yksilöstä Phb066. Yksilö Phb066 valittiin testiin siksi, että siitä on lisätty monta kuvaa (13 kappaletta, joista viisi on oikeasta kyljestä).

Kuva ladattiin tietokantaan uudestaan ja valittiin tunnistusvaiheessa manuaalisen tunnistuksen sijaan Seal Codexin tekemä tunnistus. Tunnistukseen kului 10 minuuttia, ja tunnistuksen tuloksena ohjelma tarjosi 20 korkeimmat pisteet (eng. Score) saanutta kuvaehdotusta. Parhaaksi osumaksi ohjelma ehdotti yksilön Phb001 kuvaa pisteillä 0,41 (Kuva 4). Oikea osuma, eli yksilö Phb066 sijoittui sijalle 20 pistein 0,01 (Kuva 5). Jotta algoritmin toimivuutta voisi arvioida, tulisi sitä testata systemaattisemmin.



Kuva 4. Kuvakaappaus [Seal Codex -ohjelmistoalustalta](#) parhaat pisteet saaneesta osumaehdotuksesta (Vasemman puolen kuva: WWF Suomi, oikean puolen kuva: Seppo Keränen).



Kuva 5. Kuvakaappaus [Seal Codex -ohjelmistoalustalta](#) oikeasta osumaehdotuksesta (Kuvat: WWF Suomi).

3.6 Havaintoja Seal Codexin käytöstä

Seal Codex -ohjelmistoalusta on visuaalisesti selkeä ja sen käyttö on helppo oppia. Katalogina Seal Codex vaikuttaa toimivalta. Tietokantataulukon verrattuna tietojen hakeminen voi olla helpompaa suodattimien ja hakutoiminnon ansiosta. Hakuja on mahdollista suodattaa esimerkiksi valokuvatyyppin, havaintomäärien tai tietyn aikavälin perusteella. Esimerkiksi tiettyinä päivinä riistakamerakuvien perusteella havaitut yksilöt on mahdollista suodattaa näkyviin.

Havaintojen massatuonti ominaisuus Excel-taulukkoa hyödyntäen toimii hyvin, kun alustalle viedään useampi havainto ilman kuvia. Massatuonnissa kuvien nimille on tiukat kriteerit, minkä vuoksi tämä ominaisuus ei ollut tässä käyttöönotossa toimiva. Käytännössä lähes kaikkien kuvien alkuperäinen nimi olisi pitänyt muuttaa, mikä olisi aiheuttanut haasteita aineistohallinnalle ja alkuperäisten kuvien jäljitettävyydelle. Massatuonnin tuoma nopeus on rajallinen, sillä kaikki lisätyt havainnot on kuitenkin yhdistettävä manuaalisesti yksilöihin.

Kuvia sisältävien havaintojen lisäämisen yhteydessä tapahtuva hylkeiden havaitsemisprosessi kesti 1–8 minuuttia eli suhteellisen kauan. Hitauden syytä kysyttiin Wild Me Community Forums -keskustelualueella ja asiakastuki-insinööri Anastasia Pagánin (henkilökohtainen tiedoksianto 19.1.2024) mukaan koneoppimistehtävät suoritetaan jaetussa sarjamuotoisessa jonossa. Havaitsemisprosessi voi kestää kymmenestä sekunnista tunteihin riippuen siitä, kuinka monta muuta työtä on jonossa. Käytännössä tämä hitaus ei ole suuri haitta, sillä jatkossa Seal Codexiin lisätään yksittäisiä havaintoja ja niihin liittyviä kuvia. Havaintojen, joihin ei liittynyt kuvia, latautuminen alustalle tapahtui välittömästi.

Työtä tehdessä huomattiin, että mikäli norppayksilö ei erotu hyvin taustastaan, ei ohjelma havaitse sitä kuvasta. Välillä ohjelma tunnisti kivet hylkeiksi, jolloin nämä poistettiin manuaalisesti. Ohjelman tekemät havainnot eläimistä onkin aina tarkistettava. Tarvittaessa merkintä on mahdollista lisätä manuaalisesti.

