

Roskien vaikutukset rannikkoalueiden rantaympäristöjen ekosysteemeihin

Miisa Konttinen

LuK-tutkielma

Maantieteen tutkinto-ohjelma

Oulun yliopisto

09.05.2023

Tiivistelmä

Rannikoiden rantaympäristöt ovat meren ja sisämaan välisiä dynaamisia ympäristöjä, joita luonnehtii jatkuvasti rantaan kohdistuva aaltovoima. Rantojen takaosissa sijaitsevat rantadyynialueet muodostavat rantojen kanssa yhdessä litoraaliseksi aktiivialueeksi nimitetyn ympäristön, jossa esiintyvä lajisto on erikoistunut meri-sisämaa-gradientille. Tämä lajisto on erittäin keskeisessä asemassa rantadyynien muodostumisprosesseissa. Koska rannat ja rantadyynit ovat sekä merenpinnan nousun voimistaman eroosiouhkan että voimakkaan ihmistoiminnan alla, kohdistuu sinne runsaasti painetta, mikä heikentää rantaympäristöjen resilienssiä. Rannoilta ja rantadyyniympäristöistä on löydetty runsaasti roskia, joista etenkin muoviroskat, polystyreeni ja tupakantumpit ovat yleisiä. Näiden roskien on havaittu vaikuttavan rantaympäristöjen kasvillisuuteen, eläimiin ja vieraslajeihin. Roskat sekä rajoittavat että myös edistävät rantojen ja rantadyynien kasvien kasvua. Eläimiin roskilla on suoria terveysvaikutuksia kietoutumisen, nielemisen ja ansavaikutuksen vuoksi. Vieraslajeille roskat puolestaan tarjoavat keinon kulkeutua uusille elinympäristöille sekä kasvualustan, jolla pärjätä paremmin uudessa elinympäristössään. Vieraslajien on havaittu heikentävän luontaisten dyyninmuodostusprosessien kannalta keskeisten lajien esiintymistä, minkä vuoksi ne heikentävätkin koko rantaympäristöjen ekosysteemeitä ja niiden tarjoamia ekosysteemipalveluita. Vaikka roskien siivoaminen vähentää roskien haittavaikutuksia rantaympäristöissä, on myös siivoamistoimilla erilaisia vaikutuksia, joiden on havaittu heikentävän rantaympäristöjen ekosysteemeitä. Roskaamiongelman selvittäminen jaetaan roskien poistamiseen, estävään toimintaan, käytösmallien muuttamiseen sekä vaikutusten lieventämiseen.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	4
2. Rantaympäristöt ja niiden haavoittuvuus	5
2.1. Ranta-alueet	5
2.2. Rantadyynit	6
2.3. Rantaympäristöjen haavoittuvuus	8
3. Roska rantaympäristössä	10
3.1. Rantojen roskien luokittelu	10
3.2. Rantojen vaikutukset roskiin.....	12
4. Roskien vaikutukset rantaympäristöihin	15
4.1. Kasvillisuus	15
4.2. Eläimet	17
4.3. Vieraslajit.....	19
4.4. Ekosysteemipalvelut	21
4.5. Siivoamisen ympäristövaikutukset	23
5. Pohdinta	24
6. Lähdeluettelo	28

1. Johdanto

Rannikot ovat tiheään asuttuja alueita, jotka hyötyvät laajasti erilaisista rantojen ja rantadyynien tarjoamista ekosysteemipalveluista. Ekosysteemien kyky tarjota esimerkiksi suojaa eroosiolta tai puhdasta juomavettä riippuu siitä, miten elinvoimaisia ekosysteemit ovat (Martínez ym. 2006: 109–111). Rannikoiden ranta-alueet ja niiden tarjoamat ekosysteemipalvelut ovat kuitenkin suuren paineen alla. Jäätiköiden sulamisen aikaansaaman merenpinnan nousun on arvioitu lisäävän rantoihin ja rantadyyneihin kohdistuvan eroosion riskiä (Jackson ym. 2019: 1). Eroosion lisäksi rantoja kohtaa myös toinen uhka; rannikoiden ranta-alueilta sekä rantadyyneiltä on löydetty merkittäviä määriä roskia joiden määrän on arvioitu vain olevan kasvussa (Oigman-Pszczol & Creed 2007; Šilc ym. 2019; De Fransesco ym. 2019; Menicagli ym. 2023).

Tässä tutkimuksessa rannoilta löytyvä roska määritellään Robben ym. (2021) tavoin ihmisperäiseksi materiaaliksi, joka on päätynyt ranta- tai rantadyyniympäristöön joko merestä huuhtoutumalla tai suoraan rannalla tapahtuvan ihmistoiminnan seurauksesta. Robben ym. (2021) määritelmää täydentämään tutkielmassa otetaan myös sisämaalta esimerkiksi jokien kautta kulkeutuneet roskat huomioon. De Fransescon (2019) tavoin tässä tarkastelussa ei oteta huomioon ihmistoiminnan seurauksesta rantaympäristöön päätyvää biohajoavaa jätettä, kuten esimerkiksi ruoantähteitä. Roskasta puhuttaessa ei myöskään viitata merestä huuhtoutuneeseen orgaaniseen ainekseen (beach wrack), vaan sitä käsitellään tutkimuksessa erikseen merijätteenä.

Tässä tutkielmassa pyritään selvittämään, miten rannoille kulkeutuneet, huuhtoutuneet tai sinne suoraan roskatut roskat vaikuttavat rannikoiden hiekkarantojen ja rantadyynien ekosysteemeihin ja niiden tarjoamiin ekosysteemipalveluihin. Tarkastelussa tuodaan laajemmin esille myös rantaympäristöjen haavoittuvuutta ja resilienssiä niin roskien kuin myös ilmastonmuutoksen näkökulmasta. Vaikka tutkielmassa lähestytään laajasti sitä, minkälaisia roskia rantaympäristöistä löytyy, tarkastelu keskittyy etenkin muoviroskien vaikutuksiin. Tähän syynä on se, että muoviroskista on tehty selkeästi eniten tutkimusta muihin roskatyyppeihin verrattuna. Muoviroskat ovat myös useassa tutkimuksessa olleet rannikoiden ranta- ja rantadyyniympäristöistä yleisimmin löydetty roskatyyppeihin (Oigman-Pszczol & Creed 2007; Ryan ym. 2009; Šilc ym. 2018; De Fransesco ym. 2019; Mo ym. 2021; Solbakken ym. 2022), minkä vuoksi tarkastelun rajaaminen keskittymään juuri niiden ympäristövaikutuksiin on mielekästä.

2. Rantaympäristöt ja niiden haavoittuvuus

2.1 Rantaympäristöt

Rannikkojen ranta-alueet ovat dynaamisia ympäristöjä, jotka ovat sijoittuneet meren ja sisämaan välille. Ellei toisin mainita, tämän kappaleen teksti perustuu Brownin ja McLachlanin (2006a) kuvaukseen rannikoiden hiekkarantaympäristöjen fysikaalisista piirteistä. Rannikoiden rantaympäristöissä keskeisin luonnon dynamiikkaa määrittelevä prosessi on mereltä jatkuvasti rantaan kohdistuva aaltotoiminta, joka saa aikaan jatkuvasti tapahtuvaa hiekan ja veden liikettä (2006a: 10). Tämän aaltotoiminnan voimakkuus yhdessä rantamateriaalin raekoon kanssa määrittelevät esimerkiksi sitä, miten jyrkkiä rannat ovat. Rannat ovat tyypillisesti matalampia jos materiaali on hienojakoisempaa ja jos mereltä tulevat aallot ovat korkeampia (2006a: 18). Rantaan kohdistuvan aaltoenergian voimakkuus onkin keskeisin eri rantatyyppistä muodostava tekijä (McArdle & McLachlan 1992: 398). Aaltojen kokoon ja täten niiden sisältämään energiaan vaikuttaa keskeisimmin tuulen voimakkuus, johon osaltaan vaikuttaa vallitsevat ilmasto-olot, sekä tyrskyvyöhykkeen piirteet (2006a: 17). Niin hiekkaan hautautuvan makroeliöstön kuin esimerkiksi hautautuvien roskienkin näkökulmasta hiekan ominaisuuksista keskeisessä asemassa on sen läpäisevyyskyky, sillä se määrittää kuinka hyvin hiekkaan voi hautautua (2006a: 27). Hiekan läpäisevyyskykyyn vaikuttaa hiekkapartikkeleiden koko, hiekan huokoisuus, saven ja siltin osuus hiekasta sekä hiekassa olevan veden määrä (2006a: 9).

Ranta-alueille meriltä päätyvän ja luontaisesti sieltä poistuvan materiaalin sekä veden määrään että ranta-alueiden pieneliöstöön vaikuttaa keskeisimmin aaltojen huuhtoumat (swash) (2006a: 21&26) eli huuhtoumavyöhykkeellä (swash zone) tapahtuvat nousevan ja laskevan veden liikkeet (McArdle & McLachlan 1992: 400). McArdle & McLachlan (1992) kuvaavat tarkemmin huuhtoumavyöhykkeiden piirteitä. Heidän havaintojensa mukaan matalimmilla rannoilla huuhtoumavyöhyke on leveämpi ja jyrkemmällä se on puolestaan kapeampi (1992: 400). Huuhtoumavyöhykkeen leveys riippuu siis rannan rinnejyrkkyydestä, Tämän lisäksi huuhtoumien välinen aika on heidän mukaansa korkeampi silloin, kun rantojen rinnejyrkkyys on matalampi (1992: 404). Siihen, kasaantuuko rannoille enemmän materiaalia vai huuhtoutuuko sitä enemmän pois, vaikuttaa keskeisimmin huuhtouman voimakkuus (2006a: 21). Vaihtelut huuhtoumien voimakkuuksissa ovat seurausta muun muassa vallitsevista sääolosuhteista sekä vuorovesi-ilmioistä (2006a: 23). Koska rantaympäristöjen toimintoja keskeisesti määrittelevät aaltoliikkeet ja huuhtoumat vaihtelevat kausittain, luonnehtii kausittaisuus myös monia muita rantaympäristöissä tapahtuvia prosesseja.

Eliöiden kannalta merkittäviä tekijöitä ovat huuhtouman pituus, aika huuhtoutumien välillä, huuhtouman nopeus sekä se, ylittääkö huuhtouma poisvirtauksen rajan (effluent line)

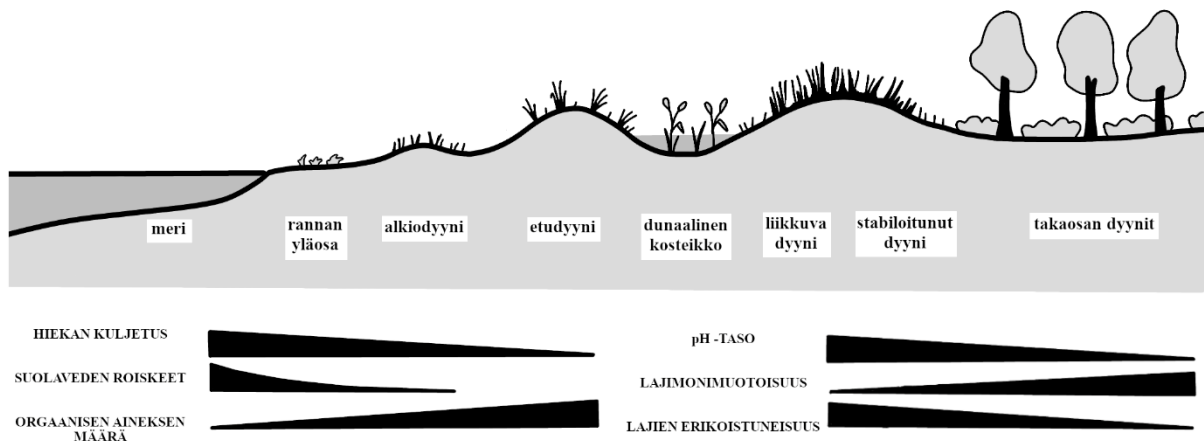
(2006a: 27). Huuhtoumat vaikuttavat eliöiden kykyyn hautautua hiekkaan, määrittelevät liikkeet ylös ja alas rantaa sekä säätelevät käyttäytymistä suhteessa aaltoihin (2006a: 27). Ne huuhtoumat, jotka ylittävät poisvirtauksen rajan, voivat tuottaa haasteita pieneliöstölle, sillä kaikki lajit eivät välttämättä pysty hautautumaan vedestä kyllästyneeseen hiekkaan (2006a: 27). Onkin havaittu, että tasaisilla rannoilla, joissa huuhtoutumien välinen aika on pitempi, on rikkaampi makrofauna muunlaisiin rantoihin verrattuna (McArdle & McLachlan 1992: 405).

