



MAANKÄYTÖN KASVIHUONEVAIKUTUKSET SEINÄJOELLA

Ari Koski

Opinnäytetyö

Toukokuu 2008



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**
Luonnonvarainstituutti

Tekijä(t) KOSKI, Ari	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 38	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____saakka	
Työn nimi MAANKÄYTÖN KASVIHUONEVAIKUTUKSET SEINÄJOELLA		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) YLI-PETÄYS, Mika; KORHONEN, Pirjo; RIIHINEN, Arto		
Toimeksiantaja(t) Seinäjoen seudun terveysyhtymä / Ympäristöosasto		
Tiivistelmä <p>Kunnat ovat avainasemassa Suomen kestävän ilmastopolitiikan toteutumisessa. Kunnat määräävät pitkälle yhdyskuntasuunnittelusta, vastaavat paikallisliikenteestä ja käyttävät huomattavia summia julkisiin hankintoihin. Seinäjoen kaupunki on kaupunginhallituksen päätöksellä käynnistänyt alueellisen ilmastostrategian valmistelun. Tässä työssä selvitetiin maankäytön kasvihuonevaikutukset ilmastostrategiaa varten.</p> <p>Opinnäytetyössä laskettiin tulevan Seinäjoen kaupungin, eli Seinäjoen, Ylistaron ja Nurmon maankäytön vuotuiset kasvihuonekaasutaseet. Alueelta kartoitettiin metsämaan, maatalousmaan, ruohikkoalueiden ja kosteikkojen, eli turvetuotantoalueiden ja tekoaltaiden pinta-alat. Näille maankäyttöluokille laskettiin kasvihuonekaasutaseet päästökertoimien avulla. Kertoimet perustuivat kansallisiin tutkimuksiin tai hallitustenvälisen ilmasto-paneelin vuoden 2003 ohjeiden oletuspäästökertoimiin. Lisäksi selvitettiin puuston vuotuinen kasvu ja hakkuupoistuma, jolloin voitiin laskea puustoon sitoutuva hiili.</p> <p>Seinäjoen alueella metsätalous on merkittävin soiden maankäyttömuoto. Lisäksi erityisesti Seinäjoen eteläosassa on huomattava määrä suopeltoja ja turvetuotantoalueita. Näiden alueiden maaperän orgaanisen aineen hapellisesta hajotuksesta vapautuva hiilidioksidi muodostaa suurimman osan Seinäjoen alueen maankäytön kasvihuonevaikutuksesta. Tässä tutkimuksessa maankäytön vuotuinen kasvihuonekaasupäästö hiilidioksidiekvivalenttina oli 415 009 tonnia. On kuitenkin huomioitava, että maankäytön kasvihuonevaikutuksiin ihmisellä on vain rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa. Mikäli Seinäjoen alueen kaikki eloperäiset pellot olisivat nurmiviljelyssä, vuotuinen hiilidioksidipäästö lasisi noin 64 000 tonnilla. Myös metsien hoidolla voitaisiin parantaa puuston kasvua ja näin lisätä hiilen sidontaa ilmakehästä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Ilmastonmuutos, kasvihuonekaasut, maankäytön kasvihuonevaikutus		
Muut tiedot		

Author(s) KOSKI, Ari	Type of Publication Bachelor's Thesis	
	Pages 38	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until _____	
Title IMPACTS OF LAND USE ON THE GREENHOUSE EFFECT AT SEINÄJOKI		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) YLI-PETÄYS, Mika, KORHONEN, Pirjo, RIIHINEN, Arto		
Assigned by Health Center of Seinäjoki / Environment department		
<p>Abstract</p> <p>In Finland, local authorities have an important role in mitigating climate change. Local authorities decree about infrastructure planning and being responsible for local transport they may significantly contribute to reducing greenhouse gas emissions. Decided by the city board, Seinäjoki has started preparing a regional climate strategy. In this study impacts of land use on the greenhouse effect were defined for the climate strategy.</p> <p>The aim of this study was to estimate the greenhouse gas emissions and sinks of land use at Seinäjoki region. Surface areas of forestry, cropland, grassland and wetland were defined. Greenhouse gases were calculated for these categories using emission factors. Factors were based on national researches or on Intergovernmental Panel on Climate Change default emission factors. Also annual increments and outturn and slash the growing stock were defined for calculating the carbon combined uptake to the living biomass.</p> <p>At Seinäjoki region, forestry is the most significant type of land use the drained peatlands. In addition, there are considerable amounts of organic soil croplands and peat extraction fields especially in the southern parts of Seinäjoki. On these areas, decomposition of the organic matter on the soil forms the biggest deteriorations in the carbon balance. In this study, annual greenhouse gas emissions of the land use were 415 009 tons carbon dioxide equivalent. However, it should be considered, that there are only limited possibilities to affect on the impacts on the greenhouse gas emissions of the land use. If all the organic soil of croplands were cultivated to grass, the carbon dioxide release would decrease 64 000 tons. Also good forest management would improve the increment of the living biomass and so increase the carbon uptake from atmosphere.</p>		
Keywords Greenhouse effect, greenhouse gases, impact of land use on the climate		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	4
2	ILMASTOMUUTOS JA SEN TORJUNTA.....	5
2.1	Ilmastonmuutos.....	5
2.1.1	YK:n ilmastosopimus ja Kioton pöytäkirja.....	6
2.1.2	IPCC.....	7
2.2	Hiilen kierto.....	7
2.3	Typhen kierto.....	8
2.4	Kasvihuonekaasut.....	9
2.4.1	Hiilidioksidi (CO ₂).....	9
2.4.2	Metaani (CH ₄).....	10
2.4.3	Typpioksiduuli (N ₂ O).....	11
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	11
3.1	Maankäytön pinta-alatietojen kartoittaminen.....	11
3.2	Kasvihuonekaasutaseiden laskeminen.....	12
3.3	Metsämaa.....	12
3.4	Maatalousmaa.....	16
3.5	Ruohikkoalueet.....	20
3.6	Turvetuotantoalueet.....	21
3.7	Tekoaltaat.....	23
3.8	Rakennetut alueet ja kokonaispinta-ala.....	24
4	TULOKSET.....	26
4.1	Metsämaa.....	26
4.2	Maatalousmaa.....	27
4.3	Ruohikkoalueet.....	29
4.4	Turvetuotantoalueet ja tekoaltaat.....	29
4.5	Yhteenveto.....	31
5	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	35

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Seinäjoen alueen kangasmetsät ja suot, hehtaareina (Valtakunnan metsien inventointi 9.).....	13
TAULUKKO 2. Eri turvekangastyypin pinta-alat hehtaareina. Vatk _g = varpaturvekangas, Ptk _g = puolukkaturvekangas, Mtk _g = mustikkaturvekangas ja Rhtk _g = ruohoturvekangas.(Ihalainen 2008.).....	14
TAULUKKO 3. Kasvihuonekaasujen vuotuisia päästöjä metsäojitettujen soiden maahengityksestä.Yhteenlaskettu CO ₂ -ekvivalentti on laskettu 100 vuoden GWP-muuntokertoimella (GWP[CH ₄] = 23; GWP[N ₂ O] = 296). Negatiiviset arvot tarkoittavat yhdisteen nettosidontaa ilmakehästä maaperään. (Alm ym. 2007, 47.).....	15
TAULUKKO 4. Seinäjoen alueen maatalousmaa vuonna 2007 (Matilda-tietopalvelu.).....	17
TAULUKKO 5. Seinäjoen alueen maatalousmaiden maalajisuhteet (Viljavuuspalvelu Oy).....	18
TAULUKKO 6. Hiilivarannon muutoskertoimet (IPCC 2003, 3.77.).....	19
TAULUKKO 7. Seinäjoen alueen turvetuotantoalueet ja käytöstä poistuneet suonpohjat (hehtaareina) (VAHTI, 2006.).....	21
TAULUKKO 8. Päästökertoimet (kg CO ₂ -ekv. /ha/v) turvetuotantoalueille (Statistics Finland 2006, 178.).....	22
TAULUKKO 9. Seinäjoen alueen tekoaltaat (Ympäristön tila Länsi-Suomessa 1998, 198).....	23
TAULUKKO 10. Seinäjoen alueen metsien hiilitase (t/v).....	26
TAULUKKO 11. Kasvihuonekaasutaseet maankäyttöluokittain Seinäjoen alueella.....	31

KUVIOT

KUVIO 1. Rakennetun alueen prosentuaalinen osuus ruuduittain ja pinta-alat hehtaareina (Leppäkangas 2008.).....	25
KUVIO 2. Peltojen pinta-alat ja hiilidioksiditaseet kunnittain (Leppäkangas 2008.).....	28
KUVIO 3. Ruohikkoalueiden hiilidioksidipäästöt.....	29
KUVIO 4. Turvetuotantoalueiden kasvihuonekaasupäästöt kunnittain (CO ₂ -ek-	

	3
vivalenttonnia vuodessa).....	30
KUVIO 5. Tekoaltaiden hiilidioksidi- ja metaaniemissiot.....	30
KUVIO 6. Eri maankäyttöluokkien osuudet kasvihuonevaikutuksista Seinäjoen alueella.....	31

1 JOHDANTO

Maapallon lämpötila nousee nykyisin voimakkaammin kuin se nousisi luontaisesti. Ihminen on lisännyt ilmakehän kasvihuonekaasujen määrää ja näin voimistanut kasvihuoneilmiötä esimerkiksi polttamalla fossiilisia polttoaineita ja hävittämällä metsiä. Ellei fossiilisia polttoaineita korvata maailmanlaajuisesti, vuoteen 2100 mennessä ilmakehän hiilidioksidipitoisuudet kaksinkertaistuvat. Ilmaston lämpenemisestä aiheutuu monia muita muutoksia. Esimerkiksi monilla alueilla vettä haihtuu ja sataa aiempaa enemmän. Erityisen uhkaavaksi ilmastomuutoksen tekee sen mahdollinen vahvistava vaikutus muihin haitallisiin kehityskulkuihin, kuten myrskyihin, kuivuuteen ja muihin säiden ääri-ilmiöihin. (Hakala & Välimäki 2003, 87-101.)

Ilmastomuutoksen hillitsemiseksi on solmittu kansainvälisiä sopimuksia. Tärkein näistä on vuonna 1994 voimaan astunut YK:n ilmastosopimus, jonka tavoitteena on palauttaa kasvihuonekaasujen määrä vaarattomalle tasolle. Sopimus myös velvoittaa osapuolimaita selvittämään kasvihuonekaasupäästönsä ja -nielunsa sekä rapotoimaan niistä YK:n sihteeristölle. Ilmastosopimus ei kuitenkaan sisältänyt päästövähennystavoitteita, vaan se loi pohjan jatkoneuvotteluille. Ilmastosopimuksen kolmannessa osapuolikokouksessa vuonna 1997 luotiin Kioton pöytäkirja, jossa sovittiin teollisuusmaiden päästövähennyksistä. (Ympäristöministeriö 2008.)