Havaintoja ja yksilöitä lisättäessä työtä vaikeuttaa se, että lisätyt tiedot eivät näy Seal Codexin hakutoiminnossa välittömästi. Lisätyn havainnon näkymisessä kestää joitain tunteja ja uusi yksilö näkyy vasta seuraavana päivänä. Tämä tuo omat haasteensa käytännön työhön. Kun lisätään uusi havainto jo Seal Codexissa (yli vuorokauden olleeseen) olevaan yksilöön, on tärkeää yhdistää havainto välittömästi yksilöön, sillä muuten se on mahdollista vasta joidenkin tuntien kuluttua havainnon kadotessa joksikin aikaa näkyvistä. Mikäli uuteen, vasta lisättyyn yksilöön, on tarve lisätä useampi havainto, on muut havainnot mahdollista yhdistää siihen vasta seuraavana päivänä, sillä uusi yksilö ei näy

yksilöhaussa välittömästi. Kuvien näkymättömyyden syytä kysyttiin Wild Me Community Forums -keskustelualueella. Asiakastuki-insinööri Anastasia Pagánin (henkilökohtainen tiedoksianto 19.1.2024) vastauksen mukaan Codexin hakutulosten uudelleenindeksointi kestää yleensä kaksi tuntia, minkä vuoksi juuri lisätyt havainnot eivät ole heti haettavissa hakutoiminnon kautta. Hänen mukaansa tulevaan Codex-päivitykseen on tulossa aineistosivu, jossa omien ladattujen tietojen tarkastelu on mahdollista välittömästi.

Olemassa olevaan havaintoon ei ole mahdollista lisätä uusia kuvia havainnon lisäämisen jälkeen. Käytännössä ominaisuutta tarvitaan kuitenkin harvoin. Vaihtoehtoina uusien kuvien lisäämiselle olemassa olevaan havaintoon ovat uuden havainnon luominen tai olemassa olevan havainnon poistaminen ja lisääminen uudelleen uusien kuvien kera, mikäli halutaan välttää saman ajanhetken havaintojen listautuminen kahdesti yksilösivulla.

Yksilösivulla kaikki saman norppayksilön kuvat näkyvät melko pieninä, eikä niitä ole mahdollista avata suuriksi tai zoomata. Suurempien kuvien tarkastelu on mahdollista havaintosivulla kuva kerrallaan, mutta kuvien zoomaaminen ei ole mahdollista. Näiden puutteiden vuoksi Seal Codex ei vaikuta sopivalta alustalta manuaaliseen photo-ID tunnistustyöhön sen nykyisillä toiminnoilla.

Suurentamisomaisuudesta tehtiin ominaisuuden lisäämispyyntö Wild Me Community Forums -keskustelualueelle.

4 Pohdinta

Luotettavat arviot runsaudesta, levinneisyydestä ja tiheydestä ovat eläinlajien suojelun ja kannanhoidon kannalta välttämättömiä. Riittävän tarkka tieto runsausvaihteluista ja kannan kehityksen suuntauksista on edellytys uhanalaisiin populaatioihin kohdistuvien tehokkaiden suojelutoimenpiteiden kehittämiseksi ja toteuttamiseksi. (Koivuniemi ym. 2019, 1.)

Kirjallisuuskatsauksen perusteella photo-ID-menetelmää on käytetty monille hyljelajeille ja sen avulla voidaan selvittää niin populaatioihin kuin yksilöihin liittyviä asioita.

Käyttöön otettu Seal Codex toimii hyvin katalogina, ja tiedon löytäminen ja suodattaminen suuresta aineistomassasta on sujuvampaa verrattuna tietokantataulukkoon. Uuden käyttäjän on myös helppo omaksua ohjelmistoalusta sen yksinkertaisen käyttöliittymän ansiosta. Ohjelmistoalustan tarjoama ulkoisiin kovalevyihin ja pilvipalveluihin sitoutumaton pääsy itämerennorpan photo-ID-aineistoon sujuvoittaa sen käyttöä ja yhteistyötä muiden tutkijoiden kanssa mahdollistaen pääsyn samoihin, ajantasaisiin tietoihin. Mikäli muut Itämeren alueen hyljetutkijat ottavat ohjelmistoalustan käyttöön itämerennorpalla, on Seal Codexilla potentiaalia toimia yhteistyöalustana. Sen avulla voisi olla mahdollista saada tietoa esimerkiksi norppayksilöiden liikkeistä Itämeren alueella.