Biodiversiteetin kannalta puolestaan kuumia pisteitä tarjoaa rantaan huuhtoutuva orgaaninen merijäte (beach wrack), joka koostuu muun muassa merilevästä, kuolleiden eläinten jäänteistä sekä simpukankuorista (Robbe ym. 2021: 846). Robbe ym. (2021: 851) kuvaavat, miten tällaisessa merijätteessä tapahtuu erilaisia mikrobiologisia prosesseja, minkä lisäksi se tarjoaa ravintoa selkärangattomille, hyönteisille sekä linnuille ja täten siis on keskeisessä asemassa osana rantaympäristöjen ravintoketjua ja ekosysteemeitä. Rantaan huuhtoutunut orgaaninen merijäte auttaa myös ylläpitämään ranta-alueiden lämpö- ja vesiolosuhteita (Brown & McLachlan 2006b: 254) sekä suolaa kestävien pioneerikasvien asettumista (Davenport & Davenport 2006: 284). Tämän lisäksi tällainen merijäte vähentää eroosion määrää, sillä se vaimentaa aaltovoimaa ja saa aikaan hiekan ansautumista (Robbe ym. 2021: 850).

2.2 Rantadyynit

Dyynialueet sijaitsevat tyypillisesti rannan takaosassa siinä kohtaa, missä rannalta sisämaata kohti kulkeutuvan hiekan liike estyy (Brown & McLachlan 2006b: 252). Kun tuulen mukana kulkeutuva hiekka jää jumiin johonkin hiekka-ansaan, syntyy dyynejä (Brown & McLachlan 2006b: 252). Usein hiekka-ansana toimii jokin kasvi, joista keskeisiä on erilaiset yksivuotiset sekä ruohokasvit (Menicagli ym. 2019a: 189). Toisaalta esimerkiksi muoviroska tai rantaan huuhtoutunut orgaaninen merijäte voi saada aikaan hiekan ansautumista ja täten käynnistää dyynin muodostusprosessia (Robbe ym. 2021: 853). Kasvillisuuden rooli dyynialueilla on muutenkin merkittävä, sillä kasvit ja niiden juuret auttavat vakauttamaan dyynisedimenttejä eri eroosiovoimilta, minkä lisäksi se myös tarjoaa ravintoa ja suojaa dyyniympäristöjen linnuille, pienille nisäkkäille, matelijoille ja hyönteisille (Andriolo & Gonçalves 2022: 2).

Muodostuvaan dyynityyppiin vaikuttaa keskeisesti vallitsevat tuuliolosuhteet, hiekan määrä sekä kasvillisuus (Brown & McLachlan 2006b: 253). Dyynityypit usein vaihtelevat siirryttäessä rantaviivasta kohti sisämaata (ks. kuva 1). Rannan yläosassa aaltoliikkeen rajan (drift line) tuntumassa esiintyy erilaisia yksivuotisia kasveja (De Francesco ym. 2019: 5).



Kuva 1: Tyypillinen rantadyynivyöhyke sekä sen gradientteja. Gradientit havainnollistavat erilaisten abiottisten ja biottisten tekijöiden vaihteluita siirryttäessä rantaviivasta (vasen) sisämaalle (oikea). Tekijä: Miisa Konttinen. Perustuu Brownin & McLachlanin kuviin (2006b: 259 & 263).

Tämän jälkeen esiintyy pienimpiä hiekkakumpareita eli alkiodyynejä (embryo dunes), jotka tyypillisesti ovat jatkuvan aaltoliikkeen kohteena (Andriolo & Gonçalves 2022: 2). Näitä seuraavat etudyynit (fore dune), jotka ovat rantaviivan myötäisiä pitkittäisiä hiekkaharjanteita (Šilc ym. 2018: 353). Etudyynejä seuraa liikkuvien dyynien (semi-fixed dunes/ transverse dunes) vyöhyke, joka jälkeen esiintyy usein kasvillisuuden peittämiä stabiloituneita dyynejä (fixed dunes) (Šilc ym. 2018: 353). Tämän jälkeen rannan takaosissa esiintyy vielä takaosan dyynejä (back dunes), jotka ovat usein puiden havupuiden peitossa (De Francesco ym. 2019: 5). Ranta-alueiden dyynien välisiä veden alla olevia syvänteitä kutsutaan dunaaliseksi kosteikoiksi (dunal slack) (Šilc ym. 2018: 358).

Rantojen sekä rantadyynien yhdessä muodostamaa dynaamista systeemiä kutsutaan litoraaliseksi aktiivialueeksi, jolle tyypillistä on tuulen ja aaltojen aikaansaama hiekan kuljetus dyynien ja hiekkarannan välillä (Brown & McLachlan 2006b: 251). Hiekan lisäksi Brown ja McLachlan (2006b: 267) esittävät litoraalisella aktiivialueella liikkuvan myös pohjavettä, suolaveden roisketta sekä elävää ja kuollutta orgaanista materiaalia. Tällä litoraalisella aktiivialueella kasvien ja eläimistön kannalta keskeinen esiintymistä määrittävä tekijä on ranta-sisämaa-gradientti. Tällä gradientilla viitataan siihen, miten esimerkiksi kasvien kasvun kannalta keskeiset ympäristöolosuhteet, kuten maaperän suolapitoisuus sekä vesimäärän saatavuus (Acosta ym. 2009) vaihtelevat asteittain siirryttäessä rantaviivasta kohti sisämaata. Kuvassa 1 havainnollistetaan eri ympäristötekijöiden vaihteluita tällä gradientilla. Tämä gradientti vaikuttaa sekä siihen, miten paljon rantojen osissa esiintyy uhanalaisia tai harvinaisia lajeja ja miten rantaympäristöjen lajirikkaus vaihtelee rannan eri osissa (Acosta ym. 2009: 8).

Kuten kuvasta 1 voidaan havaita, lähempänä rantaviivaa olosuhteet, kuten suolaveden roiskeet tai pH-taso, ovat lajien kannalta ankarammat, minkä vuoksi vain tiettyjä oloja sietämään soveltuneet kasvit voivat pärjätä siellä. Esimerkiksi mereltä tulevat suolat rajoittavat kasvien kasvua, minkä lisäksi liikkuvat hiekkapartikkelit tekevät joidenkin lajien osalta kasvien kasvamisesta hankalampaa (Brown & McLachlan 2006b: 259). Acosta ym. (2009: 8) ovatkin havainneet, että lähempänä rantaviivaa lajirikkaus on kaikista matalinta. Tämä on myös havaittavissa kuvasta 1. Toisaalta he ovat myös tehneet havainnon, että rantaviivaa lähempänä olevissa elinympäristöissä kasvien harvinaisuusindeksi on korkeampi muihin rannan osiin verrattuna, minkä lisäksi siellä esiintyy enemmän uhanalaisia ja ainutlaatuisia lajeja (2009: 8). Myös Drius ym. (2016: 134) ovat tehneet havainnon siitä, miten lähempänä rantaviivaa sijaitsevien alkiodyynien ja liikkuvien dyynien eliöstö on erikoistuneempaa enemmän sisämaassa sijaitsevien dyynien eliöstöön verrattuna.

Mitä enemmän siirrytään kohti sisämaassa sijaitsevia rantadyyniympäristöjä, sitä vähemmän lajisto on erikoistunut (Acosta ym. 2009: 9). Syynä tähän on muun muassa se, että näiden ympäristöjen lajeista suurin osa ei ole samalla tavalla erikoistunut äärimmäisiin olosuhteisiin, vaan lajit pystyvät liikkumaan vapaammin rannan, rantadyynien sekä niitä ympäröivien sisämaa-alueiden välillä (Brown & McLachlan 2006b: 263). Myös maa-aineksessa vallitsevat kosteusolot vaikuttavat rantadyyniympäristöjen biodiversiteettiin. Brown & McLachlan (2006b: 262) kuvaavat miten kostea dyynimaannos auttaa tukemaan rikkaampia eri dyyniympäristöjen välisiä ympäristöjä sekä lajistoja.

2.3 Rantaympäristöjen haavoittuvuus

Rantojen ekosysteemit ovat bioottisten ja abioottisten tekijöiden muodostamia kokonaisuuksia, jotka ovat muodostuneet meren ja sisämaan väliseen ympäristöön, ja joita luonnehtii aaltoliikkeen aikaansaamat huuhtoumat, rantadyynit sekä meri-sisämaa-gradientille erikoistunut lajisto. Rantojen ekosysteemeitä luonnehtii tämän lisäksi myös sijainti kahdesta eri suunnasta kohdistuvan paineen välillä (Schaefer ym. 2007: 557). Rantoihin sekä rantadyyneihin kohdistuu jatkuvaa aaltoliikkeen sekä tuulen aiheuttamaa eroosiota, jonka on arvioitu voimistuvan ilmastonmuutoksen seurauksesta vuosisadan loppuun mennessä (Vousdoulas ym. 2020: 260). Sisämaan suunnalta rantoihin kohdistuu puolestaan runsaasti erilaista ihmistoimintaa, kuten turismia sekä rakentamista, joka lisää rantoihin kohdistuvaa painetta (Schaefer ym. 2007: 557). Nämä paineet vaativat rantojen ekosysteemeiltä kykyä reagoida ja mukautua erilaisiin muutoksiin. Ekosysteemin resilienssillä viitataan siihen, mikä on ekosysteemin kyky palautua alkuperäiseen dynaamiseen tilaansa sen toiminnassa tapahtuvan

häiriön jälkeen. Jos ekosysteemin kyky palautua tähän tilaan on heikko, voidaan ympäristöä kuvata haavoittuvaksi (Martínez ym. 2006: 109).

Martínez ym. (2006) esittävät eri tekijöitä, jotka vaikuttavat rantojen ja rantadyynien haavoittuvuuteen. Ensinnäkin ranta-alueen geomorfologia, eli esimerkiksi rantadyynialueen pituus, leveys, korkeus sekä sedimentti, mistä dyyni koostuu, vaikuttaa dyynin kykyyn vastustaa eri uhkia (2006: 111). Tyypillisesti haavoittuvampia ovatkin kapeampien ranta-alueiden dyynit (2006: 112). Myös rantojen ja dyynien puskurointikyky aaltotoimintaa ja tuulen eroosiovoimia vastaan vaikuttavat rantaympäristöjen haavoittuvuuteen (2006: 111). Dyynien kulumisen eroosiovoimien alla tapahtuu asteittain. Kun lähempänä rantaviivaa ovat dyynit kuluvat aaltotoiminnan seurauksesta, asettaa se lähempänä sisämaata olevat dyynit suuremman eroosiouhan alle, sillä lähempänä rantaviivaa sijaitsevat dyynit vaimentavat aaltoliikkeen kuluttavaa voimaa (Drius ym. 2016: 134). Rantadyynien ekosysteemien elinvoimaisuuttakin edistääkin täten se, miten monipuolisesti kaikkia rantavyöhykkeen dyynityyppejä alueella esiintyy. Ekosysteemien elinvoimaisuus vaikuttaa myös dyynien haavoittuvuuteen. Mitä enemmän rantadyynialueella on esimerkiksi sedimenttiä sitovia kasveja, sitä paremmin se pystyy puskuroimaan eroosiovoimia vastaan (2006: 111). Viimeisimpänä rantadyynien haavoittuvuuteen vaikuttaa ranta-alueilla tapahtuva ihmistoiminta (2006: 111).

