

Pro gradu –tutkielma

**Harmaahylkeen (*Halichoerus grypus*) ravinto eri osissa
pohjoista Itämerta**

Sonja Myllylä



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Akvaattiset tieteet

10.07.2013

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Akvaattiset tieteet

MYLLYLÄ SONJA, M.: Harmaahylkeen (*Halichoerus grypus*) ravinto eri osissa pohjoista Itämerta

Pro gradu: 46 s.

Työn ohjaajat: FT Tuula Sinisalo, FT Mikko Kiljunen, FT Mervi Kunnasranta,

Tarkastajat: FT Tuula Sinisalo, FT Jari Syväranta

Heinäkuu 2013

Hakusanat: harmaahylje, lohi, silakka, ravintoverkkotasotaso, vakaat isotoopit, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$

TIIVISTELMÄ

Itämeren harmaahylkeiden (*Halichoerus grypus*) yksilömäärien kasvu viime vuosikymmeninä on aiheuttanut ristiriitoja ammattikalastajien ja hylkeiden välillä. Hylkeiden on todettu muun muassa vahingoittavan pyydyksiä ja syövän kalastajille arvokasta saalista myös pyydyksistä, kuten lohta (*Salmo salar*), sekä karkottavan kalaparvia kalastusalueiden ulkopuolelle. Toisaalta harmaahylkeille uhkana on hukkuminen pyydyksiin sekä lisääntynyt häirintä kalastajien ja meriliikenteen toimesta. Näiden ristiriitojen myötä kiinnostus hylkeiden ravinnosta on lisääntynyt. Hylkeiden ravinnonkäyttöä on perinteisesti tutkittu ruoansulatuskanavan sisällöstä. Tämän menetelmän ongelmana on, että saalislajien sulamattomat jäänteet hylkeen suolistossa kertovat pääasiassa vain sen, mitä hylje on syönyt viimeksi. Ravintotutkimusten rinnalle on tullut viime vuosina vakaiden isotooppien -menetelmä, jonka avulla voidaan kuluttajan ravintoa pidemmältä aikaväliltä. Tässä pro gradu -tutkielmassa arvioidaan Itämeren harmaahylkeen ravintoa lihaskudoksen hiilen ja typen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) avulla. Tutkielmaan valitut viisi saaliskalalajia edustavat eri ravintoverkkotasojen lajeja: kolmipiikki (*Gasterosteus aculeatus*) alemman ravintoverkkotasojen, silakka (*Clupea harengus membras*), kilohaili (*Sprattus sprattus*) ja Perämerellä kuore (*Osmerus eperlanus*) keskitason ravintoverkkotasojen ja lohi ylempien ravintoverkkotasojen saalislajeja. Saalislajien suhteellisia osuuksia harmaahylkeen ravinnossa arvioidaan ajallisesti, sukupuolittain ja ikäryhmittäin kuudella Itämeren eri alueella: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Saaristomeri, Ahvenanmeri ja Suomenlahti. Tutkielmassa tarkastellaan vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) avulla harmaahylkeiden ravintoverkkotasojen ja paikallispopulaatioiden muodostumista eri merialueilla. Tulosten perusteella silakka muodosti suuren osan harmaahylkeiden ravinnosta Ahvenanmerellä (38 %), Saaristomerellä (37 %) ja Suomenlahdella (58 %). Sen sijaan Perämerellä (53 %) ja Selkämerellä (58 %) ravinto koostui lohesta tai muusta merialueen ravintoketjun huipulla olevasta kalalajista. Lohen osuuteen harmaahylkeen ravinnossa on syytä suhtautua varauksella, sillä myös härkäsimpulla (*Myoxocephalus quadricornis*) Perämeren alueella on lohien kaltaiset vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) arvot. Kilohailin, kuoreen ja kolmipiikin osuudet ravinnosta vaihtelivat 9–35 % merialueittain. Ravintoverkkotasot olivat korkeammat eteläisimmillä merialueilla kuin pohjoisilla. Harmaahylkeille mallinnetut populaatiot erosivat merialueittain, joka viittaa paikallispopulaatioiden eroavaisuuksiin vakaiden isotooppien arvoissa. Vaihtelu Itämeren harmaahylkeiden ravinnossa eri merialueiden välillä tulisi ottaa huomioon tulevissa tutkimuksissa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science
Aquatic Science

MYLLYLÄ SONJA, M.: Diets of grey seals (*Halichoerus gryps*) in northern areas of the Baltic Sea

Master of Science Thesis: 46 p.

Supervisors: PhD Tuula Sinisalo, PhD Mikko Kiljunen, PhD Mervi Kunnasranta

Inspectors: PhD Tuula Sinisalo, PhD Jari Syväranta

July 2013

Key Words: grey seal, *Glupea harengus membras*, trophic level, stable isotopes, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$

ABSTRACT

The increasing number of grey seal (*Halichoerus gryps*) individuals in the Baltic Sea has led to conflicts between commercial fishermen and seals. Grey seals have been perceived to damage fishing nets and take valuable fishes, such as salmon (*Salmo salar*), directly from the nets, and to chase schools of fish outside the fishing areas. On the other hand the grey seal population is threatened by increased harassment by fishermen and navigation as well as the risk of drowning in fishing gear. These conflicts have increased interest in the diet of grey seals. Seal diets have traditionally been studied from the digestive tract contents. However, a problem with this method is that the prey is digested relatively fast and the indigestible remains of the fish found in the seal gut mainly tells what a seal has last eaten. In recent years a stable isotope method has appeared among traditional dietary studies, which can be used to evaluate consumer food assimilated over a longer time period. This master's thesis explored the diet composition of Baltic grey seals using carbon and nitrogen stable isotope analyses ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) of the seal muscle. In this study we selected five prey fish species which represent different levels of Baltic food webs: three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) from the lower level of the food web, herring (*Clupea harengus membras*), sprat (*Sprattus sprattus*), and smelt (*Osmerus eperlanus*) from the Bothnian Bay, from the intermediate-level, and finally salmon representing a prey species from the upper level of the food web. Relative proportions of the prey species in the grey seal diet were estimated by season, gender and the age group in six different areas: Bothnian Bay, Quark, Bothnian Sea, Archipelago, Åland Sea and the Gulf of Finland. This research used stable isotopes signatures ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) to estimate how trophic level and local population differ between sea areas. According to the results, herring accounted for a large part of the diet of grey seals in the Åland Sea (38%), in the Archipelago Sea (37%), and the Gulf of Finland (58%). In the Bothnian Bay (53%), and in the Bothnian Sea (58%), the diet consisted more salmon or other fish species from the upper trophic level. The estimated proportion of salmon in the grey seal diet should be viewed with caution, however, as the sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*) in the Bothnian Bay has ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) values similar to those of salmon. Sprat, smelt and three-spined stickleback varied from 9-35% in grey seal diet depending on the sea area. Apparent trophic levels of seals were higher in the southern sea areas than in the northern. Also local populations differ between sea areas based on the stable isotope modelling. Variation in the diet of grey seals in the Baltic Sea between different sea areas should be taken into account in future studies.

Sisältö

1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUKSEN TAUSTA	6
2.1 Itämeren harmaahylje eli halli	6
2.1.1 Levinneisyys, vaellukset ja hyljekannat	6
2.1.2 Harmaahylkeen lisääntyminen ja ravinto	7
2.1.3 Hylkeenmetsästys ja hylkeiden vaikutus kalastuselinkeinoon	8
2.2 Vakaat isotoopit ravintotutkimuksessa.....	9
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	10
3.1 Tutkimusalueet ja näytteet.....	10
3.2 Hyljenäytteiden käsittely ja muunnokset	11
3.3 Tutkimuksen aineisto ja analysointi	12
3.3.1 Tutkimuksessa käytetty aineisto ja aineiston yhdistäminen	12
3.3.2 Aineiston analysointi	14
4. TULOKSET	14
4.1 Harmaahylkeiden hiilen ja typen vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) vaihtelu Itämerellä	14
4.2 Harmaahylkeiden ravinto Itämeren eri merialueilla ja mixing model -mallinnus	17
4.2.1 Harmaahylkeiden ravinto Itämerellä	17
4.2.2 Naaraiden ja koiraiden ravinto	21
4.2.3 1–4-vuotiaiden ja yli 4-vuotiaiden ravinto	22
4.2.4 Harmaahylkeiden ravinto keväällä ja kesällä	23
5. TULOSTEN TARKASTELU	26
5.1 Harmaahylkeiden hiilen ja typen vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) vaihtelu Itämerellä ja mixing model -mallinnus.....	26
5.2 Harmaahylkeiden ravinto Itämerellä	27
5.3 Naaraiden ja koiraiden ravinto	28
5.4 1–4-vuotiaiden ja yli 4-vuotiaiden ravinto	28
5.5 Harmaahylkeiden ravinto keväällä ja kesällä	29
5.6 Ravintoverkkotasot ja paikalliset populaatiot	29
5.7. Yhteenveto.....	30
Kiitokset	31
Kirjallisuus	31
Liitteet	

1. JOHDANTO

Harmaahylje (*Halichoerus grypus*) eli halli on Itämeren kolmesta hyljelajista kooltaan suurin ja määrältään runsaslukuisin. Suomen merialueilla arvioitiin vuonna 2011 olevan lähes 8000 (Anonyymi 2011a) ja vuonna 2012 noin 9900 harmaahyljeyksilöä (Anonyymi 2013). Harmaahyljekanta on toipunut liikapyyntiin ja ympäristömyrkkujen (PCB ja DDT) aiheuttamista lisääntymisongelmista (Helle 1983), vaikkakin kannan kasvu on näyttänyt viime vuosina hidastumisen merkkejä. Lisääntyneen hyljekannan haittana ovat olleet niiden aiheuttamat taloudelliset vahingot Itämeren ammattikalastajille. Yleisimmät vahingot ovat koostuneet kokonaan syödyistä tai osittain vioittuneista saaliskaloista sekä rikkoutuneista pyydyksistä (Anonyymi 2012a, Savolainen ym. 2010). Lisäksi hylkeet kilpailevat kalastajien kanssa samoista saalislajeista vaikuttaen näin mahdollisesti kalakantoihin (Lundström ym. 2012a). Kalataloudelle aiheutuneiden vahinkojen myötä ja hylkeiden suojelun näkökulmasta on tarvetta tutkia harmaahylkeen vaikutusta taloudellisesti merkittäviin saaliskalakantoihin.

Harmaahylkeen on havaittu käyttävän ainakin pariakymmentä eri kalalajia ravintonaan, ravinnon tarpeen vaihdellessa 5–8 kg päivässä (Helle 1983). Harmaahylkeiden saalislajeihin kuuluu muun muassa erikokoisia parvi- ja pohjakaloja sekä taloudellisesti merkittäviä lohikalajakin. Silakan (*Clupea harengus membas*), lohen (*Salmo salar*) ja siian (*Coregonus lavaretus*) on todettu olevan yleisimpiä saalislajeja harmaahylkeelle (Lundström ym. 2007). Toisaalta harmaahylkeen on havaittu käyttävän runsaimmin saatavilla olevaa saalislajia (Helle 1983), mikä voi aiheuttaa eroja ajallisesti ja paikallisesti hylkeen ravinnossa.

Tutkimukset hylkeiden ravinnonkäytöstä ovat aiemmin perustuneet ruoansulatuskanavasta ja jätöksistä löytyvien kalojen ja muiden ravintokohteiden sulamattomien jäänteiden, kuten otoliittien ja luiden, määrittämiseen (Pierce ym. 2004, Stenman & Pöyhönen 2005, Lundström ym. 2007, Lundström ym. 2010, Kauhala ym. 2011). Ravintokohteiden tunnistus ja saaliskohteiden runsauden laskeminen jäänteistä on työlästä ja kertoo yleensä vain mitä hylje on syönyt viimeksi, sillä ravintokohteet sulavat hylkeen elimistössä suhteellisen nopeasti (Pierce & Boyle 1991). Saaliskohteiden arviointia hankaloittaa sulamisnopeuden lisäksi usein ruoansulatuskanavien tyhjyys eli saaliiden jäänteitä ei ole saatavilla. Hylkeen ruoansulatuskanavassa oleva saalis sulaa eri nopeudella riippuen muun muassa saalisajista ja ravinnon laadusta (Lawson ym. 1997). Saalisajit jotka sulavat hitaammin suhteessa toisiinsa lajeihin voivat olla ylliedustettuja (Pierce & Boyle 1991, Pierce ym. 1991). Lisäksi on havaittu muun muassa kirjohylkeiden (*Phoca vitulina*) välttävän saaliskalojen päiden syömistä isoilta kaloilta, kuten lohilta, jolloin nämä kalat voivat puolestaan olla aliedustettuja (Pitcher 1980). Saalisajibiomassojen arvioiminen otoliiteista ja muista jäänteistä voi myös vääristyä tunnistusvirheen vuoksi.

Perinteisten ravintomäärittysten rinnalle on tullut vakaiden isotooppien -menetelmä (Stable Isotope Analysis, SIA) (Fry 1988, Fry 2006). Vakaat hiilen ($\delta^{13}\text{C}$) ja typen ($\delta^{15}\text{N}$) isotoopit tarjoavat menetelmän, jonka avulla voidaan arvioida kuluttajan ravintokohteiden suhteellisia osuuksia pidemmältä aikaväliltä, määrittää ravintoverkkotasoa ja tarkastella näitä muutoksia ajallisesti ja maantieteellisesti. Tässä työssä tutkittiin Itämeren kuudelta eri merialueelta harmaahylkeiden ravintoa lihaskudoksista määritettyjen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) avulla. Aineiston avulla on arvioitu harmaahylkeen ravinnon koostumusta merialueittain, sukupuolittain, ikäryhmittäin sekä vuodenajallisesti R-Statistics-ohjelman SIAR-paketin (Stable Isotope Analysis in R) avulla. Määritettyjen isotooppiarvojen avulla

on laskettu lisäksi harmaahylkeille ravintoverkkotasot sekä mallinnettu harmaahylkeiden paikallispopulaatioita Itämeren eri merialueilla R-Statistics-ohjelman SIBER-paketin avulla (Stable Isotope Bayesian Ellipses in R) (Jackson ym. 2011). Harmaahylkeiden saaliskalojen ravinto-osuuksien arvioimisessa on käytetty aikaisemmissa tutkimuksissa vakaille isotoopeille ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) määritettyjä kala-aineistoja. Tämän tutkielman saaliskala-aineisto koostui jokaisella merialueella neljästä eri kalalajista: silakka, lohi, kolmipiikki (*Gasterosteus aculeatus*) ja kilohaili (*Sprattus sprattus*). Perämerellä kilohailin sijaan on tarkasteltu kuoreen (*Osmerus eperlanus*) osuutta. Tutkielmaan valitut saaliskalalajit edustavat ravintoverkkotasoa missä harmaahylje on ruokaillut. Lohi edustaa ylemmän ravintoverkkotason kalalajeja, silakka, kilohaili sekä kuore keskitason ja kolmipiikki alemman ravintoverkkotason saaliskalalajeja.

2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

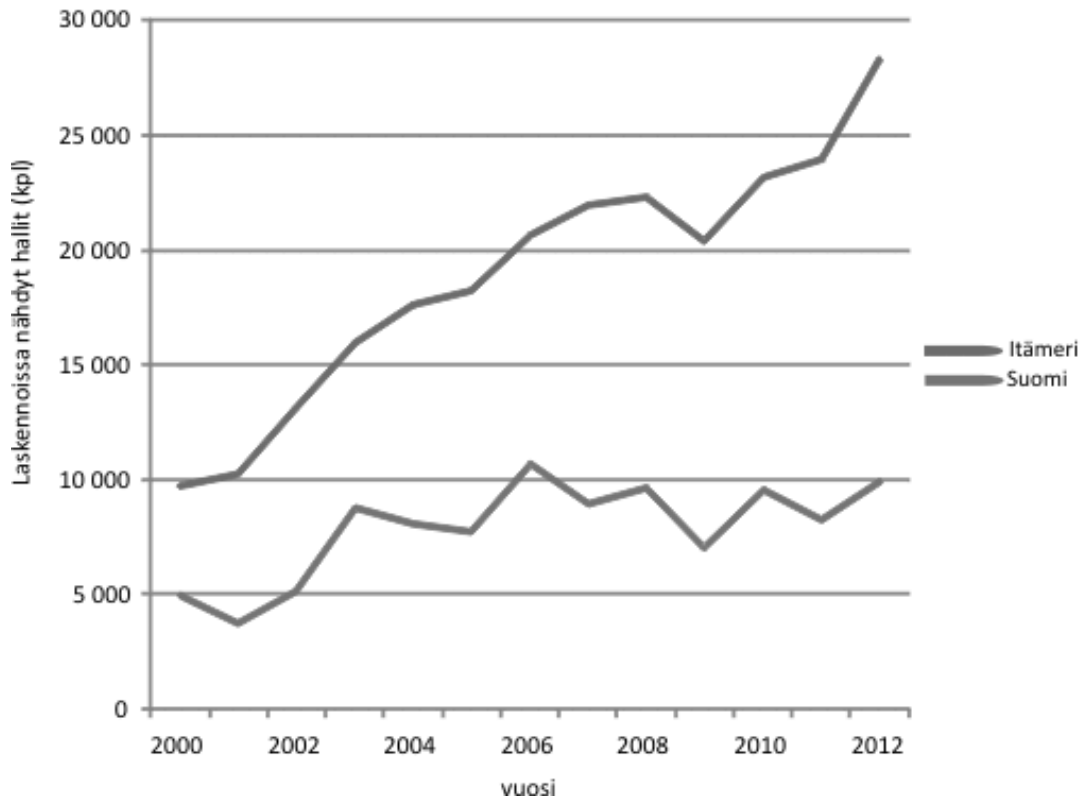
2.1 Itämeren harmaahylje eli halli

2.1.1 Levinneisyys, vaellukset ja hyljekannat

Harmaahylkeet kuuluvat petoeläinten (*Carnivora*) lahkoon ja varsinaisten hylkeiden (*Phocidae*) heimoon. Harmaahylkeet ovat jakautuneet maapallolla Länsi- ja Itä-Atlantin sekä Itämeren populaatioihin. Vaikka Itämeren harmaahylkeiden lisääntymisajankohta eroaa Atlantin populaatioista ja niillä on maantieteellisesti kolme erillistä osakantaa (Helle 1983) luetaan ne silti edelleen yhtenäiseksi lajiksi. Harmaahylkeet on toisinaan jaettu kahteen alalajiin: Länsi- ja Itä-Atlantin harmaahylkeet (*Halichoerus grypus grypus*) ja Itämeren harmaahylkeet (*Halichoerus grypus macrorhynchus*). Myös alalajinimeä *Halichoerus grypus balticus* on käytetty Itämeren harmaahyljepopulaatiosta (Anonymi 2012b).

Sosiaalista ja ainakin osan vuotta laumassa elävää harmaahyljettä tavataan pääsääntöisesti koko pohjoisella Itämerellä. Riianlahdesta etelään sitä tavataan harvemmin kuin pohjoisilla merialueilla. Toinen Suomen merialueilla tavattava hyljelaji on itämerennorppa (*Phoca hispida*), joka elää Itämeren lahdissa; Perämerellä, Suomenlahdella ja Riianlahdella. Kirjohylje (*Phoca vitulina*) on kolmas Itämeren hylkeistä, sen esiintyminen rajoittuu eteläosiin Ruotsin rannikoille (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

Maailmanlaajuisesti harmaahylkeiden lukumääräksi on arvioitu olevan noin 300 000 yksilöä (Maa- ja metsätalousministeriö 2007). Suomessa hyljekantojen arvioinnista vastaa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kannan arviointi tapahtuu lentovalokuvauksin pääosin touko-kesäkuun vaihteessa, kun harmaahylkeet makaavat luodoilla tai jäillä vaihtamassa karvaa (Kunnasranta 2010). Harmaahyljekanta kasvoi voimakkaasti koko 2000-luvun, toivuttuaan 1970-luvun ympäristömyrkkypäästöjen aiheuttamista lisääntymishäiriöistä. 2000-luvun lopulla Suomen merialueilla kannan kasvu näytti hidastumisen merkkejä. Koko Itämeren alueelta tavattiin vuonna 2000 noin 10 000 harmaahyljeyksilöä ja vuonna 2006 noin 20 000 yksilöä. Vuoden 2012 harmaahyljelaskennoissa kannan suuruudeksi arvioitiin noin 28 000 yksilöä, joista reilu 10 000 yksilöä laskettiin Keski-Ruotsin saaristosta (Kuva 1). Suurin osa Suomen harmaahylkeistä havaitaan Suomen lounaissaaristosta. Vuonna 2012 lounaissaaristosta laskettiin vajaa 8000 yksilöä Suomen noin 9900 harmaahyljeyksilöstä (Anonymi 2013).