Seal Codexilla on potentiaalia kehittyä paremmaksi havaittujen käyttöjärjestelmän haasteiden osalta, sillä se päivittyy ja kehittyy jatkuvasti. Opinnäytetyön teon aikana julkaistiin yksi Codex-päivitys. Suuria Codex-päivityksiä julkaistaan neljännesvuosittain ja pienempiä päivityksiä tehdään useammin (A. Pagán, henkilökohtainen tiedoksianto 22.1.2024). Erityisesti karttatoiminto ja toimiva tunnistusalgoritmi voisivat tuoda mukanaan tutkimuksellisia hyötyjä. Seal Codex -ohjelmistoalustan uudelleentunnistusalgoritmin toimivuutta ei tässä opinnäytetyössä systemaattisesti testattu.

Tässä opinnäytetyössä tehtiin katsaus tekoälyn ja tietokonenäön hyödyntämiseen hylkeiden yksilöntunnistamisessa menemättä tarkemmin menetelmien sisältöihin. Opinnäytetyön tekijä ei ole ekologisen tutkimuksen, tietokonenäön tai tekoälyn asiantuntija, mikä toi omat rajoitteensa lähteinä käytettyjen aineistojen ymmärtämiseen. Mahdollisesti haastattelut alojen asiantuntijoiden kanssa olisivat voineet avata asiaa enemmän. Seal Codexin käyttöönoton osalta tässä työssä voidaan rajoituksena pitää sitä, että aineisto on viety manuaalisesti ohjelmistoalustalle ja tehty työ on tekijän itsensä tarkistamaa. Inhimillisten virheiden mahdollisuus tietokantaan vietyjen tietojen osalta on siten olemassa.

Eri tahojen välinen yhteistyö vaikuttaa olevan oleellisessa asemassa uudelleentunnistusmenetelmien kehittämisessä, kun yhdistetään korkeatasoista biologian, tekoälyn ja tietokonenäön osaamista. Oletettavaa on, että tulevaisuudessa eri tahojen yhteistyössä kehittämät tekoälypohjaiset menetelmät tulevat saavuttamaan suuremman tarkkuuden osumiin. Tekoälyn hyödyntämistä saimaannorpan yksilöntunnistamisessa kehitetään tällä hetkellä Lappeenrannan-Lahden teknillisessä yliopistossa (Operaatio Norppa 2023, 43:15). Saimaannorpan yksilön- ja uudelleentunnistuksen parissa tehty pitkäjänteinen tutkimus- ja kehitystyö osoittaa, kuinka haastavaa yksilön uudelleentunnistusmenetelmien kehittäminen voi olla. Saimaannorpan uudelleentunnistusmenetelmät hyödyttävät tulevaisuudessa mahdollisesti myös itämerennorpan uudelleentunnistusta.

Jatkossa olisi kiinnostavaa selvittää, millaisia muita vaihtoehtoja tietokannan hallinnalle on olemassa Seal Codexin lisäksi ja millaisia ne ovat siihen verrattuna. Erityisen kiinnostavaa olisi testata HotSpotter- ja NORPPA-algoritmien suoriutumista itämerennorppa-aineistolla. Seal Codexin käyttöönotto mahdollistaa HotSpotterin käytön ja testaamisen suoraan ohjelmistoalustalla.

Opinnäytetyön teon loppumetreillä saatiin tieto, että Seal Codex -ohjelmistoalustan käyttö loppuu ja sen käyttö siirtyy Wildbook-ohjelmistoalustalle. Wild Me:n Wildbook on Codexia edeltävä ohjelmistoalusta (Wild Me 2023a). Wild Me tekee aineistonsiirron, joten alustan vaihtuminen ei

vaadi aineiston uudelleenlatausta. Toivon mukaan tehdystä työstä Seal Codexin käyttöönotossa on hyötyä myös Wildbook-alustan käytössä.