Hiekkarantoja jatkuvasti muokkaa sekä luonnollisten että ihmisten aikaansaamien tekijöiden välinen vuorovaikutus (Voudoukas ym. 2020: 262). Rannat ovat ympäri maailman suosittuja turistikohteita ja niillä tapahtuukin runsaasti erilaista virkistystoimintaa (Fauziah ym. 2015: 815). Ranta-alueet ovat taloudellisesti myös merkittäviä kalastustoiminnan näkökulmasta (Fauziah ym. 2015: 815). Ranta-alueilla tapahtuvan ihmistoiminnan takia rantaympäristöihin kohdistuu tallomista (Davenport & Davenport 2006: 284). Tällainen tallaaminen saattaa tuhota dyyninmuodostusprosessin kannalta merkittävää kasvillisuutta ja täten saada aikaan alkiodyynien katoamista (Barbier ym. 2006: 183). Tämän lisäksi runsas ihmistoiminta voi myös häiritä paikallista eläimistöä, kuten esimerkiksi lintujen pesimisolosuhteita (Davenport & Davenport 2006: 284). Rantojen virkistyskäyttö siis heikentää rantaympäristöjen ekosysteemeitä ja lisää niihin kohdistuvaa painetta.

Myös kaupunkialueen leviäminen sekä dyyniympäristöissä tapahtuva maanmuokkaaminen lisää ranta-alueiden haavoittuvuutta (Martínez ym 2006: 112; Drius ym. 2013: 46). Dyynialueilla tapahtuva keinotekoinen yksinkertaistaminen heikentää dyynien tarjoamia luonnollisia elinympäristöjä ja ekosysteemitointoja ja asettaa ne alttiiksi erilaisille hasardeille, kuten aaltotoiminnan aiheuttamalle eroosiolle (Drius ym. 2013: 46). Siinä missä rannat tyypillisesti ovat hyviä mukautumaan mereltä tulevien aaltojen ja tuulen vaihteluille, on

ihmisen toteuttama rantojen muokkaaminen ja siellä tapahtuva rakentaminen heikentänyt näiden ympäristöjen kykyä mukautua erilaisiin muutoksiin (Schaefer ym. 2007: 557; Voudoukas ym. 2020: 262).

Jackson ym. (2019) esittävät ilmastonmuutoksen arvioituja vaikutuksia rantaympäristöjen ympäristötekijöihin ja kasvillisuuteen. Heidän arvioidensa mukaan nousevat keskilämpötilat pidentävät kasvukautta, minkä lisäksi muutokset hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen pitoisuuksissa tulevat kiihdyttämään kasvien kasvutahtia (2019: 5). Sademäärien muutokset vaikuttavat heidän mukaansa sekä pohjaveden pinnankorkeuteen että kasveille saatavilla olevan veden määrään (2019: 5). Muutokset tuulioloissa taas vaikuttavat heidän esityksensä mukaan hiekan kuljettumiseen ja täten dyynien sedimenttien rakenteeseen (2019: 5). Kuten aikaisemmin esitettiin, jäätiköiden sulamisen aiheuttama merenpinnan nousu sekä myrskyaaltojen ennustettu lisääntyminen tulevat arvioiden mukaan lisäämään rantoihin ja rantadyyneihin kohdistuvan eroosion määrää (Voudoukas ym. 2020: 262).

Nämä kaikki muutokset rantaympäristöjen ilmasto-olosuhteissa tulevat arviolta vaikuttamaan rantaympäristöjen kasvillisuuden määrään. Näiden vaikutusten on sekä arvioitu että myös havaittu olevan kasvien kasvun kannalta suotuisia. Jackson ym. (2019: 5) ovat tehneet havainnon, että rannikkodyynien kasvillisuuden määrä on ollut kasvussa monella eri korkeusasteella viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana juuri ilmasto-oloissa tapahtuneiden muutosten vuoksi. Koska kasvillisuus auttaa vakauttamaan dyynejä, rantadyynit voivat täten mahdollisesti vastustaa voimistuvien myrskyaaltojen eroosiota paremmin, kun niillä esiintyvän kasvillisuuden määrä lisääntyy. Jackson ym. (2019: 6) esittävätkin, miten tämä ilmastonmuutoksen aikaansaama kasvillisuuden lisääntyminen rantadyyneillä saattaakin olla geomorfinen palautemekanismi lisääntyvän eroosiouhkan näkökulmasta.

3. Roska rantaympäristössä

3.1 Rantojen roskien luokittelu

Rannoilta löytyviä roskia voidaan luokitella eri tavoin esimerkiksi roskien koon, materiaalin tai niiden lähteen mukaan. Koon perusteella roskat voidaan luokitella makroroskiin (> 20mm halkaisija), mesoroskiin (2-20mm halkaisija) sekä mikroroskiin (< 2mm halkaisija) (Ryan ym. 2009: 2000). Rantadyyneillä tehdyssä tutkimuksessa on havaittu, miten suurin osa rantadyyneiltä löytyneistä roskista koostuu makroroskista (Fauziah ym. 2015: 818; Menicagli ym. 2023: 1). Fauziah ym. (2015: 818) esittivät tähän liittyen teorian, ettei pieniä mikroroskia löydy rantaympäristöstä yhtä paljon, sillä eliöt käyttävät niitä ravintonaan, minkä lisäksi ne myös huuhtoutuvat pienen massansa vuoksi herkemmin aaltojen mukana pois.

Koon lisäksi rannoilta löytyvät roskat voidaan myös luokitella materiaalin mukaan muoviin, polystyreeniin, paperiin, lasiin, alumiiniin sekä sekamateriaaleihin (De Fransesco ym. 2019: 6). Rannoilla tehdyissä tutkimuksissa rannoilta selkeästi löytyy eniten muoviroskaa ja polystyreeniä (De Fransesco ym. 2019: 7; Ryan ym. 2009: 2001). Syynä muoviroskan runsaalle esiintymiselle on muun muassa se, että roska hajoaa luonnollisesti hyvin hitaasti sekä se, että muovi on kevyttä ja täten kulkeutuu raskaampia materiaaleja herkemmin pois lähteestään (Ryan ym. 2009: 2000). Tämän lisäksi etenkin lähellä satama-alueita ja meriliikennettä rannoilta löytyy runsaasti teollisuuspellettejä (Haseler ym. 2020: 12). Paperiroskia rannoilta ja rantadyyneiltä ei juurikaan löydy (Šilc ym. 2018: 355) sillä paperi maatuu luontaisesti muita roskatyyppejä nopeammin (De Fransesco 2019: 9). Poikkeuksena tästä on tupakantumpit, joita rannoilta löytyy runsaasti (Oigman-Pszczol & Creed 2007: 423). Vaikka tupakantumpin uloin kuori on herkästi hajoavaa paperia, hajoaa siitä jäljelle jäävä filteri hyvin hitaasti (Araújo & Costa 2019: 138). Joissakin tutkimuksissa nämä filterit luokitellaankin muihin roskatyyppeihin kuuluviksi (De Fransesco ym. 2019).

Rannoille roskia päätyy kahdesta suunnasta; joko merestä huuhtoutumalla tai sisämaasta kulkeutumalla (Corcoran 2009: ym.). Suurin osa maasta peräisin olevista ja merissä kelluvista roskista rantautuvat nopeasti kulkeuduttuaan mereen (Ryan ym. 2021: 7). Meriin huuhtoutunut roska siis harvemmin kulkee siellä pitkiä matkoja, minkä vuoksi niiden haitalliset vaikutukset kohdistuvatkin tyypillisemmin rantaympäristöihin kuin itse meriin. Sen lisäksi, että roskat huuhtoutuvat meriin sisämaasta, meriin kohdistuu myös suoraa roskaamista. Ryan ym. (2021: 8) tekivät pulloroskia tarkastelevassa tutkimuksessaan havainnon, että merkittävä osa rannoille huuhtoutuneesta merijätteestä on peräisin merialueilla kulkevien laivoista. Sisämaasta puolestaan roskat voivat kulkeutua rannoille sekä ihmistoimesta että myös esimerkiksi jokia pitkin. Poeta ym. (2016: 234) havaitsivatkin, miten rannoilta löytyy roskia keskimääräisesti enemmän lähellä jokien suita kuin siirryttäessä niistä pois päin.

Ranta-alueella tapahtuva ihmistoiminta heijastuu siinä, kuinka paljon ja minkälaisia roskia rannoilta löytyy (Oigman-Pszczol & Creed 2007: 426). Kuten aikaisemmin tuotiinkin jo esille, ranta-alueet ovat suosittuja turistikohteita (Grelaud & Ziveri 2020). Turismin ja vapaa-ajan toiminnan on havaittu olevan merkittävin rannoilta löytyvän roskan lähde (Oigman-Pszczol & Creed 2007: 426; Šilc ym. 2018; Grelaud & Ziveri 2020: 7), jota seuraa kalastus- ja veneilytoiminta (De Fransesco ym. 2019: 10; Oigman-Pszczol & Creed 2007: 426). Rannoilta löydettyjen roskien määrä kasvaa sitä mukaa, mitä enemmän siellä tapahtuu ihmistoimintaa (Ryan ym. 2009: 2001). Rannoille kohdistuvaa suoraa roskaamista tapahtuukin usein

kesäaikaan, jolloin rantojen virkistyskäyttö on voimakkaampaa (Oigman-Pszczol & Creed 2007: 421).

Aikaan sidonnaisten vaihteluiden lisäksi ranta- ja rantadyynialueiden roskien esiintymisessä ilmenee myös paikkaan sidonnaisia vaihteluita (Oigman-Pszczol & Creed 2007: 424). Ranta-alueen sekä läheisimmän asutuskeskittymän välisellä etäisyydellä on vaikutusta rannoilta löytyvien roskien määrään. On havaittu, että urbaanit alueet ovat rannoille kulkeutuvien roskien päätuottajia. Mitä lähempänä ranta on urbaaneja alueita, sitä enemmän rannikoiden ekosysteemeistä on löydetty roskaa (Poeta ym. 2016: 234). Tämän lisäksi etäisyys asutuskeskittymistä vaikuttaa myös rannoilta löytyvän roskan materiaaliin. Tutkimuksessaan Solbakken ym. (2022: 13) havaitsivat, että mitä lähempää ranta on asutettu, sitä enemmän rantaympäristöstä löytyy muoviroskia.

3.2 Rantojen vaikutukset roskiin

Roskien kasaantumiseen, eli toisin sanoen siihen, miten paljon tai vähän rannoilta löytyy roskaa, vaikuttaa keskeisimmin tahti, jolla uutta roskaa rannalle tulee sekä roskien viipymisaika rantaympäristössä (Solbakken ym. 2022: 11–12). Kuten edellisessä kappaleessa esitettiinkin, rannoille tulee roskaa joko suoraan rannalla tapahtuvien ihmistoimien seurauksesta, sisämaasta esimerkiksi jokia pitkin kulkeutumalla tai merestä huuhtoutumalla. Roska puolestaan poistuu ranta-alueilta luontaisesti joko hautautumalla, hajoamalla tai huuhtoutumalla (Solbakken ym. 2022: 12), minkä lisäksi roskaa poistetaan manuaalisesti myös niitä siivoamalla. Tekijät, jotka vaikuttavat roskan viipymisaikaan rantaympäristössä ovat roskan materiaalin ominaisuudet, kuten esimerkiksi paino tai kestävyys, ympäristön olosuhteet sekä rannoilla tapahtuva roskien manuaalinen poistaminen (MacLeod ym. 2021).