Seinäjoen kaupunginhallitus päätti 8.10.2007 vihreiden valtuustoryhmän aloitteesta käynnistää alueellisen ilmastostrategian valmistelun. Ilmastostrategiasa kunta kartoittaa ensin syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ja laatii ennusteen päästökehityksestä. Sen jälkeen kunnan tulee asettaa päästötavoite ja laatia suunnitelma sen tavoittelemiseksi. (Kyykkä 2007.)

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Seinäjoen alueen maankäytön kasvihuonevaikutukset ilmastostrategiaa varten. Alueelta kartoitettiin metsämaan, maatalousmaan, ruohikkoalueiden, turvetuotantoalueiden ja tekoaltaiden pinta-alat. Näille maankäyttöluokille on laskettu kasvihuonekaasutaseet kansallisista tutkimuksista saaduilla päästökertoimilla tai hallitustenvälisen ilmastomuutos-

paneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) oletuspäästö-kertoimilla. Lisäksi työssä on selvitetty vuotuinen puuston kasvu ja hakkuu-poistuma, jolloin saatiin laskettua puustoon sitoutuva hiili.

Työssä tutkitaan uuden Seinäjoen kaupungin maankäytön kasvihuonekaasu-päästöjä, sillä 1.1.2009 Nurmon ja Ylistaron kunta sekä Seinäjoen kaupunki lakkautetaan ja tilalle perustetaan uusi Seinäjoen kaupunki. Myös ilmastostrategia tehdään uuden Seinäjoen kaupungin alueelle.

Opinnäytetyön tilasi Seinäjoen seudun terveystyön ympäristöosasto, jonka ympäristönsuojelupäällikkö Pirjo Korhonen on valittu ilmastostrategiatoimikunnan jäseneksi. Työn ohjaajana toimivat vs. ympäristönsuojelutarkastaja Mika Yli-Petäys ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutista Arto Riihinen.

2 ILMASTOMUUTOS JA SEN TORJUNTA

2.1 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan käynnissä olevaa maanpallon ilmasto-oloissa tapahtuvaa pitkän aikavälin muutosta. Ilmastonmuutokseen vaikuttavat sekä ihmistoiminta että siitä riippumattomat ilmiöt, kuten auringon säteilymäärän muutokset. Pääasiassa ilmastonmuutos kuitenkin johtuu kasvihuoneilmiön voimistumisesta, eli niin sanottujen kasvihuonekaasujen lisääntymisestä. (Hakala & Välimäki 2003, 87-88.)

Ilmakehä läpäisee auringosta säteilevän valon, mutta vangitsee osan säteilystä lämmöksi maapallolle. Kasvihuonekaasut estävät lämpösäteilyn karkaamisen avaruuteen, eli ilmakehä toimii tavallaan kuten lasikatto, joka pitää kasvihuoneessa lämmön sisällä. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon keskilämpötila olisi noin -18 astetta nykyisen +15 sijaan. Kuitenkin maapallon lämpötila on

sitä lämpimämpi, mitä enemmän kasvihuonekaasuja on. Tähän ilmiöön perustuu huoli siitä, että vapauttaessaan hiilidioksidia ja muita kasvihuonekaasuja ihminen kiihdyttää kasvihuoneilmiötä. (Keskitalo 2005, 15-16.)

2.1.1 YK:n ilmastopöytäkirja ja Kioton pöytäkirja

YK:n ilmastomuutosta koskeva puitesopimus, eli niin sanottu ilmastopöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1992. Suomi ratifioi sopimuksen vuonna 1994. Sopimuksen perimmäisenä tavoitteena on ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien vakauttaminen sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminnasta aiheudu vaarallista häiriötä ilmastojärjestelmässä. Sopimus muun muassa velvoittaa osapuolimaat selvittämään vuosittain kasvihuonekaasupäästöjensä määrän ja raporttoimaan niistä sopimuksen sihteeristölle. (Valtiosopimus 61/1994.)

YK:n ilmastopöytäkirja ei velvoittanut käytännön toimiin, vaan sen avulla luotiin puitteet jatkoneuvotteluille. Kolmannessa osapuolikokouksessa Kiotossa vuonna 1997 sovittiin teollisuusmaiden päästövähennyksistä. Kioton pöytäkirjan mukaan teollisuusmaiden tulee vähentää hiilidioksidin, metaanin, typpioksiduulin ja halogenoitujen hiilivetyjen päästöjä keskimäärin 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasoon verrattuna. Päästövähennyksiin on päästävä tavoitekautena 2008-2012. (Hakala & Välimäki 2003, 107.)

Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan muiden Euroopan Unionin jäsenmaiden kanssa vuonna 2002. EU:n yhteinen päästövähennysvelvoite vuoden 1990 tasosta on 8 prosenttia. Tämä on edelleen jaettu maakohtaisiksi velvoitteiksi EU:n sisäisen taakanjakosopimuksen mukaisesti. Suomen velvoitteena on pitää päästöt tavoitekautena 2008-2012 keskimäärin vuoden 1990 tasolla. (Ympäristöministeriö 2007.)

Kioton pöytäkirjaan sisältyy ns. joustomekanismeja eli Kioton mekanismeja. Niitä ovat yhteistoteutus, puhtaan kehityksen mekanismi ja päästökauppa. **Yhteistoteutuksessa** teollisuusmaa rahoittaa toisen teollisuusmaan tai siirtymätalousmaan kasvihuonekaasujen päästöjä vähentäviä tai nieluja lisääviä hank-

keita ja siirtää omaan käyttöönsä hankkeesta saatuja päästövähennysyksiköitä. **Puhtaan kehityksen mekanismissa** teollisuusmaa rahoittaa kehitysmaan päästövähennyshankkeita tai nieluja lisääviä hankkeita ja saa siirtää käyttöönsä hankkeesta saadut päästövähennykset. **Päästökaupassa** päästömääränsä ylittänyt voi ostaa päästömääränsä alittaneelta teollisuusmaalta päästöoikeuksia. (Ympäristöministeriö 2008.)

2.1.2 IPCC

Päätöksenteon tueksi Maailman ilmatieteellinen järjestö (World Meteorological Organisation, WMO) ja YK:n ympäristöohjelma (UN Environment Programme, UNEP) perustivat vuonna 1988 hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). IPCC:n päätehtävänä on kerätä ja arvioida julkaistua tieteellistä tietoa ilmastomuutoksesta, sen vaikutuksista ja muutosten hillitsemisestä. IPCC siis kerää yhteen jo olemassa olevaa tutkimusta, eikä itse tutki. (Ympäristöministeriö 2008.)

Noin viiden vuoden välein IPCC julkaisee arviointiraportteja, joissa arvioidaan ilmaston tilaa, sen kehityssuunnista ja ilmastomuutoksen vaikutuksia. IPCC julkaisee myös erikoisraportteja, joissa on tietoa tietyltä osa-alueelta. Tuorein erikoisraportti käsittelee hiilen talteenottoa ja varastointia. Lisäksi IPCC laatii ohjeistoja kasvihuonekaasupäästöjen laskemiseen. (Mt.)

2.2 Hiilen kierto

Ilmassa olevan hiilidioksidin sisältämä hiili sitoutuu, kun kasvit yhteyttäessään ottavat sen omiin rakenteisiinsa. Kasvien perustuotannosta kasvinsyöjät ja pedot ottavat oman osansa, käyttäen hiiltä ylläpitoon, kasvamiseen ja lisääntymiseen. Aineenvaihduntatuotteiden sisältämä hiili palaa takaisin kiertoon hengityksen ja ulosteiden kautta. Lopulta kuolleet perustuottajat ja kuluttajat päätyvät hajottajaorganismien käsittelyyn, jolloin niiden sisältämä hiili vapautuu ilmakehään. (Hanski ym. 1998, 61-62.) Biomassan ja ilmakehän välillä siirtyvää hiiltä kutsutaan nopeakiertoiseksi hiileksi. Kylmissä ja vähähappisissa olosuh-

teissa hajoaminen hidastuu. Tämän vuoksi soihin ja järvien pohjiin kertyy eloperäistä ainesta ja siihen sitoutunutta hiiltä. (Hakala, Välimäki 2003, 92-93.)

Kaikesta maapallolla olevasta hiilestä vain pieni osa on mukana nopeassa kierrossa. Valtaosa hiilestä on varastoitunut maaperän karbonaatteihin ja fossiilisiin polttoaineisiin. (Hakala, Välimäki 2003, 94.) Kivihiilikaudella suoalueiden kasvijäänteistä kerrostui sedimenttikerroksia, jotka vuoripoimutusten yhteydessä joutuivat kovaan paineeseen ja kuumuuteen. Kasvimassa puristui kivihiileksi, jota ihminen on käyttänyt energialähteenä vapauttaen samalla hiiltä takaisin ilmakehään. (Hanski ym. 1998, 62-63.)

Yksi valtava hiilivaranto löytyy syvältä valtameren vesimassoista. Pintavesistä vajoavien vesimassojen ja eloperäisen aineksen mukana vajoaa merten syvyyskerroksiin myös hiiltä. Hiiltä poistuu syvänteistä virtausten mukana pintakerrokseen ja sedimentoitumalla pohjaan. (Hakala, Välimäki 2003, 94.)

2.3 Typen kierto

Typpi on kaikkien proteiinien rakenneosa ja näin elämälle välttämätön. Ilmakehässä typpeä on noin 78 prosenttia kaasutilavuudesta, mutta vain eräät bakteerit ja levät pystyvät sitä hyödyntämään. Näin se on melkein aina kasvien tuotantoa rajoittava ravinne. Typensitojabakteerien ilmakehästä sitoman typen lisäksi kasvit saavat typpeä kuolleista eliöistä ja eläinten ulosteesta. (Hanski ym. 1998, 63-64.)

Ilmakehässä olevan typpikaasun ensimmäinen vaihe, sitoutuminen orgaanisiin yhdisteisiin (typpifiksaatio) tapahtuu esimerkiksi herneen juurinyströissä, joiden sisältämät mikrobit pystyvät pelkistämään typpikaasua ammoniakiksi. Mikäli mikro-organismit toimivat välittäjinä, hapettuu ammoniakki nitraatiksi niin sanotussa nitrifikaatioprosessissa. Typpikaasun ammoniakiksi pelkistymisen ja ammoniakin hapettuminen nitraatiksi muodostamalle prosessille vastakkainen on denitrifikaatio. Siinä mikro-organismien välittämänä nitraatit muuntuvat typpikaasuiksi, kuten kasvihuonekaasunakin tunnetuksi typpioksiduuliksi. Pieniä määriä typpioksiduulia muodostuu myös nitrifikaatioprosessissa. (Pertilä

2007.)