Lähteet

- Arzoumanian, Z.; Holmberg, J. & Norman, B. 2005. An astronomical pattern-matching algorithm for computer-aided identification of whale sharks *Rhincodon typus*. *Journal of Applied Ecology*. Vol 42, No 6, 999–1011.
- Bay, H.; Andreas, E.; Tuytelaars, T. & Van Gool, L. 2008. Speeded-Up Robust Features (SURF). *Computer Vision and Image Understanding*. Vol 110, No 3, 346–359.
- Birenbaum, Z.; Do, H.; Horstmyer, L.; Orff, H.; Ingram, K. & Ay, A. 2022. SEALNET: Facial recognition software for ecological studies of harbor seals. *Ecology and Evolution*. Vol 12, No 5, 1–11.
- Bolger, D.T.; Morrison, T.A.; Vance, B.; Lee, D & Farid. 2012. A computer-assisted system for photographic mark–recapture analysis. *Methods in Ecology and Evolution*. Vol 3, No 5, 813–822.
- Chehrsimin, T.; Eerola, T.; Koivuniemi, M.; Auttila, M.; Levänen, R.; Niemi, M.; Kunnasranta, M. & Kälviäinen, H. 2018. Automatic individual identification of Saimaa ringed seals. *IET Computer Vision*. Vol 12, No 2, 146–152.
- Cheeseman, T.; Southerland, K.; Park, J.; Olio, M.; Flynn, K.; Calambokidis, J.; Jones, L.; Garrigue, C.; Jordán, A.F.; Howard, A.; Reade, W.; Neilson, J.; Gabriele, C. & Clapman, P. 2022. Advanced image recognition: a fully automated, high-accuracy photo-identification matching system for humpback whales. *Mammalian Biology*. Vol 102, 915–929.
- Chelak, I.; Nepovinnikh, E.; Eerola, T.; Kälviäinen, H. & Belykh, I. 2021. EDEN: Deep Feature Distribution Pooling for Saimaa Ringed Seals Pattern Matching. [arXiv:2105.13979v2](https://arxiv.org/abs/2105.13979v2)
- Civil, M.A.; Hague, E.; Langley, I. & Scott-Hayward, L. 2021. Allo-suckling occurrence and its effect on lactation and nursing duration in harbour seals (*Phoca vitulina*) in Orkney, Scotland. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. Vol 75, No 121, 1–14.
- Cordes, L.S. & Thompson, P.M. 2015. Mark-resight estimates of seasonal variation in harbor seal abundance and site fidelity. *Population Ecology*. Vol 57, 467–472.

Crall, J.P.; Stewart, C.V.; Berger-Wolf, T.Y.; Rubenstein, D.I. & Sundaresan, S.R. 2013. HotSpotter - Patterned Species Instance Recognition. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV). 230–237.

Crowley, S.M.; Kelly, B.P. & Daniel, R. 2001. Individual identification of harbour seals for application to population and behavioural studies. Teoksessa Harbour seals in Alaska Annual Report. Division of Wildlife Conservation. Alaska Department of Fish and Game, 146–160.

Cunningham, L. 2009. Using Computer-Assisted Photo-identification and Capture-Recapture Techniques to Monitor the Conservation Status of Harbour Seals (*Phoca vitulina*). Aquatic Mammals. Vol 35, No 3, 319–329.

Duyck, J.; Finn, C.; Hutcheon, A.; Vera, P.; Salas, J. & Ravela, S. 2014. Sloop: A pattern retrieval engine for individual animal identification. Pattern Recognition. Vol 48, No 4, 1059–1073.

Google Search Central. 2024. In-depth guide to how Google Search works. Viitattu 22.1.2024.

<https://developers.google.com/search/docs/fundamentals/how-search-works>

Hall, A.J.; McConnell, B.J. & Barker, J.B. 2001. Factors affecting first-year survival in grey seals and their implications for life history strategy. Journal of Animal Ecology. Vol 70, 138–149.

Hammond, P.S. 2018. Mark-Recapture. Teoksessa Würsig, B., Thewissen, J.G.M. & Kovacs, K.M. Encyclopedia of Marine Mammals. 3. painos. Academic Press, 580–584. Vaatii kirjautumisen palveluun. Viitattu 9.10.2023.