Koska litoraaliset aktiivialueet ovat dynaamisia ympäristöjä, joita luonnehtii jatkuva aaltovoimien että tuulen välinen vuorovaikutus sekä näiden aikaansaama materian kuljetus, roskat ovat siellä jatkuvassa liikkeessä. Sen lisäksi, että rantaan jatkuvasti kohdistuva aaltoliike tuo rannalle roskaa merestä, huuhtoo se myös roskaa pois rannalta vähentäen näin roskien viipymisaikaa rantaympäristöissä (Solbakken ym. 2022: 12). Jos roska on kuitenkin hautautunut rantahiekkaan, sen viipymisaika pitenee, sillä se ei huuhtoudu yhtä herkästi aaltojen mukana pois. Roskan taipumus kerrostua ja hautautua rantahiekkaan riippuu sekä hiekan ominaisuuksista että roskan materiaalista. Roskien hautautumisen näkökulmasta keskeisin hiekan ominaisuus on sen läpäisevyyskyky eli se, miten herkästi ja syvälle esine uppoutuu hiekkaan (Ryan ym. 2009: 2002). Materiaalin näkökulmasta hautautumiseen puolestaan vaikuttaa roskan paino. De Francesco ym. (2019: 9–11) esittävät, miten esimerkiksi

raskas lasi kerrostuu lähemmäs rantaviivaa kun taas kevyt polystyreeni kulkeutuu päinvastoin tuulen mukana herkästi sisemmille dyynialueille. Roskien esiintymisessä rantaviivan ja rantadyynien välillä ilmeneekin massan ja kuljettavien voimien voimakkuuksien vuoksi laskevaa jakautumista (De Francesco 2019: 8; Šilc ym. 2021: 355). Mitä enemmän siirrytään rantaviivasta kohti sisädyynejä, sitä vähemmän roskia hiekan seasta siis löytyy.

Se, miten herkästi hiekkaan osittain tai kokonaan hautautunut roska huuhtoutuu aaltoliikkeen mukana pois, määrittyy aaltojen ja huuhtouman voimakkuuden mukaan (Andriolo & Gonçalves 2022: 3). Kuten aikaisemminkin jo esitettiin, näihin vaikuttaa muun muassa vallitsevat sääolosuhteet, vuorovesi-ilmiö sekä rannan rakenne, kuten rannan kaltevuus sekä hiekan hiukkaskoko (Ryan ym. 2009: 2002), jotka usein vaihtelevat ja muuttuvat kausittain. Kun aaltoja on vähän tai ne ovat heikkoja, pienet ja kevyet roskat jäävät helposti jumiin hiekkakumpujen ruohokasvillisuuteen ja hautautuvat (Andriolo & Gonçalves 2022: 3). Jos aallot taas ovat voimakkaat, tällaiset roskien jumiutumista aikaansaavat hiekkakumpareet huuhtoutuvat jolloin roskat liikkuvat rantaympäristössä enemmän ja myös huuhtoutuvat herkemmin meriin (Solbakken ym. 2022: 12; Andriolo & Gonçalves 2022: 3). Myrskykausina rannoilta voikin poistua roskia äkillisesti suuriakin määriä (Solbakken ym. 2022: 12). Aivan kuten Oigman-Pszczol & Creed (2007: 424) esittivätkin, rannoilta löytyvien roskien esiintymisessä on paikkaan sidonnaisten vaihteluiden lisäksi myös aikaan sidonnaisia vaihteluita.

Myös kasvillisuus vaikuttaa roskien viipymisaikaan. Kasvillisuudella voi olla roskeen ansavaikutus. Kuten kuvasta 2 voidaan havaita, tuulen mukana kulkeutuva roska saattaa jäädä rantadyynikasvillisuuteen jumiin ja kietoutua siihen, jolloin se ei liiku yhtä paljon ja täten myös hautautuu hiekkaan herkemmin (Cresta & Battisti 2021: 3). Siinä missä lähempänä rantaviivaa roskien liikkeisiin vaikuttaa ensisijaisesti niitä kuljettavien voimien, kuten aaltojen tai tuulen, voimakkuus sekä roskan massa, dyyneillä puolestaan sinne kulkeutuneen roskan liike pysähtyy todennäköisemmin kasvillisuuteen (De Francesco ym. 2019: 10; Mo ym. 2021: 6–8). Dyynien välisiltä dunaalisilta kosteikoilta (dunal slack) ei ole löytynyt yhtä paljon roskia dyyneihin verrattuna juuri tämän rantadyynikasvillisuuden aikaansaaman ansautumisen vuoksi (Šilc ym. 2018: 358). Koska kasvillisuuteen kietoutunut roska ei liiku yhtä herkästi esimerkiksi tuulen mukana, lisää kasvillisuus siis roskien viipymisaikaa rantaympäristöissä.



Kuva 2: Roskia alkiodyyneillä. Kuvaan on punaisella merkitty kasvillisuuteen ansautuneet tai hiekkään osittain hautautuneet roskat. Kuva: Andriolo & Gonçalves (2022).

Sen lisäksi, että roskat hautautuvat rannoilla ja huuhtoutuvat sieltä pois, ne myös kuluvat ja hajoavat siellä. Corcoran ym. (2009: 83) esittävätkin, miten rannat ovat roskien näkökulmasta erittäin merkittäviä ympäristöjä, sillä vain harvassa muussa luonnonympäristössä tapahtuu yhtä paljon sekä mekaanista että kemiallista rapautumista. Hajoamista saa aikaan roskapartikkeleiden välinen vuorovaikutus, eli esimerkiksi niiden hankautuminen toisiaan vasten, hiekan kitka sekä saltaatio, jotka kaikki saavat aikaan muoviroskien uurtumista, pyöristymistä ja murtumista (Corcoran ym. 2009: 81). Corcoran ym. (2009: 82) myös esittävät, miten sekä hapettuminen että auringon ja UV-säteilylle altistuminen saa muoviroskissa aikaan kemiallista rapautumista ja hajoamista. Kesällä rapautuminen on nopeampaa auringon lämpöhäpätushajoamisen sekä suuremman tallomisen määrän lisäämän kitkan vuoksi (Grelaud & Ziveri 2020: 4). Vesi puolestaan hidastaa hajoamisprosessia, sillä vedessä UV-säteilyn vaikutus on vähäisempää ja lämpötilat ovat matalampia (Ryan ym. 2009: 1999).

Muovi on juuri tämän luontaisen hajoamisen näkökulmasta rantaympäristöjen kannalta erittäin keskeinen roska. Luontaisesti muovi hajoaa rantaympäristöissä hyvin hitaasti (Ryan ym. 2009: 1999). Esimerkiksi muovipussien hajoaminen rantaympäristöissä tapahtuu suunnilleen 16 ja 18 kuukauden välillä (Menicagli ym. 2021: 4). Sen viipymisaika on siis erittäin pitkä. Muoviroska ei myöskään maadu, vaan se hajoaa rapautumisprosessien seurauksesta niin pienin osiin, ettei ihmissilmä sitä enää näe (MacLeod ym. 2021). Näin pieneksi hajonnutta muovia kutsutaan mikromuoviksi.

Andriolo & Gonçalves (2022) ovat myös tehneet havainnon siitä, miten rantadyyneihin kohdistuva eroosio saattaa toimia sekä rannalle että mereen kulkeutuvien roskien lähteenä.

Kuten aikaisemmin tuotiinkin esille, rantaympäristöjen roskat voivat toimia hiekka-ansana, jolloin ne siis saattavat käynnistää dyyninmuodostusprosessin (Brown & McLachlan 2006b: 253; Robbe ym. 2021: 853). Roskan muodostuessa tällä tavoin osaksi dyyniä ja kasvien juurten kasvaessa roskan ympärille, voi roskan viipymisaika rantaympäristössä olla hyvinkin pitkä (Andriolo & Gonçalves 2022: 5). Andriolo & Gonçalves (2022: 4) kuitenkin esittävät, miten tällaisia roskia saattaa paljastua ja huuhtoutua mereen silloin, jos etudyneihin kohdistuu eroosiota, kuten voimakkaita aaltoja. Voikin siis olla, että tulevaisuudessa rannoilta löytyvien roskien määrä lisääntyy kasvavan eroosiouhan vaikutuksesta.

4. Roskien vaikutukset rantaympäristöissä

4.1 Kasvillisuus

Rantaympäristöön päätyneillä roskilla, joista korostetusti muovilla, on Carsonin (2011) ym. tutkimuksessa havaittu olevan suoria vaikutuksia ranta-alueiden kasvuympäristöjen fysikaalisiin olosuhteisiin. Carson ym. havaitsivat, että rantasedimenteistä löytyvät muovinpalat nostavat rantasedimenttien vedenläpäisykykyä eli rantahiekan kykyä läpäistä ja kuljettaa vettä (2011: 1709). He arvioivat tämän vaikutuksen lisäävän rannoille huuhtoutuvan orgaanisen aineksen ja ravinteiden määrää (2011: 1712). Muutokset vedenläpäisykyvyssä siis saattavat täten vaikuttaa rantaympäristöjen ravinnonkiertoon. Carson ym. (2011: 1710) myös tekivät havainnon, että muovista roskaantunut maa-aines lämpenee hitaammin muovittomaan ainekseen verrattuna. Muovinpalasilla on rantasedimentteihin siis lämpöeristävä vaikutus. Toisaalta Carson ym. (2011: 1712) teorioivat, että lämpöeristävä vaikutus saattaa vähentää rannoilla tapahtuvaa haihtumista, mikä osaltaan tasapainottaisi korkeamman vedenläpäisykyvyn vaikutuksia. Tämän lisäksi on arveltu, että muoviroskat saattavat myös vaikuttaa kasvuympäristöjen happiolosuhteisiin sekä kaasujen hajaantumiseen hiekassa (Carson ym. 2011: 1712; Menicagli ym. 2019a; Menicagli ym. 2023: 10). Tästä ei kuitenkaan vielä löydy sen tarkempaa tutkimusta.

Kasvualustaan kohdistuvien vaikutusten lisäksi roskilla on myös suoria kasvillisuuteen kohdistuvia vaikutuksia. Menicagli ym. (2019a) tutkivat muovipussien vaikutuksia rantaympäristöjen dyynikasvillisuuteen. He havaitsivat, miten muovipussit, riippuen siitä kuinka paljon niitä alueella esiintyy, voivat samalla sekä rajoittaa että stimuloida dyynikasvien juurien kasvua ja täten vaikuttaa kasvien kykyyn ottaa ympäristöstään vettä ja ravinteita (2019a: 193). Heidän tutkimuksessaan kävikin ilmi, että kasvit, jotka kasvavat muovipusseista roskaantuneessa ympäristössä, ovat keskimääräistä lyhyempiä minkä lisäksi niiden biomassa

on tyypillistä pienempi juuri tämän juuriin kohdistuvan vaikutuksen takia (2019a: 191). Menicagli ym. (2019a: 192) myös esittivät, että muovipussit myös rajoittavat merkittävästi sitä pääsevätkö taimet puhkeamaan maan pinnalle riippuen sekä lajin kyvystä lävistää muovipussi että siitä, miten paljon muovipussi on hajonnut rantaympäristössä. Koska roskat, tässä tapauksessa muovipussit, heikentävät Menicaglin ym. (2019a) havaintojen mukaan etenkin dyynien muodostumisen kannalta keskeisiä kasveja, vaikuttavat roskat täten siis ranta-alueiden dyyninmuodostusprosesseihin.