Koska typpi on yleensä kasvua rajoittava tekijä, lisätään sitä maanviljelyksessä maaperään keinolannoitteina ja orgaanisena aineksena. Ihminen lisää nykyään maaperään typpeä määrän, joka vastaa puolta luonnollisesta typensidonnasta. Typpeä siis vapautuu ilmakehään, varastoituu maaperään tai pohjavesiin tai kulkeutuu pintavesien mukana meriin yhä enemmän. (Hanski ym. 1998, 64.)

2.4 Kasvihuonekaasut

Kasvihuonekaasuilla tarkoitetaan kaasumaisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat maapallon kasvihuoneilmistöön. Kasvihuonekaasuista merkittävin on vesihöyry (H_2O). Sen määrään ihminen vaikuttaa lähinnä vain välillisesti, eikä sitä yleensä oteta mukaan kasvihuonekaasulaskelmiin. Muita kasvihuonekaasuja ovat muun muassa hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O) ja CFC-yhdisteet. Näistä hiilidioksidia, metaania ja typpioksiduulia pidetään yleisesti merkittävimpinä kasvihuonekaasuina. (Hakala, Välimäki 2003, 89-99.)

2.4.1 Hiilidioksidi (CO_2)

Verrattuna esiteolliseen aikaan, ihminen on lisännyt lähes kolmanneksella ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Pitoisuus oli 1800-luvun alussa 280 ppm (parts per million, miljoonasosa), kun 2000-luvun vaihteessa pitoisuus oli miltei 370 ppm. Eniten ihminen muuttaa ilmastoa polttamalla fossiilisiin polttoaineisiin, kuten öljyyn ja kivishiileen, varastoitunutta hiiltä takaisin ilmakehään. Lisäksi metsien hävittäminen on vähentänyt hiilinielujen määrää ja näin merkittävästi lisännyt ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. (Hakala, Välimäki 2003, 89-95.)

Myös maankäytöllä voi olla vaikutusta hiilidioksidin vapautumiseen ilmakehään. Maankäytön muutos, kuten suon ojitus, voi muuttaa voimakkaasti kasvihuonekaasujen virtoja muuttamalla kasvillisuuden hiilensidontakykyä ja maa-

mikrobien kykyä vapauttaa hiiltä hajotuksessa. Vedenpinnan laskiessa ja näin hapellisen turvekerroksen kasvaessa orgaanisen aineen hajotus kiihtyy ja hiilidioksidia vapautuu ilmakehään. (Selin 1999, 112-115.)

2.4.2 Metaani (CH₄)

Hapettomassa hajoamisessa syntyy metaania. Sitä syntyy muun muassa märehtijöiden ruuansulatuksessa ja kaatopaikkojen eloperäisen aineen hajoamisessa. Eniten ihmisen toiminnasta aiheutuu metaanipäästöjä riisin viljelyssä, joka yleensä tapahtuu veden valtaamalla pelloilla. On arvioitu, että ihmisen toiminnan seurauksena ilmakehän metaanipitoisuus on kasvanut 150 prosenttia vuoteen 2000 mennessä. (Hakala, Välimäki 2003. 95-97.)

Myös luonnontilainen suo päästää metaania ilmakehään. Osa suohon varastoituneesta hiilestä palaa ilmakehään metaanina hapettomissa olosuhteissa tapahtuvan mikrobitoiminnan seurauksena. Metaanipäästöt ovat suurimpia märissä soissa, joissa hapellinen pintakerros on ohut. Toisaalta kuivuus ja lämpö suosivat hapellista hajotusta ja samalla pienenee metaanin vapautuminen ilmakehään. Niinpä ilmaston lämpeneminen ja sateiden paikallinen ja ajallinen uudelleenjakautuminen tulee vaikuttamaan soiden metaanipäästöihin. (Saarnio ym. 2007, 17-20.)

Metaanin sadan vuoden GWP-kerroin (Global Warming Potential) on 23, eli sen kasvihuonevaikutus hiilidioksidin verrattuna on 23-kertainen sadan vuoden aikavälillä. Kertoimeen vaikuttavat miten tehokas ilmasto lämmittävä vaikutus sillä on molekyylirakenteensa puolesta sekä kaasun elinikä hiilidioksidin verrattuna. Metaanin elinikä ilmakehässä on hiilidioksidia lyhyempi, noin 12 vuotta, joten sen hiilidioksidia korkeampi GWP-kerroin johtuu sen lämmittävästä vaikutuksesta kasvihuonekaasuna. (IPCC 2001.)

2.4.3 Typpioksiduuli (N₂O)

Typpioksiduulia muodostuu olosuhteissa, jossa nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosessit toimivat. Nitrifikaatio estyy luonnontilaisilla soilla hapettomuuden vuoksi ja ojitetuilla soilla alhainen pH rajoittaa tätä prosessia. Kuitenkin runsasravinteisilla ojitetuilla soilla on todettu suuriakin hetkellisiä typpioksiduulipäästöjä. (Minkkinen ym. 2007, 25-26.)

Typpioksiduulin nykyisistä päästöistä noin puolet on ihmisperäisiä. Muokkamalla maata ja lisäämällä typpeä lannoitteena maaperään ihminen on voimistanut typpioksiduulipäästöjä. Typpioksiduulia syntyy myös polttoprosesseissa ja autojen katalysaattoreissa. (Hakala, Välimäki 2003, 97, 272.) Typpioksiduuli on voimakas kasvihuonekaasu; sen kasvihuonevaikutus hiilidioksidiin verrattuna (GWP-kerroin) on 296-kertainen 100 vuoden aikajaksolla tarkasteltuna. Sen elinikä ilmakehässä on 114 vuotta. (IPCC 2001.)

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Maankäytön pinta-alatietojen kartoittaminen

Suomesta puuttuu yleinen maankäytön luokitusjärjestelmä, joka olisi laajalle levinnyt, yleisesti hyväksytty ja monen käyttäjän tarpeita palveleva. Maankäyttöä koskevia aineistoja keräävät, tuottavat tai käyttävät muun muassa Maanmittauslaitos, Metsäntutkimuslaitos, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus sekä Tilastokeskus. Eri toimijoiden käyttämät kansallisesti ja kansainvälisesti soveltuvat luokitukset ja aineistonkeruumenetelmät eivät aina ole täysin yhteensopivia ja näin aineiston vertailtavuus on vaikeaa. (Maankäytön seurantajärjestelmien kehittäminen 2005, 1.)

Tässä työssä uuden Seinäjoen kaupungin, eli Seinäjoen, Nurmon ja Ylistaron, maankäyttömuotojen pinta-alat on jaettu IPCC:n vuoden 2003 ohjeistuksen (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG

LULUCF) mukaisesti seuraaviin osa-alueisiin: metsämaahan; maatalousmaahan; ruohikkoalueisiin; kosteikkoihin, eli tekoaltaisiin ja turvetuotantoalueisiin sekä rakennettuun maahan. Työssä on käytetty maankäytön tarkemmassa luokittelussa apuna Maa- ja metsätalousministeriön asettaman työryhmän muistiota "Maankäytön seurantajärjestelmien kehittäminen" sekä kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion vuoden 2006 raporttia YK:n sihteeristölle.

3.2 Kasvihuonekaasutaseiden laskeminen

Maankäytön kasvihuonekaasutaseiden laskeminen perustuu joko hiilivaranon muutoksen laskemiseen tai mittauksista saatuihin päästökertoimiin. Tässä työssä eri maankäyttömuotojen kasvihuonekaasutaseiden laskemisessa on käytetty kansallisista tutkimuksista saatuja päästökertoimia. Mikäli näitä ei ollut saatavilla, käytettiin IPCC:n vuonna 2003 antamia oletuspäästökertoimia.

Suomessa on tutkittu etenkin ojitettujen soiden kasvihuonevaikutuksia. 1990-luvun puolivälissä loppunut Suomalaisen ilmakehän tutkimusohjelma (SILMU) loi pohjan luonnontilaisten ja varsinkin metsäojitettujen soiden ja ilmakehän kaasunvaihdon tutkimukselle. Vuosina 2002-2005 toteutetussa tutkimusohjelmassa "Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa" pyrittiin täyttämään tietoaukkoja muun muassa metsitettyjen suopohjien kaasutaseista. (Alm ym. 2007, 46.)

3.3 Metsämaa

Metsämaan pinta-alat ja puusto

Metsämaaksi luokitellaan Yhdistyneiden kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestön (Food and Agriculture Organization, FAO) mukaisesti maa, jonka alasta puusto peittää vähintään 10 prosenttia ja jonka pinta-ala on vähintään 0,5 hehtaaria. Tässä työssä metsämaan kasvihuonekaasutaseet lasketaan kasvullisesta metsämaasta, jonka vuotuinen puuntuotos on vähintään 1 m³/ha. Kasvullisen metsämaan soiden on arvioitu olevan ojitettua suota ja kitu- ja joutomaan soiden luonnontilaisia. Luonnontilaisten soiden kasvihuonekaasutaseen arvioidaan olevan nolla, sillä suo sitoo hiilidioksidia, mutta va-

pauttaa ilmakehään metaania.

Tiedot Seinäjoen alueen metsämaasta on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen yhdeksänneistä Valtakunnan metsien inventoinnista (VMI9). VMI:n aineistot perustuvat maastoaineistoon, numeerisiin karttoihin ja satelliittikuvatulkintaan eli monilähdeinventointiin. VMI9:n aineiston tulosten maastotyöt on tehty vuosina 1996-2003. (Ihalainen 2007.) Aineistoa on verrattu Corine Land Cover 2000 -paikkatietoaineistoon ja todettu sen olevan lähelle VMI9:n antamien pinta-alojen kanssa. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Seinäjoen alueen kangasmetsät ja suot, hehtaareina (Valtakunnan metsien inventointi 9.)

	Seinäjoki	Nurmo	Ylistaro	Yhteensä
Kasvullinen metsämaa				
Kangasmaa	18843	13133	18777	50753
Suot	15852	10054	9028	34934
Kitumaa				
Kangasmaat	321	106	326	753
Suot	1898	1650	1446	4994
Joutomaat				
Kangasmaat	0	0	34	34
Suot	1832	1371	646	3849

Orgaanisen maan jakoa kasvupaikkatyyppien mukaan ei ole kuntakohtaisesti saatavilla, jolloin Seinäjoen alueen kasvupaikkatyyppit on laskettu Valtakunnan metsien inventoinnista (VMI10) saaduista Etelä-Pohjanmaan kasvupaikkatyyppien suhteellisista osuuksista (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Eri turvekangastyypin pinta-alat hehtaareina. Vatk = varputurvekangas, Ptkg = puolukkaturvekangas, Mtkg = mustikkaturvekangas ja Rhtkg = ruohoturvekangas. (Ihalainen 2008.)