Kuva 1. Itämeren harmaahylkeiden yksilömäärä Itämerellä ja Suomen vesialueilla vuosina 2000–2012. Alempi viiva kuvastaa Suomen vesialueita. (Anonyymi 2013)

Harmaahylkeet liikkuvat paljon ja niillä on pitkiä vuodenaikaisvaelluksia. Koiraiden on havaittu vaeltavan naaraita enemmän, luultavasti johtuen niiden suuremmasta koosta ja sitä kautta suuremmasta ravinnon ja energian tarpeesta (Breed ym. 2009). Suurin osa päivittäisistä ravinnonhankintamatkoista ovat alle 10 km, vaikka joidenkin yksilöiden on havaittu liikkuvan jopa 100 km vuorokaudessa (Diez ym. 2003). Ravinnon lisäksi jää ja sitä kautta lisääntyminen vaikuttavat merkittävästi hylkeiden vaelluksiin. Harmaahylkeet viettävät kuitenkin suurimman osan ajasta tietyillä ruokailupaikoilla (Sjöberg & Ball 2000). Pitkistä vaelluksistaan huolimatta ne ovat myös paikkauskollisia niille vesialueille, joissa niiden karvanvaihto-, ja poikimisalueet sijaitsevat (Karlsson 2003). Myös veden syvyyden ja rannan kaltevuuden on havaittu vaikuttavan elinympäristön valintaan (Sjöberg & Ball 2000). Lehtonen ym. (2012) havaitsivat harmaahylkeiden seurantatutkimuksissa harmaahylkeiden suosivan syksyisin rannikoiden läheisyydessä olevia matalia merialueita. Maa- ja metsätalousministeriön Itämeren hyljekantojen hoitosuunnitelman (2007) mukaan tyypillinen vuosittainen vaellusreitti on Perämeren ja Ahvenanmeren välillä, jolloin suurin osa harmaahylkeistä siirtyy poikimaan ajojälle pohjoisempiin osiin Itämeren Perä- ja Selkämerelle. Avovesikauden aikana harmaahylkeet siirtyvät takaisin saaristoon (Helle 1983).

2.1.2 Harmaahylkeen lisääntyminen ja ravinto

Harmaahylkeillä on havaittavissa selkeää sukupuolidimorfiaa, eli koiraat ovat suurempia kuin naaraat. Koiraat ovat noin 2,5 m pitkiä ja painavat yleisimmin noin 160–220 kg, kun naaraiden pituus on noin 2 m ja paino jää noin 150 kilogrammaan. Harmaahylkeet tulevat sukukypsiksi keskimäärin 3–7-vuotiaina, naaraat hiukan koiraita nuorempina. Harmaahylkeellä on muiden hylkeiden tavoin viivästynyt alkionkehitys, jolloin kantoaika on noin 11 kuukautta. Naaraat synnyttävät yhden poikasen, kuutin, helmi-

maaliskuussa. Harmaahylje ei ole täysin riippuvainen jäältä lisääntymispaikkana vaan se voi synnyttää myös maalle. Naaraat eivät kuitenkaan suosi maalle poikimista, sillä poikasten kuolleisuuden on todettu olevan siellä suurempi. Maalle syntyneet kuutit altistuvat enemmän erilaisille sairauksille kuin jäälle syntyessään (Jüssi 1999, Jüssi ym. 2008). Luodoille poikimista kuitenkin esiintyy muun muassa Saaristomeren ulkoluodoilla ja se tapahtuu yleensä suurissa laumoissa, kun taas jäällä naaraat synnyttävät pääasiallisesti yksittäin (Jüssi 1999).

Harmaahylkeet ovat kalansyöjiä ja niiden ravinto ja ravinnontarve vaihtelee vuodenaikaisesti. Hylkeiden on havaittu olevan opportunisteja, jotka käyttävät ravintonaan paikallisesti tai ajallisesti runsaimmin esiintyvää saalista (Hobson ym. 1997). Energian tarpeeseen ja ravinnonkäyttöön vaikuttavat spatiaalisten tekijöiden lisäksi erilaiset populaatorakenteelliset seikat, kuten ikä, sukupuoli ja lisääntyminen (Pierce & Boyle 1991, Lundström ym. 2007, Lundström ym. 2010, Lundström ym. 2012a). Poikimisen ja pariutumisen aikaan kevät-talvesta harmaahylkeet eivät ruokaile juuri lainkaan (Helle 1983). Myös karvanvaihdon aikoihin touko-kesäkuussa ruokailu on niukkaa, mutta loppukesää kohti ravinnontarve yleensä kasvaa ja syksyisin harmaahylkeet liikkuvat ja ruokailevat aktiivisemmin (Söderberg 1975, Kauhala & Kunnasranta 2012). Syksyn ja talven aikana kerrytetyt ihonalaiset rasvavarannot (traani) käytetään hyödyksi taas keväisen paaston aikana (Helle 1983).

Harmaahylje syö noin 5–8 kg kalaa päivittäin (Lundström ym. 2012a). Itämeressä harmaahylkeiden on todettu käyttävän ainakin 20 eri kalalajia ravintonaan (Helle 1983, Lundström ym. 2007). Saaliskaloina ovat pienikokoiset parvi- ja pohjakalat sekä suurikokoiset kalat kuten lohi. Lundström ym. (2007) havaitsivat tutkimuksessaan, että harmaahylkeiden saalislajien koko vaihteli suuresti noin 3 cm tokoista (*Gobiidae*) yli 70 cm lohiin. Heidän tutkimuksessaan keskimääräinen syötyjen saaliskalojen pituus oli 10–20 cm. Aikaisempien ravintomääritysten perusteella harmaahylkeiden ravintoon kuuluvat erityisesti silakka, kilohaili, sekä lohikaloista lisäksi siika (Söderberg 1975, Stenman & Pöyhönen 2005, Lundström ym. 2007, Suuronen & Lehtonen 2012). Muita ravintokohteita, joiden sulamattomia jäänteitä on löydetty harmaahylkeiden vatsoista, ovat kuore, made (*Lota lota*), kampela (*Platichthys flesus*), ahven (*Perca fluviatilis*) ja särkikalat (*Cyprinidae*) (Lundström ym. 2007). Silakan on todettu olevan yleisin saalislaji kaikissa ikäluokissa. Nuorten harmaahylkeiden on todettu suosivan ravintonaan muun muassa simppuja (*Cottidae*) ja kivinilkkää (*Zoarces viviparus*) (Stenman & Pöyhönen 2005, Lundström ym. 2010). Turskat (*Gadus morhua*) olivat ennen turskakannan romahtamista 1900-luvun lopulla tärkeä saalislaji harmaahylkeille (Österblom ym. 2007).

2.1.3 Hylkeenmetsästys ja hylkeiden vaikutus kalastuselinkeinoon

Harmaahylkeet Itämerellä ovat riistaeläimiä ja niiden metsästyksen tarvitaa pyyntilupa. Maa- ja metsätalousministeriön (Suomen säädöskokoelma 934/2011) asetuksen mukaan suurin sallittu pyyntimäärä metsästysvuonna 2011–2012 oli yhteensä 1050 yksilöä. Metsästyksen ja hukkumisen lisäksi harmaahylkeiden uhkana ovat olleet lisääntymiskykyyn vaikuttavat ympäristömyrkyt, kuten DDT- ja PCB-yhdisteet, sekä rauhattomuuden lisääntyminen saaristossa (Helle 1983, Kokko ym. 1999). Suolistohaavaumat ovat merkittävä kuolinsyy etenkin pohjoisissa osissa Ruotsin merialueita (Bäcklin & Bergman 2005). Itämeren jääpeitteiden väheneminen on tulevaisuudessa haaste harmaahylkeen lisääntymiselle (Jüssi ym. 2008). Vuonna 2001 perustettiin valtion omistamille Manner-Suomen merialueille seitsemän hylkeidensuojelualuetta, joiden tarkoituksena on turvata harmaahylkeille häiriötön

oleskelu. Suojelualueille on asetettu rajoituksia ja kieltoja kalastukseen ja hylkeiden metsästykseseen (Salmi & Salmi 2006).

1980-luvun alussa harmaahylkeet rauhoitettiin kannan heikkenemisen vuoksi, mutta metsästyksessä aloitettiin uudelleen Suomessa vuonna 1998 kalastukselle aiheutuneen haitan vuoksi. Harmaahylkeen on todettu aiheuttavan kalastajille taloudellista vahinkoa muun muassa rikkomalla pyydyksiä sekä hajottamalla ja karkottamalla kalaparvia kalastusalueiden ulkopuolelle. Kalastajien arvioiden mukaan hylkeet ainakin osittain vaikuttavat kalastoon, erityisesti siika-, lohi-, meritaimen- (*Salmo trutta trutta*) ja kuhakantoja (*Sander lucioperca*) heikentävästi (Salmi & Salmi 2006). Hylkeiden kalankasvatukselle aiheuttamien kala- ja kassivahinkojen suuruudeksi arvioitiin vuonna 2010 olevan 1 537 000 euroa. Vahingot koostuivat hylkeiden tappamista, vahingoittamista tai karkuun päästämistä kaloista sekä pyydys- tai kasvatuskassivahingoista (Savolainen ym. 2010). Hylkeiden aiheuttamat vahingot kalastukselle riippuvat vahvasti hylkeiden lukumäärästä alueella sekä pyydys- ja verkkomateriaalista (Kauppinen ym. 2005). Vahinkojen on havaittu sijoittuvan loppukesään, johtuen luultavasti syksyisin harmaahylkeiden suuremmasta kalastusintensiteetistä (Söderberg 1975). Kalavahinkojen lisäksi hylkeitä myös kuolee pyydyksiin. Pyydyksiä on pyritty kehittämään kestävimiksi, jotta pyydyksistä aiheutuva hyljekuolleisuus ja kalastuselinkeinolle koitua haitta vähenenisi (Jounela ym. 2006).

Hylkeiden seurantatutkimuksissa on havaittu koiraiden vierailevan rysissä naaraita enemmän (Lehtonen & Suuronen 2010, Lehtonen ym. 2012). Koiraat näyttäisivät jäävän naaraita useammin myös kalanpyydyksiin (Stenman & Pöyhönen 2005, Bäcklin ym. 2011, Lundström ym. 2012b). Lehtonen ym. (2012) arvelivat koiraiden kiinnostuksen rysäsaaliita kohtaan johtuvan osin sukupuolidimorfista, koska koiraiden ravinnontarve on naaraita suurempaa. Harmaahylkeet mahdollisesti myös oppivat vierailemaan niissä pyydyksissä, joissa on aikaisemmin ollut ravintoa tarjolla. Myös itämerennorpan on havaittu aiheuttavan vahinkoa kalastukselle, mutta ei siinä määrin kuin harmaahylkeiden. Yksin harmaahylkeiden aiheuttamia vahinkoja on vaikea todeta sillä pyydykseen ei yleensä jää merkkejä siitä mikä hyljelaji on ollut kyseessä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2007).

2.2 Vakaat isotoopit ravintotutkimuksessa

Viime vuosina on kehitetty uusia ravinnontutkimusmenetelmiä perinteisen ruoansulatuskanavatutkimuksen rinnalle kuten rasvahappoanalyysi (Fatty Acid Analysis, FA) (Iverson 2009, Lundström ym. 2012b) sekä tässä työssä käytettävä vakaiden isotooppien menetelmä (SIA) (Fry 1988). Rasvahappoanalyysin tapaan vakaiden isotooppien -menetelmä kuvaa kuluttajan pidempiaikaista ravintoa.

Vakaiden isotooppien avulla voidaan saada arvokasta tietoa kuluttajan ravinnosta, ravintoverkkojen rakenteesta ja energiavirroista erilaisissa ekosysteemeissä (Post 2002, Jardin ym. 2003). Vakaiden isotooppien menetelmällä on monia etuja verrattuna perinteisiin ravintotutkimuksiin. Sen avulla voidaan saada selville erilaisten ravintokohteiden suhteellisia osuuksia kuluttajan ravinnosta pidemmällä aikavälillä (Hobson 1999, Philips & Gregg 2003) kuin mitä perinteiset vatsa- ja suolistosisällön määritykset paljastavat. Ravinnon alkuaineet assimiloituvat kuluttajan kudoksiin ja eri kudosten uusiutumisenopeus vaikuttaa määrittettävän isotooppisuhteeseen. Eri kudosten uusiutumisenopeuden vuoksi vakaiden isotooppien avulla voidaan kuvata kuluttajan ravinnonkäytön ajallista vaihtelua (Tieszen ym. 1983, Hobson 1993). Esimerkiksi hylkeen lihas heijastaa muutaman kuukauden aikaista ravintokoostumusta. Vakaita isotooppeja käytetään apuna ravintokohteiden määrityksen lisäksi ravinnonhankintapaikkojen (Hobson ym. 1994, Hobson ym. 1997, Hobson 1999, Sinisalo ym. 2006, Tucker ym. 2008) sekä

vaellusten tutkimisessa (Oppel & Powell 2010). Vakaiden isotooppien avulla voidaan mallintaa myös eliöiden yhteisörakennetta tai ekolokeroiden kokoa (Jackson ym. 2011).

Vakaiden isotooppien -menetelmä perustuu siihen, että kevyemmät isotoopit reagoivat raskaampia isotooppeja nopeammin ja herkemmin kemiallisissa prosesseissa lopputuotteiksi niiden heikompia molekyylidoksien vuoksi (Fry 2006). Raskaampien isotooppien muutos on siis vähäisempi reaktion lähtö- ja lopputuotteen välillä. Vakaiden isotooppien menetelmässä raskaamman isotoopin osuutta näytteessä, esimerkiksi ^{13}C -osuutta hiilen vakaiden isotooppien määrittämisessä, verrataan kevyemmän isotoopin osuuteen, esimerkiksi ^{12}C -isotoopin osuuteen. Suhde ilmoitetaan yleisesti delta-arvolla (δ) ja suhde voidaan laskea alla olevalla kaavalla:

$$\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) \text{ tai } \delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [\text{RNäyte} / \text{RStandardi} - 1] * 1000$$

jossa "R" kuvaa määritettävän vakaan isotoopin suhdetta ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ tai $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). Näytteen isotooppisuhdetta verrataan kansainvälisiin standardeihin (ilmakehän typpi (N_2) tai PDB kalkkikivi (C)).

Vesiekosysteemien ravintotutkimuksissa on pääsääntöisesti käytetty typen (^{15}N) ja hiilen (^{13}C) vakaita isotooppeja (Fry 1988, Hobson ym. 1997). Hiilen vakaa isotooppi ($\delta^{13}\text{C}$) kuvastaa ravinnossa olevan hiilen alkuperää. Sen avulla voidaan erottaa maa- ja vesialueet tai pelagiaali- ja litoraalialueet toisistaan tutkittaessa ravinnon alkuperää (Hobson ym. 1994). Esimerkiksi hiili, $\delta^{13}\text{C}$, on negatiivisempi eri kudoksissa pelagiaalisilla lajeilla kun taas järvien tai merien pohjilla elävillä lajeilla arvot ovat positiivisempia (Tucker ym. 2008). ^{13}C -isotooppi soveltuu siten ^{15}N -isotooppia paremmin tutkittaessa aluetta, missä kuluttaja on ruokaillut. ^{13}C -isotooppi rikastuu ravintoketjussa hiukan ^{15}N -isotooppia vähemmän. Hobson ym. (1996) ovat määrittäneet hylkeen lihaskudokselle hiilen vakaalle isotoopille ($\delta^{13}\text{C}$) fraktinaatiokertoimeksi 1,3 ‰ ja typen vakaalle isotoopille ($\delta^{15}\text{N}$) 2,4 ‰.

Typen vakaan isotoopin ($\delta^{15}\text{N}$) avulla voidaan puolestaan jäljittää kuluttajan ravintoverkkotasoa (Hobson ym. 1997). Ravintoverkkotasoa määritettäessä ensimmäisen asteen kuluttajat, kuten simpukat (*Bivalvia*), vesikirput (*Cladocera*) ja kotilot (*Gastropoda*), kuvastavat ^{15}N -perustaso (Post 2002). Jos systeemin perustaso tunnetaan, voidaan kuluttajan ravintoverkkotaso laskea seuraavalla kaavalla (Vander Zanden ym. 1997):

$$\text{Kuluttajan ravintoverkkotaso} = [(\delta^{15}\text{N}_{\text{kuluttaja}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{perustaso}}) / \text{TF}] + 2$$

jossa TF on $\delta^{15}\text{N}$ -arvon muutos (fraktinaatio) yhden ravintoketjutason välillä ja 2 on ensimmäisen kuluttajan ravintoverkkotaso.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Tutkimusalueet ja näytteet

Tutkimuksessa käytettyjen harmaaahylkeiden lihasnäytteet (n=209) on kerätty vuosien 2000–2007 aikana Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) toimesta seuraavilta merialueilta: Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Ahvenanmeri, Saaristomeri ja Suomenlahti. Harmaaahylkeet, jotka on metsästetty tai jääneet kalanpyydykseen, on toimitettu RKTL:lle kalastajien toimesta. Pyydyksuolletta harmaaahylkeitä tässä

tutkimuksessa oli 3 yksilöä. Tutkituista harmaahylkeistä tiedetään niiden ikä, sukupuoli, metsästysajankohta ja metsästyspaikka (Liite 1). Yksilön ikä on määritetty harmaahylkeen hampaasta ja sukupuoli varmistettu naaraiden kohdun ja munarauhasten sekä uroksien siitinluun (baculum) perusteella, jotka metsästäjät ovat toimittaneet RKTL:lle. Tutkittuja harmaahylkeen lihasnäytteitä eri merialueilta oli yhteensä 209, joista suurin osa on Perämereltä (n=113) (Liite 1). Ravintomääritykset harmaahylkeiden ruoansulatuskanavien sisällöstä on tehty RKTL:n toimesta 12 hylkeelle (Liite 2).

Eri ravintoverkkotasolta olevien saaliskalalajien osuuksien mallintamiseen harmaahylkeen ravinnossa käytettiin FT Mikko Kiljusen ja FT Tuula Sinisalon määrittämiä vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$ ' ja $\delta^{15}\text{N}$) arvoja heidän aikaisemmista tutkimuksistaan Itämeren alueelta. Kalojen pyyntipaikat oli jaoteltu International Council for the Exploitation of the Sea (ICES) mukaisesti neljälle eri merialueelle, joita olivat Perämeri (Bothnian Bay, 31), Selkämeri (Bothnian Sea, 30) Varsinainen Itämeri (Main Basin, 29) ja Suomenlahti (Gulf on Finland, 32). Jotta ravintokohteiden osuuksia harmaahylkeen ravinnossa voitiin tarkastella kuudelta eri merialueelta Itämerellä, käytettiin saaliskalojen hiilen ($\delta^{13}\text{C}$ ' ja typen ($\delta^{15}\text{N}$) vakaita isotooppiarvoja seuraavasti: Merenkurkun ja Selkämeren ravinto-osuuksissa Selkämeren (Bothnian Sea, 30) arvoja ja Ahvenanmeren sekä Saaristomeren ravinto-osuuksissa varsinaisen Itämeren (Main Basin, 29) arvoja.

3.2 Hyljenäytteiden käsittely ja muunnokset

Pakastimessa (-21 °C) säilytetyistä lihasnäytteistä leikattiin alkoholilla puhdistetuilla välineillä puhtasnäyte (2,5–3,0 cm x 0,5–1,0 cm), joka siirrettiin lasiseen näytepulloon, suljettiin parafilmillä ja siirrettiin takaisin pakkastimeen odottamaan jatkokäsittelyä. Näytteitä kylmäkuivattiin noin 48 tuntia Christ ALPHA 1–4 LD Plus kylmäkuivurilla (-31 °C, 0,34 bar). Kuivauksen jälkeen lihasnäytteet jauhettiin näyteputkissa homogeeniseksi jauheeksi ja näytepurkki suljettiin muovikorkilla. Näytteistä punnittiin analyysiväällä noin 0,550–0,650 mg pieniin tinakuppeihin. Standardina käytettiin hauen (*Esox lucius*) kylmäkuivatusta lihaksesta valmistettua laboratoriestandardia (FSS II), jonka vakaiden isotooppien ($\delta^{15}\text{N}$ ja $\delta^{13}\text{C}$) suhteet on määritetty IAEA:n standardeihin perustuen. Standardien ja näytteiden tarkka paino merkittiin ylös punnittaessa, jotta saatiin tarkat hiilen ja typen prosenttiosuudet näytteestä. Jokaisessa vakaiden isotooppien ajossa oli 11 FSS-standardia ja 36 näytettä. Osasta lihasnäytteitä tehtiin myös rinnakkaisnäytteet homogeenisuuden varmistamiseksi. Näytteistä tehtiin lisäksi kolmas rinnakkaisnäyte, jos rinnakkaisten vakaiden isotooppien erotus ylitti 0,250 %. Isotooppimääritykset tehtiin käyttäen Jyväskylän yliopiston SIRMS laitteistoa: Carlo Erba Flash EA1112 alkuaineanalysointia, joka on kytketty Thermo Finnigan DELTA^{Plus} Advantage jatkuvavirtausmassaspektrometriin (CF-IRMS).