Toisaalta on myös tehty havaintoja siitä, miten jotkin kasvit saattavat jopa pärjätä paremmin roskaantuneessa kasvuympäristössä. Zettler ym. (2013) esittivät, miten tämä uusi muoviroskien tarjoama kasvualusta ("plastisphere") voi toimia uutena ekolokerona ja täten olla joidenkin kasvien kannalta kasvuolosuhteita parantava. Garcia-Vazquez ym. (2018: 320) tekivätkin yllätyksellisen havainnon, että sekä lajirikkaus että yksilömäärät ovat suurempia roskatuilla rannoilla roskattomiin verrattuna. Myös Poeta ym. (2017: 1185) havaitsivat, miten polystyreenin lämpöeristävät ominaisuudet sekä vedensietokyky saattaa jopa edistää rantadyyneillä tapahtuvaa kasvien kasvua. Kuvista 3a ja 3b voidaankin havaita, miten kasvit mukautuvat kasvuympäristönsä polystyreeniin. Kasvien kyky pärjätä roskaantuneessa kasvuympäristössä vaihtelee kuitenkin lajeittain. Esimerkiksi polystyreenin lämpöeristävä vaikutus ja vedensietokyky saattavat edistää kasvua sellaisilla kasvilajeilla, jotka sietävät paremmin suolaa sekä vaihtelua veden saatavuudessa (Poeta ym. 2017: 1185). Toisin sanoen roskat saattavat siis edistää kasvua sellaisilla kasveilla, jotka ovat jo valmiiksi soveltuvampia erilaisille kasvuolosuhteille.



Kuva 3: Polystyreeniä kasvuympäristössä. (a) Dyynikasvien juuret ovat lävistäneet polystyreeniä (Kuva: Battisti 2021). (b) *Cyperus glomeratus* -sarakasvi lävistää polystyreeniroskan (Šilc 2018).

Sen lisäksi, että roskat vaikuttavat suoraan kasvuympäristön fysikaalisiin ominaisuuksiin, voi niistä myös liueta ympäristöön aineita, jotka vaikuttavat kasvien kasvuympäristön kemiallisiin olosuhteisiin. Menicagli ym. (2019b) tutkivat sekä hajoamattomista että biohajoavista muovipusseista uuttuneen veden vaikutuksia rannikkodyynien kasvillisuuteen. Heidän tutkimuksessa havaittiin, miten muovipusseista liennut vesi nostaa ranta-alueiden veden pH-tasoa, mikä osaltaan vaikuttaa ravinteiden ja karbonaattien liikkeeseen rantasedimenteissä sekä niiden saatavuuteen kasveille (2019b: 745). Sekä hajoamattomista että biohajoavista muovipusseista liuenneilla yhdisteillä havaittiinkin heidän tutkimuksessa olevan vaikutuksia sekä siementen itämiseen että taimien kasvuun rantaympäristöissä. Liunneen veden vaikutukset vaihtelivat tutkimuksessa lajeittain, mutta useimmissa tapauksissa muovipusseista uuttunut vesi aikaisti kasvien itämistä, minkä lisäksi uutovedelle altistuneissa kasveissa esiintyi keskimääräistä enemmän kehityksellisiä poikkeamia (2019b: 745). Muovipusseista uuttuneen veden vaikutuksissa kasveihin ei havaittu eroja hajoamattomien ja biohajoavien pussien välillä (Menicagli 2019a: 193). Vaikka suurin osa roskien ympäristövaikutusten tarkastelusta keskittyy muoviroskien vaikutuksiin, myös veden kanssa vuorovaikutuksessa olevista tupakantumpeista on havaittu liukenevan ympäristöön yhdisteitä, kuten metalleja ja nikotiinia, jotka voivat olla myrkyllisiä niin rantaympäristöjen kasveille kuin eläimillekin (Araújo & Costa 2019: 139).

4.2 Eläimet

Rantaympäristöjen ekosysteemeihin kuuluu erilaisia eläinlajeja, kuten nilviäisiä, lintuja, selkärangattomia tai piennisäkkäitä (Davenport & Davenport 2006: 284), joihin roskilla on erilaisia vaikutuksia. Eläimet voivat sotkeutua roskiin, kuten esimerkiksi kalastusverkkoihin, mikä voi heikentää eläinten kykyä pyydystää ruokaa tai suojautua petoeläimiltä (Laist 1987). Tämän lisäksi Laist (1987) tuo esille miten roskat voivat saada eläimille aikaan haavoja esimerkiksi hiertymisen seurauksesta tai tukehtumista, jos roska on kiertynyt eläimen kaulan ympärille. Eläimet myös saattavat niellä roskia luullessaan niitä ruoaksi (Robbe ym. 2021: 850). Niin muoviroskia kuin myös tupakantumpejakin on löydetty esimerkiksi kuolleiden merilintujen vatsaista (Ryan ym. 2009: 2007; Araújo & Costa 2019: 139; Yamashita ym. 2021). Kuvassa 4 näkyy Yamashitan ym. (2021) tutkimuksessa tarkasteltu merilintu, josta löytyneet 194 muovinpalasta olivat täysin tukkineet sen vatsalaukun. Nieltä roska voi häiritä eläimen ruoansulatusta, vaurioittaa sisäelimiä tai häiritä ruokahalua, mikä voi heikentää eläimen lisääntymiskykyä ja pahimmassa tapauksessa johtaa eläimen kuolemaan (Laist 1987). Roskat



Kuva 4: Isoliitäjä (*Ardenna gravis*) ja sen vatsasta löytyneet muovinpalat. Kuva: Yamashita ym. (2021).

myös voivat päätyä koko ravintoketjuun, kun suuremmat eläimet käyttävät ravintonaan pienempiä, roskea syöneitä eläimiä (Fauziah ym. 2015: 818).

Roskilla voi olla pienempiin eliölajeihin myös ansavaikutus. Poeta ym. (2015) tutkivat rannikkodyyneille jätettyjen pullojen ansavaikutusta rantadyynialueiden nilviäisiin ja niveljalkaisiin, kuten kovakuoriaisiin. Tutkimuksessaan he havaitsivat, miten pullojen sisältä tuleva haju sekä sen lämpötila voivat houkuttaa pullon sisään pieneliöitä, jotka eivät kuitenkaan pullon sisältä pääse pois sileän pinnan sekä kapenevan suuaukon takia (2015: 125). He arvelivat, että tällä ansavaikutuksella saattaa olla vaikutuksia eliöiden populaatiodynamiikkaan, jolloin tämä voisi siis potentiaalisesti heikentää rantaympäristöjen ravintoketjuja (2015: 127).

Arviolta roskien lopulliset vaikutukset rantaympäristöjen eri eläimiin jäävät loppupeleissä melko pieniksi. Robbe ym. (2021: 185) esittävät, miten roskat eivät välttämättä vaikuta merkittävästi rantaympäristöjen elämistön monimuotoisuuteen, sillä selkärangattomat, hyönteiset ja linnut asuttavat roskista saastuneita rantoja vaikka siellä olisikin loukkaantumisen riski. Joidenkin lajien kohdalla roskat saattavat jopa edistää eliöiden selviämistä luonnonympäristöissä. Roskat saattavat esimerkiksi tarjota uuden elinympäristön ravuille, jotka voivat käyttää roskaa suojapaikkana (Robbe ym. 2021: 850). Voikin siis olla, että eläinten kohdalla ranta- ja rantadyyniympäristöjen roskien haitalliset vaikutukset eivät heikennä koko ekosysteemiä, vaan ne jäävät tapauskohtaisiksi.

4.3 Vieraslajit

Sen lisäksi, että roskaamisella on vaikutuksia paikalliseen lajistoon, tarjoavat roskat myös pohjan erilaisille vieraslajeille. Vieraslaji on kasvi, eläin tai muu eliölaji, joka on siirtynyt ihmisen takia joko tarkoituksella tai tahattomasti uuteen elinympäristöön (EU:n vieraslajiasetus 1143/2014). Vieraslajit voivat haitata paikallista lajistoa, sillä ne voivat häiritä paikallisen lajiston rakenteita ja niiden välistä dynamiikkaa (Hellmann ym. 2008: 542; Santoro ym. 2012: 85). Tämän lisäksi pitemmällä aikavälillä vieraslajit voivat levitä uudessa elinympäristössään niin, että paikallinen ja alkuperäinen biodiversiteetti sekä ekosysteemit häiriintyy (Hellmann ym. 2008: 542). Vieraslaji luokitellaankin laissa haitalliseksi, jos ne tällä tavoin uhkaavat tai heikentävät paikallisen luonnon monimuotoisuutta ja niihin liittyviä ekosysteemipalveluita (EU:n vieraslajiasetus 1143/2014).

Jotta vieraslaji leviää uudessa ympäristössä, on sen selvittävä läpi erilaisista ympäristöfilttereistä (Hellmann ym. 2008: 536). Lajin on ensiksi kulkeuduttava maantieteellisen esteen läpi uudelle alueelle, minkä jälkeen lajin on myös selviydyttävä tämän uuden alueen ympäristöoloissa (2008: 537). Tämän lisäksi lajin on saatava luonnonvaroja selvitäkseen kilpailusta tai vaihtoehtoisesti muodostettava mutualistisia suhteita muiden lajien kanssa (2008: 537). Tämän jälkeen lajin tulee vielä levitä uudessa ympäristössään ja vakaannutettava populaatioita (2008: 537).

On havaittu, miten ihmisperäiset roskat ovat myötävaikuttaneet vieraslajien kykyyn selvitä näistä Hellmannin ym. esittämistä ympäristöfilttereistä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, miten meristä kulkeutuneet roskat saattavat kuljettaa mukanaan vieraslajeja ja täten toimia potentiaalisten biologisten invaasioiden pohjana (Garcia-Vazquez ym. 2018; Zettler ym. 2013; Rech ym. 2018). Tyypillisimmin merellä ajelehtivassa roskissa kulkeutuu liikkumattomia, kovakuorisia tai tiukasti kasvualustansa kiinni kasvaneita (crustose) organismeja, kuten esimerkiksi eri sammaleläimiä (Gregory 2009: 6) (ks. kuva 5). Gregory ym. (2009: 6) myös esittävät, että ajelehtivat muoviroskat tarjoavat pohjan myös joillekin liikkuville eliöille, kuten esimerkiksi eri merilevälajeille. Se, miten hyvin roska tarjoaa pohjan lauttakulkeutumiselle (rafting), riippuu Rechin ym. (2018: 3) mukaan siitä, miten hyvin ja vakaasti roska kelluu. Tähän vaikuttaa sekä roskan materiaali ja muoto (Rech ym. 2018: 3). Hyvin kelluvien ja kevyiden muoviroskien onkin havaittu kuljettavan mukanaan eniten vieraslajeja (Garcia-Vazquez ym. 2018; Rech ym. 2018: 3), kuten kuvasta 5 voidaankin hyvin havaita. Meriroskien lauttakulkeutumisen aikaansaamat biologiset invaasiot ovat yleisimpiä rannoilla, joiden lähellä tapahtuu meriliikennettä (Garcia-Vazquez ym. 2018: 320).



Kuva 5: PET-pullo, jossa hanhenkauloja. Vieraslajit voivat kulkeutua muoviroskien mukana uusiin rantaympäristöihin. Kuva: Šilc (2018). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191859.g004>

Rantaan huuhtoutunut meriroska tarjoaa vieraslajeille myös uuden kasvu ympäristön. Garcia-Vazquez ym. (2018: 315) tekivät havainnon, miten jotkin vieraslajit pärjäävät rantaympäristöissä kotoperäisiä lajeja paremmin juuri silloin, kun niiden kasvualusta on keinotekoinen. Myös Menicagli ym. (2023: 10) ovat havainneet, miten muovipussit tarjoavat paremman kasvupohjan juuri vieraslajeille ja saattavat edesauttaa niiden leviämistä hiekkadyyniympäristöissä. Muovin lisäksi myös lasin, puuroskien sekä keramiikan on havaittu tarjoavan vieraslajeille hyvän kasvupohjan (Garcia-Vazquez ym. 2018: 320). Vieraslajit ovatkin tyypillisesti parempia sopeutumaan erilaisiin ilmasto-oloihin ja ympäristöolojen muutoksiin paikallisiin kasveihin verrattuna (Hellmann ym. 2008: 536). Roskien tarjoaman uuden kasvupohjan lisäksi vieraslajien on arvioitu myös sopeutuvan paremmin ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin paikallisiin lajeihin verrattuna (Hellmann ym. 2008: 536).