	Vatk	Ptkg	Mtkg	Rhtkg
Nurmo	3135	3839	2172	907
Seinäjoki	4943	6054	3425	1430
Ylistaro	2815	3448	1950	815

Puustoon sitoutuva hiili lasketaan vähentämällä puuston vuotuisesta kasvusta vuotuiset hakkuut. Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI10) mukaan Etelä-Pohjanmaalla keskimääräinen vuotuinen kasvu on 4,6 m³/ha. Samaa vuotuis- ta kasvua on käytetty Seinäjoen alueen puustolle, jolloin puuston vuotuinen kasvu on 420 596 m³. Tiedot vuotuisesta poistumasta (hakkuista) on kerätty Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskuksen (2006, 15) Etelä- ja Keski-Pohjanmaan alueellisesta metsäohjelmasta 2006-2010. Seinäjoen alueella vuosina 2000-2004 yksityismetsien markkinahakkuiden keskimääräinen vuotuinen poistuma- prosentti oli 3,7 %, joka tarkoittaa lähes 300 000 m³:n vuotuista hakkuupoistu- maa. Etelä-Pohjanmaalla vastaava poistumaprosentti oli 2,1 %.

Metsien kasvihuonekaasunielut ja -päästöt

Metsämaan osalta on määritetty maanpäällisen ja -alaisen kasvavan puun biomassaan sitoutuva hiilidioksidi. Lisäksi on laskettu metsäojitettujen soiden maaperän orgaanisen aineen hajotuksesta vapautuva hiilidioksidi. Ojitetut suot vapauttavat ilmakehään myös pieniä määriä metaania, joskin tehokkaasti ojitetut suot voivat olla heikkoja metaaninieluja. Lisäksi maaperästä vapautuu typpioksiduulia. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Kasvihuonekaasujen vuotuisia päästöjä metsäojitettujen soiden maahengityksestä. Yhteenlaskettu CO₂-ekvivalentti on laskettu 100 vuoden GWP-muuntokertoimella (GWP[CH₄] = 23; GWP[N₂O] = 296). Negatiiviset arvot tarkoittavat yhdisteen nettosidontaa ilmakehästä maaperään. (Alm ym. 2007, 47.)

	Vatkg	Ptkg	Mtkg	Rhtkg
CO ₂ , kg/ha/v	8800	9750	12500	17130
CH ₄ , kg/ha/v	19,0	-2,7	2,1	-5,8
N ₂ O, kg/ha/v	0,1	1,3	3,7	5,6
CO₂-ekv. kg/ha/v yht.	9263,6	10072,7	13643,5	18654,2

Puuston nettokasvuun sitoutuva hiilidioksidi saadaan laskettua seuraavasti:
 Hiilidioksidin sidonta = (kasvun sitoma hiili - hiilen poistuma hakkuissa) *
 44/12. Kasvaessaan 1 m³:n puu sitoo hiiltä keskimäärin 215 kg ja sama määrä poistuu hakattaessa 1 m³ puuta (Jyväskylän kaupunki 2000, 24). Tämä muutetaan hiilidioksidiksi kertomalla luvulla 44/12 (hiilidioksidin suhteellinen massa on 44, hiilen 12, eli hiilidioksidi on 3,67 kertaa hiiltä painavampi).

Oksiin, juuriin, neulasiin ja muuhun puun biomassaan sitoutuvan hiilen laskemiseen on kehitetty biomassan kasvukerroin (biomass expansion factor, BEF). Kertoimeen vaikuttavat puulaji ja sen ikä. (Lehtonen ym. 2004, 211-214.) Seinäjoen alueen metsien vallitseva ikä on 21-40 vuotta. Näin metsien biomassaan sitoutuva hiilen laskemiseen on käytetty BEF-kerrointa 0,704 t/m³, joka on tuon ikäluokan ja männyn, kuusen ja koivun keskimääräinen kerroin. Kasvava biomassa saadaan laskettua, kun puuston nettokasvu kerrotaan BEF-kertoimella, jolloin tulos ilmoitetaan tonneina kuivaa biomassaa. Tämä kuiva biomassa kerrotaan keskimääräisellä hiilen sidonnalla (0,514 tonnia hiiltä) ja muutetaan hiilidioksidiksi kertomalla luvulla 44/12 (Statistics Finland 2006, 167).

3.4 Maatalousmaa

Maatalousmaan pinta-alat ja maalajisuhteet

Maatalousmaaksi on luokiteltu kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion mukaisesti aktiivisesti viljeltyt alueet, alle 5-vuotiset nurmet sekä kesannot. Nämä tiedot Seinäjoen alueelta on kerätty Tilastokeskuksen maatilarekisteristä vuosilta 2001 ja 2007. (Matilda-tietopalvelu.)

Seinäjoen alueella viljelyksessä olevaa maatalousmaata oli noin 31 000 hehtaaria, josta viljaa viljeltiin runsaalla 20 000 hehtaarilla ja nurmea noin 5 700 hehtaarilla (taulukko 4). Verrattuna vuoteen 2001, vuonna 2007 oli lähes 3 000 hehtaaria enemmän peltoalaa viljelyksessä. Tämä selittyy kesannon määrän vähentymisellä ja lisääntyneellä peltoalalla.

TAULUKKO 4. Seinäjoen alueen maatalousmaa vuonna 2007 (Matilda-tietopalvelu.)

Viljelykasvi	Tiloja	Pinta-ala (ha)
Viljakasvit	813	20454
Syysvehnä	13	66
Kevätvehnä	148	2548
Ruis	59	510
Ohra	524	9521
Kaura	585	7636
Seosvilja	11	151
Muut viljat	3	...
Alle 5 v. nurmet	377	5749
Herne	3	...
Peruna	124	184
Sokerijuurikas	6	53
Rypsi ja rapsi	118	1354
Öljy- ja kuitupellava	3	9
Kumina	30	460
Puutarhakasvit avomaalla	13	66
Muut kasvit	21	164
Viljelty ala yhteensä:	899	28513
Kesanto	199	1240
Hoidettu viljelemätön pelto	312	1213
Viljelty ala ja kesanto yhteensä:	909	30964

Kasvihuonekaasutaseiden laskemisen kannalta maatalousmaan jako orgaaniseen maahan ja kivennäismaahan on tärkeää. Tiedot alueen maatalousmaiden maalajisuhteista on kerätty Viljavuuspalvelu Oy:lle vuosina 2001-2005 lähetetyistä näytteistä. Maalajit on jaettu savimaihin, karkeisiin kivennäismaihin ja eloperäisiin maihin.

Seinäjoen alueella suurin osa maatalousmaista on karkeita kivennäismaita ja neljännes eloperäisiä maita (taulukko 5). Maalajisuhteet vaihtelevat alueittain. Peräseinäjoella yli 40 prosenttia näytteistä on eloperäisistä maista. Ylistarossa taas savimaiden osuus on huomattava, lähes 30 prosenttia, kun muilla alueilla savimaiden osuus jää alle kahden prosentin.

TAULUKKO 5. Seinäjoen alueen maatalousmaiden maalajisuhteet (Viljavuuspalvelu Oy)

Maalaji	Tutkimusten määrä	Prosentti- osuus
Karkeat kivennäismaat	4872	61,5%
Savimaat	1002	12,6%
Eloperäiset maat	2048	25,8%
Näytteitä yhteensä	7925	100%

Maatalousmaan hiilidioksidipäästöt

Maatalousmaan osalta lasketaan maankäytön hiilidioksidipäästöt ja -nielut. Kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariorissa IPCC:n (2003, 3.69) ohjeiden mukaisesti maatalousmaan metaani- ja typpioksiduulipäästöjä arvioidaan maataloussektorin päästöinä, eikä osana maankäytön päästöjä. Myös tässä työssä huomioidaan vain hiilidioksidi maatalousmaan käytön päästöiksi.

IPCC:n (2003, 3.74) mukaan kivennäismaan hiilidioksidipäästöjen laskenta perustuu hiilen määrän muutokseen maaperässä 20 vuoden aikavälillä. Hiilivarannon muutokset riippuvat maankäytön ja -hoidon muutoksista sekä orgaanisen aineen lisäyksestä. Koska Seinäjoen alueen maatalousmaista ei ole saatavilla 20 vuoden takaisia tietoja, verrataan tässä työssä vuosien 2001-2007 välisen ajanjakson muutosta. Hiilen määrän muutokset välillä 2001-2007 saadaan kertomalla karkean kivennäismaan ja savimaan hiilen määrä maankäytön, -hoidon ja tuotantopanoksen perusteella. Vuotuinen hiilidioksidiemissio saadaan, kun hiilen määrän muutos kerrotaan 44/12:lla ja jaetaan seitsemällä vuodella.

Kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariorissa orgaanisten maiden vuotuiset hiilidioksidiemissiot lasketaan mittauksiin perustuvien emissiokertoimien avulla. Maljasen (ym. 2007, 137) mittaustulosten perusteella viljan ja muiden kasvien vuotuinen hiiliemissio on 5,7 tonnia hehtaarilta. Nurmella vastaava kerroin on 4,1. Vapautuva hiili saadaan muutettua hiilidioksidiksi kertomalla luvulla 44/12.

Kansallisen kasvihuonekaasuinventaarioraportin mukaan Mäkelä-Kurton ja Sippolan (2002) analyysien perusteella Suomen karkeilla kivennäismaiden hiilivaranto on keskimäärin 74,6 tonnia hehtaarilla ja savimailla 59,1 tonnia hehtaarilla. Kasvihuonekaasuinventaariossa hiilen määrän muutos on laskettu IPCC:n kosteanlauhkean ilmaston kertoimia käyttäen (taulukko 6). Korkea tuotantopanos tarkoittaa luomuviljelyä, jossa lannoitetaan eloperäisellä aineksella. (Statistics Finland 2006, 172.)

TAULUKKO 6. Hiilivarannon muutoskertoimet (IPCC 2003, 3.77.)