Määritettyjen vakaiden isotooppien tulosten lineaarisuus ja ajon aikana havaittu ajautuminen (drift) korjattiin ajon jälkeen. Lisäksi $\delta^{13}\text{C}$ -arvoille tehtiin lipidikorjaus näytteen sisältämän hiili-tyyppi -suhteen (C/N) avulla (Kiljunen ym. 2006). Rasvapitoisuus kudoksissa aiheuttaa virhettä $\delta^{13}\text{C}$ -arvojen tulkinnassa, koska rasvassa on vähemmän raskasta ^{13}C -isotooppia kuin rasvattomassa kudoksessa (McCutchan ym. 2003). Korjauksen avulla näyte korjataan vastaamaan rasvatonta lihasta. Lipidikorjattuja hiilen vakaan isotoopin arvoja on tässä työssä merkitty $\delta^{13}\text{C}$ '-merkinnällä.

3.3 Tutkimuksen aineisto ja analysointi

3.3.1 Tutkimuksessa käytetty aineisto ja aineiston yhdistäminen

Suurin osa tämän tutkimuksen aineistosta koostui vuosina 2001, 2004 ja 2007 kuolleista harmaahylkeistä. Vuosilta 2002 ja 2005 ei ollut näytteitä. Koska harmaahylkeiden lihaksen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}'$ tai $\delta^{15}\text{N}$) arvot merialueen sisällä eri vuosien välillä eivät pääosin eronneet tilastollisesti merkitsevästi (Taulukko 1), päätettiin vuodet yhdistää aineiston yksinkertaistamiseksi. Vain Perämerellä vuoden 2001 $\delta^{13}\text{C}'$ -arvot erosi vuodesta 2004 (Mann-WhitneyU=240, $z=-3,604$, $p<0,001$) sekä vuodesta 2007 (Mann-WhitneyU=12, $z=-3,659$, $p<0,001$). Merkitsevä tulos säilyi myös Bonferronin riskitasokorjauksen jälkeen ($p<0,003$). Tilastollisesti merkitsevän eron syynä on luultavasti on vuoden 2001 positiivisempi $\delta^{13}\text{C}'$ -keskiarvo ($\delta^{13}\text{C}'=-18,82$) verrattuna aineiston muihin vuosiin, joiden $\delta^{13}\text{C}'$ -keskiarvot vaihtelivat $-19,33$ – $20,40$ välillä riippuen vuodesta. Perämeren aineisto on yhdistetty vuosien 2001 ja 2004 sekä 2001 ja 2007 välisestä erosta huolimatta.

Taulukko 1. Harmaahylkeen hiilen ja typen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$) vuosien 2000–2007 välinen ero Itämeren eri merialueilla sekä Kruskal-Wallis -testin (χ^2) suure, vapausasteet, näytteiden määrä sekä keskihajonta. Arvot on määritetty harmaahylkeen lihaskudoksesta.

	Perämeri		Merenkurkku		Selkämeri		Ahvenanmeri		Saaristomeri		Suomenlahti	
	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$
χ^2	21,280	4,353	6,116	1,599	3,816	0,772	1,667	1,067	3,819	3,257	4,471	5,377
df	5	5	5	5	2	2	1	1	3	3	4	4
p	<0,001	0,500	0,295	0,901	0,148	0,680	0,197	0,302	0,282	0,354	0,346	0,251
SD	0,90	0,66	0,68	0,79	0,50	0,77	0,60	0,67	0,54	1,01	0,62	0,92
n	113	113	32	32	18	18	9	9	14	14	22	22

Saaliskalojen keskimääräiset hiilen ja typen vakaat isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$), joiden avulla on määritetty alueelliset ravinto-osuudet harmaahylkeen ravinnossa, on esitetty taulukossa 2. FT Mikko Kiljusen aineistosta on saatu silakan, lohen, kilohailin ja kolmipiikin hiilen ja typen vakaat isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$) Perämereltä, Selkämereltä, Varsinaiselta Itämereltä ja Suomenlahdelta. FT Tuula Sinisalon aineistoista on saatu lisäksi kuoreen $\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvot Perämereltä. Kolmipiikin ei ole havaittu aiemmissa ravintotutkimuksissa muodostavan kovin suurta osuutta harmaahylkeen ravinnosta, valittiin kyseinen laji kuitenkin edustamaan alemman ravintoverkkotason saalislajeja kolmipiikkiaineiston saatavuuden vuoksi.

Taulukko 2. FT Mikko Kiljusen ja FT Tuula Sinisalon kala-aineistojen $\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvot sekä niiden hajonnat ja hiili-typpisuhteet sekä näytemäärät Itämerellä ICES-alueiden mukaisesti.

	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	SD	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	SD	C/N	n
Perämeri (31)						
Lohi	-19,35	0,39	12,35	0,46	5,80	29
Silakka	-23,30	0,84	9,62	0,61	3,42	74
Kolmipiikki	-21,68	0,55	9,80	0,19	4,96	9
Kuore	-23,16	0,80	10,65	0,72	3,28	24
Yhteensä						136
Selkämeri (30)						
Lohi	-19,46	0,44	12,90	0,52	5,98	14
Silakka	-20,07	0,72	10,88	0,73	3,78	170
Kolmipiikki	-19,80	0,72	10,49	0,34	4,45	6
Kilohaili	-20,23	0,43	9,59	0,51	4,04	40
Yhteensä						230
Varsinainen Itämeri (29)						
Lohi	-18,55	0,24	12,38	0,47	4,41	10
Silakka	-20,44	0,92	12,27	1,43	3,51	45
Kolmipiikki	-19,79	0,40	10,93	0,57	3,94	6
Kilohaili	-19,31	0,74	11,82	1,16	4,63	21
Yhteensä						82
Suomenlahti (32)						
Lohi	-18,12	0,43	14,26	0,70	4,56	19
Silakka	-19,35	0,79	13,04	1,13	3,70	130
Kolmipiikki	-18,83	0,64	12,65	0,90	3,72	59
Kilohaili	-19,35	0,58	11,32	0,76	3,92	12
Yhteensä						220

Eri ravintoverkkotasoilta olevien ravintokohteiden osuuksia harmaaahylkeen ravinnossa on tarkasteltu sukupuolen, iän ja vuodenajan suhteen. Näytemäärät vaihtelevat riippuen edellä mainitun tarkastelujaottelun mukaan. Käytetty jaottelu ja jaottelukohtaiset aineistomäärät on esitetty taulukossa 3. Tämän tutkielman aineistoon on otettu mukaan myös alle 1-vuotiaat, eli kuutit (n=34), sekä yksilöt joiden ikää ei ole määritetty (n=25), jotta aineisto riittäisi kaikille tutkittaville merialueille. Aineistossa olevien kuuttien yksilömäärä Itämeren merialueilla jakaantui seuraavasti: Perämeri n=3, Merenkurkku n=8, Selkämeri n=5, Ahvenanmeri n=4, Saaristomeri n=6, Suomenlahti n=8. Alle 1-vuotiaat yksilöt ja yksilöt, joiden ikä ei ollut tiedossa, jätettiin tässä tutkimuksessa pois vain ikäryhmien välisessä tarkastelussa.

Taulukko 3. Itämeren harmaahyljenäytteiden lukumäärä eri merialueilla. Nuoret: 1–4-vuotiaat, Aikuiset: yli 4-vuotiaat. Vuodenaikaisuus on jaoteltu hylkeen kuolinkuukauden mukaan kahteen ryhmään: 1. Kevät: helmi-, maaliskuu-, huhti- tai toukokuu ja 2. Kesä: kesä-, heinä-, elokuu-, tai syyskuu.

	Perämeri	Merenkurkku	Selkämeri	Ahvenanmeri	Saaristomeri	Suomenlahti
n	113	32	18	9	14	22
Koiras/Naaras	32 / 81	21 / 11	17 / 1	5 / 4	11 / 2	12 / 8
Nuori/Aikuinen	15 / 84	8 / 13	0 / 18	3 / 2	2 / 4	4 / 5
Kevät / Kesä	96 / 15	16 / 10	4 / 6	1 / 5	5 / 7	13 / 7

3.3.2 Aineiston analysointi

Vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$) vertailuun on käytetty ei-parametrista Kruskal-Wallis -testiä, koska parametrinen testin oletukset eivät olleet voimassa kyseisessä aineistossa. Sukupuolten, ikäryhmien ja vuodenajan välisiin eroihin on käytetty parittaisten vertailujen Mann-Whitney U -testiä.

Mixing model -mallinnusta käytettiin kunkin saalislajin suhteellisen osuuden tarkasteluun harmaahylkeen ravinnosta (Jardine ym. 2003, Philips & Gregg 2003, Parnell ym. 2010). R-Statistics-ohjelman SIAR-paketin (Stable Isotope Analysis in R) avulla laskettiin lisäksi saaliskalojen tarkemmat prosentuaaliset osuudet harmaahylkeen ravinnosta. Harmaahyljepopulaatioita mallinnettiin Itämeren eri merialueilla R-Statistics-ohjelman SIBER-paketin (Stable Isotope Bayesian Ellipses in R) avulla (Jackson ym. 2011).

Ravintoverkkotasojen vertailussa on käytetty ei-parametrista testiä, sillä aineisto ei ollut normaalisti jakautunut. Eri merialueiden ravintoverkkotasojen vertailussa käytettiin Kruskal-Wallis -testiä ja Mann-Whitney U -testiä parittaisiin vertailuihin. Ravintoverkkotason määrittämisessä on käytetty Hobson ym. (1996) määrittämää $\delta^{15}\text{N}$ -rikastumiskerrointia (2,4 ‰) hylkeille. Näin saatiin määritettyä harmaahylkeiden eri ravintoverkkotasot käyttäen seuraavaa kaavaa:

$$\text{Kuluttajan ravintoverkkotaso} = [(\delta^{15}\text{N}_{\text{kuluttaja}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{perustaso}}) / 2,4] + 2$$

$\delta^{15}\text{N}_{\text{perustaso}}$ on saatu FT Mikko Kiljusen aineistosta käyttämällä vesikirppujen (*Cladocera*) typen vakaan isotoopin ($\delta^{15}\text{N}$) keskiarvoja eri merialueilta.

Tutkittujen hylkeiden yksilökohtaiset tiedot: sukupuoli, kuolinaika, kuolinpaikka, kuolinsyy, ikä, määritetyt hiilen ja typen vakaat isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$), C/N-suhde ja ravintoverkkotaso, on esitetty liitteessä 1.

4. TULOKSET

4.1 Harmaahylkeiden hiilen ja typen vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) vaihtelu Itämerellä

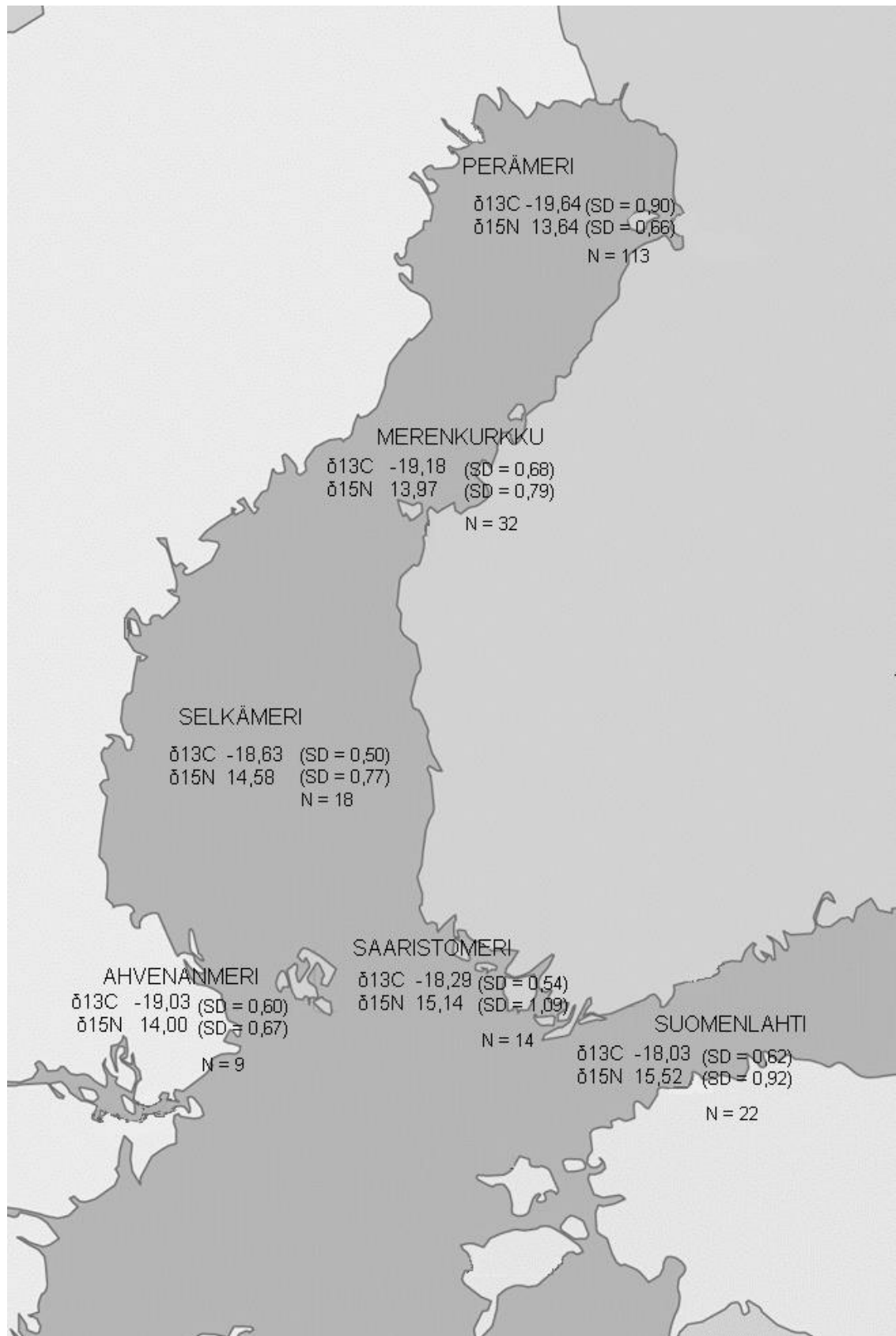
Harmaahylkeiden lihaksesta määritetyt vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) keskiarvot erosivat tilastollisesti merkitsevästi eri osissa Itämeren: $\delta^{13}\text{C}$ -arvot ($\chi^2=79,78$, $df=5$, $p<0,001$) ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvot ($\chi^2=82,29$, $df=5$, $p<0,001$) (Kuva 2). Perämeri erosi tilastollisesti merkitsevästi $\delta^{13}\text{C}$ - ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvoissa Selkämerestä, Saaristomerestä sekä Suomenlahdesta. Suomenlahti erosi tilastollisesti merkitsevästi kaikista muista tutkituista

merialueista paitsi Saaristomerestä. Merenkurkku erosi tilastollisesti merkitsevästi Saaristomerestä (Liite 3).

Koko Itämeren alueella harmaahyljenaraiden ja -koiraiden $\delta^{13}\text{C}'$ -arvot (Mann-WhitneyU=3758 Z=-3,59, p<0,001) ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvot (Mann-WhitneyU=3261, Z=-4,75, p<0,001) erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

Harmaahylkeiden hiilen ja typen vakaat isotooppiarvot erosivat tilastollisesti merkitsevästi kevään (helmi-, maalis-, huhti- ja toukokuu) ja kesän (kesä-, heinä-, elo-, ja syyskuu) välillä koko Itämerellä: $\delta^{13}\text{C}'$ (Mann-WhitneyU=2542 Z=-2,397, p=0,017) ja $\delta^{15}\text{N}$ (Mann-WhitneyU=2364, Z=-2,954, p=0,003).

Ikäryhmien (1–4-vuotiaat ja yli 4-vuotiaat) välillä ei havittu tilastollisesti merkitsevää eroa hiilen ja typen vakaisissa isotooppiarvoissa: $\delta^{13}\text{C}'$ (Mann-WhitneyU=1692,5 Z=-1,26, p=0,210) ja $\delta^{15}\text{N}$ (Mann-WhitneyU=1840, Z=-0,593, p=0,553).

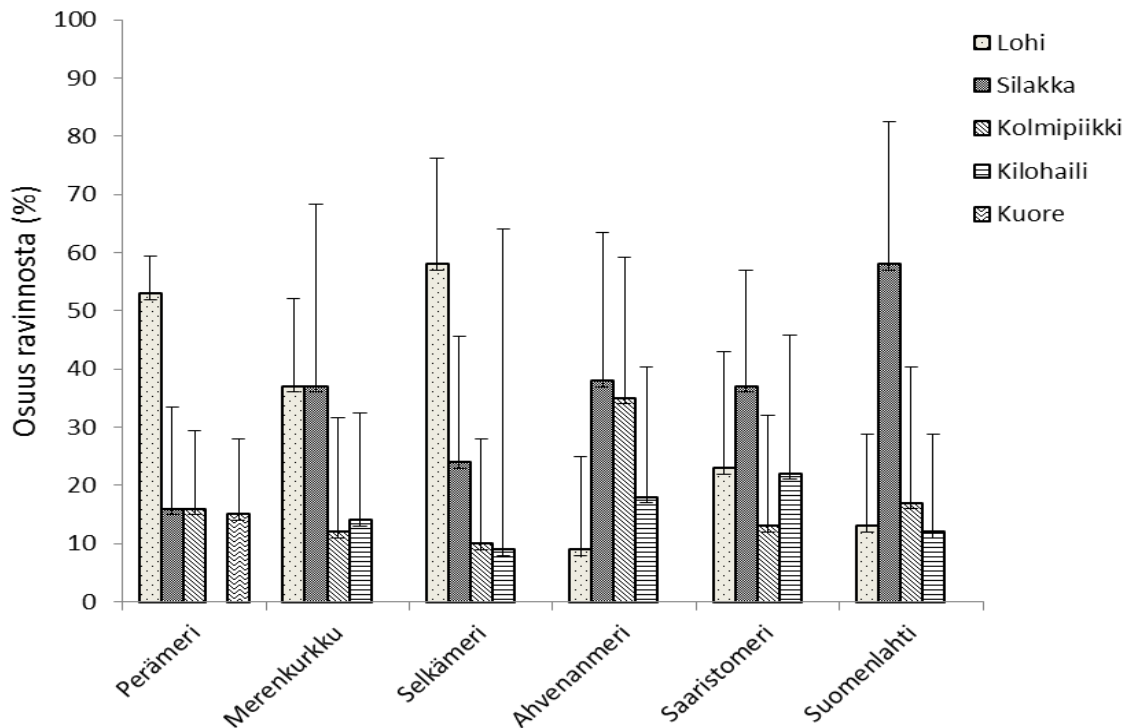


Kuva 2. Harmaahylkeiden lihaksesta määritetyt vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) keskiarvot (‰), hajonnat ja näytemäärät Itämeren eri merialueilla.

4.2 Harmaahtykeiden ravinto Itämeren eri merialueilla ja mixing model -mallinnus

4.2.1 Harmaahtykeiden ravinto Itämerellä

Silakan osuus harmaahtykeiden ruokavaliassa oli suurin eteläisillä merialueilla. Silakka oli Ahvenanmerellä (38 %), Saaristomerellä (37 %) ja Suomenlahdella (58 %) eniten käytetty saalislaji. Sen sijaan Perämerellä 53 % ja Selkämerellä 58 % ravinnosta koostui lohesta tai muusta ylemmän ravintoverkkotason kalalajista. Aiemman ravintoverkkotason kalalajit, joita edustaa kolmipiikki, muodosti harmaahtykeen ravinnosta Perämerellä 16 %, Selkämerellä 10 %, Ahvenanmerellä 35 % ja Suomenlahdella 17 %. Keskitason ravintoverkkotasoa kuvaavien kilohailin ja kuoreen keskimääräiset osuudet ravinnosta vaihtelivat 9–22 % välillä (Kuva 3, Taulukko 4).