Tämän lisäksi on havaittu, miten roskien paikallisen lajiston kasvuolosuhteita heikentävä vaikutus tekee vieraslajien tunkeutumisesta helpompaa (De Francesco ym. 2019: 11). Toisin sanoen roskat siis lisäävät vieraslajien kilpailukykyä ranta-alueilla ja puolestaan heikentävät paikallisen kasvillisuuden resilienssiä vieraslaji-invaasioille. Fokaalilajit (focal species) ovat ekosysteemien toiminnan kannalta keskeisiä, sillä ne ovat lajeja jotka auttavat ylläpitämään koko elinympäristön toimintaa ja olemassaoloa (Santoro ym. 2012: 85). Dyyninmuodostusprosessien kannalta keskeiset ja ranta-sisämaagradientille erikoistuneet lajit ovat esimerkkejä rantaympäristöjen fokaalilajeista (Acosta 2009: 8). Santoro ym. (2012: 85–90) kuvaavat, miten tämän lisäksi fokaalilajeja luonnehtii se, että ne ovat erittäin herkkiä eri uhille ja elinympäristössä tapahtuville muutoksille. Santoro ym. (2012: 89–90)

havaittivatkin, miten vieraslajit vaikuttavatkin selkeästi juuri näiden fokaalilajien esiintymiseen rantadyneillä. Koska rantadyyniympäristöjen fokaalilajeilla on keskeinen rooli dyynien rakennusprosessissa ja rantaekosysteemien ylläpitämisessä, on vieraslajeilla täten koko ekosysteemien toimintaa heikentävä vaikutus.

4.4 Ekosysteemipalvelut

Ekosysteemipalvelut voidaan Barbierin ym. (2011: 170) mukaan määritellä ekosysteemien tarjoamiksi suoriksi tai epäsuoriksi vaikutuksiksi, jotka auttavat ylläpitämään ihmisten hyvinvointia. Barbierin ym. (2011: 171) määritelmässä palvelu voi olla joko välillinen palvelu, eli sellainen ekosysteemin toiminto, jonka hyödyntäminen vaatii jonkinlaista ihmisen puuttumista tai valmis palvelu, eli toiminto joka tuottaa hyötyjä sellaisenaan. Valmiit ekosysteemipalvelut Barbier ym. (2011: 173) jakavat vielä kulutettaviin palveluihin sekä sellaisiin, joita ei voida kuluttaa. Ne prosessit jotka muodostavat ekosysteemipalvelun ovat ekosysteemille ominaisten bioottisten ja abioottisten tekijöiden, kuten esimerkiksi kasvillisuuden tai vallitsevien ympäristöolojen, määrittelemiä (Barbier ym. 2011: 171). Muutokset näissä ekosysteemien bioottisissa ja abioottisissa tekijöissä voivatkin siis uhata niiden tarjoamia ekosysteemipalveluita.

Rannikkoalueiden ranta- ja rantadyyniympäristöt tarjoavat ihmisille monia eri ekosysteemipalveluita (Barbier ym. 2011). Rannikkoalueet, sekä erityisesti rantadyynit, suojaavat ranta-asutuksia aaltoliikkeiden eroosiolta minkä lisäksi kasvien juuret vakauttavat sedimenttiä ja maaperää mikä myös vähentää eroosion määrää (2011: 183). Dyynit myös varastoivat itseensä vettä, jolloin niistä voi saada puhdasta juomavettä ihmistarpeisiin (2011: 183). Rannikkodyynien kasvillisuus tarjoaa ihmisille useita raakamateriaaleja ja niiden on myös havaittu olevan merkittäviä hiilinieluja (Drius ym. 2016: 131). Rantadyynikasvillisuus täten auttaa osaltaan myös hillitsemään ilmastonmuutosta. Näiden lisäksi rannikkoympäristöt tarjoavat ympäristön vapaa-ajankäytölle, koulutukselle sekä tutkimukselle (2011: 183), eli niillä on merkittävää virkistysarvoa. Rantaympäristöt tarjoavat myös kulttuurisia ekosysteemipalveluja esimerkiksi identiteetin sekä luonnonperinnän kautta (Robbe ym. 2021: 848).

Ihmistoiminta, vieraslajit sekä ilmastonmuutos kaikki uhkaavat rantojen sekä rantadyynien tarjoamia ekosysteemipalveluita (Barbier ym. 2011: 185). Tutkimuksessaan Barbier ym. havaittivatkin, miten rannikkoalueiden ekosysteemipalveluiden laatu on heikentynyt (2011: 169). Kyseisessä tutkimuksessa biologiset invaasiot listattiin yhdeksi keskeiseksi ihmisen aikaansaamaksi ekosysteemien muutosta ajavaksi tekijäksi (2011: 175).

Koska roskat tarjoavat pohjan ranta-alueilla biologisille invaasioille, vaikuttaa rantojen ja rantadyynien roskaongelma myös näiden tarjoamiin ekosysteemipalveluihin. Kasvillisuuden heikentyminen rantadyyniympäristössä sekä vähentää rantadyynien tarjoamaa suojaa eroosiolta että heikentää myös rantadyynien hiilinielua. Robbe ym. (2011: 848) puolestaan havaitsivat, miten rannoilta löytyvät roskat heikensivät ensisijaisesti etenkin kulttuurisia ekosysteemipalveluita. Toisin sanoen roskien haitallinen vaikutus on heidän mukaansa etenkin siinä inhimillisessä kokemuksessa, että roskattu ranta-alue on vähemmän esteettisesti miellyttävä tai käyttökelpoinen virkistyskäyttöön roskattomaan rantaan verrattuna.

Rannat ja rantadyynit eivät ole ainoita rannikkoalueiden ekosysteemeitä, vaan rannikoilta löytyy esimerkiksi kosteikkoja, koralliriuttoja, murtovesialueita ja mangrovemetsiä (Barbier ym. 2011). Barbier ym. (2011: 186) esittävät, miten ekosysteemipalveluille tarjoaman pohjan näkökulmasta näiden kaikkien ekosysteemien välillä on synergia. Synergialla kuvataan sitä, miten nämä ekosysteemit vaikuttavat yhdessä ja toisiaan täydentäen tiettyjen ekosysteemipalveluiden tuottamiseen. Samalla myös yhden ekosysteemin heikkeneminen heikentää myös muiden ekosysteemien kykyä ylläpitää ekosysteemipalveluita. Tämä ilmenee esimerkiksi myrskyaaltojen eroosion kohdalla. Myrskyaaltojen aaltoenergia osuu rannikoiden ympäristöihin vaihteittain kukin vaimentaen seuraavaan ympäristöön kohdistuvan energian määrää (Barbier ym. 2011: 186). Jos yhden ekosysteemin kyky vastustaa aaltovoimaa heikkenee, kohdistuu seuraavaan ympäristöön siis entistä enemmän painetta. Samalla jos yhden ekosysteemin kyky vastustaa aaltovoimaa on hyvä, pystyy se suojaamaan herkempiä ekosysteemeitä aaltoeroosion haitalliselta vaikutukselta

Tämä sama vaikutus on havaittavissa myös roskien kanssa (Cresta & Battisti 2021). Samoin tavoin kun rantadyynit vaimentavat sisämaalle kohdistuvan aaltoeroosion vaikutuksia, rantakasvillisuus myös estää roskien kulkeutumista eteenpäin esimerkiksi rantakosteikoille (2021: 3). Sinne kulkeutuneet roskat, kuten esimerkiksi kevyt polystyreeni, voi saastuttaa luontoa minkä lisäksi roskien hajotessa niistä voi päätyä myrkyllisiä kemikaaleja ravintoketjuun (2021: 3). Sen lisäksi, että elinvoimaiset rannikkoympäristöt auttavat suojelemaan ympäristöjen omia ekosysteemeitä ja niiden tuottamia ekosysteemipalveluita, auttavat ne tämän synergian vuoksi myös muiden rannikoiden elinympäristöjen suojelussa. Tämän synergian näkökulmasta myös rantojen ja rantadyynien haavoittuvuutta sekä niihin kohdistuvia uhkia, esimerkiksi kasvavaan eroosiouhkaan liittyen, voidaan vähentää edistämällä muiden rannikkoympäristöjen resilienssiä näille uhkille.

4.5 Siivoamisen ympäristövaikutukset

Rantoja voidaan kuvata roskien väliaikaisina säilytyskohteina. Lopulta kaikki roskat, hiekkaan hautautuneet tai eivät, kulkeutuvat sieltä aaltojen tai tuulen mukana pois meriin (Solbakken ym. 2022: 2). Yksi keino vähentää sekä rantaympäristöjen että myös merten roskaongelmaa on roskien siivoaminen pois rannoilta. On selvää, että roskien siivoaminen rantahiekasta, vaikkakin osaltaan vaivalloista, on huomattavasti helpompaa kuin niiden siivoaminen meren pohjasta, jonne suurin osa meriin päätyneistä roskista lopulta uppoaa (Gregory 2009: 5). Meriin päätyneet roskat, joista muoviroskat jälleen korostuvat haitallisimpina, heikentävät merten biodiversiteettiä sekä laajemmin merten ekosysteemejä (Deudero & Alomar 2015: 63; Oigman-Pszczol & Creed 2007: 426). Ympäristövaikutusten lisäksi rantoja siivotaan myös virkistyskäytön vuoksi. Koska roskat ovat yksi keskeisin rantaviihtyvyyteen vaikuttava tekijä, tapahtuukin rannoilla useita sekä manuaalisia että mekaanisia siivoamistoimenpiteitä rantakäyttäjien miellyttämiseksi (Davenport & Davenport 2006: 284 Zielinski ym. 2019: 392).

Vaikka nämä siivoamistoimet poistavat roskaa rantaympäristöstä ja täten vähentävät niiden haitallisia vaikutuksia rantojen ekosysteemeihin, on myös roskien siivoamisella erilaisia ympäristövaikutuksia. Mekaanisesti tapahtuvan siivoamisen seurauksesta ranta-alueilla tapahtuu paikalliskasvien muutoksia, alkiodyynien tuhoutumista sekä muutoksia rantaprofiilissa (Zielinski ym. 2019: 391). Tämän lisäksi myös tiheämpi siivoamistahti heikentää ranta-alueiden lajimonimuotoisuutta. Zielenski ym. (2019: 397) havaitsivat, että lajimonimuotoisuus on korkeampi rannoilla, joita siivottaan mekaanisesti korkeintaan kolme kertaa viikossa. Vaikka roskat poistettaisiin manuaalisesti, lisää sekin rantadyynialueilla tapahtuvan tallomisen määrää, mikä osaltaan lisää kasvillisuuteen kohdistuvaa painetta (Poeta ym. 2017: 1185). Koska ranta-alueen kaltevuus vaikuttaa esimerkiksi huuhtoumien kokoon ja voimakkuuteen (McArdle & McLachlan 1992: 400) voi rantaprofiilissa tapahtuva muutos vaikuttaa myös suoraan rantaroskiin liittyvään hautautumisen ja huuhtoutumisen dynamiikkaan ja täten rannoilta löytyvien roskien määrään.