	FLU ¹	FMG ²	FI ³
Karkeat kivennäismaat			
Kasvit			
Viljelty			
Keskiverto tuotantopanos	0,71	1	1
Korkea tuotantopanos	0,71	1	1,38
Vähentynyt viljely	0,71	1,09	1
Viljelemätön	0,71	1,16	1
Kesanto	0,82	1	1
Savimaat			
Kasvit			
Viljelty			
Keskiverto tuotantopanos	0,71	1	1
Korkea tuotantopanos	0,71	1	1,38
Vähentynyt viljely	0,71	1,09	1
Viljelemätön	0,71	1,16	1
Kesanto	0,82	1	1

¹ Varastonmuutoskerroin maankäytölle tai sen muutokselle

² Varastonmuutoskerroin maanhoidolle

Seinäjoen alueen karkean kivennäismaan ja savimaan hiilivarannon muutos on laskettu käyttämällä IPCC:n muutoskertoimia. Kasviviljelyn on arvioitu olevan täysin tavanomaista viljelyä ja siten se on laskettu keskiverron tuotantopanosien muutoskertoimia käyttäen. Kuten kansallisessa kasvihuonekaasuraportoinnissa, eloperäisen maan hiilidioksidipäästöt on laskettu emissiokertoimilla.

mien avulla ja oletettu, että puolet eloperäisestä maasta on nurmella.

3.5 Ruohikkoalueet

Ruohikkoalueiden pinta-alat

Kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa ruohikkoalueiksi luokitellaan yli 5-vuotiset hoidetut nurmet sekä viljelemätön ala, jota ei vielä voida luokitella metsämaaksi. Jako kivennäismaahan ja orgaaniseen maahan on tehty maatalousmaan lailla Viljavuuspalvelu Oy:lle lähetettyjen näytteiden perusteella. (Statistics Finland 2006, 175.)

Maatilarekisterin mukaan Seinäjoen alueella oli vuonna 2001 yhteensä 65 hehtaaria yli 5-vuotiaita nurmia ja 128 hehtaaria viljelemätöntä alaa, kun seitsemän vuotta myöhemmin yli 5-vuotista nurmea oli 78 hehtaaria ja viljelemätöntä alaa 219 hehtaaria. Tarkempaa tietoa alueiden käytöstä ja hoidosta ei ole. Kuten kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa, tässä työssä oletetaan ruohikkoalueiden maalajisuhteiden olevan kuten maatalousmaassa.

Ruohikkoalueiden hiilidioksidipäästöt

Kivennäismaiden hiilidioksidivirta riippuu hiilen määrän muutoksesta maaperässä. Hiilivarannon tasapainoon vaikuttaa ruohikkoalueilla muun muassa onko alue lannoitettu laidunmaa vai käyttämättömänä. IPCC on antanut oletuskertoimia hiilivarannon muutoksen laskemiseen, mikäli ei ole käytettävissä kansallisia muutuskertoimia. Orgaanisen maan hiilidioksidiemissio lasketaan peltomaan tavoin päästökertoimen avulla. (IPCC 2003, 3.112-118.)

Seinäjoen alueen ruohikkoalueiden hiilidioksidipäästö on laskettu vuosien 2001-2007 välisen hiilen määrän muutoksen perusteella. Hiilivarannon muutoksen laskemiseen on käytetty IPCC:n oletuskerrointa. Koska ruohikkoalueiden käytöstä ja hoidosta ei ole tarkempaa tilastointia, hiilivarannon muutuskertoimena on käytetty kohtuullisesti käsitellyn ruohikkoalueen kerrointa. Orgaanisen maan hiilidioksidipäästöt on laskettu IPCC:n antamalla päästökertoimella, jonka mukaan eloperäisestä maasta vapautuu vuosittain 0,25 tonnia hiiltä per hehtaari (IPCC 2003, Table 3.4.6.).

3.6 Turvetuotantoalueet

Turvetuotantoalueiden pinta-ala

Turvetuotantoalueiksi luokitellaan kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa tuotannossa olevat alueet sekä väliaikaisesti sivussa olevat tuotantoalueet. Lisäksi kasvihuonekaasutaseet lasketaan käytöstä poistuneista niin sanotuista suonpohjista, joita ei ole vielä otettu jälkikäyttöön. Tiedot turvetuotantoalueista on kerätty ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitusjärjestelmästä (VAHTI). Järjestelmään tallennetaan tietoa muun muassa ympäristösuojelulainsäädännön mukaisista luvista ja ilmoituksista sekä päästöistä vesiin ja ilmaan (Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2006).

Seinäjoen alueella on paljon turvetuotantoalueita, joista valtaosa sijaitsee Peräseinäjoen alueella. Suurten, yli 10 hehtaarin turvetuotantoalueiden pinta-alat on saatu VAHTI-tietokannan vuoden 2006 tiedoista. Mikäli turvetuotantoalue sijaitsee kuntien rajalla, on VAHTI-tietokantaan alue kirjattu sille kunnalle, jossa sitä on enemmän. Näin osa Seinäjoen alueen kunnille merkityistä turvetuotantoalueista jatkuu Seinäjoen rajojen ulkopuolella. Toisaalta esimerkiksi osa Virroille merkityistä turvetuotantoalueista sijaitsee osin myös Seinäjoen puolella. Voidaan siis arvioida, että VAHTI-tietokannasta saadut pinta-alat vastaavat hyvin lähelle todellista turvetuotantoalaa. Tuotannossa, väliaikaisesti poissa tuotannosta ja käytöstä poistuneita turvetuotantoalueita Seinäjoen alueella oli vuonna 2006 yhteensä 2 247 hehtaaria. Ylistarossa ei ollut turvetuotantoa vuonna 2006. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Seinäjoen alueen turvetuotantoalueet ja käytöstä poistuneet suonpohjat (hehtaareina) (VAHTI, 2006.)

	Tuotannossa	Tuotantokunnossa	Poistunut
Seinäjoki	1674,5	192	224
Nurmo	147,7	9	-

Lisäksi turvetuotantoon kuntoonpanossa, valmistelemattomana tai jälkikäytössä oli Seinäjoen alueella 718 hehtaaria. Kuntoonpanossa olevia ja valmistelemattomia alueita ei kuitenkaan huomioida turvetuotantoalueina, vaan metsämaana. Jälkikäytössä olevat alueet huomioidaan metsämaana tai maatalousmaana, riippuen jälkikäyttömuodosta.

Turvetuotantoalueiden kasvihuonekaasupäästöt

Turvetuotantoalueilta lasketaan käytössä olevien ja käytöstä poistuneiden, muttei vielä jälkikäytössä olevien, alueiden hiilidioksidipäästöt. Lisäksi lasketaan metaani- ja typpioksiduulipäästöt (taulukko 8). Hiilidioksidipäästöihin vaikuttavat lämpötila ja turpeen kosteus, jolloin päästöt ovat erilaisia ilmastosta riippuen. Tässä työssä on käytetty keskiboreaalisen ilmaston kertoimia. Turpeen poltosta aiheutuvia päästöjä ei ole tässä työssä laskettu.

TAULUKKO 8. Päästökertoimet (kg CO₂-ekv. /ha/v) turvetuotantoalueille (Statistics Finland 2006, 178.)

	Pohjois-boreaalinen	Keskiboreaalinen	Etelä-boreaalinen	Varastoaumat	Ojat
CO₂					
Turvetuotantoalue	6020	7210	7350	1750	90
Käytöstä poistunut	4640	5040	5070		
CH₄	50	50	50		46
N₂O	120	120	120		0,5

3.7 Tekoaltaat

Tekoaltaiden pinta-ala

Seinäjoen alueelta löytyy neljä tekoallasta, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on lähes 4 000 hehtaaria (taulukko 9). Kala- ja Kyrkösjärven tekoaltaat ovat reheviä ja tummavetisiä. Molemmat tekoaltaat on padottu lähinnä metsien ja soiden päälle. Suota Kalajärven pohjasta on noin 20 prosenttia ja Kyrkösjärven pohjasta noin 50 prosenttia. (Bonde 2005, 7-16.)

TAULUKKO 9. Seinäjoen alueen tekoaltaat (Ympäristön tila Länsi-Suomessa 1998, 198)

Nimi	Rakennusvuosi	Hehtaaria
Hirvijärvi	1974	1650
Varpula	1962, -73	520
Kalajärvi	1976	1130
Kyrkösjärvi	1980	640
Yht.		3940

Tekoaltaiden hiilidioksidi- ja metaanipäästöt

Tekoaltaat ovat merkittäviä hiilidioksidin ja metaanin päästölähteitä. On arvioitu, että jopa 18 prosenttia maailman ihmisperäisistä metaanipäästöistä tulee tekoaltaista. Typpioksiduulipäästöt ovat vähäisiä. Suomessa kasvihuonekaasutaseita on mitattu avovesikaudella eutrofisen (runsasravinteisen) Lokan ja mesotrofisen (keskiravinteisen) Porttipahdan tekoaltailla vuosina 1994 ja 1995, noin 30 vuotta niiden rakentamisen jälkeen. (Huttunen & Martikainen 2003, 19-23.)

Lokan tekoaltaan keskimääräinen metaaniemissio avovesikaudella oli 23 mg m⁻² d⁻¹, eli 23 milligrammaa neliömetriltä päivässä, kun hiilidioksidipäästö oli keskimäärin 1530 mg m⁻² d⁻¹. Mesotrofisen Porttipahdan altaan metaanipäästöt olivat Lokan allasta vähäisempiä 3,5 mg m⁻² d⁻¹, mutta hiilidioksidia vapautui saman verran. Järvet päästävät kasvihuonekaasuja myös talvisin. Synty-

neet kaasut varastoituvat jääkannen alle ja vapautuvat ilmakehään jäiden lähdön jälkeen kevään täyskierron aikana. Arvioiden mukaan luonnonjärvissä jäiden jälkeiset metaanipäästöt ovat 4-9 prosenttia ja hiilidioksidipäästöt 13-29 prosenttia vuotuisista päästöistä. Jäiden lähdön jälkeisistä kasvihuonekaasumissioista ei kuitenkaan ole vielä tarkempia tutkimustuloksia. (Mts. 21-22.)