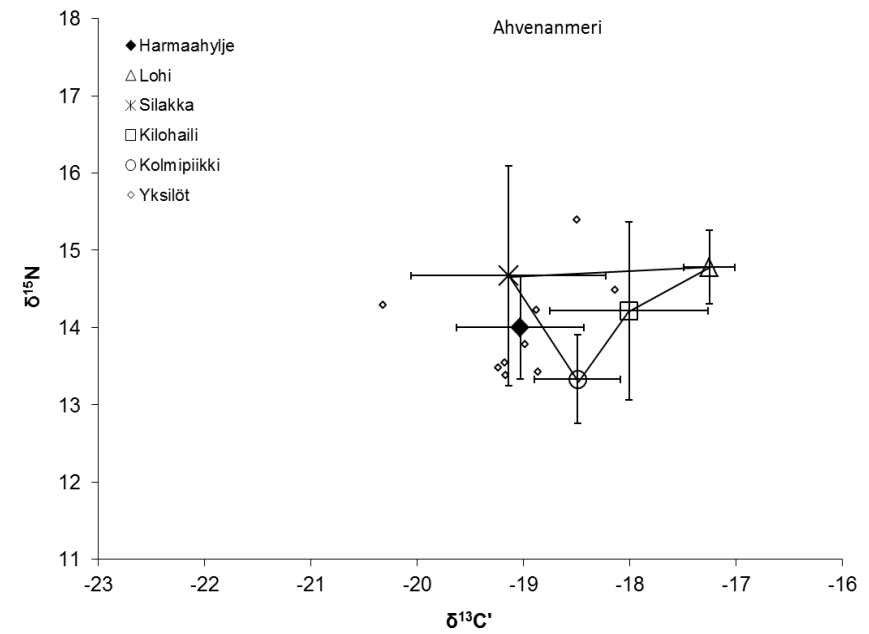
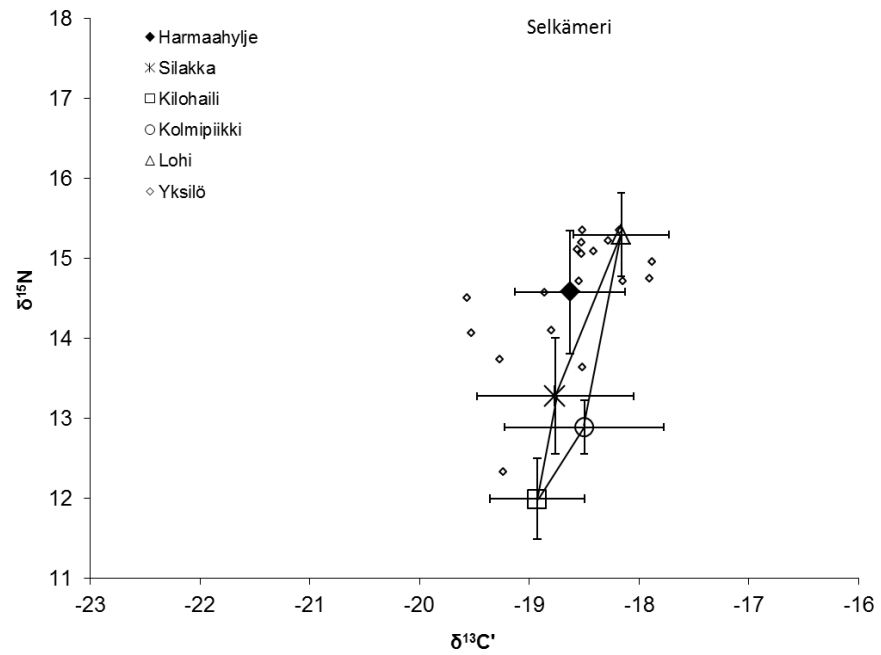
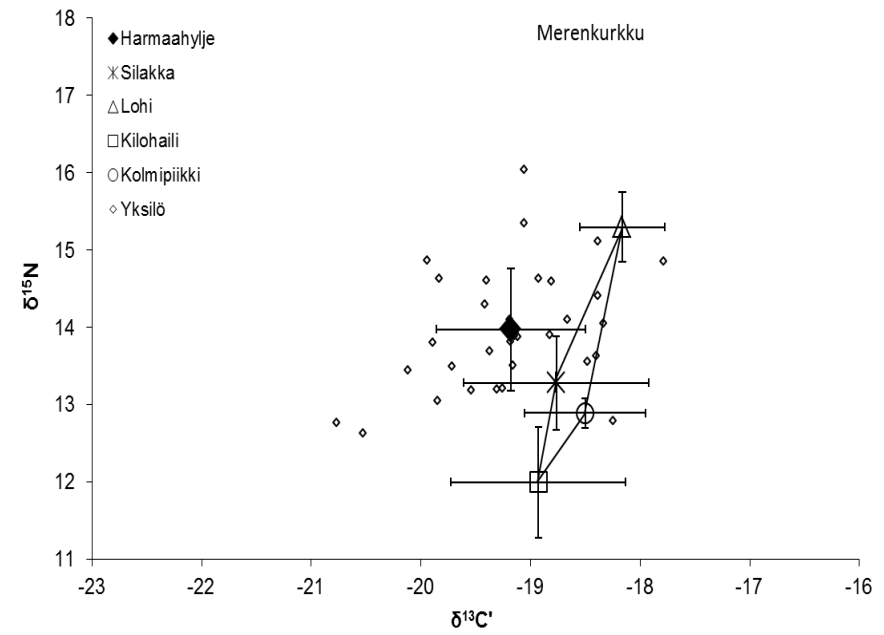
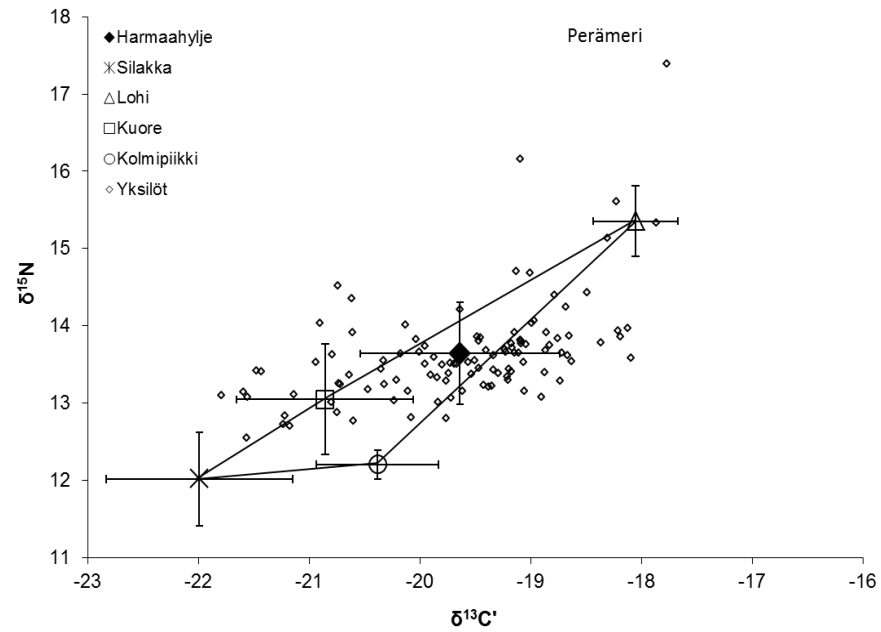


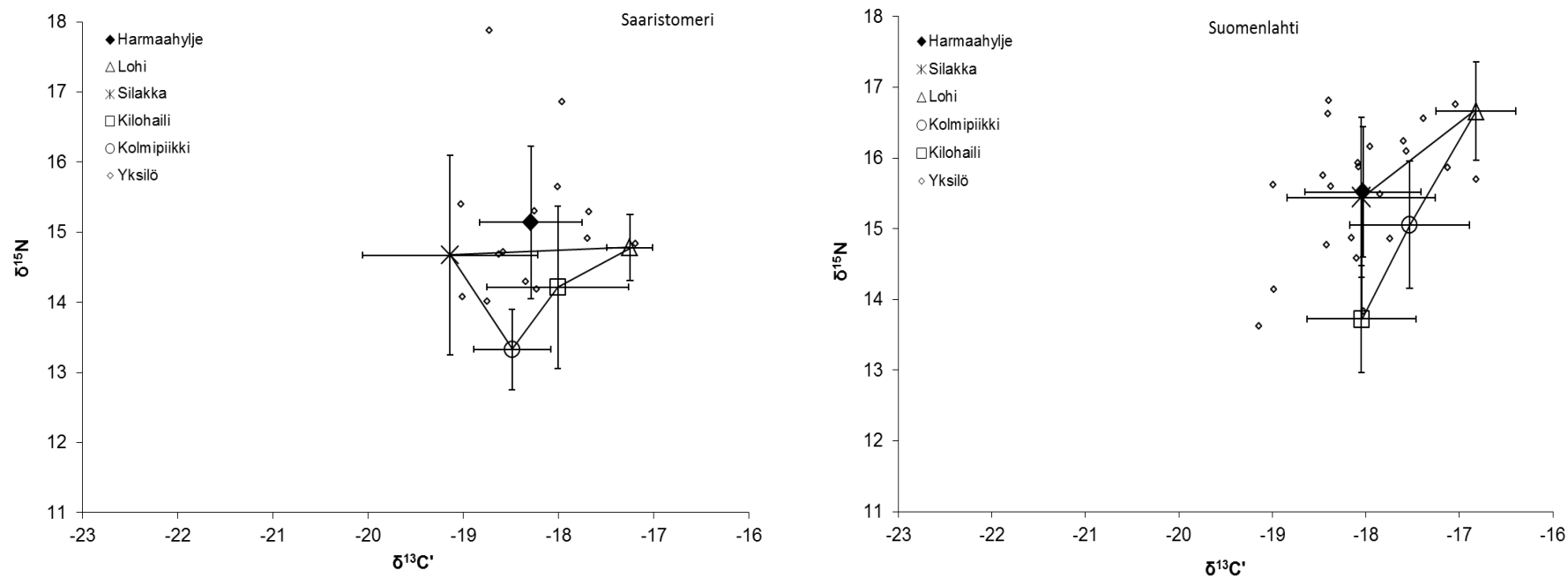
Kuva 3. Ravintokohteiden prosentuaaliset osuudet Itämeren eri merialueiden harmaahtykeiden ravinnosta. (R-Statistics SIAR). Saaliskalalajit edustavat ravintokohteita eri ravintoverkkotasolta.

Taulukko 4. Harmaahtykeen ravintokohteiden suhteelliset osuudet ja vaihteluvälit Itämerellä. Saaliskalalajit edustavat ravintokohteita eri ravintoverkkotasolta.

Merialue	Lohi (%)	Silakka (%)	Kolmipiikki (%)	Kuore (%)	Kilohaili (%)
Perämeri	53 (46 ; 59)	16 (0 ; 34)	16 (1 ; 29)	15 (1; 28)	-
Merenkurkku	37 (21 ; 52)	37 (4 ; 69)	12 (0 ; 31)	-	14 (0 ; 32)
Selkämeri	58 (39 ; 76)	24 (0 ; 45)	10 (0 ; 28)	-	9 (0 ; 22)
Ahvenanmeri	9 (0 ; 25)	38 (12 ; 63)	35 (9 ; 59)	-	18 (0 ; 41)
Saaristomeri	28 (7 ; 48)	37 (16 ; 56)	13 (0 ; 32)	-	22 (0 ; 46)
Suomenlahti	13 (0 ; 28)	58 (28 ; 82)	17 (0,0 ; 41)	-	12 (0,0 ; 29)

Suomenlahden harmaahylkeille määritetty hiilen ja typen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) keskiarvo sijoittuu hyvin lähelle silakan isotooppiarvoja. Tämä viittaa silakan tai vakailta isotooppiarvoiltaan ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) vastaavan lajin, olevan merkittävä ravintokohde myös Suomenlahdella. Myös Perämerellä harmaahylkeiden vakaiden isotooppien keskiarvo ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) sijoittuu tutkittujen saaliskalojen vastaavien arvojen alueelle osoittaen silakan, kolmipiikin, kuoreen ja lohen olevan harmaahylkeiden saalislajeja kyseisellä merialueella (Phillips & Gregg 2003). Merenkurkun, Selkämeren, Saaristomeren ja Ahvenanmeren alueilla harmaahylkeiden vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) keskiarvot ovat hieman saalislajien vastaavien arvojen muodostaman kolmion ulkopuolella. Tämä viittaa näiden alueiden harmaahylkeiden ruokailevan muualla kuin alueilla, joista ne on metsästetty tai syöväen muilta ravintoverkkotasoilta (Kuva 4).



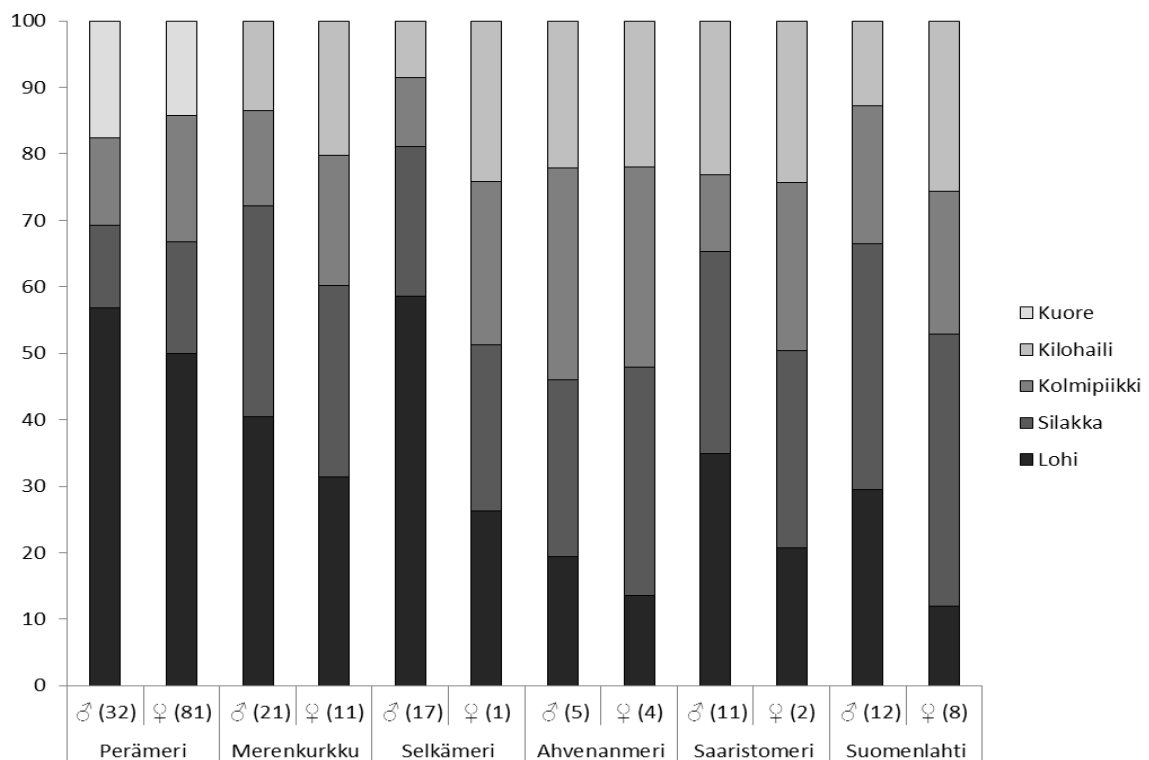


Kuva 4. Harmaaahylkeiden hiilen ja typen vakaat isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$ (‰)) suhteessa ravintokohteiden $\delta^{13}\text{C}$ - ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvoihin (‰) Itämeren eri merialueilla (keskiarvo \pm keskihajonta). Ravintokohteiden $\delta^{13}\text{C}$ -arvoja on korjattu fraktinaatiokertoimella 1,3 ‰ ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvoja fraktinaatiokertoimella 2,4 ‰ (Hobson ym. 1996). Saaliskalalajit edustavat ravintokohteita eri ravintoverkkotasolta.

4.2.2 Naaraiden ja koiraiden ravinto

Silakan osuus harmaahylkeen ravinnossa vaihteli koirilla 13–37 % ja naarailla 17–41 %. Silakan osuus erosi sukupuolten välillä vain 1–8 prosenttiyksikköä. Silakan osuus ravinnossa oli molemmilla sukupuolilla suurinta Suomenlahdella. Lohen tai muun ylemmän ravintoverkkotason kalalajin osuus koiraiden ravinnossa oli suurempi kuin naaraiden jokaisella tutkitulla merialueella: koirilla osuus vaihteli 19–59 % ja naarailla 12–50 % riippuen merialueesta. Suurin ero koiraiden ja -naaraiden välillä löytyy Selkämereltä. Koirat söivät lohta tai vastaavaa 32 prosenttiyksikköä naaraista enemmän, mutta naaraista oli aineistossa vain yksi yksilö (Kuva 5, Liite 4). Naarailla ja koirilla oli ylemmän ravintoverkkotason saalislajien osuus ravinnossa lähes yhtä suurta Ahvenanmerellä, jossa sukupuolten välinen ero oli vain noin 6 prosenttiyksikköä.

Kilohaili ja alemmaa ravintoverkkotasoa edustava kolmipiikki ovat molemmilla sukupuolilla vähemmän syötyjä saalislajeja verrattuna silakkaan, kuoreeseen tai ylemmän ravintoverkkotason lajeihin. Koiraiden ravinnosta koostui 10–32 % kolmipiikistä tai muusta alemman ravintoverkkotason saalislajeista, ja 9–23 % kilohailista tai muusta vastaavasta kalalajista. Vain Saaristomerellä koirilla kilohailin osuus (23 %) ravinnosta oli alemmaa ravintoverkkotasoa (12 %) suurempaa. Naarailla ravinnosta 19–30 % koostui alemman ravintoverkkotason saalislajeista ja 20–26 % kilohailista riippuen merialueesta. Saaristomerellä alemman ravintoverkkotason lajien osuus naaraiden ravinnosta oli noin 14 prosenttiyksikköä suurempaa kuin koiraiden. Perämeren alueen koirilla kuore (18 %) oli hiukan syödympi saalislaji kuin alemman ravintoverkkotason lajit (13 %). Naarailla tilanne oli päinvastainen, jolloin alemman ravintoverkkotason lajit (19 %) oli syödympi ravintokohde kuin kuore (14 %).

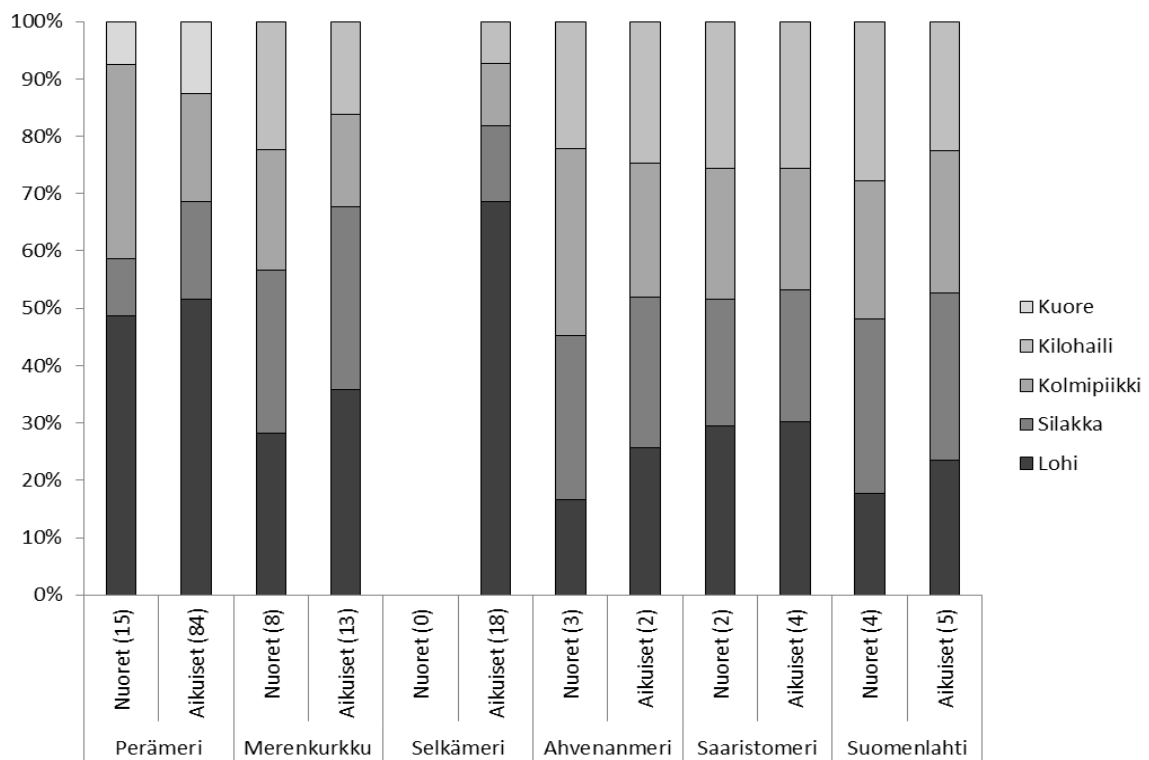


Kuva 5. Itämeren harmaahyljekoiraiden ja -naaraiden saalislajien osuudet ravinnossa eri merialueilla. Suluissa näytemäärät. Saalislajit edustavat ravintokohteita eri ravintoverkkotasolta.

4.2.3 1–4-vuotiaiden ja yli 4-vuotiaiden ravinto

Harmaahylkeet söivät silakkaa ikäryhmästä riippumatta suhteellisen tasaisesti merialueen sisällä. Ikäryhmien välinen ero eri merialueilla on vain 1–7 prosenttiyksikköä. Suomenlahdella alle 4-vuotiailla harmaahylkeillä silakan osuus ravinnossa oli noin 30 % ja yli 4-vuotiailla 29 %. Perämerellä silakan osuus ravinnossa oli 1–4-vuotiailla noin 10 %, ja yli 4-vuotiailla noin 17 % (Liite 4). Koko pohjoisen Itämeren alueella aikuisten harmaahylkeiden (yli 4-vuotiaat) ravinnossa lohi tai vastaava kalalaji oli nuoria harmaahylkeitä (1–4-vuotiaat) suurempaa. Ero ikäryhmien välillä oli kuitenkin vain noin 1–9 prosenttiyksikköä (Kuva 6).