Siivoamisen yhteydessä rannoilta voidaan myös poistaa rantaeliöstön kannalta keskeistä materiaalia. Aikaisemmin esitettiin, miten rantaan huuhtoutunut orgaaninen merijäte on keskeisessä asemassa koko rantaympäristöjen ekosysteemien monimuotoisuuden kannalta (Robbe 2021). Tällaisen orgaanisen merijätteen sekaan kasaantuu usein myös paljon roskaa (Gregory 2009: 5). Yksi keino lisätä rantojen miellyttävyyttä rantakäyttäjille on poistaa juuri tätä rannalta löytyvää orgaanista merijätettä sen epämiellyttävyyden, kuten esimerkiksi visuaalisen haitan (Gregory 2009: 5) pahan hajun (Davenport & Davenport 2006: 284) tai negatiivisiin terveyshaittoihin liittyvän pelon (Robbe ym. 2021: 851) vuoksi. Koska tämä

merijäte on keskeisessä asemassa niin rantojen ravintoketjussa kuin dyyneihin kohdistuvan eroosion vaimentajana heikentääkin sen poistaminen rantaympäristöjen ekosysteemeitä. Robbe ym. kehottavatkin jättämään rantojen siivousoperaatioiden yhteydessä tämän orgaanisen merijätteen rauhaan (2021: 856).

5. Pohdinta

On selvää, että merestä huuhtoutuneilla roskilla, suoralla roskaamisella sekä roskien siivoamisella on kaikilla erilaisia rannikoiden rantoihin ja rantadyyneihin kohdistuvia ympäristövaikutuksia. Koska roskien vaikutukset rantoihin ja rantadyyneihin kuitenkin vaihtelevat, on vaikea määritellä miltä ranta-alueiden tulevaisuus näyttää niin roskaamisen kuin myös ilmastonmuutoksen tuomien muutosten näkökulmasta. Kuten tuotiin jo esille, roskat vaikuttavat ekosysteemeihin ensisijaisesti kasvien kasvuun vaikuttavien tekijöiden kautta. Vaikutukset eivät kuitenkaan ole kaikkien kasvilajien kohdalla samanlaisia, vaan siinä esiintyy vaihteluita. Vaikka roskat rajoittivat joidenkin rantojen ja rantadyynien alueella esiintyvien kasvien kasvamista, joidenkin kasvien kohdalla roskien vaikutukset saattoivat olla kasvua edistäviä (Menicagli 2019b: 745). Tämän lisäksi, kuten Jackson ym. (2019: 6) toivat esille, ilmastonmuutos saattaa edistää rantojen ja rantadyynien kasvien kasvuolosuhteita. Koska roskat rajoittavat kasvien kasvuolosuhteita ranta-alueilla vain osittain ja ilmastonmuutos puolestaan edistää niitä, voikin olla mahdollista, että roskien haitalliset vaikutukset kasvien kasvuolosuhteisiin tasapainottuisivat tulevaisuudessa. Tällöin roskien vaikutukset rantojen ja rantadyynien ekosysteemeihin juuri kasvien kasvua rajoittavien tekijöiden kautta jäisivätkin vähäisiksi.

Toisaalta etenkin rantaviivaa lähellä sijaitsevien ranta-alueiden kasvillisuus on usein endeemistä ja hyvin erikoistunutta vallitseviin olosuhteisiin (Acosta ym. 2009; Drius ym. 2016). Nämä lajit ovat potentiaalisten kasvuympäristössä tapahtuvien muutosten kannalta siis erittäin haavoittuvaisia. Koska tällaiset fokaalilajit ovat tyypillisesti myös keskeisiä esimerkiksi dyyninmuodostusprosessissa (Acosta 2009: 8), voi niihin kohdistuvat uhkat haitata koko ranta- ja rantadyyniympäristön ekosysteemejä. Vieraslajit puolestaan sopeutuvat paremmin vaihtelevampiin ympäristöolosuhteisiin, minkä vuoksi niin roskien kuin ilmastonmuutoksenkaan tuomat muutokset ole niille endeemisen lajiston tavoin uhkaavia (Hellmann ym. 2008: 536). Voikin siis olla, etteivät ilmastonmuutoksen vaikutukset toimikaan roskien tuomia haittoja tasapainottavina, vaan edistävätkin juuri näiden vieraslajien elinolosuhteita ja leviämistä ranta-alueilla.

Roskilla on havaittu olevan sekä rantojen että rantadyynien fysikaalisiin olosuhteisiin sekä niiden lajistoihin kohdistuvia vaikutuksia. Roskat muokkaavat rantahiekan piirteitä kuten sen vesi- sekä lämpöolosuhteita, minkä lisäksi niistä uutuva vesi muuttaa hiekan ravinnepitoisuuksia. Roskat myös lisäävät vieraslaji-invaasioiden määrää ja saattavat jopa edistää näiden kilpailuolosuhteita. Kaikki nämä yhdessä vaikuttavat ranta-alueiden kasvillisuuteen uhaten juuri kotoperäistä ja valmiiksi rajaolosuhteissa elävää kasvillisuutta. Tähän kasvillisuuteen kohdistuvat uhkat puolestaan heikentävät dyyninmuodostusprosessia ja täten lisää rantadyynien haavoittuvuutta erilaisille paineille, joiden määrän on arvioitu tulevaisuudessa vain kasvavan. Koska ekosysteemit ovat biottisten, kuten kasvillisuuden, sekä abioottisten tekijöiden, kuten rantadyynien, muodostamia kokonaisuuksia, voidaankin siis sanoa, että roskat heikentävät rantaympäristöjen ekosysteemeitä.

Vaikka roskaamisen vaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti rantaympäristöön, eivät ne vain rajaudu siihen. Kuten aikaisemmin tuotiin esille, rannat sekä rantadyynit tarjoavat ihmisille lukuisia eri ekosysteemipalveluita. Nämä ekosysteemipalvelut vaihtelevat niin suoraan ja taloudellisesti hyödynnettävistä palveluista, kuten esimerkiksi kalastamisesta, erilaisiin aineettomiin hyötyihin, joita rantaympäristöt tarjoavat esimerkiksi virkistyskäytön kautta. Koska roskien vaikutukset ulottuvat koko ekosysteemien toimintaan, on roskilla myös taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia juuri näiden ekosysteemipalveluiden heikkenemisen myötä (Šilc ym. 2018: 359). Sen lisäksi, että ekosysteemipalveluiden heikkeneminen suoraan lisää esimerkiksi rannikkoasutuksiin kohdistuvaa eroosiouhkaa, Šilc ym. (2019: 359) esittävät roskien aiheuttavan erilaisia taloudellisia tappioita heikentyneen virkistyskäytön sekä siivoustoimenpiteiden vaatimien kulujen seurauksesta.

Ranta-alueille kohdistuvaa joko suoraa tai sinne kulkeutumisen kautta tapahtuvaa roskaamista voidaankin nimittää ongelmaksi. Miten tätä roskaamisongelmaa voidaan sitten vähentää? Grelaud & Ziveri (2020: 1) jakavat roskaamisongelman selvittämisen neljään kategoriaan, joita ovat roskien poistaminen, estävä toiminta, käytösmallien muuttaminen sekä vaikutusten lieventäminen. Siivoaminen, eli roskien manuaalinen tai mekaaninen poisto rannoilta, on selkeä keino vähentää roskien aikaansaamia haittavaikutuksia rantaympäristöissä. Kuten aikaisemmin tulikin jo esille, pelkästään roskien poistaminen ei kuitenkaan riitä roskaamisongelman selvittämiseksi. Sen lisäksi, että roskien siivoamisoperaatiot ovat kalliita (Šilc 2018: 359), on niillä myös itsellään erilaisia ympäristövaikutuksia, jotka voivat heikentää rantojen ekosysteemeitä. Kaikkea roskaa ei myöskään saa rannoilta pois. Esimerkiksi hiekkaan hautautuneiden tupakantumppien poistaminen on osoittautunut haastavaksi, tapahtui siivoaminen sitten mekaanisesti tai manuaalisesti (Zielinski ym. 2019: 396).

Siivoamistoimenpiteiden kohdalla olisikin tärkeä ottaa nämä haitalliset ympäristövaikutukset huomioon. Suuremman virkistyskäytön rannoilla Zielenski ym. (2019) ovat esittäneet ratkaisuksi rannan jakamista osiin, joista toinen on suuremmassa ihmiskäytössä kuin toinen ja toinen puolestaan jätetään luontaiseksi. Tällöin enemmän luontainen osa jätettäisiin sekä manuaalisesti että myös harvemmin siivottavaksi (2019: 397).

Pitkäaikainen ratkaisu siihen, miten roskien aikaansaamat haitalliset vaikutukset rantaympäristöissä voisi estää, olisi estää niiden saapuminen rantaympäristöön alun perinkään (Carson ym. 2011: 1712). Poeta ym. (2016: 236) esittävät tähän hyvänä keinona rannoille päätyvien roskien lähteiden tunnistamisen. Sillä asutusten läheisyys rantoihin vaikuttaa aiemmin esitetyllä tavalla siihen, paljonko ja minkälaisia roskia rannoilta löytyy, olisi jätehuollon edistäminen myös rantojen ulkopuolella tehokas keino vähentää rantojen roskaongelmaa. Kun urbaanin jätteenhuollon ongelmat voidaan tunnistaa, niitä edistämällä voidaankin Poetan ym. (2016: 236) mukaan vähentää esimerkiksi juuri rannoille kulkeutuvan jätteen määrää. Ryan ym. (2021: 8) tuovat myös esimerkkinä esille sen, miten laivojen jätehuolto saatetaan edelleen toteuttaa yksinkertaisesti heittämällä roskat mereen, vaikka se on laitonta. Myös laivojen jätehuollon tarkempi valvonta saattaisi siis vähentää roskien kulkeutumista rannoille.

Hallinnollisten keinojen lisäksi roskien päätymistä rantaympäristöihin voidaan pyrkiä estämään käytösmaalleja muuttamalla. Kuten aikaisemmin tuotiin esille, rannoilla tapahtuvasta suorasta roskaamisesta suurin osa tapahtuu virkistyskäyttäjien toimesta. Sen lisäksi, että virkistyskäyttäjien toimesta tapahtuvaan roskaamiseen voi vaikuttaa esimerkiksi jäteastioiden puute, myös roskaamisen ympäristövaikutuksiin liittyvä tietoisuuden puute voi vaikuttaa tähän. Onkin havaittu, miten roskaamisen haittavaikutuksiin liittyvän tietoisuuden lisäämiseen pyrkivät kampanjat puolestaan ovat osoittautuneet tehokkaiksi keinoiksi vähentää rantakäyttäjien toimesta tapahtuvaa roskaamista (Grelaud & Ziveri 2020: 7; Ryan ym. 2021: 7).

Lieventämiseen pyrkivien toimenpiteiden tavoite on vähentää roskien haitallisia vaikutuksia rantaympäristöissä. Tämä voidaan saavuttaa lisäämällä ranta-alueiden ekosysteemien resilienssiä, jolloin rannat ja rantadyynit voisivat paremmin kestää prosesseissaan tapahtuvia häiriöitä. Kuten aikeisemmin esitettiin, roskien näkökulmasta kaikista haavoittuvaisimpia ovat ne rannat, jotka sijaitsevat lähellä ihmisasutuksia tai satama-alueita ja joissa tapahtuu paljon erilaista ihmistoimintaa tai maanmuokkaamista. Tämän lisäksi ympäristöllisistä piirteistä muun muassa rannan koko ja muoto sekä ympäristötekijöiden kausittaiset vaihtelut voivat lisätä rantojen haavoittuvuutta. Kaikista haavoittuvimpiin rantoihin

kannattaisikin kohdistaa erilaisia hallintakeinoja, kuten esimerkiksi rannoilla tapahtuvan virkistyskäytön rajoittamista, etenkin kausina, jolloin joko roskaaminen tai ympäristötekijöiden aikaansaama eroosio on voimakkainta. Sen lisäksi, että myös roskat vaikuttavat rantaekosysteemien resilienssiin, vaikuttaa siihen myös muut tekijät. Muun muassa ääni- ja valosaaste, ranta-alueille rakentaminen sekä tallaaminen vaikuttavat rantaympäristöjen monimuotoisuuteen niitä heikentäen (Zielinski ym. 2019: 394). Jotta kaikista haavoittuvaisimpiin rantaympäristöihin kohdistuvia haittavaikutuksia voidaan lieventää, onkin tärkeää vähentää roskaamisen lisäksi myös muunlaista niihin kohdistuvaa ja esimerkiksi juuri näitä edellä mainittujen tekijöiden aikaansaamaa paineita.