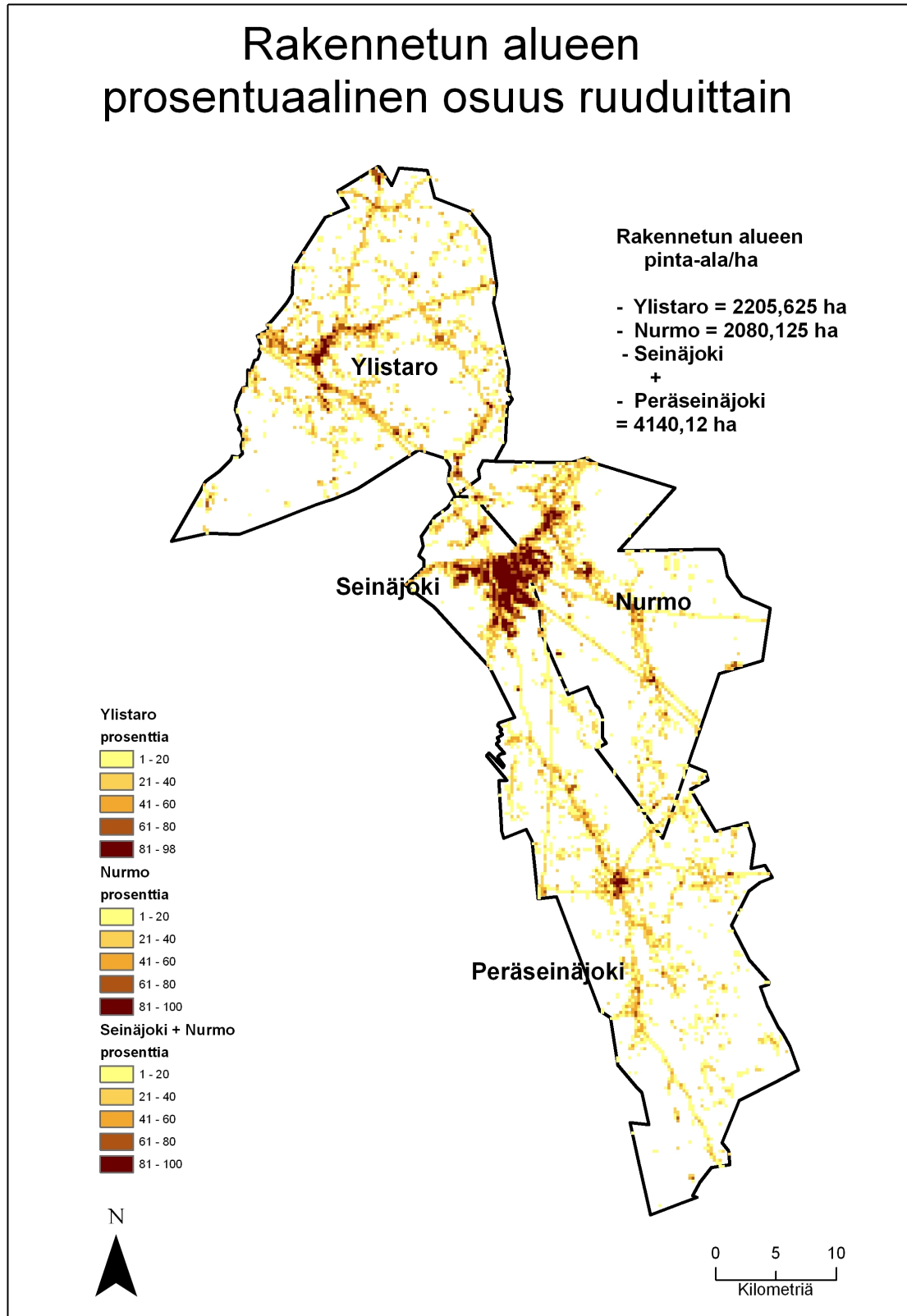
Seinäjoen alueen tekoaltaiden kasvihuonekaasutaseet on laskettu rehevältä Lokan tekoaltaalta saatujen avovesikauden keskimääräisten mittaustulosten perusteella. Keskimääräinen jääpeiteaika Etelä-Pohjanmaalla on 170 päivää, jolloin avovesikausi kestää 195 päivää (Korhonen 2005, 30). Keväällä jäiden lähdön aikaan vapautuvat metaani- ja hiilidioksidipäästöt on jätetty huomiomatta tutkimustulosten puuttumisen vuoksi.

3.8 Rakennetut alueet ja kokonaispinta-ala

Rakennetuilla alueilla tarkoitetaan muun muassa rakennettuja maita, teitä ja sähkölinjoja. Rakennetulta alueelta ei lasketa kasvihuonekaasupäästöjä. Rakennetun alueen pinta-alaa tarvitaan verratessa eri maankäyttöluokkien pinta-alaa kokonaispinta-alaan, jolloin voidaan arvioida maankäyttöluokkien pinta-alojen paikkaansapitävyyttä. Seinäjoen alueen rakennettujen alueiden pinta-ala on vuoden 2000 Corine Land Cover aineiston mukaan 8 426 hehtaaria (kuvio 1).

Maanmittauslaitoksen (2008) mukaan vuonna 2007 Seinäjoen alueen yhteenlaskettu maapinta-ala oli 143 209 hehtaaria. Lisäksi vettä alueella oli 3 726 hehtaaria. Veden pinta-ala ei sisällä tekoaltaita.

Rakennetun alueen prosentuaalinen osuus ruuduittain



KUVIO 1. Rakennetun alueen prosentuaalinen osuus ruuduittain ja pinta-alat hehtaareina (Leppäkangas 2008.)

4 TULOKSET

4.1 Metsämaa

Seinäjoen alueella puuston vuotuinen nettokasvu (kasvusta vähennetty hakkuupoistuma) on reilu 98 000 m³, jolloin hiilidioksidia sitoutuu 77 307 tonnia vuodessa. Biomassan, eli oksien, lehvästön ja juurien vuotuinen hiilidioksidinielu on 130 112 tonnia, eli yhteensä metsien biomassaan sitoutuu 207 419 tonnia hiilidioksidia vuodessa.

Seinäjoen alueella metsäoijitettujen soiden maaperän hapellinen hajotus muodostaa merkittävimmän hiilitaseen poistuman. Metsäoijitettujen soiden maaperän vuotuinen hiilidioksidiekvivalenttiemissio on 397 064 tonnia, joten maaperän päästöt ovat biomassan sidontaa suuremmat (taulukko 10). Metsien kasvihuonekaasupäästöt vastaavat yli 45 prosenttia kokonaispäästöistä. On kuitenkin huomioitava, että metsien hehtaarikohtaiset vuotuiset päästöt jäävät vain noin 2,2 tonniin kun huomioidaan metsien hiilen sidonta. Suuret päästöt johtuvat siis suuresta pinta-alasta ja metsäoijitettujen soiden suuresta osuudesta. Seinäjoen alueella metsäoijitettujen soiden osuus kasvullisesta metsämaasta on yli 40 prosenttia, kun koko Suomessa oijitettujen soiden osuus on noin 22 prosenttia.

TAULUKKO 10. Seinäjoen alueen metsien hiilitase (t/v)

Pinta-ala, ha	Puustoon sitoutuva CO ₂	Biomassaan sitoutuva CO ₂	Maahengityksestä vapautuva CO ₂ -ekv.	Metsämaan tase, CO ₂ -ekv.
86440	-77307	-130112	397064	189645

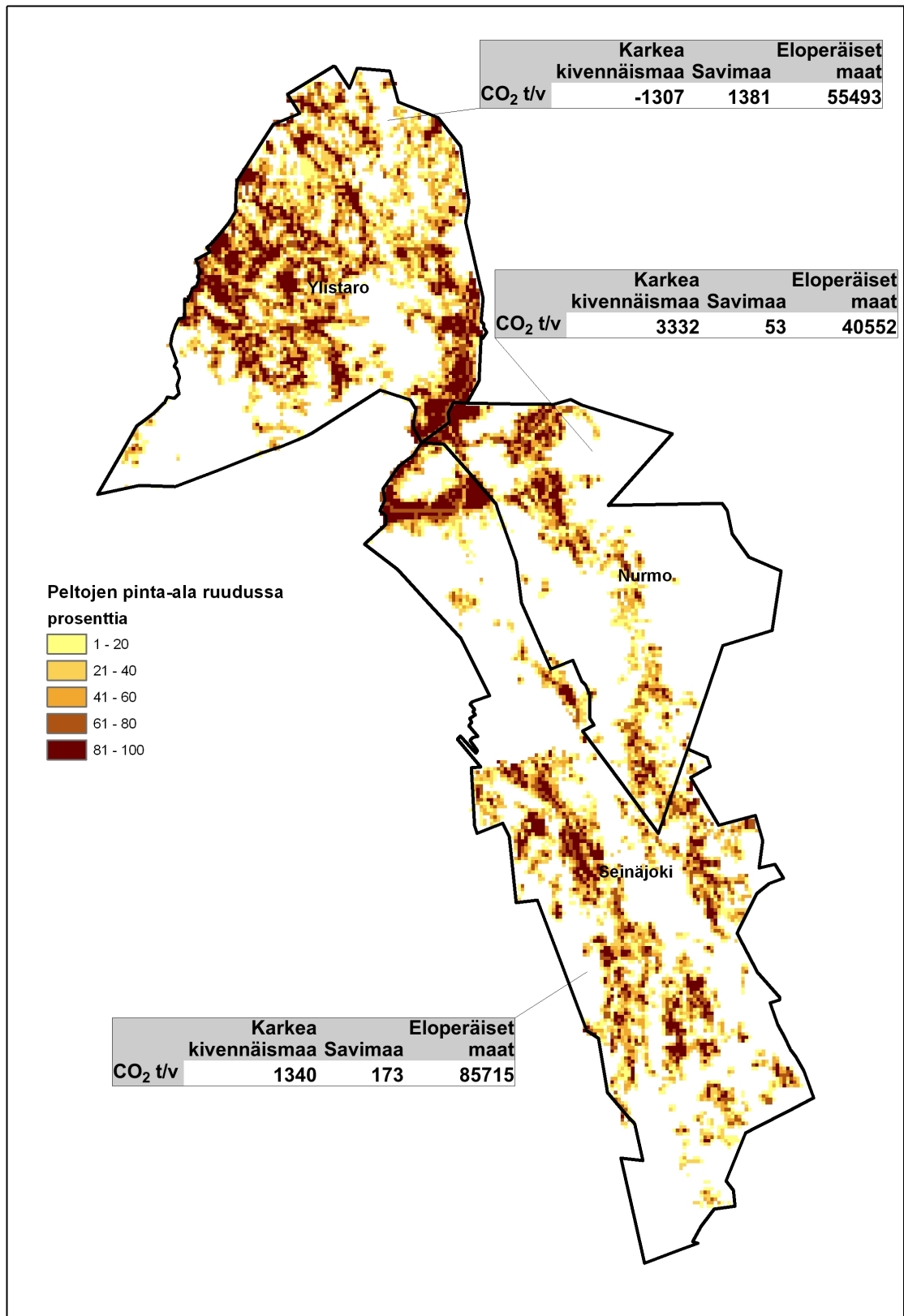
Seinäjoen alueen metsien karikkeeseen sitoutuvaa hiiltä ei huomioitu tässä työssä. Kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariorissa karikkeeseen sitoutunut hiili muodosti vuonna 2004 vajaan neljänneksen koko sidonnasta. Kar-

keasti voidaan arvioida, että Seinäjoen alueella karikkeen vuotuinen hiilidioksididonta olisi samaa luokkaa, eli noin 40 000-50 000 tonnia.