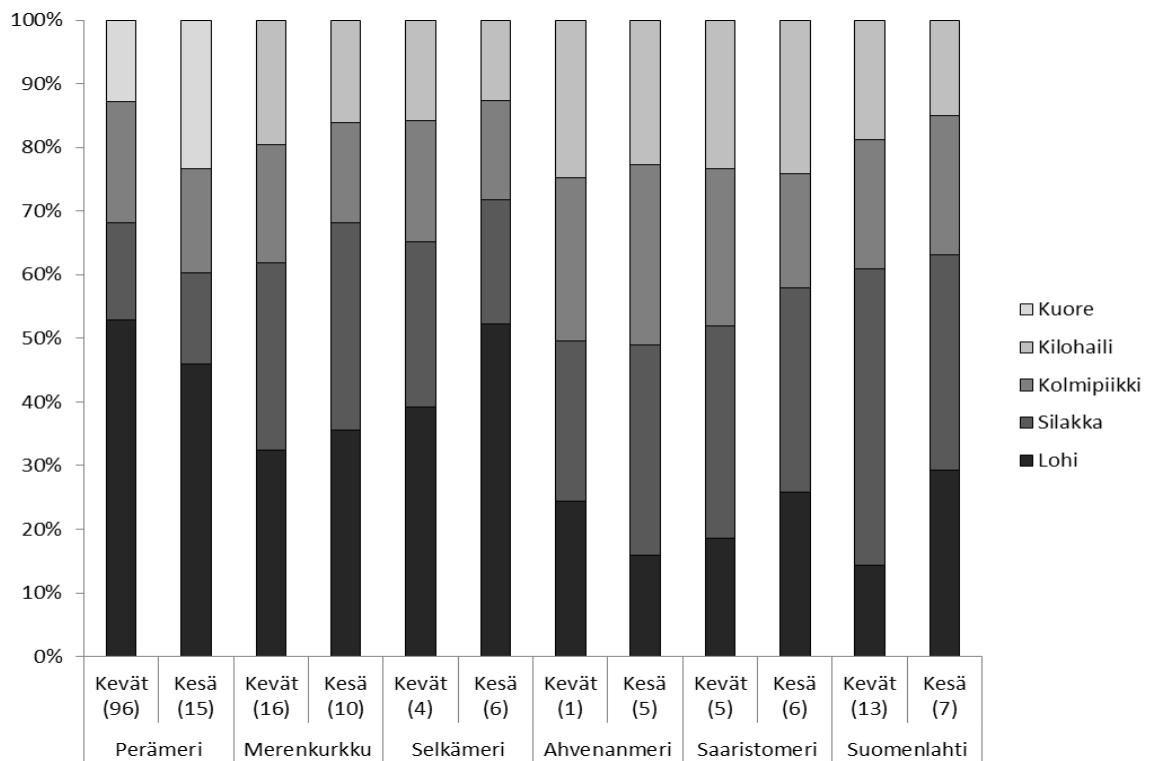
Alempaa ravintoverkkotasoa edustavan kolmipiikin osuus harmaahylkeiden ravinnossa oli nuoremmilla harmaahylkeillä suurempaa kuin aikuisilla pääosin jokaisella tutkitulla merialueella (Liite 4). Perämerellä alemman ravintoverkkotasoon kalat (nuoret 34 %, aikuiset 19 %) oli silakkaa syödympi saalis molemmissa ikäryhmissä. Kilohailin osuus ravinnossa vaihteli yli 4-vuotiaiden ikäryhmässä 7–26 % ja alle 4-vuotiaiden ryhmässä 22–28 %. Perämerellä kuoreen osuus vanhempien harmaahylkeiden ravinnossa oli suurempaa (noin 13 %) kuin nuoremmilla harmaahylkeillä (noin 7 %). Selkämereltä ei ole aineistoa 1–4-vuotiaiden ryhmästä, joten saalislajiosuuksia ei ole tarkasteltu tältä merialueelta.



Kuva 6. Saalislajien osuudet harmaahylkeen ravinnossa ikäryhmittäin (Nuoret=1–4-vuotta, Aikuiset=yli 4-vuotta) Itämeren eri merialueilla. Suluissa näytämäärät. Saaliskalalajit edustavat ravintokohteita eri ravintoverkkotasolta.

4.2.4 Harmaahylkeiden ravinto keväällä ja kesällä

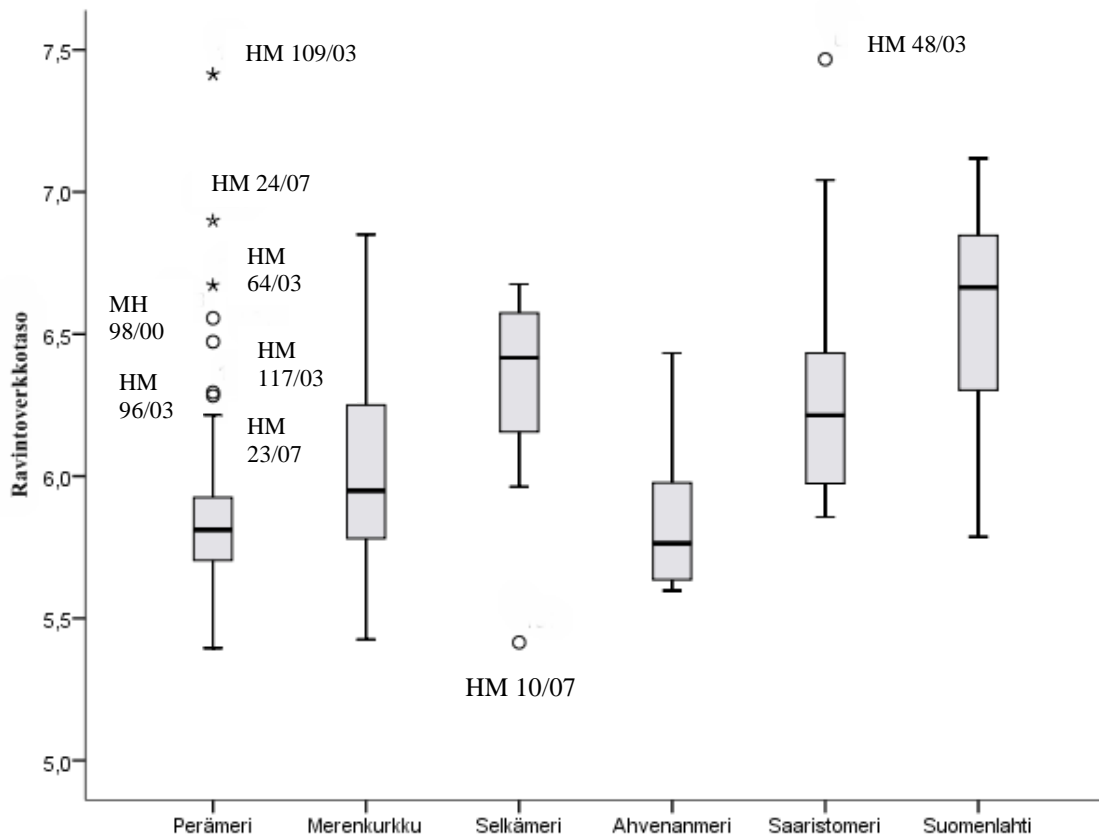
Suomenlahdella silakan osuus harmaahylkeiden ravinnossa oli keväällä noin 13 prosenttiyksikköä suurempaa kuin kesällä. Silakan osuus muilla merialueilla vaihteli keväällä 15–34 % ja kesällä 14–33 % välillä riippuen merialueesta. Ylemmän ravintoverkkotason kalalajeja, kuten lohta tai vastaavaa, harmaahylkeet söivät keväällä hieman kesää enemmän Perämerellä (kevät 53 %, kesä 46 %) ja Ahvenanmerellä (kevät 24 %, kesä 16 %). Selkämerellä vastaavien lajien osuus harmaahylkeen ravinnossa oli kesällä noin 13 prosenttiyksikköä suurempaa kuin keväällä. Myös Suomenlahdella harmaahylkeet söivät kesällä noin 15 prosenttiyksikköä enemmän ylemmän ravintoverkkotason lajeja kuin keväällä. Muiden tässä tutkimuksessa edustavien saaliskalalajien ravinto-osuuksissa kevään ja kesän välinen ero oli alle 10 prosenttiyksikköä (Liite 4, Kuva 7).



Kuva 7. Saalislajien osuus harmaahylkeen ravinnossa keväällä ja kesällä Itämeren eri merialueilla. Suluissa näytemäärät. Saaliskalalajit edustavat ravintokohteita eri ravintoverkkotasolta.

4.3 Harmaaahylkeiden ravintoverkkotasojen vaihtelu ja ekolokeroiden sijainti Itämerellä

Itämeren harmaaahylkeiden ravintoverkkotasot erosivat Itämeren merialueiden välillä tilastollisesti merkitsevästi (Kruskall-Wallis: $\chi^2=77,75$, $df=5$, $p<0,001$) (Taulukko 5). Ravintoverkkotasot ovat pääsääntöisesti suurempia eteläisemmillä merialueilla (Kuva 8). Perämeren ravintoverkkotasot erosivat merkitsevästi Selkämeren, Saaristomerren ja Suomenlahden tasoista. Selkämeri erosi tilastollisesti merkitsevästi viereisten (Merenkurkku ja Ahvenanmeri) merialueiden ravintoverkkotasosta (katso Kuva 2). Harmaaahylkeille laskettu yksilökohtainen ravintoverkkotasotaso (TP) on esitetty liitteessä 1.

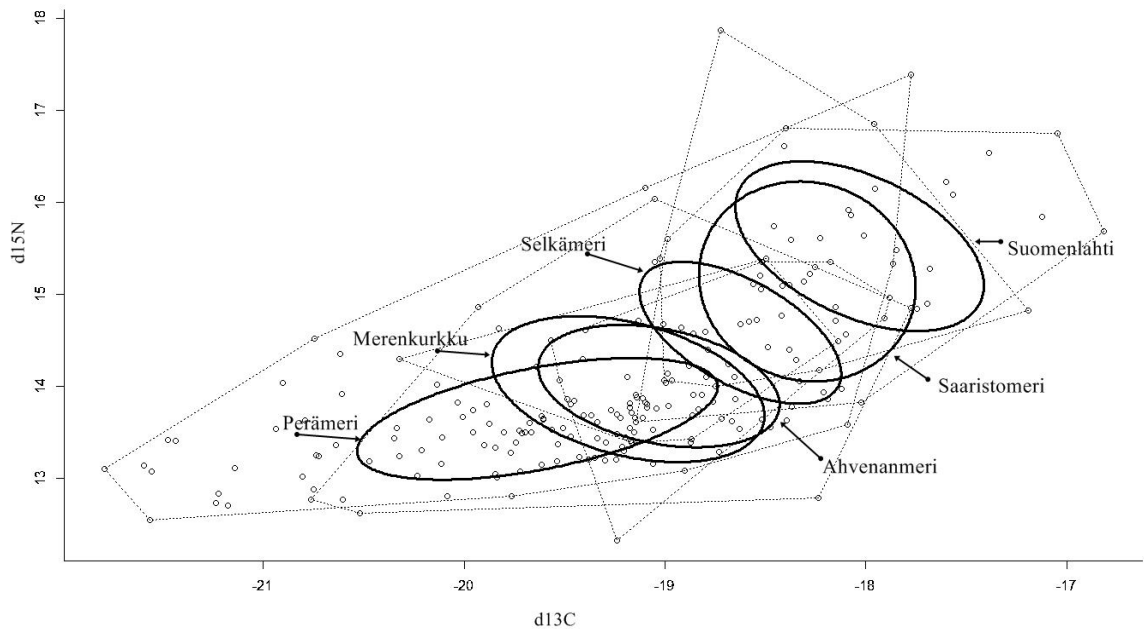


Kuva 8. Itämeren harmaaahylkeille lasketut keskimääräiset ravintoverkkotasot eri merialueilla. Merialueen keskiarvosta poikkeaviin harmaaahylkeisiin on merkitty yksilötieto (Liite 1).

Taulukko 5. Itämeren harmaaahylkeen ravintoverkkotasot eri merialueilla (Mann-WhitneyU -testisuureet, Z-arvot ja p-arvot Bonferronin ($p < 0,003$) riskitason korjauksen jälkeen). Tilastollisesti merkitsevät erot ovat merkitty tunnuksella *

Merialue	Merenkurkku	Selkämeri	Ahvenanmeri	Saaristomeri	Suomenlahti
Perämeri	U=1252,00 Z=-2,65 p=0,008	U=219,50 Z=-5,33 p<0,001*	U=497,50 Z=-0,11 p=0,914	U=185,00 Z=-467 p<0,001*	U=176,00 Z=-636 p<0,001*
Merenkurkku		U=109,00 Z=-3,62 p<0,001*	U=107,50 Z=-1,15 p=0,255	U=121,00 Z=-246 p=0,014	U=92,00 Z=-4,58 p<0,001*
Selkämeri			U=21,00 Z=-309 p=0,002*	U=93,00 Z=-1,25 p=0,210	U=114,50 Z=-227 p=0,023
Ahvenanmeri				U=114,5 Z=-2,27 p=0,023	U=14,00 Z=-370 p<0,001*
Saaristomeri					U=91,00 Z=-204 p=0,041

Myös R-ohjelman SIBER-paketin mallinnus osoittaa Itämeren harmaaahylkeiden eroavan isotooppisuhteiltaan alueellisesti toisistaan Itämeren eri merialueilla (Kuva 9). Suomenlahden harmaaahylkeiden hiilen ja typen vakaat isotoopit ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) ovat keskimäärin pohjoisempia merialueita, kuten Perämerta, positiivisempia.



Kuva 9. Itämeren harmaaahylkeiden hiilen ja typen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) avulla mallinnetut populaatiot Itämeren eri merialueilla (R-Statistics, SIBER-paketti).

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Harmaahylkeiden hiilen ja typen vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}'$, $\delta^{15}\text{N}$) vaihtelu Itämerellä ja mixing model -mallinnus

Karkeasti voidaan kuvata hiilen ja typen vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$) olevan positiivisempia eteläisillä Itämeren merialueilla. Tässä tutkimuksessa Perämeri erosi tilastollisesti merkitsevästi hiilen ($\delta^{13}\text{C}'$) ja typen ($\delta^{15}\text{N}$) vakaiden isotooppien arvoiltaan etelämmistä merialueista kuten Selkämerestä ja Suomenlahdesta. Tämä voi johtua isotooppiarvojen eroista jo perustuottajatasolta sekä merialueiden sisäisistä ominaisuuksista, kuten suolapitoisuudesta, jotka heijastuvat koko ravintoketjuun (Rolff & Elmgren 2000).

Naaraiden ja koiraiden vakaat isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$) eroavat toisistaan Itämerellä. Tämän tutkimuksen tulosta tukee Tucker ym. (2008) tutkimus, jossa harmaahyljekoiraiden typen ja hiilen vakaiden isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) huomattiin olevan korkeampia kuin naaraiden. Myös stellerinmerileijonakoiraiden (*Eumetopias jubatus*) on havaittu ruokailevan korkeammalta ravintoverkkotasolta kuin naaraiden (Hobson ym. 1997). Harmaahylkeet, ikäryhmästä riippumatta, alkavat mahdollisesti ruokailla samankaltaisten isotooppiarvojen omaavaa ravintoa heti saalistuskyvyn kehittyttyä, sillä 1–4- ja yli 4-vuotiaiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa hiilen ja typen vakaisissa isotooppiarvoissa ($\delta^{13}\text{C}'$ ja $\delta^{15}\text{N}$). Toisaalta erilainen ikäjaottelu voi tuoda selkeämpiä eroja eri-ikäisten harmaahylkeiden vakaisiin isotooppiarvoihin. Tämän vuoksi eri-ikäisten harmaahylkeiden ravinnon tutkimusta tulisi jatkaa.

Mixing model -mallinnuksen mukaan harmaahylkeen ruokavalio Perämerellä koostuu ainakin tutkimuksen neljästä saalislajista, sillä harmaahylkeiden keskimääräiset isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}'$, $\delta^{15}\text{N}$) ovat ravintokohteiden vastaavien isotooppiarvojen ($\delta^{13}\text{C}'$, $\delta^{15}\text{N}$) muodostetun kolmion sisällä. Suomenlahdella harmaahylkeen ja silakan vakaiden isotooppien arvot ovat hyvin lähellä toisiaan (Kuva 4), mikä kertoo silakan olevan merkittävä osa harmaahylkeen ravintoa tällä alueella. Merenkurkun ravintomallinnuksessa on käytetty Selkämereltä saatujen kalojen isotooppiarvoja. Merenkurkun alueen harmaahylkeet saattavat kuitenkin ruokailla Selkämeren ja Perämeren välillä. Selkämeren, Ahvenanmeren ja Saaristomerien alueilla keskimääräiset harmaahylkeiden isotooppiarvot ($\delta^{13}\text{C}'$, $\delta^{15}\text{N}$) eivät ole saaliskaloista muodostettujen kolmioiden sisällä. Tämä voi johtua harmaahylkeiden ruokailusta toisilla merialueilla tai jonkun tästä tutkimuksesta puuttuvan saalislajin merkittävästä osuudesta harmaahylkeen ravintoa. Lundström ym. (2007) tekemässä tutkimuksessa havaittiin siian olevan biomassaltaan toiseksi tärkein saalislaji silakan jälkeen. Lisäksi muikku (*Coregonus albula*) on ollut kappalemäärältään kolmen yleisimmän saalislajin joukossa pohjoisella Itämerellä (Suuronen & Lehtonen 2012). Härkäsimppu (*Myoxocephalus quadricornis*) on ylemmän ravintoverkkotason kala, kuten lohi ja sen on myös todettu kuuluvan harmaahylkeen ravintoon. Sinisalo ym. (2006) ja Mänttari (2011) tarkastelivat Perämeren alueen hylkeiden ravinto-osuuksia, joissa härkäsimppu kuului harmaahylkeen saalislajeihin. Härkäsimpun $\delta^{15}\text{N}$ -isotooppiarvo on lähellä lohta (noin 15 ‰), mutta $\delta^{13}\text{C}$ -isotooppiarvot puolestaan hiukan matalammat (noin -20 ‰). Merenkurkun ja Selkämeren mixing model -mallinnukseen verraten on todennäköistä, että joku ylemmän ravintoverkkotason kaloista, kuten härkäsimppu, voisi kuulua merkittävänä osana harmaahylkeen ruokavaliota. Näillä alueilla harmaahylkeen keskimääräiset $\delta^{13}\text{C}$ -isotooppiarvot ovat lähempänä härkäsimpun $\delta^{13}\text{C}$ -isotooppiarvoa kuin lohien ja on mahdollista, että osa tämän tutkimuksen lohikaloiden isotooppiarvoista kuvastaakin härkäsimpun osuutta harmaahylkeen ravinnossa.

Ahvenanmerellä typen ($\delta^{15}\text{N}$) ja hiilen ($\delta^{13}\text{C}$) vakaiden isotooppien arvot olivat viereisiä merialueita negatiivisemmat. Ahvenanmeren alueen harmaahylkeiden saaliskalojen ravinto-osuuksiin on suhtauduttava varauksella, sillä aineistomäärä ($n=9$) oli muita merialueita pienempi. Aineisto oli myös painottunut nuoriin yksilöihin: lähes puolet Ahvenanmeren harmaahylkeistä oli alle 1-vuotiaita. Nuorten harmaahylkeiden saalistuskokemattomuus ja kuuttien erilaiset fysiologiset ja biologiset tekijät suhteessa vanhempiin yksilöihin heijastuvat vakaisiin isotooppiarvoihin (Gannes ym. 1998). Tulevissa tutkimuksissa kuuttien vaikutus keskimääräisiin vakaisiin isotooppiarvoihin voidaan minimoida jättämällä nuoret yksilöt, alle 1-vuotiaat, pois ravintoanalyysistä.