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/turkuamk-ebooks/reader.action?docID=5154042>marine

Hammond, P.S.; Francis, T.B.; Heinemann, D.; Long, K.J.; Moore, J.E.; Punt, A.E.; Reeves, R.R.; Sepúlveda, M.; Sigurðsson, G.M.; Siple, M.C.; Vikingsson, G.; Wade, P.R.; Williams, R. & Zerbini, A.N. 2021. Estimating the Abundance of Marine Mammal Populations. Frontiers in Marine Science. Vol 8, Article 735770.

Hastings, K.K.; Small, R.J. & Hiby, L. 2001. Use of computer-assisted matching of photographs to examine population parameters of Alaskan harbor seals. Teoksessa Harbor Seal Investigations in Alaska. Annual Report for NOAA

Award NA87FX0300. Division of Wildlife Conservation, Alaska Department of Fish and Game. 146–160.

Hastings, K.K.; Small, R.J. & Pendleton, G.W. 2012. Sex- and age-specific survival of harbor seals (*Phoca vitulina*) from Tugidak Island, Alaska. *Journal of Mammalogy*. Vol 93, No 5, 1368–1379.

Helsingin yliopisto. 2022. 7. Tietokannan ominaisuudet. Tietokantojen perusteet kevät 2022 -verkkomateriaali. Viitattu 22.1.2024. <https://tikape.mooc.fi/kevat-2022/content/osa-7/index.html#indeksit>

Hiby, L. & Lovell, P. 1990. Computer aided matching of natural markings: a prototype system for grey seals. Report of the International Whaling Commission. Special Issue 12, 57–62.

Hiby, L.; Lundberg, T.; Karlsson, O.; Watkins, J.; Jüssi, M.; Jüssi, I. & Helander, B. 2007. Estimates of the size of the Baltic grey seal population based on photo-identification data. *NAMMCO Scientific Publications*. Vol 6, 163–175.

Hiby, L.; Paterson, W.D.; Redman, P.; Watkins, J.; Twiss, S.D. & Pomeroy, P. 2013. Analysis of photo-ID data allowing for missed matches and individuals identified from opposite sides. *Methods in Ecology and Evolution*. Vol 4, 252–259.

Isaksson, S. 2022. Evaluation of photo-ID technique to estimate harbour seal numbers in Gullmarsfjorden, Sweden. Degree project for Bachelor of Science with a major in Biology. Department of Biological and Environmental Sciences. University of Gothenburg.

Kapel, F. O.; Christiansen, J.; Heide-Jørgensen, M.P.; Härkönen, T.; Born, E.W., Knutsen, L. Ø.; Riget, F. & Teilmann, J. 1998. Netting and conventional tagging used to study movements of ringed seals (*Phoca hispida*) in Greenland. *NAMMCO Scientific Publications*. Vol 1, 211–228.

Karczmarski, L.; Chan, S.C.Y.; Rubenstein, D.; Chui, S.Y.S. & Cameron, E.Z. 2022. Individual identification and photographic techniques in mammalian ecological and behavioural research — Part 1: Methods and concepts. *Mammalian Biology*. Vol 102, 545–549.

Karlsson, O.; Hiby, L.; Lundberg, T.; Jüssi, M. & Helander, B. 2005. Photo-identification, Site Fidelity, and Movement of Female Gray Seals (*Halichoerus grypus*) Between Haul-outs in the Baltic Sea. *Ambio*. Vol 34, No 8, 628–634.

Koivuniemi, M.; Auttila, M.; Niemi, M., Levänen, R. & Kunnasranta M. 2016. Photo-ID as a tool for studying and monitoring the endangered Saimaa ringed seal. *Endangered Species Research*. Vol 30, 29–36.

Koivuniemi, M.; Kurkilahti, M.; Niemi, M.; Auttila, M. & Kunnasranta, M. 2019. A mark–recapture approach for estimating population size of the endangered ringed seal (*Phoca hispida saimensis*). *PLoS ONE*. Vol 14, No 3: e0214269.

Kurt, M. & Gücü, A. C. 2021. Demography and population structure of Northeastern Mediterranean monk seal population. *Mediterranean Marine Science*. Vol 22, No 1, 79–87.