4.2 Maatalousmaa

Seinäjoen alueen maatalousmaan vuotuinen hiilidioksidiemissio on reilu 186 732 tonnia vuodessa. Kokonaispäästöistä maatalouden osuus on 45 prosenttia. Seinäjoen alueen maatalousmaan suuret hiilidioksidipäästöt johtuvat suuresta eloperäisten maiden osuudesta. Hehtaarikohtaiset vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat Seinäjoen alueella noin 6 tonnia.

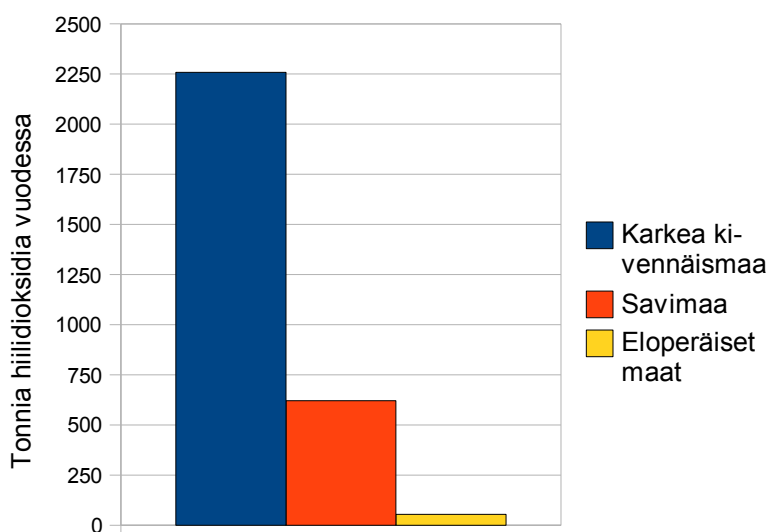
On huomattava, miten kasvihuonekaasupäästöt vaihtelevat alueittain. Seinäjoella, jossa eloperäisten peltojen osuus on 37 prosenttia, maatalousmaan hiilidioksidipäästöt ovat noin 30 000 tonnia suuremmat verrattuna Ylistaroon. Kuitenkin Ylistarossa maatalousmaata on yli 3 800 hehtaaria enemmän Seinäjokeen verrattuna. (Kuvio 2.)



KUVIO 2. Peltojen pinta-alat ja hiilidioksiditaseet kunnittain (Leppäkangas 2008.)

4.3 Ruohikkoalueet

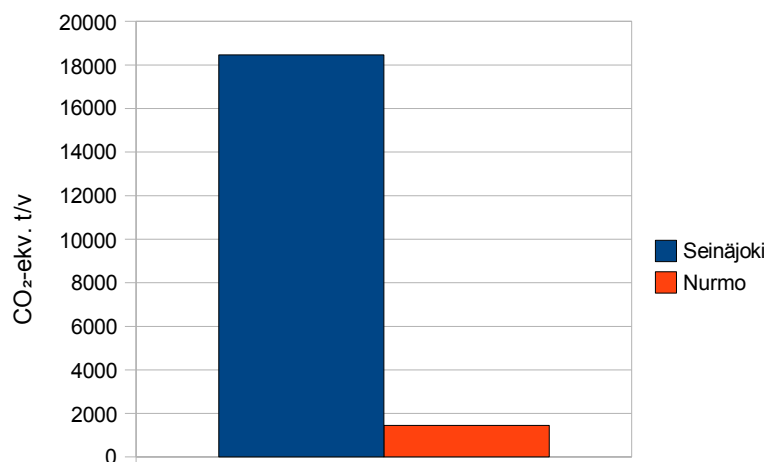
Seinäjoen alueen ruohikkoalueiden vuotuinen hiilidioksidipäästö on reilu 2 900 tonnia vuodessa (kuvio 3). Tämä vastaa alle prosenttia koko maankäytön kasvihuonekaasupäästöistä. Koska karkeita kivennäismaita on määrällisesti eniten, ovat myös niiden hiilidioksidipäästöt suurimmat.



KUVIO 3. Ruohikkoalueiden hiilidioksidipäästöt

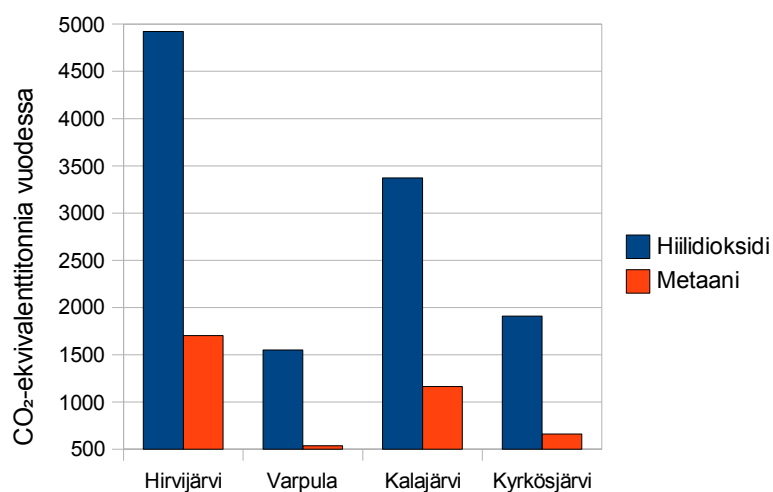
4.4 Turvetuotantoalueet ja tekoaltaat

Turvetuotantoalueiden vuotuinen emissio arvioitiin olevan 19 877 hiilidioksidiekvivalenttonnia (kuvio 4). Turvetuotantoalueiden vuotuiset päästöt vastaavat 4,8 prosenttia maankäytön kokonaispäästöistä. On huomioitava, että tässä työssä arvioitiin vain maankäytön kasvihuonevaikutukset, eikä huomioitu turpeen poltosta aiheutuvia päästöjä. Turvetuotantoalueiden vuotuiset hehtaarikohtaiset päästöt Seinäjoen alueella ovat noin 8,9 hiilidioksidiekvivalenttonnia.



KUVIO 4. Turvetuotantoalueiden kasvihuonekaasupäästöt kunnittain (CO₂-ekvivalenttonnia vuodessa)

Seinäjoen alueen neljän tekoaltaan hiilidioksidipäästöjen arvioitiin olevan 11 755 tonnia vuodessa ja metaanipäästöjen 4 064 hiilidioksidiekvivalenttonnia, eli yhteensä noin 15 820 hiilidioksidiekvivalenttonnia (kuviot 5). Tekoaltaiden vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt ovat 3,8 prosenttia kokonaispäästöistä.



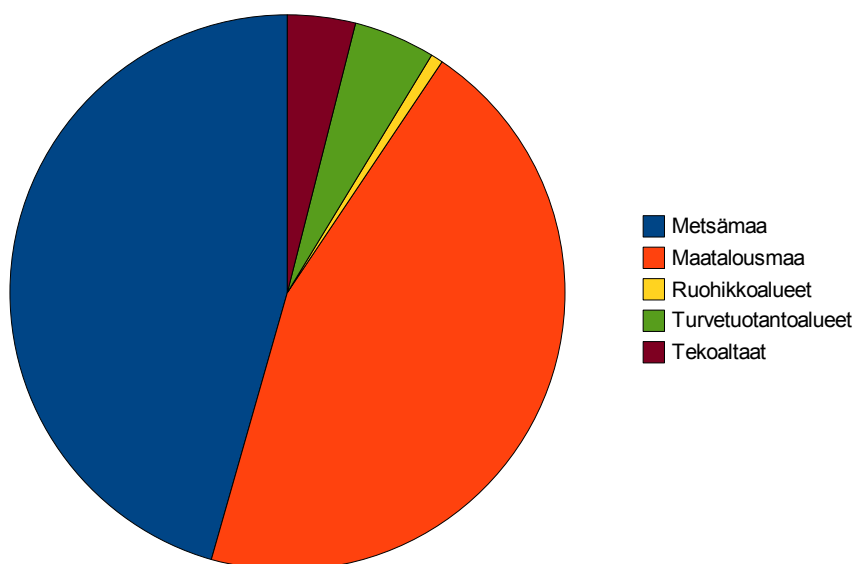
KUVIO 5. Tekoaltaiden hiilidioksidi- ja metaanipäästöt

4.5 Yhteenveto

Yhteenlaskettujen vuotuisten kasvihuonekaasupäästöjen arvioitiin tässä tutkimuksessa olevan Seinäjoen alueella 415 009 tonnia. Suurimmat kasvihuonevaikutukset tulevat metsä- ja maatalousmaasta, joiden yhteenlaskettu kasvihuonekaasutase vastaa yli 90 prosenttia kokonaistaseesta (taulukko 11, kuvio 6).

TAULUKKO 11. Kasvihuonekaasutaseet maankäyttöluokittain Seinäjoen alueella

	Metsä- maa	Maatalous- maa	Ruohikko- alueet	Turvetuotanto- alueet	Teko- altaat
CO ₂ -ekv. t/v	189645	186732	2935	19877	15819



KUVIO 6. Eri maankäyttöluokkien osuudet kasvihuonevaikutuksista Seinäjoen alueella

5 POHDINTA

Virhelähteitä

Emme tunne maankäytön kasvihuonevaikutuksia niin hyvin kuin tunnemme itse kehittämämme teknologiset systeemit, jolloin esimerkiksi auton moottorissa tapahtuva polttoprosessi ilmastovaikutuksineen on ainakin periaatteessa hallinnassa. Maaperän ja vesistöjen kasvihuonevaikutuksien arviointi on epävarmenpaa, sillä taustalla olevat prosessit ovat monimutkaisempia ja niihin vaikuttavat muun muassa sääolosuhteet, kasvillisuus, happipitoisuus ja ravinteisuus. Seuraavassa on arvoitu tärkeimmät tämän työn taustalla olevat virhelähteet.

Tässä työssä metsämaan osalta suurin virhelähde on karikkeeseen ja muuhun kuolleeseen ainekseen sitoutuvan hiilen puuttuminen. Karkean arvion mukaan tämä hiilidioksidin sidonta voisi olla 40 000-50 000 tonnin luokkaa, joten se ei kuitenkaan muuttaisi metsämaan tasetta negatiiviseksi, eli hiiltä sitovaksi. Toisaalta puuston vuotuinen poistuma on laskettu yksityismetsien markkinahakkuista, eikä ole otettu huomioon kotitarvepuun ottoa eikä yhtiöiden ja valtion metsien hakkuita, jolloin hakkuupoistuma olisi ollut laskettua hieman suurempi ja näin metsien hiilen sidonta vähäisempää.