5.2 Harmaahylkeiden ravinto Itämerellä

Harmaahylkeiden lihaksesta määritettyjen vakaiden isotooppien ($\delta^{13}\text{C}$ ja $\delta^{15}\text{N}$) avulla lasketut saaliskalojen osuudet harmaahylkeiden ravinnossa vaihtelivat merialueittain. Tätä tulosta tukee Lundström ym. (2007) sekä Lundström ym. (2012a) tutkimukset, joissa harmaahylkeiden ravinnonkäytön on havaittu vaihtelevan Itämeren eri osien välillä. Tämän tutkimuksen tulokset tukevat aiempia ravintotutkimuksia erityisesti silakan osalta. Sekä tässä työssä, että Stenman & Pöyhönen (2005), Lundström ym. (2007), Kauhala ym. (2011), Kauhala & Kunnasranta (2012), Lundström ym. (2012a) ja Suuronen & Lehtonen (2012), ravintotutkimuksissa silakka on tärkein saalislaji harmaahylkeille Itämerellä. Silakan osuus harmaahylkeiden ravinnossa oli suurinta eteläisillä merialueilla. Suomenlahdella silakan osuus ravinnossa oli keskimäärin 58 %, mutta vaihtelu oli suurta (28–82 %). Selkämerellä silakan osuus oli ympäröiviä merialueita, Merenkurkkua ja Saaristomerta, pienempi (Kuva 3). Silakan osuus oli Selkämerellä 24 % ja lohen tai vastaavan ylemmän ravintoverkkotason saalislajin osuus oli 58 %. Selkämeri on Suomen tärkein silakanpyyntialue (Anonyymi 2011b). Harmaahylkeet saattavat välttää alueita, joissa silakkaa troolataan runsaasti ja näin keskittyä mahdollisesti toisiin saalislajeihin. Toisaalta Selkämeren alueella kalapyydysten suuri määrä voi antaa rysähalleille oivan mahdollisuuden vierailta rysissä ruokailemassa lohikalaa. Koiraiden on havaittu vierailevan naaraita useammin kalanpyydyksissä (Lehtonen & Suuronen 2010, Lehtonen ym. 2012). Tämän tutkimuksen aineiston koiraspainotteisuus Selkämerellä ja edellä mainittu härkäsimppu saattavat aiheuttaa korkeamman lohen ravinto-osuuden sekä Selkämerellä että Perämerellä. Tässä tutkimuksessa lohi on todennäköisesti yliedustettu saalislaji harmaahylkeen ravinnossa. Myös Mänttari (2011) tutkimuksessaan Perämereltä arvioi, että osa merellisestä ravinnosta koostuu härkäsimpusta. Kauhala & Kunnasranta (2012) tutkimuksessa havaitsivat, että Merenkurkun alueelta pyydettyjen hylkeiden vatsoista ei ollut löytynyt lainkaan lohia. Myöskään tämän tutkimuksen hylkeiden vatsoista ei ollut löytynyt lohia, mutta tutkittuja harmaahylkeitä oli vain 12 yksilöä (Liite 2). Tämän tutkimuksen harmaahylkeiden vatsoista löytyi pääasiassa silakkaa, muikkua ja ahventa.

Kilohailin osuus harmaahylkeiden ravinnossa vaihteli 9–22 % eri merialueilla (Taulukko 4). Myös Lundström ym. (2012a) harmaahylkeille tehdyn ravintomäärityksen mukaan kilohailin osuus ravinnossa oli 13 %. Samalla lailla Kauhala & Kunnasranta (2012) havaitsivat kilohailin olevan silakan jälkeen yleisin ravintokohde erityisesti Suomenlahdella, Saaristomerellä ja Ahvenanmerellä. Tässä tutkimuksessa sen sijaan jokin alemman ravintoverkkotason kalalaji oli hiukan kilohailia syödympi saalislaji Suomenlahdella ja Ahvenanmerellä.

Silakan ja alemman ravintoverkkotason kalalajien osuus harmaahylkeiden ravinnossa oli suurempi eteläisillä merialueilla kuin pohjoisilla alueilla. Ahvenanmerellä ja Suomenlahdella alemman ravintoverkkotason saalislajit oli lohta tai vastaavaa syödympi. Tulokset viittaavat, että lohen tai vastaavan saalislajin osuus harmaahylkeen ruokavaliossa

on suurempaa pohjoisilla merialueilla. Tätä tukevat myös aiemmat ravintotutkimukset (Lundström ym. 2007), joissa lohien jäänteitä ei ollut löytynyt harmaahylkeiden suolistoista eteläisemmiltä merialueilta. Tässä tutkimuksessa ylemmän ravintoverkkotason saalislajeja edustavan lohien osuus harmaahylkeiden ravinnosta oli suurinta Perämerellä ja Selkämerellä. Tulevissa vakaiden isotooppien avulla tehtävissä ravintotutkimuksissa olisi syytä tarkastella lisäksi härkäsimpun, siian ja muikun osuutta harmaahylkeen ravinnossa.

5.3 Naaraiden ja koiraiden ravinto

Harmaahyljenaaraiden ja -koiraiden välillä ei löytynyt suurta eroa silakan, kilohailin tai alemman ravintoverkkotason saalislajien ravinto-osuuksissa. Tulos on saman suuntainen kuin aiemmissa ravintotutkimuksissa, joissa eri sukupuolten välillä ei ole havaittu merkittävää eroa ravinnonkäytössä (Stenman & Pöyhönen 2005, Lundström ym. 2010). Molemmat sukupuolet söivät silakkaa tasaisesti kaikilla merialueilla. Suurimmillaan ero oli sukupuolten välillä noin 8 prosenttiyksikköä Ahvenanmerellä. Riippuen merialueesta, naaraiden ravinnossa oli kilohailin osuus 1–16 prosenttiyksikköä koiraita suurempi, kuten myös alemman ravintoverkkotason saalislajien osuus oli 1–14 prosenttiyksikköä koiraita suurempi. Kuoreen ravinto-osuus, jota tarkasteltiin vain Perämereltä oli koirailta noin 4 prosenttiyksikköä suurempi kuin naarailla.

Koiraat näyttäisivät suosivan naaraita enemmän korkeamman ravintoverkkotason kaloja, kuten lohta. Harmaahylkeiden saalisalojen ravinto-osuuksia tarkastellessa koiraat syövät noin 6–32 prosenttiyksikköä enemmän lohta, tai muuta ylemmän ravintoverkkotason kalaa, kuin naaraat riippuen merialueesta. Itämeren pohjoisosien lohien merkitystä koiraiden ravinnosta tukee Suuronen & Lehtonen (2012) tutkimus, jossa koiraat näyttäisivät suosivan lohia ravintonaan naaraita enemmän Perämerellä. Tämä voi johtua muun muassa koiraiden suuremmasta koosta, jolloin iso lohikala on koiraalle helpommin saavutettavissa. Koiraiden aktiivisempi vierailu rysissä voi myös vaikuttaa naaraita suurempaan lohien osuuteen koiraiden ravinnossa. Kuten tässä, myös aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu naaraiden syövän lohia koiraita vähemmän (Kauhala ym. 2011, Kauhala & Kunnasranta 2012). Tässä tutkimuksessa suurin ero lohien tai vastaavan saalislajin ravinto-osuudessa naaraiden ja koiraiden välillä (32 prosenttiyksikköä) oli Selkämerellä, mutta tulokseen on syytä suhtautua varauksella, sillä aineisto on koostunut yksinomaan aikuisista koiraista, poikkeuksena yksi aikuinen naaras. Myös Saaristomeren naaraiden yksilömäärä oli pieni (n=2).

5.4 1–4-vuotiaiden ja yli 4-vuotiaiden ravinto

Saalislajiosuuksien erot harmaahylkeen ravinnossa viittaavat siihen, että nuoremmat (1–4-vuotiaat) syövät vanhempia yksilöitä (yli 4-vuotiaat) hiukan enemmän alemman ravintoverkkotason kaloja. Paitsi Suomenlahdella, jossa ikäryhmien välinen ero oli kuitenkin vain alle prosenttiyksikön. Nuoret harmaahylkeet syövät myös kilohailia enemmän kuin vanhemmat harmaahylkeet kaikilla muilla merialueilla paitsi Ahvenanmerellä. Myös Kauhala ym. (2011) tutkimuksessa nuoret, alle 5-vuotiaat, harmaahylkeet söivät vanhempia yksilöitä enemmän kilohailia. Nuorten harmaahyljeyksilöiden on havaittu ruokailevan alemmilta ravintoverkkotasoilta ja saalistavan vanhempia yksilöitä enemmän pieniä ei-kaupallisia kaloja, sillä ne eivät ole niin valikoivia ravinnon suhteen (Lundström ym. 2010, Kauhala & Kunnasranta 2012).

Suomenlahdella silakan osuus alle 4-vuotiaiden ja yli 4-vuotiaiden ravinnossa erosi vain 1 prosenttiyksikön. Tulos on saman suuntainen silakan osalta kuten Lundström ym. (2010) tutkimuksessa, missä silakka oli yleinen saalislaji kaikissa tutkituissa ikäryhmissä. Tässä tutkimuksessa vanhemmat harmaahylkeet söivät ylempää ravintoverkkotasoa

edustavaa lohta nuorempia enemmän jokaisella tutkitulla merialueella, mutta vaihtelu nuorien ja yli 4-vuotiaiden välillä oli pientä: 1–9 prosenttiyksikköä riippuen merialueesta. Tulos tukee aiempia tutkimuksia, joissa vanhempien harmaahylkeiden on todettu suosivan lohta hiukan nuoria enemmän (Lundström ym. 2007, Lundström ym. 2010, Mänttari 2011). Aiemmissä ravintotutkimuksissa on havaittu lohien vähäisyys harmaahylkeiden vatsaissa ja lohia on löydetty pääasiassa vain vanhojen hylkeiden mahanäytteistä (Lundström ym. 2007, Lundström ym. 2010, Kauhala ym. 2011). Esimerkiksi Kauhala ym. (2011) tutkimuksessa harmaahylkeille vain 0,5 % syödystä saaliista oli lohta. Myös Stenman & Pöyhönen (2005) aineistossa havaittiin, että vajaan 198 harmaahylkeestä vain 7 oli syönyt lohta tai taimenta (*Salmo trutta*). Nämä hylkeet olivat vanhempia yksilöitä. Stenman & Pöyhönen (2005) mukaan alle 1-vuotiaiden harmaahylkeiden vatsakanavista ei löytynyt lohien jäänteitä, mikä puoltaa käsitystä nuorten harmaahylkeiden saalistuskokemattomuudesta.

5.5 Harmaahylkeiden ravinto keväällä ja kesällä

Karvanvaihdon aikaan keväällä harmaahylkeet ruokailevat niukasti, lähinnä silakkaa (Kauhala ym. 2011, Kauhala & Kunnasranta 2012). Tämän tutkimuksen tulos on samansuuntainen erityisesti Suomenlahden osalta, jossa harmaahylkeiden pitkäaikaisesta ravinnosta kevätkuukausina (helmi-, maaliskuu-, huhti- tai toukokuu) oli lähes puolet silakkaa. Silakan osuus ravinnossa kevätkuukausina oli 47 % ja kesäkuukausina 34 %. Tormosov & Rezvov (1978) havaitsivat myös, että elo- ja syyskuun aikana Suomenlahdelta pyydettyjen harmaahylkeiden ravinnosta noin kolmasosa koostui silakasta. Tämä tukee myös tämän tutkimuksen tulosta kesäkuukausilta (kesä-, heinä-, elo-, tai syyskuu). Suuri vaihteluväli Suomenlahdella kevään ravinto-osuuksissa (15–80 %) viittaa yksilöihin, joiden ravinto on koostunut lähes yksinomaan silakasta. Syynä suureen vaihteluun voi olla edellä mainittu karvanvaihdonajankohta, jolloin hylkeet ruokailevat pääosin silakkaa. Hajontaa voi myös aiheuttaa yksilölliset erot tai paikallisesti runsas silakkakanta Suomenlahdella, jolloin ravintoa on runsaasti tarjolla. Itämeren muilla merialueilla harmaahylkeet näyttäisivät syövän silakkaa tasaisesti riippumatta vuodenajasta, sillä saaliskalojen ravinto-osuuksissa ei ollut suurta vaihtelua osalta kevään ja kesän välillä.

Suuronen & Lehtonen (2012) ravintomäärityksissä lohella oli merkittävä osuus lähinnä kesäkuukausina, etenkin ajankohtina jolloin lohikalat kerääntyvät Perämeren rannikonläheisiin vesiin. Tässä tutkimuksessa Suomenlahdella lohien tai vastaavan lajin osuus kesäkuukausina oli noin 15 prosenttiyksikköä suurempi kuin keväällä, mutta Perämeren alueella tilanne oli päinvastainen, jossa osuus ravinnosta oli keväällä noin 53 % ja kesällä 46 %. Suhteelliseen pieneen vuodenaikaiseen eroon lohien tai vastaavan lajin ravinto-osuudessa Perämerellä voivat vaikuttaa sekä harmaahylkeiden että saaliskalalajien vaellukset.

5.6 Ravintoverkkotasot ja paikalliset populaatiot

Itämeren eri merialueiden harmaahylkeet erottuvat selvästi isotooppisuhteiltaan toisistaan. Harmaahylkeiden tiedetään liikkuvan paljon, mutta tämä tutkimus osoittaa että osa populaatioiden yksilöistä ovat varsin paikallisia, sillä eri merialueiden isotooppisuhteet erottuvat selkeästi omiksi ryhmikseen. Harmaahylkeiden keskimääräiset ravintoverkkosijainnit ja hiilen ja typen vakaiden isotooppien avulla mallinnetut populaatiot (SIBER-paketti) ovat korkeammalla Itämeren eteläosissa. Myös Rissanen (2005) havaitsi ravintoverkkotason nousevan maantieteellisesti hankoisjalkaisilla. Itämeren eteläosien harmaahylkeiden korkeammat ravintoverkkotasot voivat johtua pidemmistä ja monimutkaisemmista ravintoketjuista, jolloin typen vakaa isotooppi ($\delta^{15}\text{N}$) rikastuu

korkeampiin kuluttajiin (Rolf & Elmgren 2000). Suomenlahdella harmaahylkeiden korkeampi ravintoverkkotasoa voi johtua esimerkiksi petovesikirpun (*Cercopagis pengoi*) eteläisestä levinneisyydestä. Petovesikirpun on todettu olevan tärkeä ravinnonlähde erityisesti silakalle alkusyksystä (Antsulevich & Välipakka 2000).

Perämerellä oli hyljeyksilöitä, jotka erosivat keskimääräisestä ravintoverkkotasosta kyseisellä merialueella (Kuva 8). Osa näistä yksilöistä oli alle 1-vuotiaita kuutteja, jotka ovat vielä emon imetyksessä tai eivät vielä osaa pyydystää kaloja vaan käyttävät imetyksen aikana kerättyä rasvaa vara-ravintona. Tämä voi johtaa korkeampiin typen isotooppiarvoihin (Gannes ym. 1998). Näistä Perämeren seitsemästä harmaahylkeestä kaksi yksilöä oli alle 1-vuotiaita ja kahdelta yksilöltä ei ole määritetty ikää. Myös Selkämeren keskiarvosta poikkeava yksilö (HM 10/07) on 0-vuotias (Liite 1). Sen sijaan Saaristomerellä yksilö (HM 48/03) on 17-vuotias naaras, jolla oli alueen keskiarvoa korkeampi typen vakaa isotooppiarvo ($\delta^{15}\text{N}$). Tämä naaras oli metsästetty toukokuun lopussa, mikä voisi viitata esimerkiksi yksilön nälkiintymiseen poikimisesta ja imetyksestä johtuen. Silloin hylje käyttää rasvavarantojaan, eli traania, energian lähteenään, jolloin typen vakaa isotooppiarvo nousee korkeammaksi (Gannes ym. 1998).

Kuluttajien ravintoverkkotasoa määrittävään vaikuttaa ajallinen ja paikallinen vaihtelu perustasossa. Tässä tutkimuksessa ravintoverkkotasoa määritettäessä on käytetty vesikirppujen keskimääräisiä typen vakaan isotoopin ($\delta^{15}\text{N}$) arvoja. Perustason määrittely ja sitä kautta harmaahylkeen ravintoverkkotasoon täytyy kuitenkin suhtautua varauksella, sillä vesikirppuaineisto oli suhteellisen pieni. Post (2002) arvioi pitkäikäisten ensimmäisten asteen kuluttajien tarjoavan parhaimman perustason määritettäessä ravintoverkkotasoa. Itämeren harmaahylkeiden ravintoverkkotasomäärittäykseen voisi käyttää myös vesikirppujen lisäksi eri lajiryhmiä ensimmäisen asteen kuluttajatasolta, kuten simpukoita. Vesikirppujen käyttöä tässä tutkimuksessa puoltaa se, että vesikirppujen vakaat isotooppiarvot ovat määritetty pääosin samoilta vuosilta ja samoilta merialueilta kuin harmaahylkeet.

5.7. Yhteenveto

Hiilen ($\delta^{13}\text{C}$) ja typen ($\delta^{15}\text{N}$) vakaiden isotooppien tilastollisesti merkitsevä vaihtelu merialueiden välillä, ravintoverkkotasojen ja populaatioiden eroavaisuudet isotooppisuhteissa antavat viitteitä harmaahylkeiden eri populaatioiden eroavan myös ravinnonkäytöltään Itämeren eri merialueilla. Harmaahylkeet suosivat runsaimmin tarjolla olevaa saalislajeja ja saalistuskäyttäytymiseen vuodenaikojen välillä vaikuttanee oleellisesti myös hylkeiden lisääntymisajankohdan osuminen keväälle.

Kiinnostus tutkia harmaahylkeiden erikoistumisesta taloudellisesti merkittäviin saalislajeihin on kasvamassa. Vakaiden isotooppien -menetelmä voi antaa lisätietoa harmaahyljeyksilöiden pidempiaikaisesta erikoistumisesta tiettyyn ravintokohteeseen. Menetelmän etuna on verrattuna perinteisiin ravintotutkimuksiin se, että pyyntimenetelmä ei suoranaisesti vaikuta pidempi aikaiseen ravintokoostumukseen. Lundström ym. (2010) havaitsivat näytteenottotavan mahdollisesti vaikuttavan harmaahylkeen saalislajikoostumukseen. Niillä hylkeillä, jotka oli pyydetty muualta kuin pyydyksistä, silakan osuus ravinnosta oli suurempi kuin pyydyksissä olevilla hylkeillä. Tietyistä pyyntivälineistä kerättyjen harmaahylkeiden ravinnosta silakka saattaa siis olla aliedustettuna verrattuna hylkeisiin, jotka on kerätty jostain toisaalta. Tässä tutkimuksessa pyydykseen kuolleiden yksilöiden lukumäärä oli pieni (3 yksilöä). Vakaiden isotooppien -menetelmä voi myös mahdollisesti antaa lisätietoa ovatko harmaahylkeet erikoistuneet pidempiaikaisesti pyyntivälineistä ruokailuun vai onko kyseessä enemmän ”tilaisuus tekee varkaan” -tyyppinen ravinnonhankintakäyttäytyminen.

Harmaahylkeet ovat ravintoverkkotason ylimpiä kuluttajia ja niiden ravinnonkäytön tutkiminen on erityisen tärkeää, jotta ymmärretään koko ravintoketjun vuorovaikutussuhteita Itämerellä. Itämeren pohjoisosissa Perämerellä harmaahylkeiden alhainen ravintoverkkotaso voi osoittaa muita Itämeren alueita yksinkertaisempaa ravintoverkkoa. Siksi erityisesti alueen korkeamman tason kuluttajat saattavat olla herkempiä esimerkiksi erilaisille ympäristömuutoksille. Tämän tutkimuksen tulokset tukevat osin aiempia tutkimuksia harmaahylkeen ravinnosta ja eri alueiden harmaahyljepopulaatioiden eroavaisuudet Itämerellä tulisikin ottaa huomioon tulevissa tutkimuksissa ja hylkeiden suojelutoimenpiteitä tehdessä.

KIITOKSET

Valtavan suuri kiitos-kumarrus Tuula Sinisalolle ja Mikko Kiljuselle inspiraation ylläpitämisestä sekä henkisestä että teknisestä tuesta. Iso kiitos myös Mervi Kunnasrannalle ja Roger Jonesille arvokkaista kommentaiteista, unohtamatta muita hylkeiden ja vakaiden isotooppien parissa toimivia henkilöitä: Teette arvokasta työtä!

KIRJALLISUUS

- Anonyymi 2011a. *Itämerellä noin 24 000 hallia – kannan kasvu hidastunut.* http://www.rktl.fi/tiedotteet/itamarella_noin_hallia.html. Luettu 12.12.2012.
- Anonyymi 2011b. *Itämeren silakkasaalis edelleen pieni – Selkämereltä jälleen suuri saalis.* http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/silakka/silakkasaaliit.html. Luettu 23.1.2013
- Anonyymi 2012a. *Hyljevahingot.* <http://www.rktl.fi/riista/hylkeet/hyljevahingot.html>. Luettu 12.12.2012
- Anonyymi 2012b. *Encyclopedia of life.* <http://eol.org/pages/328630/details>. Luettu 12.12.2012.
- Anonyymi 2013. *Itämerellä laskettiin viime vuonna ennätyselliset 28 000 hallia.* http://www.rktl.fi/tiedotteet/itamarella_laskettiin_viime.html. Luettu 17.1.2013.
- Antsulevich A. & Välipakka P. 2000. *Cercopagis pengoi* – New Important Food Object of the Baltic Herring in the Gulf of Finland. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 85: 609–619.
- Breed G.A., Jonsen I.D., Myers R.A., Bowen W.D. & Leonard M.L. 2009. Sex-specific, seasonal foraging tactics of adult grey seals (*Halichoerus grypus*) revealed by state-space analysis. *Ecology* 90: 3209–3221.
- Bäcklin B-M. & Bergman A. 2005. Increased prevalence of intestinal ulcers in Baltic grey seals. Symposium on Biology and Management of Seals in the Baltic area, 15–18 February 2005 Helsinki, Finland.
- Bäcklin B-M., Moraeus C., Roos A., Eklöf E. & Lind Y. 2011. Health and age and sex distributions of Baltic grey seals (*Halichoerus grypus*) collected from bycatch and hunt in the Gulf of Bothnia. *ICES J. Mar. Sci.* 68: 183–188.
- Diez R., Teilmann J., Henriksen O.D. & Laidre K. 2003. Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry. Relative importance of the Nysted Offshore wind farm area to the seals. *National Environmental Research Institute, NERI technical Report* 429: 1–44.
- Fry B. 1988. Food web structure on Georges Bank from stable C, N and S isotopic compositions. *Limnol. Oceanogr.* 33: 1182–1190.
- Fry B. 2006. *Stable Isotope Ecology*. Springer, USA, 308s.
- Gannes L.Z., Marinez del Rio C. & Koch P. 1998. Natural Abundance Variations in Stable Isotopes and their Potential Uses in Animal Physiological Ecology. *Comp. Biochem. Physiol.* 119: 725–737.