Laji.fi. 2024. Hylkeet – Phocidae. Viitattu 23.1.2024.
<https://laji.fi/taxon/MX.50568>

Langley, I.; Hague, E. & Civil, M.A. 2021. Assessing the performance of open-source, semi-automated pattern recognition software for harbour seal (*P. v. vitulina*) photo ID. *Mammalian Biology*. Vol 102, 973–982.

Langley, I.; Rosas da Costa Oliver, T.; Hiby, L.; Stringell, T.B.; Morris, C.W.; O’Cadhla, O.; Morgan, L.; Lock, K.; Perry, S.; Westcott, S.; Boyle, D.; Büche, B.; Stubbings, E.M.; Boys, R.B.; Self, H.; Lindenbaum, C.; Strong, P.; Baines, M. & Pomeroy, P.P. 2020. Site use and connectivity of female grey seals (*Halichoerus grypus*) around Wales. *Marine Biology*. Vol 167, No 86, 1–15.

Lebreton, J.D.; Burnham, K.P.; Clobert, J. & Anderson, D.R. 1992. Modeling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*. Vol 62, No 1, 67–118.

Lehto, M.; Neittaanmäki, P.; Niinimäki, E.; Nyrhinen, R.; Ojalainen, A.; Pölönen, I.; Ruohonen, T.; Tuominen, H.; Vähäkainu, P.; Äyrämö, S. & Äyrämö, S-M. Tekoälyn perusteita ja sovelluksia. Viitattu 20.2.2024.
<https://tim.jyu.fi/view/kurssit/tie/tiep1000/tekoalyn-sovellukset/kirja#DKUvbnUuGytQ>

Liu, L.; Ouyang, W.; Wang, X.; Fieguth, P.; Chen, J.; Liu, X. & Pietikäinen, M. Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey. *International Journal of Computer Vision*. Vol, 128, 261–318.

Lowe, D. G. 2004. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*. Vol 60, No 2, 91–110.

Mackey, B.L.; Durban, J.W.; Middlemas S.J. & Thompson, P.M. 2007. A Bayesian estimate of harbour seal survival using sparse photo-identification data. *Journal of Zoology*. Vol 274, No 1, 18–27.

Metsähallitus. 2023. Yhteinen saimaannorppamme -LIFE. Viitattu 29.9.2023. <https://www.metsa.fi/projekti/yhteinen-norppamme-life/>

Minna Learn & Helsingin yliopisto. 2024a. I. Neuroverkkojen periaatteet. Elements of AI -verkkokurssi. Viitattu 16.1.2024. <https://course.elementsofai.com/fi/5/1>

Minna Learn & Helsingin yliopisto. 2024b. II. Miten neuroverkkoja rakennetaan? Elements of AI -verkkokurssi. Viitattu 16.1.2024. <https://course.elementsofai.com/fi/5/2>

Minna Learn & Helsingin yliopisto. 2024c. III. Edistyneet neuroverkkomenetelmät. Elements of AI -verkkokurssi. Viitattu 16.1.2024. <https://course.elementsofai.com/fi/5/3>

Moll, T.; Mitchell, G.; Tompsett, C.; Vars, T.; Krumholz, J. & Singer-Leavitt, Z. 2016. Haul-out Counts and Photo-Identification of Pinnipeds in Narragansett Bay, Rhode Island: 2015/16 Annual Progress Report.

Moll, T.; Mitchell, G.; Tompsett, C.; Vars, T.; Krumholz, J. & Singer-Leavitt, Z. 2017. Haul-out Behavioral Patterns and Photo-Identification of Pinnipeds in Narragansett Bay, Rhode Island: 2016–2017 Technical Report.

Nepovinnykh, E.; Chelak, I.; Eerola, T.; Kälviäinen, H. 2022c. NORPPA: NOvel Ringed seal re-identification by Pelage Pattern Aggregation. arXiv 2022, arXiv:2206.02498.

Nepovinnykh, E.; Chelak, I.; Lushpanov, A.; Eerola, T.; Kälviäinen, H. & Chirkova, O. 2022a. Matching individual Ladoga ringed seals across short-term image sequences. *Mammalian Biology*. Vol 102, 957–972.

Nepovinnykh, E.; Eerola, T. & Kälviäinen, H. 2020. Siamese Network Based Pelage Pattern Matching for Ringed Seal Re-identification. *Computer Vision Foundation*. 25–34.