Rantaympäristöjen resilienssiä voidaan myös lisätä ympäristötekijöiden kautta. Martínez ym. (2006: 113–115) kuvaavat, miten rantaympäristöissä tapahtuvien palauttamistoimenpiteiden tulisi keskittyä luonnollisen dyyninmuodostusprosessin edistämiseen sekä alkuperäiseen lajistoon kuuluvien lajien esiintymisen lisäämiseen. Koska esimerkiksi vieraslajit heikentävät merkittävästi tähän luonnollisessa dyyninmuodostusprosessissa olevan kasvillisuuden esiintymistä, niiden hävittämiseen keskittyvät toimet voisivat auttaa edistämään rantaympäristöjen ekosysteemien kestävyyttä. Koska ranta- ja rantadyyniympäristöt toimivat muiden rannikoiden ekosysteemien kanssa vastavuoroisesti keskenään, pystytään rantojen ja rantadyynien ekosysteemeiden resilienssiä kasvattamaan myös kiinnittämällä huomiota näiden muiden ympäristöjen elinvoimaisuuteen (Barbier ym. 2011: 186). Samalla ranta- ja rantadyyniympäristöjen resilienssin edistäminen auttaa edistämään myös näiden muiden rannikkoekosysteemien resilienssiä. Tämä on entistä tärkeämpää ilmastonmuutoksen yhä lisätessä kaikkiin näihin ympäristöihin kohdistuvan paineen määrää.

6. Lähdeluettelo

- Acosta, A., Carranza, M. & Izzi, C. (2009). Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and conservation* 18(4), 1087–1098. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9454-9>
- Andriolo, U. & Gonçalves, G. (2022). Is coastal erosion a source of marine litter pollution? Evidence of coastal dunes being a reservoir of plastics. *Marine pollution bulletin* 174 113307. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113307>
- Araújo, M. & Costa, M. (2019). A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental research* 172, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.005>
- Barbier, E., Hacker, S., Kennedy, C., Koch, E., Stier, A. & Silliman, B. (2011). The value of estuaries and coastal ecosystem services. *Ecological monographs* 81(2), 169–193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Brown, A. C. & McLachlan, A. (2006a). The Physical Environment. Teoksessa *The ecology of sandy shores*. 2. p. Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372569-1.X5000-9>
- Brown, A. C. & McLachlan, A. (2006b). Coastal dune ecosystems and dune/beach interactions. Teoksessa *The ecology of sandy shores*. 2. p. Academic press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372569-1.X5000-9>
- Carson, H., Colbert, S., Kaylor, M. & McDermid, K. (2011). Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine pollution bulletin* 62(8), 1708–1713. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>
- Corcoran, P., Biesinger, M. & Grifi, M. (2009). Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine pollution bulletin* 58(1), 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.08.022>
- Cresta, E. & Battisti, C. (2021). Anthropogenic litter along a coastal-wetland gradient: Reed-bed vegetation in the backdunes may act as a sink for expanded polystyrene. *Marine pollution bulletin* 172, 112829. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112829>
- Davenport, J. & Davenport, J. (2006). The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. *Estuarine, coastal and shelf science* 67(1) 280–292. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.11.026>
- De Francesco, M., Carranza, M., Varricchione, M., Tozi, F. & Stanisci, A. (2019). Natural protected areas as special sentinels of littering on coastal dune vegetation. *Sustainability* 11(19), 5446. <https://doi.org/10.3390/su11195446>

- Deudero, S. & Alomar, C. (2015). Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine pollution bulletin* 98(1–2), 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.012>
- Drius, M., Malavasi, M., Acosta, A., Ricotta, C. & Carranza, M. (2013). Boundary-based analysis for the assessment of coastal dune landscape integrity over time. *Applied geography (Sevenoaks)* 45(1–2) 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.08.003>
- Drius, M., Carranza, M., Stanisci, A. & Jones, L. (2016). The role of Italian coastal dunes as carbon sinks and diversity sources. A multi-service perspective. *Applied geography* 75, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.08.007>
- Euroopan Unionin vieraslajiasetus (114/2015). Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R1143&from=FI#d1e39-35-1>
- Fauziah, SH., Liyana, IA. & Agamuthu, P. (2015). Plastic debris in the coastal environment: The invincible threat? Abundance of buried plastic debris on Malaysian beaches. *Waste management & research* 33(9), 812–821. <https://doi.org/10.1177/0734242X15588587>
- Garcia-Vazquez, E., Cani, A., Diem, A., Ferreira, C., Geldhof, R., Marques, L.,... & Perché, S. (2018). Leave no traces – Beached marine litter shelters both invasive and native species. *Marine pollution bulletin* 131(Pt A) 314–322. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.037>
- Gregory, M. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings – entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological sciences* 364(1526). <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0265>
- Grelaud, M. & Ziveri, P. (2020). The generation of marine litter in Mediterranean island beaches as an effect of tourism and its mitigation. *Scientific reports* 10(1), 20326. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77225-5>
- Haseler, M., Balciunas, A., Hauk, R., Sabaliauskaite, V., Chubarenko, I., Ershova, A. & Schernewski, G. (2020). Marine litter pollution in Baltic sea beaches – application of the sand rake method. *Frontiers in environmental science* 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.599978>
- Hellmann, J., Byers, J., Bierwagen, B. & Dukes, J. (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species: a synthesis of climate-change effects on aquatic invasive species. *Conservation biology* 22(3), 534–543.

- Jackson, D., Costas, S., Conzáles-Villanueva, R. & Cooper, A. (2019). A global ‘greening’ of coastal dunes: An integrated consequence of climate change? *Global and planetary change* 182, 103026. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.103026>
- Laist, D. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine pollution bulletin* 18(6), 319–326. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80019-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80019-X)
- MacLeod, M., Arp, H., Tekman, M. & Jahnke, A. (2021) The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65. <https://doi.org/10.1126/science.abg5433>
- Martínez, M., Gallego-Fernández, J., García-Franco, J., Moctezuma, C. & Jiménez, C. (2006). Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental conservation* 33(2), 109–117. <https://doi.org/10.1017/S0376892906002876>
- McArdle, S. & McLachlan, A. (1992). Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. *Journal of coastal research* 8(2), 398–407.
- Menicagli, V., Balestri, E., Vallerini, F., Castelli, A. & Lardicci, C. (2019a). Adverse effects of non-biodegradable and compostable plastic bags on the establishment of coastal dune vegetation: first experimental evidences. *Environmental pollution* 252, 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.108>
- Menicagli, V., Balestri, E. & Lardicci, C. (2019b). Exposure of coastal dune vegetation to plastic bag leachates: A neglected impact of plastic litter. *The Science of the total environment* 683, 737–748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.245>
- Menicagli, V., Balestri, E., Fulignati, S., Raspolli Galletti, A. & Lardicci, C. (2023). Plastic litter in coastal sand dunes: Degradation behavior and impact on native and non-native invasive plants. *Environmental pollution* 316, 120738. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120738>
- Mo, Alessio, D’Antraccoli, M., Bedini, G. & Ciccarelli, D. (2021). The role of plants in the face of marine litter invasion: a case study in an Italian protected area. *Marine pollution bulletin* 169, 112544. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112544>
- Oigman-Pszczol, S. & Creed, J. (2007). Quantification and classification of marine litter on beaches along Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of coastal research* 23(2), 421–428. [https://doi.org/10.2112/1551-5036\(2007\)23\[421:QACOML\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2112/1551-5036(2007)23[421:QACOML]2.0.CO;2)
- Poeta, G., Battisti, C. & Romiti, F. (2015). Discarded bottles in sandy coastal dunes as threat for macro-Invertebrate populations: first evidence of a trap effect. *Life and environment* 65(3), 125–127. <https://doi.org/10.3390/su11195446>

- Poeta, G., Conti, L., Malavasi, M., Battisti, C. & Acosta, A. (2016). Beach litter occurrence in sandy littorals: The potential role of urban areas, rivers and beach users in central Italy. *Estuarine, coastal and shelf science* 181, 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.041>
- Poeta, G., Fanelli, G., Pietrelli, L., Acosta, A. & Battisti, C. (2017). Plastisphere in action: evidence for an interaction between expanded polystyrene and dunal plants. *Environmental science and pollution research international* 24(12) 11856–11859. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8887-7>
- Rech, S., Borrell Pichs, Y. & García-Vazquez, E. (2018). Anthropogenic marine litter composition in coastal areas may be a predictor of potentially invasive rafting fauna. *PLoS one* 13(1), e0191859. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191859>
- Robbe, E., Woelfel, J., Balčiūnas & Schernewski, G. (2021). An impact assessment of beach wrack and litter on beach ecosystem services to support coastal management at the Baltic sea. *Environmental management (New York)* 68(6), 835–859. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01533-3>
- Ryan, P., Moore, C., van Franeker, J. & Moloney, C. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences* 364(1526) 1999–2012. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0207>
- Ryan, P., Weideman, E., Perold, V., Hofmeyr, G. & Connan, M. (2021). Message in a bottle: Assessing the sources and origins of beach litter to tackle marine pollution. *Environmental pollution* (1987) 288, 117729. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117729>
- Santoro, R., Carboni, M., Carranza, M. & Acosta, A. (2012). Focal species diversity patterns can provide diagnostic information on plant invasions. *Journal for nature conservation* 20(2), 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2011.08.003>
- Schaeffler, T., Dugan, J., Schoeman, D., Lastra, M., Jones, A., Scapini, D.,... & Defeo, O. (2007). Sandy beaches at the brink. *Diversity & distributions* 13(5), 556–560. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00363.x>
- Šilc, U., Kuzmič, F., Caković, D. & Stešević, D. (2018). Beach litter along various sand dune habitats in the southern Adriatic (E Mediterranean). *Marine pollution bulletin* 128, 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.045>
- Solbakken, V., Kleiven, S. & Haarr, M. (2022). Deposition rates and residence time of litter varies among beaches in the Lofoten archipelago, Norway. *Marine pollution bulletin* 177, 113533. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113533>

- Vousdoukas, M., Ranasinghe, R., Mentaschi, L., Plomaritis, T., Athanasiou, P.,... & Feyen, L. (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature climate change* 10(3) 260–263. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0697-0>
- Yamashita, R., Hiki, N., Kashiwada, F., Takada, H., Mizukawa, K., Hardesty, B.,... & Watanuki, Y. (2021). Plastic additives and legacy persistent organic pollutants in the preen gland oil of seabirds sampled across the globe. *Environmental monitoring and contaminants research* 1, 97–112. <https://doi.org/10.5985/emcr.20210009>
- Zettler, E., Mincer, T. & Amaral-Zettler, L. (2013). Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Environmental science & technology* 47(13), 7137–7146. <https://doi.org/10.1021/es401288x>
- Zielinski, S., Botero, C. & Yanes, A. (2019). To clean or not to clean? A critical review of beach cleaning methods and impacts. *Marine pollution bulletin* 139, 390–401. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.027>