- Helle E. 1983. *Hylkeiden elämä*. Vaasa Oy, Vaasa, 168s.
- Hobson K.A. 1993. Trophic relationships among high Arctic seabirds: insights from tissue-dependent stable-isotope models. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 95: 7–18.
- Hobson K.A. 1999. Tracing origins and migration of wild life using stable isotopes: a review. *Oecologia*, 120: 314–326.
- Hobson K.A., Piatt J. & Pitocchelli J. 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *J. Anim. Ecol.* 63: 786–798.
- Hobson K.A., Schell D.M., Renouf D. & Noseworthy E. 1996. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 528–533.
- Hobson K.A., Sease J.L., Merrick R.L. & Piatt J.F. 1997. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotope ratios of nitrogen and carbon. *Marine Mammal Science* 13: 114–132.
- Iverson S.J. 2009. Tracing aquatic food webs using fatty acids: from qualitative indicators to quantitative determination. *Lipids in Aquatic Ecosystems*. Springer, New York 281–307.
- Jackson A.L., Inger R., Parnell A.C. & Bearhop S. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *J. Anim. Ecol.* 80: 595–602.
- Jardine T.D., McGeachy S.A., Paton C.M., Savoie M. & Cunjak R.A. 2003. Stable isotopes in aquatic systems: Sample preparation, analysis, and interpretation. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2656: 1–39.
- Jounela P., Suuronen P., Millar R.B. & Koljonen M-L. 2006. Interactions between grey seal (*Halichoerus grypus*), Atlantic salmon (*Salmo salar*), and harvest controls on the salmon fishery in the Gulf of Bothnia. *ICES J. Mar. Sci.* 63: 936–945.
- Jüssi M. 1999. Breeding habitat preference and reproduction success of Baltic grey seal seals (*Halichoerus grypus*). Pro-gradu –tutkielma, Tartu.
- Jüssi M., Härkönen T., Helle E., & Jüssi I. 2008. Decreasing Ice Coverage Will Reduce the Breeding Success of Baltic Grey Seal (*Halichoerus grypus*) Females. *Ambio* 37: 80–85.
- Karsson O. 2003. Population structure, movements and site fidelity of grey seals in the Baltic Sea. PhD-thesis, University of Stockholm.
- Kauhala K., Kunnasranta M. & Valtonen M. 2011. Hallien ravinto Suomen merialueilla 2001–2007 – alustava selvitys. *Suomen Riista* 57: 73–83.
- Kauhala K. & Kunnasranta M. 2012. Metsästäjien toimittamat näytteet kertovat hallin ravinnosta. *Metsästäjä* 3: 16–18.
- Kauppinen T., Siira A. & Suuronen P. 2005. Temporal and regional patterns in seal-induced catch and gear damage in the coastal trap-net fishery in the northern Baltic Sea: effect of netting material on damage. *Fish. res.* 73: 99–109.
- Kiljunen M., Grey J., Sinisalo T., Harrod C., Immonen H. & Jones R.I. 2006. A revised model for lipid-normalizing $\delta^{13}\text{C}$ values from aquatic organisms, with implications for isotope mixing models. *J. Appl. Ecol.* 43: 1213–1222.
- Kokko H., Helle E., Lindström J., Ranta E., Sipilä T. & Courchamp F. 1999. Backcasting population sizes of ringed and grey seals in the Baltic and Lake Saimaa during the 20th century. *Ann. Zool. Fennici* 36: 65–73.
- Kunnasranta M. 2010 Merihylkeet vuonna 2010. *Riista- ja kalatalous – selvityksiä* 21/2010: 21–23.

- Lawson J.W., Hare J.A., Noseworthy E. & Friel J.K. 1997. Assimilation efficiency of captive ringed seals (*Phoca hispida*) fed different diets. *Polar Biol.* 18: 107–111.
- Lehtonen E. & Suuronen P. 2010. Live-capture of gray seals in a modified salmon trap. *Fish. Res.* 102: 214–216.
- Lehtonen E., Oksanen S., Aalto N., Lappalainen A., Peuhkuri N & Kunnasranta M. 2012. Rysillä Selkämereltä pyydystettyjen hallien satelliittiseuranta vuosina 2008–2009. *Riista- ja kalatalous tutkimuksia ja selvityksiä 2/2012*.
- Lundström, K., Hjerne, O., Alexandersson, A. & Karlsson O. 2007 Estimation of Grey seal diet composition in the Baltic Sea. *NAMMCO sci. Publ.* 6: 177–196.
- Lundström K., Hjerne O., Lunneryd S-G. & Karlsson O. 2010. Understanding the diet composition of marine mammals: grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. *ICES J.Mar. Sci.* 67: 1230–1239.
- Lundström K., Hjerne O. & Karlsson O. 2012a. Grey seal (*Halichoerus grypus*) prey consumption in the Baltic Sea. Unpublished manuscript. Teoksessa: Lundström K., *Assesment of dietary patterns and prey consumption of marine mammals, Grey seals (Halichoerus grypus) in the Baltic Sea*, PhD-thesis, University of Gothenburg.
- Lundström K., Lind Y. & Karlsson O. 2012b. Assessment of the use of blubber fatty acids as a complement to conventional dietary analysis to study grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. Unpublished manuscript. Teoksessa: Lundström K., *Assesment of dietary patterns and prey consumption of marine mammals, Grey seals (Halichoerus grypus) in the Baltic Sea*, PhD-thesis, University of Gothenburg.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2007. *Itämeren hyljekantojen hoitosuunnitelma*. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala, 93s.
- McCutchan J.H. Jr, Lewis W.M., Kendall C., & McGrath C.C. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. *Oikos* 102: 378–390.
- Mihok S., Schwartz B. & Iverson S.L. 1985. Ecology of red-backed voles (*Clethrionomys gapperi*) in a gradient of gamma radiation. *Ann. Zool. Fennici* 22: 257–271.
- Mänttari V. 2011. Hallien (*Halichoerus grypus*) ja itämerennorppien (*Phoca hispida botnica*) ravinnonkäyttö Perämerellä. Pro-gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto.
- Oppel S. & Powell A.N. 2010. Carbon isotope turnover in blood as a measure of arrival time in migratory birds using isotopically distinct environments. *J. Ornithol.* 151: 123–131.
- Parnell A.C., Inger R., Bearhop S. & Jackson A.L. 2010. Source Partitioning Using Stable Isotopes: Coping with Too Much Variation. *PloS ONE* 5(3): e9672.doi:10.1371/journal.pone.0009672.
- Philips D.L. & Gregg J.W. 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* 136: 261–269.
- Pierce G.J. & Boyle P.R. 1991. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 29: 409–486.
- Pierce G.J., Boyle P.R. & Diack J.S.W. 1991. Identification of fish otoliths and bones in faeces and digestive tracts of seals. *J.Zool.* 224: 320–328.
- Pierce G.J., Santos M.G., Learnmonth J.A., Mente E. & Stowasser G. 2004. Methods for dietary studies on marine mammals. *Investigating the roles of cetaceans in marine ecosystems*. Venice. CIESM Workshop Monographs n°25 29–36.
- Pitcher K.W. 1980. Stomach contents and feces as indicators of harbour seal, *Phoca vitulina*, foods in the Gulf on Alaska. *NOAA Fish. Bull.* 78: 797–798.

- Post D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: Models, methods, and assumptions. *Ecology* 83: 703–718.
- Rissanen A. 2005. Spatial and temporal variations in the northern Baltic Sea pelagic food web studied by stable isotope analysis. Pro gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto.
- Rolff C. & Elmgren R. 2000. Use of riverine organic matter in plankton food webs of the Baltic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 197: 81–101.
- Salmi J. & Salmi P. 2006. Ammattikalastajien näkemyksiä hylkeidensuojelualueista vuonna 2006. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kala- ja riistaraportteja* 339: 1–17.
- Savolainen R., Moilanen P. & Ahvonen A. 2010. Hylkeiden kalankasvatukselle aiheuttamat vahingot vuonna 2010. RKTL:n työraportteja 20/2011.
- Sinisalo T., Valtonen T., Helle E. & Jones R.I. 2006. Combining stable isotope and intestinal parasite information to evaluate dietary differences between individual ringed seals (*Phoca hispida botnica*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 84: 823–831.
- Sjöberg M. & Ball J.P. 2000. Grey seal, *Halichoerus grypus*, habitat selection around haulout sites in the Baltic Sea: bathymetry or central-place foraging? *Can. J. Zool.* 78: 1661–1667
- Stenman O. & Pöyhönen O. 2005. Food remains in the alimentary tracts of the Baltic grey and ringed seal. Symposium on Biology and Management of Seals in the Baltic area, 15–18 February 2005 Helsinki, Finland.
- Suomen säädöskokoelma 934/2011. Maa –ja metsätalousministeriön asetus pyyntiluvalla ja poikkeusluvalla sallittavasta hallin metsästyksestä metsästysvuonna 2011–2012.
- Suuronen P. & Lehtonen E. 2012. The role of salmonids in the diet of grey and ringed seals in the Bothnian Bay, northern Baltic Sea. *Fish. Res.* 125–126: 283–288.
- Söderberg S. 1975. Feeding habits and commercial damage of seals in the Baltic. In Proceedings from the Symposium on the Seal in the Baltic, June 4–6, 1974, Lidingö, Sweden. *National Swedish Environment Protection Board, SNV PM 591*: 66–78.
- Tieszen D.D., Boutton T.W., Tesdahl K.G. & Slade N.A. 1983 Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia* 57: 32–37.
- Tormosov D.D. & Rezvov G.V. 1978. Information on the distribution, number and feeding habits of ringed and grey seals in the Gulfs of Finland and Riga in the Baltic Sea. *Finn.Fish. Res.* 37 14–17.
- Tucker S., Bowen W.D. & Iverson S.J. 2008. Convergence of diet estimates derived from fatty acids and stable isotopes within individual grey seals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 354: 267–276.
- Vander Zanden M.J., Cabana G. & Rasmussen J.B. 1997. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) and literature dietary data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 1142–1158.
- Österblom H., Hansson S., Larsson U., Hjerne., Wulff F., Elmgren R. & Folke C. 2007. Human induced Trophic Cascades and Ecological Regime Shifts in the Baltic Sea. *Ecosystems* 10: 877–889.

Liite 1. Tutkittujen harmaaahyljeysilöiden tiedot (RKTL) ja määritetyt $\delta^{13}\text{C}'$ - ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvot, C/N-suhde sekä ravintoverkkotasot.

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	TP ⁶
MH55-00	2001	1	5	21	2	9.0	1	4.501	13.362	-19.901	5.734
MH56-00	2001	1	5	6	2	12.0	1	3.366	13.653	-19.113	5.856
MH58-00	2001	2	7	21	2	3.3	1	3.317	13.882	-19.140	5.951
MH59-00	2001	1	5	21	2	6.0	1	3.393	12.768	-20.605	5.486
MH61-00	2001	1	5	5	2	18.0	1	3.374	13.858	-18.189	5.941
MH63-00	2001	1	5	22	2	14.0	1	3.472	13.696	-19.237	5.873
MH64-00	2001	1	5	20	2	2.0	1	3.317	13.288	-18.731	5.704
MH65-00	2001	1	5	14	2	10.0	1	3.480	13.585	-18.094	5.827
MH66-00	2001	1	5	12	2	9.0	1	3.506	13.537	-18.631	5.807
MH67-00	2001	1	5	13	1?	5.0	1	4.361	13.935	-18.210	5.973
MH68-00	2001	1	5	11	2	10.0	1	3.290	13.648	-19.606	5.853
MH69-00	2001	1	5	4	2	36.0	1	3.509	13.967	-18.121	5.986
MH70-00	2001	2	6	27	2	11.0	1	3.381	14.098	-19.186	6.041
MH 71-00	2001	2	6	16	1?	1.3	1	3.394	13.187	-19.537	5.661
MH72-00	2001	2	7	10	1?	0.3	1	3.602	14.634	-18.920	6.264
MH73-00	2001	6	4	28	1?	2.0	1	3.378	14.845	-17.744	6.303
MH74-00	2001	2	4	21	1?	0.2	1	3.847	14.852	-17.777	6.355
MH77-00	2001	2	4	22	2	17.0	1	6.286	12.784	-18.236	5.493
MH79-00	2001	6	6	27	1?	4.0	1	3.444	16.227	-17.601	6.879
MH80-00	2001	2	7	7	1?	0.3	1	3.524	13.683	-19.366	5.868
MH81-00	2001	3	6	2	1?	0.3	1	3.550	15.224	-18.279	6.622
MH82-00	2001	2	6	20	2	3.0	1	3.333	14.097	-18.654	6.040
MH83-00	2001	6	7	21	1?	4.0	1	3.343	16.541	-17.387	7.010

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
MH84-00	2001	6	5	3	1?	1.0	1	3.545	16.802	-18.397	7.118
MH85-00	2000	1	8	3	1?	0.4	1	3.449	13.280	-19.767	5.700
MH86-00	2000	1	6	2	2	10.0	1	3.363	13.387	-19.297	5.745
MH87-00	2000	1	8	3	2	8.0	1	3.336	13.844	-19.454	5.935
MH88-00	2001	1	5	13	1?	1.2	1	3.392	13.079	-18.901	5.616
MH89-00	2000	2	10	4	2	5.0	1	3.355	14.051	-18.330	6.021
MH90-00	2001	2	7	15	1?	2.3	1	3.404	14.402	-18.381	6.167
MH91-00	2001	1	5	14	1?	3.0	1	3.350	13.864	-18.651	5.944
MH92-00	2000	5	7	5	1	40.0	1	3.328	15.635	-18.012	6.536
MH93-00	2001	3	4	22	1?	6.0	1	3.314	13.641	-18.516	5.963
MH94-00	2000	2	10	4	2	8.0	1	3.338	13.905	-18.816	5.960
MH95-00	2001	2	7	23	2	12.0	1	3.316	13.190	-19.299	5.662
MH96-00	2001	1	7	20	2	8.0	1	3.486	13.778	-18.370	5.908
MH97-00	2000	1	6	3	1?	14.0	1	3.335	12.806	-19.764	5.503
MH98-00	2001	1	5	8	1?	0.2	1	3.504	15.334	-17.8652	6.556
MH99-00	2000	5	7	31	1?	0.4	1	3.451	14.003	-18.750	5.856
MH100-00	2001	2	5	2	1?		1	4.411	13.802	-19.887	5.918
MH101-00	2001	0			2	3.0	1	3.398	15.819	-17.954	6.709
HM 26/02	2003	2	5	15	1	2.2	1	3.335	13.555	-18.477	5.815
HM 51/02	2003	2	6	3	1	15.0	1	3.458	14.593	-18.801	6.247
HM 71/02	2003	1	5	18	2	6.0	1	3.438	12.807	-20.084	5.503
HM 73/02	2003	5	6	12	1?	1.3	1	3.538	14.172	-18.232	5.926
HM 77/02	2003	4			2	0.3	1	3.466	13.425	-18.866	5.615
HM 78/02	2003	4			2	0.3	1	3.485	13.383	-19.167	5.597
HM 79/02	2003	2	5	11	1?	1.2	1	3.456	13.048	-19.844	5.604
HM 80/02	2003	4			1	16.0	1	3.282	14.490	-18.140	6.058

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
HM 85/02	2003	1	7	25	2	23.0	1	3.381	13.390	-18.874	5.746
HM 8/03	2003	5	11	8	1	10.7	1	3.382	14.899	-17.696	6.229
HM 10/03	2003	6	11	5	1	5.7	1	3.289	15.846	-17.122	6.720
HM 11/03	2003	5	11	28	1	2.8	1	3.318	14.828	-17.190	6.199
HM 13/03	2003	2	11	20	1	10.0	1	3.343	14.291	-19.410	6.121
HM 21/03	2004	3	4	17	1?	0.1	1	3.595	14.502	-19.567	6.322
HM 29/03	2004	2	4	29	2	8.0	1	3.373	13.633	-18.393	5.847
HM 39/03	2004	3	5	15	1?	0.2	1	3.319	14.575	-18.860	6.352
HM 40/03	2004	6	4	28	2	3.0	1	3.900	15.864	-18.074	6.728
HM 41/03	2004	1	5		2	1.2	1	3.436	13.203	-19.380	5.668
HM 42/03	2004	1	5		2	14.0	1	3.343	12.877	-20.749	5.532
HM 44/03	2004	2	4	23	1	0.2	1	3.503	14.861	-19.932	6.359
HM 45/03	2004	2	4	23	1	0.2	1	4.076	14.609	-19.398	6.254
HM 48/03	2004	5	5	31	2	17.0	1	3.582	17.871	-18.725	7.467
HM 49/03	2004	1	5	20	2	9.0	1	3.306	13.101	-21.791	5.625
HM 50/03	2004	1	4	20	2	4.0	1	3.317	13.603	-19.674	5.835
HM 51/03	2004	1	5	28	2	12.0	1	3.350	13.819	-19.098	5.925
HM 52/03	2004	1	5	28	2	11.0	1	3.349	13.801	-19.090	5.917
HM 53/03	2004	1	5	28	1	8.0	1	3.373	13.629	-20.794	5.845
HM 54/03	2004	6	6	5	1	0.3	1	3.318	15.918	-18.085	6.750
HM 55/03	2004	1	5	20	2	3.0	1	3.408	13.230	-19.427	5.679
HM 56/03	2004	1	5	26	2	7.0	1	3.320	13.413	-21.475	5.756
HM 57/03	2004	1	5	25	1	4.0	1	3.620	13.735	-19.956	5.890
HM 58/03	2004	1	5	26	2	16.0	1	3.336	13.613	-19.336	5.839
HM 59/03	2004	1	5	26	2	17.0	1	3.397	13.439	-19.195	5.766

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
HM 60/03	2004	1	5	10	2	1.2	1	3.469	13.014	-20.805	5.589
HM 61/03	2004	1	5	11	2	18.0	1	3.372	13.068	-19.720	5.612
HM 62/03	2004	1	5	25	1	8.0	1	3.367	14.210	-19.639	6.087
HM 63/03	2004	1	5	25	1	14.0	1	3.432	13.644	-18.717	5.852
HM 64/03	2004	1	5	25	2	22.0	1	3.318	15.612	-18.230	6.672
HM 65/03	2004	1	5	25	2	8.0	1	3.272	13.657	-19.224	5.857
HM 66/03	2004	1	5	25	2	9.0	1	3.327	12.727	-21.238	5.470
HM 68/03	2004	1	5	10	2	15.0	1	3.346	13.157	-19.061	5.649
HM 69/03	2004	1	5	11	2	13.0	1	3.334	13.593	-19.875	5.830
HM 70/03	2004	1	5	25	1	8.0	1	3.414	13.772	-19.088	5.905
HM 71/03	2004	1	5	7	2	6.0	1	3.630	13.911	-18.862	5.963
HM 72/03	2004	1	5	10	2	7.0	1	3.271	13.113	-21.142	5.630
HM 74/03	2004	1	5	25	2	8.0	1	3.400	12.832	-21.223	5.513
HM 75/03	2004	1	5	25	1	19.0	1	6.233	14.014	-20.135	6.006
HM 76/03	2004	1	5	9	1	1.2	1	3.372	14.427	-18.489	6.178
HM 77/03	2004	4	5	30	1	3.0	1	3.355	14.222	-18.879	5.947
HM 78/03	2004	1	5	11	2	13.0	1	3.341	13.685	-18.864	5.869
HM 79/03	2004	1	5	11	1	18.0	1	3.428	13.620	-18.667	5.842
HM 80/03	2004	1	5	25	2	9.0	1	3.378	13.329	-19.845	5.720
HM 81/03	2004	1	5	25	2	3.0	1	3.367	13.771	-19.176	5.905
HM 82/03	2004	1	5	25	1?	15.0	1	3.279	13.401	-21.436	5.750
HM 83/03	2004	1	5	10	2	8.0	1	3.313	13.300	-20.214	5.708
HM 84/03	2004	1	5	26	2	7.0	1	3.290	13.437	-20.350	5.765
HM 85/03	2004	1	5	25	2	16.0	1	3.363	13.637	-19.607	5.849
HM 86/03	2004	1	5	20	2	9.0	1	3.307	13.179	-20.473	5.658
HM 87/03	2004	1	5	25	2	16.0	1	3.612	13.806	-19.471	5.919