Nepovinnykh, E.; Eerola, T.; Biard, V.; Mutka, P.; Niemi, M.; Kunnasranta, M. & Kälviäinen, H. 2022b. SealID: Saimaa Ringed Seal Re-Identification Dataset. *Sensors*. Vol 22, No 19, 7602.

Nepovinnykh, E.; Eerola, T.; Kälviäinen, H. & Chelak, I. 2024. NORPPA: NOvel Ringed seal re-identification by Pelage Pattern Aggregation. *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) Workshops 2024*. 1–10.

Operaatio Norppa. 2023. Ohjaus: Saario, P. Tuotantoyhtiö: DocArt. Viitattu 2.2.2024. <https://areena.yle.fi/1-50517680>

Paterson, W.D.; Redman, P.; Hiby, L. A.; Moss, S.E.W.; Hall, A.J. & Pomeroy, P. 2013. Pup to adult photo-ID: Evidence of pelage stability in gray seals. *Marine Mammal Science*. Vol 29, No 4, E537–E541.

Pomeroy, P.; O'Connor, L. & Davies, P. 2015. Assessing use of and reaction to unmanned aerial systems in gray and harbor seals during breeding and molt in the UK. *NRC Research Press*. 102–113.

Ross, A. 2007. An Introduction to Multibiometrics. 5th European Signal Processing Conference, Poznan, Poland. 20–24.

Sayer, S.; Allen, R.; Hawkes, L.A.; Hockley, K.; Jarvis, D. & Witt, M.J. 2019. Pinnipeds, people, and photo identification: the implications of grey seal movements for effective management of the species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. Vol 99, 1221–1230.

Schoen, A.; Boenke, M. & Green, D. 2015. Tracking Toads Using Photo Identification and Image-Recognition Software. *Herpetological Review*. Vol 46, No 2, 188–192.

Seth, N. & Jindal, S. 2017. A review on content based image retrieval. *International Journal of Computers & Technology*. Vol 15, No 14, 7498–7503.

Tampereen yliopiston kirjasto. 2023. Kansalaistiede: Mitä kansalaistiede on? Viitattu 18.10.2023. <https://libguides.tuni.fi/kansalaistiede>

Thompson, P.M. & Wheeler, H. 2008. Photo-ID-based estimates of reproductive patterns in female harbor seals. *Marine Mammal Science*. Vol 24, No 1, 138–146.

Tietotekniikan termitalkoot. 2017. Hahmontunnistus. Viitattu 16.2.2024.
<https://sanastokeskus.fi/tsk/fi/termitalkoot/haku-266.html>

Trukhanova, I.S.; Chirkova, O.A.; Shakhnazarova, V.Y.; Gromov, V.V.; Bakunovich, P.M.; Kouprianov, P.A.; Kouprianov, A.V.; Fedeneva, Y.V. & Sokolovskaya, M.V. 2023. Non-invasive monitoring of endangered Ladoga ringed seal (*Pusa hispida ladogensis*) (Carnivora: Phocidae) using photoidentification. *Russian Journal of Theriology*. Vol 22. No 2, 172–181.

Visser, I.N.; van der Linde, K.; Richard, S.E.; Cooper, T.E.; Hardia, T.M. & Bout, R. 2022. Can a leopard seal, *Hydrurga leptonyx* de Blainville, 1820 (Mammalia Phocidae), change its spots? (Spoiler alert: at least one adult female can). *Biodiversity Journal*. Vol 13, No 3, 685–693.

Wild Me Documentation. 2023a. Image Analysis Pipeline. Viitattu 24.10.2023.
<https://docs.wildme.org/product-docs/en/codex/getting-started-with-codex/image-analysis/>

Wild Me Documentation. 2023b. An Introduction to Codex. Viitattu 19.10.2023.
<https://docs.wildme.org/product-docs/en/>

Wild Me. 2023a. Codex: A new age of Wildbook. Viitattu 19.10.2023.
<https://www.wildme.org/codex-and-wildbook.html>

Wild Me. 2023b. Seal Codex. Viitattu 19.10.2023. <https://www.wildme.org/seal-codex.html>

WWF Suomi. 2024. Norppagalleria. Viitattu 31.1.2024.
<https://wwf.fi/norppagalleria/>

Würsig, B. & Jefferson, T.A. 1990. Methods of Photo-Identification for small cetaceans. Report of the International Whaling Commission. Special Issue No 12, 43–52.

Würsig, B.; Thewissen, J.G.M. & Kovacs, K.M. 2018. Marine mammal species*. *Encyclopedia of Marine Mammals*. 3. painos. Academic Press, 580–584. Vaatii kirjautumisen palveluun. Viitattu 9.10.2023.

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/turkuamk-ebooks/reader.action?docID=5154042>marine

Yochem, P.K.; Stewart, B.S.; Mina, M.; Zorin, A.; Sadovov, V. & Yablokov, A. 1990. Non-Metrical Analyses of Pelage Patterns in Demographic Studies of Harbor Seals. Report of the International Whaling Commission. Special Issue 12, 87–90.

Zhelezniakov, A.; Eerola, T.; Koivuniemi, M.; Auttila, M.; Levänen, R.; Niemi, M.; Kunnasranta, M. & Kälviäinen, H. 2015. Segmentation of Saimaa Ringed Seals for Identification Purposes. International Symposium on Visual Computing, ISVC 2015: Advances in Visual Computing. 227–236.

Ohje havainnon ja yksilön lisäämiseen Seal Codexiin

Aluksi lisätään havainto, joka tehdään seuraavalla tavalla:

1. Klikkaa plusmerkkiä (Report a Sighting) sivun oikeassa yläkulmassa.
2. Lisää kuva/kuvat, vaiheen voi myös ohittaa SKIP-painikkeella.
3. Täytä pakolliset kentät:
 - a. Eläinten määrä (yleensä yksi)
 - b. Time of sighting
 - c. Species Detection Model: Seal detector
 - d. Region: Archipelago Sea
 - e. Klikkaa CONTINUE
4. Optional data -sivulla täytä seuraavat kohdat:
 - a. Location
 - Freeform location (Saari, Alue)
 - Exact Location (koordinaatit)
 - b. Photography info
 - Photography Type
 - Photographer (Etunimi, Sukunimi / Live camera, jätetään tyhjäksi riistakamerahavainnoissa)
 - c. WWFnorppagalleria
 - Sighting Origin: Research
 - d. Individual information
 - Species
 - Sex
5. Seuraavaksi ohjelma prosessoi havainnon. Tässä voi kestää jopa 8 minuuttia. Odota, että ohjelma ilmoittaa "Ready to commit". Tarkista Annotations-välilehdeltä, että hylkeen rajausta on ok. Säästä vain koko norpan kokoiset rajaukset ja poista mahdolliset virheelliset rajaukset. Ohjelma voi rajata esimerkiksi kiven hylkeeksi. Mikäli kuvassa on useampi eläin, voi olla tarpeen poistaa väärän yksilön rajauksia (klikkaa kolmea pistettä kuvassa). Kun rajausta on ok, klikkaa COMMIT.
 - a. Heikkolaatuisessa kuvassa automaattinen eläimentunnistus ei välttämättä toimi. Tällöin se on tehtävä manuaalisesti:
 - Annotations-välilehdellä klikkaa kolmea pistettä kuvassa ja klikkaa "Add annotation". Rajaa hylje laatikkoon mahdollisimman tiukalla rajauksella, valitse Viewpoint (katselusuunta) ja Annotation class, joka on "seal"
 - Siirry Animals-välilehdelle, klikkaa ASSIGN ja klikkaa luomaasi rajausta kuvassa.
6. Valitse "Do not start an identification job" ja COMMIT SIGHTING.
7. Nyt havainto on lisätty.

Seuraavaksi liitetään havainto jo olemassa olevaan yksilöön tai luodaan uusi yksilö:

8. Animals-välilehdellä klikkaa IDENTIFY, jonka jälkeen voit valita joko uuden yksilön lisäämisen tai manuaalisen määrittämisen.
 - a. Jos lisäät uuden yksilön, täytä:
 - First name (esim. Phb001)
 - Sex
 - Species
 - b. Manuaalisessa määrittämisessä hae yksilö nimellä ja klikkaa ASSIGN ANIMAL.