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
HM 88/03	2004	1	5	25	1	11.0	1	3.452	13.745	-18.832	5.894
HM 89/03	2004	1	5	20	2	9.0	1	3.342	13.681	-19.405	5.867
HM 90/03	2004	1	5	25	1	8.0	1	3.334	13.238	-20.722	5.682
HM 91/03	2004	1	5	8	1	1.2	1	3.426	13.387	-19.741	5.745
HM 92/03	2004	1	5	6	1	6.0	1	3.280	13.665	-20.008	5.860
HM 93/03	2004	1	5	29	1	3.0	1	3.381	13.297	-19.204	5.707
HM 94/03	2004	1	5	29	2	8.0	1	3.347	14.066	-18.967	6.027
HM 95/03	2004	1	5	29	2	15.0	1	3.397	13.858	-19.487	5.941
HM 96/03	2004	1	5	29	2	14.0	1	3.347	14.680	-19.008	6.283
HM 97/03	2004	1	5	29	2	11.0	1	3.363	14.393	-18.787	6.164
HM 98/03	2004	1	5	29	2	7.0	1	3.355	13.140	-21.594	5.642
HM 99/03	2004	1	5	20	2	6.0	1	3.336	12.549	-21.566	5.395
HM 100/03	2004	1	5	8	2	13.0	1	3.389	13.529	-19.062	5.804
HM 101/03	2004	1	5	20	2	16.0	1	3.541	13.654	-19.149	5.856
HM 102/03	2004	1	5	7	2	18.0	1	3.362	13.218	-19.350	5.674
HM 103/03	2004	1	5	9	2	20.0	1	3.386	13.450	-19.471	5.771
HM 104/03	2004	1	5	20	2	10.0	1	3.386	13.548	-20.334	5.811
HM 105/03	2004	1	5	20	2	5.0	1	3.497	13.404	-19.172	5.752
HM 106/03	2004	1	5	8	2	4.0	1	3.361	13.640	-20.173	5.850
HM 107/03	2004	1	5	10	2	18.0	1	3.252	13.824	-20.035	5.927
HM 108/03	2004	6	6	1	2	0.3	1	3.385	14.764	-18.421	6.269
HM 109/03	2004	1	4	24	1	0.2	1	3.619	17.394	-17.774	7.414
HM 110/03	2004	1	5	25	1?	12.0	1	5.345	13.499	-19.801	5.791
HM 111/03	2004	1	5	16	2	4.0	1	3.314	13.238	-20.324	5.682
HM 112/03	2004	1	5	25	1	12.0	1	3.363	13.520	-19.724	5.800
HM 114/03	2004	1	5	20	2	10.0	1	3.300	13.336	-19.212	5.723

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
HM 115/03	2004	1	5	10	2	3.0	1	3.405	13.523	-19.564	5.801
HM 116/03	2004	1	5	1	2	15.0	1	3.375	12.698	-21.177	5.458
HM 117/03	2004	1	5	20	1	10.0	1	3.319	15.134	-18.311	6.473
HM 118/03	2004	1	5	6	2	12.0	1	3.441	13.761	-19.044	5.900
HM 119/03	2004	1	5	25	1?	1.0	1	3.383	13.158	-20.113	5.649
HM 120/03	2004	1	5	25	2	20.0	1	3.437	13.833	-18.759	5.930
HM 121/03	2004	1	5	25	2	17.0	1	4.230	14.032	-18.994	6.013
HM 122/03	2004	1	5	6	2	16.0	1	3.308	13.502	-19.694	5.792
HM 125/03	2004	6	4	16	2	1.0	1	3.347	13.821	-18.024	5.876
HM 126/03	2004	6	6	18	1	0.3	1	3.556	16.150	-17.953	6.847
HM 127/03	2004	5	5	1	1?	0.2	1	3.488	14.704	-18.582	6.147
HM 128/03	2004	5	5		1	0.2	1	3.391	14.673	-18.626	6.135
HM 129/03	2004	5	6	5	1	0.2	1	5.433	14.288	-18.348	5.974
HM 130/03	2004	5	5	1	0	0.2	1	3.350	14.067	-19.005	5.882
HM 131/03	2004	2	4	24	1?	0.2	1	3.548	14.625	-19.826	6.260
HM 132/03	2004	2	4	23	2	1.0	1	3.552	13.206	-19.245	5.669
HM 133/03	2004	2	4	23	2	1.0	1	3.961	13.872	-19.112	5.947
HM 135/03	2004	1	4	19	1	9.0	1	3.491	13.915	-20.607	5.965
HM 136/03	2004	2	4	19	1?	0.1	1	3.633	16.040	-19.052	6.850
HM 137/03	2004	1	5	19	2	13.0	1	3.349	13.502	-19.667	5.792
HM 138/03	2004	1	4	29	2	13.0	1	3.339	13.676	-19.615	5.865
HM 139/03	2004	1	5	1	1?	1.0	1	3.362	13.548	-19.506	5.811
HM 142/03	2004	2	4	17	1?	2.0	1	3.392	12.767	-20.761	5.486
HM 143/03	2004	2	5	20	1?	0.2	1	3.362	12.620	-20.518	5.425
HM 148/03	2004	4	7	22	2	6.0	1	3.560	15.390	-18.496	6.433
HM 150/03	2004	1	4	30	2	14.0	1	3.451	13.715	-19.165	5.881

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
HM 151/03	2004	1	5	20	2	20.0	1	3.321	14.241	-18.684	6.100
HM 152/03	2004	1	5	20	2	15.0	1	3.330	13.148	-19.615	5.645
HM 153/03	2004	1	4	24	2	7.0	1	3.409	13.503	-19.954	5.793
HM 154/03	2004	5	7	5	1	5.0	1	3.373	15.274	-17.682	6.385
HM 2/04	2004	4	8	2	1	0.4	1	3.391	13.476	-19.240	5.636
HM 3/04	2004	4	8	30	2	1.4	1	3.335	13.547	-19.176	5.665
HM 4/04	2004	4	8	30	1	2.5	1	3.338	13.784	-18.985	5.764
HM 5/04	2004	4	8		1	0.5	1	3.380	14.294	-20.323	5.977
HM 11/04	2004	2	9	9	1	9.5	1	3.242	13.503	-19.153	5.793
HM 12/04	2004	2	10	16	1	13.6	1	3.329	15.104	-18.381	6.460
HM 83/05	2006	6	4	27	0	11.0	1	3.360	14.135	-18.988	6.007
HM 87/05	2006	6	4	27	0	6.0	1	3.304	14.568	-18.099	6.188
HM 159/05	2006	1	5		1	2.0	1	3.396	13.371	-19.535	5.738
HM 160/05	2006	1	5		2	16.0	1	3.393	13.430	-19.339	5.763
HM 165/05	2006	2	5		1	12.0	1	3.516	13.814	-19.174	5.922
HM 167/05	2006	1	5		2	16.0	1	3.484	13.910	-19.145	5.962
HM 169/05	2006	2	5		2	8.0	1	3.504	13.443	-20.111	5.768
HM 19/06	2007	5	5	5	1		1	3.725	16.850	-17.960	7.042
HM 43/06	2007	5	6	17	2	0.3	1	3.393	15.390	-19.027	6.433
HM 49/06	2007	6	4	18	1	0.2	1	3.593	16.748	-17.045	7.096
HM 50/06	2007	6	5	8	2	0.3	1	3.426	15.740	-18.457	6.676
HM 51/06	2007	6	4	26	2	0.2	1	3.389	16.614	-18.407	7.040
HM 52/06	2007	6	5	12	2		1	3.366	14.858	-18.152	6.309
HM 61/06	2007	3	6	5	1	0.3	2	3.412	13.737	-19.267	6.003
HM 62/06	2007	3	5	25	2		2	3.386	14.067	-19.525	6.140
HM 73/06	2007	6	5	22	1		1	3.653	15.683	-16.818	6.652

Koodi ¹	Vuosi ²	Alue ³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂ ⁴	Ikä	Ksyy ⁵	C/N -suhde	δ ¹⁵ N	δ ¹³ C'	TP ⁶
HM 75/06	2007	6	5	27	2	0.3	1	3.562	15.591	-18.373	6.614
HM 76/06	2007	6	7	1	2		1	3.304	15.481	-17.850	6.568
HM 2-07	2007	3	9	9	1	17.0	3	3.284	15.350	-18.177	6.675
HM 3-07	2007	3	8	30	1	7.0	3	3.338	15.089	-18.414	6.566
HM 4-07	2007	6	9	2	1		1	3.306	16.088	-17.565	6.821
HM 5-07	2007	6	10	7	1		1	3.286	13.608	-19.144	5.787
HM 6-07	2007	3	9	19	1	10.0	3	3.378	15.352	-18.516	6.676
HM 7-07	2007	3	9	27	1	8.0	3	3.365	15.108	-18.562	6.574
HM 8-07	2007	5	10	2	1		1	3.383	15.293	-18.254	6.393
HM 9-07	2007	3	10	8	1	9.0	3	3.347	14.710	-18.150	6.408
HM 10-07	2007	3	10	12	1	0.0	3	3.572	12.325	-19.239	5.415
HM 11-07	2007	3	10	12	1	7.0	3	3.655	14.960	-17.884	6.513
HM 12-07	2007	3	10	15	1	5.0	3	3.312	15.200	-18.526	6.613
HM 14-07	2007	3	11	5	1		3	3.461	14.103	-18.796	6.156
HM 15-07	2007	3	11	7	1		3	3.360	15.054	-18.522	6.552
HM 16-07	2007	3	10	31	1		3	3.279	14.744	-17.907	6.422
HM 17-07	2007	3	10	25	1		3	3.381	14.720	-18.545	6.412
HM 18-07	2007	1	8	24	1		1	3.284	13.359	-20.639	5.733
HM 19-07	2007	1	9	7	2		1	3.345	13.247	-20.738	5.686
HM 20-07	2007	1	8	12	2		1	3.314	13.011	-19.835	5.588
HM 21-07	2007	1	8	24	2		1	3.317	14.516	-20.745	6.215
HM 22-07	2007	1	8	12	1		1	3.308	14.354	-20.617	6.148
HM 23-07	2007	1	8	4	1		1	3.312	14.709	-19.133	6.295
HM 24-07	2007	1	9	11	2		1	3.240	16.157	-19.096	6.899
HM 25-07	2007	1	9	11	1		1	3.406	13.030	-20.234	5.596
HM 27-07	2007	1	10	12	2		1	3.337	14.033	-20.903	6.014

Koodi¹	Vuosi²	Alue³	Kuolin kk	Kuolin pvm	♀ / ♂⁴	Ikä	Ksyy⁵	C/N -suhde	δ¹⁵N	δ¹³C'	TP⁶
HM 28-07	2007	1	8	12	2		1	3.287	13.075	-21.558	5.615
HM 40-07	2007	2	10	17	1		2	3.295	13.492	-19.711	5.901

¹ Harmaahylkeen yksilöintikoodi

² Harmaahylkeen kuolinvuosi

³ Kuolinpaikka merialueittain (RKTL): 1=Perämeri, 2=Merenkurkku, 3=Selkämeri, 4=Ahvenanmeri, 5=Saaristomeri, 6=Suomenlahti

⁴ Sukupuoli: 1=Koiras, 2=Naaras

⁵ Kuolinsyy: 1=Ammuttu, 2=Kalanpyydys, 3=Muu

⁶ Trophic Position (TP). Määritetty ravintoverkkotasoa

Liite 2. Riista -ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) toimesta suoritettujen ravintoanalyysien tulokset harmaaahylkeille. Taulukko sisältää tulokset vain kalojen osalta. Lisäksi ravintoanalyysissä on havaittu muun muassa erilaisia nilviäisiä.

Hyljeyksilö	Silakka	Muikku	Kivinilkka	Ahven	Hietatokko	Kampela	Tuntematon	Tuulenkala
HM 43-06							1 (S)	
HM 62-06	1 (S)			6 (M), 1 (S)		1 (M)		
HM 2-07							-	
HM 6-07							1 (S)	
HM 10-07							1 (S)	
HM 14-07	2 (S)			6 (S)	7 (S)		1 (M)	2 (S)
HM18-07							1 (M)	
HM 20-07	1 (S)	12 (S), 1(S) ¹		2 (S)				
HM 21-07			3 (S)				1 (S)	
HM 22-07		17 (S)						
HM 23-07							1 (S)	
HM 28-07	1 (S)	8 (S)					1 (M)	

M=Saalisikohteen lukumäärä mahassa

S=Saalisikohteen lukumäärä suolessa

¹=Muikku tai Siika

Liite 3. Mann-Whitney U -testin suuret harmaaahylkeen lihaksen $\delta^{13}\text{C}'$ - ja $\delta^{15}\text{N}$ -arvojen tilastollisesti merkitsevää vaihtelusta Itämeren merialueilla Bonferronin riskikorjauksen ($p < 0,003$) jälkeen.

Merialueet	Mann-Whitney U		Z		p-arvo	
	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}'$	$\delta^{15}\text{N}$
Perämeri						
Selkämeri	331	287	-4,59	-4,88	<0,001	<0,001
Perämeri						
Saaristomeri	128	91	-5,10	-5,39	<0,001	<0,001
Perämeri						
Suomenlahti	144	144	-6,55	-6,55	<0,001	<0,001
Merenkurkku						
Saaristomeri	60	73	-3,92	-3,61	<0,001	<0,001
Merenkurkku						
Suomenlahti	71	80	-4,95	-4,79	<0,001	<0,001
Selkämeri						
Suomenlahti	82	81	-3,15	-3,18	<0,001	<0,001
Ahvenanmeri						
Suomenlahti	21	17	-3,40	-3,57	<0,001	<0,001

Liite 4. R-Statistics Siar-paketin avulla lasketut eri ravintoverkkotasoja edustavien saaliskalalajien keskimääräiset prosenttiosuudet harmaaohylien ravinnossa Itämeren merialueilla. Ikäryhmät (1=1–4-vuotiaat, 2= yli 4-vuotiaat), vuodenaika (A=Kevät, B=Kesä). Suluissa vaihteluvälit.

Merialue	Sukupuoli ja ikäryhmä (n)	Lohi (%)	Silakka (%)	Kolmipiikki (%)	Kuore (%)	Kilohaili (%)
Perämeri	♂ (32)	56,8 (47,6 ; 66,1)	12,5 (0,0 ; 28,5)	13,1 (0,0 ; 30,1)	17,6 (0,4 ; 34,1)	
	♀ (81)	50,0 (43,3 ; 56,9)	16,7 (0,0 ; 35,4)	19,1 (1,8 ; 34,0)	14,2 (0,1 ; 27,2)	
	1 (15)	48,6 (40,8 ; 56,7)	10,1 (0,0 ; 25,0)	33,9 (14,1 ; 51,5)	7,4 (0,0 ; 18,3)	
	2 (84)	51,5 (45,1 ; 58,1)	17,1 (0,0 ; 35,8)	18,9 (1,4 ; 33,2)	12,5 (0,0 ; 25,3)	
	A (96)	52,9 (46,5 ; 59,4)	15,2 (0,0 ; 32,3)	19,1 (2,5 ; 33,6)	12,8 (0,2 ; 24,7)	
	B (15)	45,9 (32,9 ; 58,6)	14,4 (0,0 ; 34,2)	16,3 (0,0 ; 37,2)	23,4 (0,8 ; 37,2)	
Merenkurkku	♂ (21)	40,4 (22,8 ; 57,8)	31,7 (1,4 ; 57,5)	14,4 (0,0 ; 35,4)		13,5 (0,0 ; 31,5)
	♀ (11)	31,4 (16,7 ; 46,1)	28,9 (0,5 ; 54,0)	19,5 (0,0 ; 41,3)		20,2 (0,4 ; 38,8)
	1 (8)	28,1 (10,3 ; 44,6)	28,4 (0,0 ; 53,9)	21,2 (0,0 ; 42,8)		22,3 (0,4 ; 41,9)
	2 (13)	35,7 (17,3 ; 54,7)	31,9 (0,8 ; 60,6)	16,2 (0,0 ; 38,0)		16,2 (0,0 ; 36,0)
	A (16)	34,5 (13,1 ; 51,6)	29,5 (0,0 ; 56,3)	18,6 (0,0 ; 40,2)		19,1 (0,0 ; 39,0)
	B (10)	35,6 (18,2 ; 53,0)	32,6 (1,6 ; 60,0)	15,7 (0,0 ; 37,5)		16,0 (0,0 ; 35,6)
Selkämeri	♂ (17)	58,6 (39,1 ; 76,9)	22,5 (0,1 ; 44,3)	10,3 (0,0 ; 28,0)		8,6 (0,0 ; 22,0)
	♀ (1)	26,3 (0,0 ; 49,5)	25,0 (0,0 ; 49,4)	24,6 (0,0 ; 48,3)		24,2 (0,0 ; 48,1)
	1 (0)	-	-	-		-
	2 (18)	68,7 (44,1 ; 88,0)	13,2 (0,0 ; 30,9)	10,8 (0,0 ; 27,3)		7,4 (0,0 ; 19,3)
	A (4)	39,2 (10,4 ; 64,6)	26,0 (0,0 ; 50,6)	19,1 (0,0 ; 41,5)		15,7 (0,0 ; 37,4)
	B (6)	52,2 (20,7 ; 85,4)	19,5 (0,0 ; 41,7)	15,5 (0,0 ; 37,5)		12,7 (0,0 ; 34,0)
Ahvenanmeri	♂ (5)	19,4 (0,0 ; 39,3)	26,7 (0,8 ; 49,9)	31,9 (4,6 ; 55,3)		22,1 (0,0 ; 43,4)
	♀ (4)	13,5 (0,0 ; 33,3)	34,4 (4,4 ; 59,3)	30,1 (1,3 ; 55,2)		22,0 (0,0 ; 45,4)
	1 (3)	16,7 (0,0 ; 37,9)	28,5 (1,0 ; 51,4)	32,6 (2,6 ; 59,0)		22,2 (0,0 ; 44,8)
	2 (2)	25,7 (0,6 ; 47,6)	26,2 (1,2 ; 48,0)	23,5 (0,0 ; 45,7)		24,7 (0,0 ; 46,7)
	A (1)	24,4 (0,0 ; 47,8)	25,3 (0,0 ; 48,6)	25,6 (0,0 ; 48,7)		24,8 (0,0 ; 48,5)
	B (5)	15,9 (0,0 ; 37,0)	33,1 (2,1 ; 61,1)	28,4 (1,3 ; 51,4)		22,7 (0,0 ; 45,9)
Saaristomeri	♂ (11)	34,8 (14,3 ; 55,4)	30,4 (9,6 ; 50,1)	11,6 (0,0 ; 30,3)		23,1 (0,0 ; 46,4)
	♀ (2)	20,8 (0,0 ; 43,2)	29,6 (0,8 ; 53,6)	25,4 (0,0 ; 48,4)		24,3 (0,0 ; 48,1)
	1 (2)	29,6 (0,5 ; 54,1)	22,1 (0,0 ; 43,6)	22,8 (0,0 ; 44,5)		25,6 (0,0 ; 49,0)
	2 (4)	30,2 (3,0 ; 52,9)	23,1 (0,2 ; 44,1)	21,2 (0,0 ; 43,3)		25,6 (0,0 ; 48,9)
	A (5)	18,5 (0,0 ; 37,8)	33,5 (8,3 ; 58,0)	24,6 (0,0 ; 48,1)		23,4 (0,0 ; 45,8)
	B (6)	25,8 (2,0 ; 46,3)	32,1 (9,1 ; 53,6)	17,9 (0,0 ; 37,6)		24,2 (0,0 ; 46,9)
Suomenlahti	♂ (12)	29,4 (5,6 ; 50,9)	37,1 (6,0 ; 68,6)	20,7 (0,0 ; 43,9)		12,8 (0,0 ; 31,0)
	♀ (8)	11,9 (0,0 ; 28,5)	41,0 (13,9 ; 67,8)	21,5 (0,0 ; 44,6)		25,7 (1,3 ; 47,2)
	1 (4)	17,7 (0,0 ; 37,3)	30,4 (1,4 ; 55,5)	24,1 (0,0 ; 46,9)		27,8 (0,9 ; 51,1)
	2 (5)	23,4 (0,4 ; 43,7)	29,3 (0,2 ; 55,5)	24,7 (0,0 ; 49,5)		22,6 (0,0 ; 43,8)
	A (13)	14,4 (0,0 ; 32,7)	46,5 (14,5 ; 80,0)	20,3 (0,0 ; 44,7)		18,8 (0,0 ; 38,6)
	B (7)	29,2 (6,7 ; 50,1)	33,9 (8,4 ; 57,6)	21,9 (0,0 ; 44,0)		15,0 (0,0 ; 33,7)