Lisäksi metsäojitettujen soiden maahengityksen kasvihuonekaasutaseiden laskemiseen on käytetty Etelä-Pohjanmaan turvekangastyypien suhteellisia osuuksia, joten taseet eivät vastaa täysin oikeaa tilannetta. Oksien, juurien ja lehvästön kasvun laskemiseen käytetty puulajien BEF-kertoimen keskiarvoa, eikä kerroin täysin vastaa todellista. Erot ovat kuitenkin marginaalisen pieniä ja kerroin vastaa lähelle männyn omaa kerrointa, jolloin biomassan kasvu on laskettu valtapuulajin mukaan.

Maatalouskäytössä olevien orgaanisten peltojen pinta-alat on laskettu Viljavuuspalvelu Oy:lta saatujen tietojen mukaisesti. Nämä orgaaniset maat sisältävät kuitenkin myös pitkälle maatuneita maita. Voidaan siis arvioida, että orgaanisten peltojen kasvihuonekaasutase on todellisuudessa laskettua pienempi. Lisäksi karkeiden kivennäismaiden ja savimaiden vuotuinen hiilivaran-

non muutos on laskettu seitsemän vuoden aikajaksolta, kun IPCC:n (2003, 3.75) ohjeiden mukaisesti hiilivarannon muutos tulisi laskea 20 vuoden aikajaksolta. Pidemmältä ajalta tarkasteltuna viljelykasvien ja menetelmien muutokset olisivat olleet paremmin havaittavissa ja näin hiilivarannon muutos olisi ollut luotettavampi.

Eri maankäyttöluokkien yhteenlaskettu pinta-ala oli 141 207 hehtaaria. Näin Maanmittauslaitoksen maapinta-alaan verrattuna maankäyttöluokkien pinta-ala on 2002 hehtaaria vähemmän. Ero johtuu lähinnä eri lähteistä kerätyistä pinta-alatietojen epätarkkuuksista. Lisäksi maankäyttöluokkien ulkopuolella voi olla alueita, kuten kivikkoja, joita ei ole siten laskettu mukaan maankäytön pinta-aloihin. Voidaan kuitenkin arvioida, että eri maankäyttöluokkien pinta-alojen epätarkkuuksien olevan pieniä suhteutettuna kokonaisalaan. Pinta-alatietojen luotettavuutta tukee myös aineistojen vertailu. Esimerkiksi VMI:stä saatuja metsämaan pinta-aloja on vertailtu Corine-aineiston vastaaviin tietoihin.

Tulosten tarkastelu

Epävarmuustekijöistä huolimatta tuloksia voidaan mielestäni pitää luotettavana arviona Seinäjoen alueen maankäytön kasvihuonevaikutuksista. Tuloksista voidaan nähdä, että alueen metsä- ja maatalousmaista aiheutuu voimakkaat kasvihuonekaasupäästöt. VMI9:n mukaan alueella on metsäojitettuja soita lähes 35 000 hehtaaria ja luonnontilaisia soita noin 8 800 hehtaaria. Kun metsäojitettujen soiden kasvihuonekaasupäästöjen arvioidaan olevan miltei 400 000 tonnia vuodessa ja luonnontilaisten soiden kasvihuonekaasupäästöiksi nolla, voidaan nähdä millaiset kasvihuonevaikutukset soiden ojittaminen on aiheuttanut.

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (2007) mukaan vuonna 2006 uuden Seinäjoen alueen tieliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 106 247 tonnia. Maankäytön kasvihuonepäästöt ovat siis lähes nelinkertaiset tieliikenteeseen nähden. Maankäytön kasvihuonevaikutuksiin ihmisellä on kuitenkin rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa.

Yhtenä keinona päästöjen vähentämiseen olisi siirtyminen eloperäisillä pelloil-

la kokonaan nurmiviljelyyn. Tällä saataisiin vuotuiset hiilidioksidipäästöt alenemaan noin 64 000 tonnilla. Tämä vähentäisi myös maataloussektorin typpioksiduulipäästöjä, jotka lasketaan maataloussektorissa syntyviin päästöihin. Lisäksi ruohikkoalueiksi luokiteltuja niin sanottujen peltoheittojen, eli peltojen joissa toiminta on loppunut, metsittämisellä saataisiin hiilidioksidipäästöjä alennettua.

Metsien hiilinielua voidaan parantaa hoitamalla metsiä niin, että ne kasvavat. Myös karujen metsäojitettujen soiden ennallistamisella saataisiin näiden kohteiden maaperästä vapautuvat kasvihuonekaasut laskettua lähelle nollaa.

Turvetuotannosta poistuneita suonpohjia oli vuonna 2006 Seinäjoella 224 hehtaaria. Näiden nopealla jälkikäyttöön otolla, kuten metsittämisellä tai ennallistamisella, saataisiin kasvihuonekaasupäästöjä alennettua. Jälkikäyttöä hankaloittaa kuitenkin suonpohjien sijaitseminen hajanaisesti turvetuotantoalueella, jolloin esimerkiksi uudelleen soistaminen ei ole mahdollista (Kalliokoski 2008). Uusien turvetuotantoalueiden perustamista tulisi ohjata metsäojitetuille soille sekä suopelloille, joissa on jo ennestään suuret kasvihuonekaasupäästöt. Tekoaltaiden päästöihin ei voida vaikuttaa, mutta niiden päästöjen oletetaan vähenevän aikaa myöten upotetun biomassan vähetessä altaiden pohjalta (Huttunen & Martikainen 2003, 23).

Kuntakohtaisia maankäytön kasvihuonevaikutuksia ei ole aiemmin juuri tutkittu. Jyväskylän kaupungin ympäristövirasto on vuonna 2000 julkaissut raportin, jossa on verrattu Jyväskylän ja Jyväskylän maalaiskunnan kasvihuonekaasutaseita vuosina 1990 ja 1998. Työssä on laskettu myös maatalousmaan, metsämaan, soiden ja vesistöjen kasvihuonevaikutukset. Työssä on käytetty sen aikaisista tutkimuksista saatuja päästökertoimia, jolloin esimerkiksi metsäojitettujen soiden tai peltojen maahengityksestä syntyviä hiilidioksidipäästöjä ei ole laskettu lainkaan. Näin opinnäytetyössä saatuja tuloksia ei voida verrata Jyväskylässä saatuihin tuloksiin.

Loppuyhteenveto

Opinnäytetyön tekeminen oli haastava, mutta mielenkiintoinen prosessi. Aikai-

semmat tietoni maankäytön kasvihuonevaikutuksista olivat erittäin hatarat, joten työn tekemisen aikana opin paljon uutta. Olen tyytyväinen saamiini tuloksiin. Halusin pitää opinnäytetyön ytimekkäänä ja teoriaosuuden sopivan lyhyenä, vaikka lähteitä ilmastonmuutoksesta ja sen torjunnasta olisi ollut paljon.

Haluan kiittää seuraavia tahoja ja henkilöitä, jotka ovat luovuttaneet minulle aineistoa tai tietoa: Jarmo Sinko, Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskus; Kristiina Regina, MTT; Antti Ihalainen ja Raisa Mäkipää, Metla; Jari Huttunen, Kuopion yliopisto; Kirsi Kalliokoski, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus ja Jarno Lepäkangas, Etelä-Pohjanmaan liitto. Erityisesti haluan kiittää Saara Susiluomaa työn oikoluvusta, Mika Yli-Petäystä, Pirjo Korhosta ja Arto Riihistä työn ohjauksesta ja kommentoinnista sekä Seinäjoen seudun terveystyöntekijöitä opinnäytetyön rahallisesta korvauksesta.

LÄHTEET

Alm, J., Shurpali, N., Minkkinen, K. & Laine, J. 2007. Soiden maankäytön päästökertoimet, epävarmuustarkastelu ja jatkotutkimustarpeet. Julkaisussa Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa. Tutkimusohjelman loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö. 11/2007. 46-51.

Bonde, A. 2005. Kyrönjoen tekojärvien veden laatu ja sen kehitys. Julkaisussa Kyrönjoen tekojärvien tila ja kehitys. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Vaasa: Ykkös-Offset.

Etelä-Pohjanmaan Metsäkeskus. 2006. Etelä- ja Keski-Pohjanmaan alueellinen metsäohjelma 2006 - 2010.

Hakala, H. & Välimäki, J. 2003. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Gaudeamus.

Hanski, I., Lindström, J., Niemelä, J., Pietiläinen, H. & Ranta, E. 1998. Ekologia. Juva: WSOY.

Huttunen, J. & Martikainen, P.J. 2003. Järvet ja tekoaltaat kasvihuonekaasujen päästölähteinä. Ilmansuojelu 4, 19-24.

Ihalainen, A. 2007. Valtakunnan metsien inventointi - Metsävaratilastot. Päivitetty 11.6.2007. Viitattu 17.4.2008. <http://www.metla.fi/metinfo/>, Palvelut, Valtakunnan metsien inventointi.

Ihalainen, A. 2008. Valtakunnan metsien inventointi 10.

IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Viitattu 3.4.2008. <http://www.ipcc.ch>, IPCC Reports, Assessment Reports, Climate Change 2001: The Scientific Basis, Full Report, Radiative Forcing of Climate Change, 6.12.2 Direct GWPs.

IPCC 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Viitattu 3.4.2008. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.

Jyväskylän kaupunki. 2000. Jyväskylän ilmanlaatu - Kasvihuonekaasutase 1990 ja 1998. Jyväskylän kaupunki, ympäristövirasto. Julkaisu 2/2000.

Kalliokoski, K. 2008. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. VS: VS: Seinäjoen alueen turvetuotantoalat. Sähköpostiviesti 4.4.2008. Vastaanottaja A. Koski.

Keskitalo, J. 2005. Maapallon muuttuva ilmasto. Jyväskylä: Tammi.

Korhonen, J. 2005. Suomen vesistöjen jääolot. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kyykkä, V-P. 2007. Ilmastostrategiatoimikunnan kokous. Pöytäkirja 1/2007. Seinäjoen kaupunki.

Leppäkangas, J. 2008. Corine land cover 2000 -paikkatietoaineisto.

Länsi-Suomen ympäristökeskus. 2006. Valvonta- ja kuormitusjärjestelmä. Päivitetty 27.7.2006. Viitattu 19.4.2008. <http://www.ymparisto.fi>, Palvelut ja tuotteet, Tietojärjestelmät ja -aineistot, Valvonta- ja kuormitusjärjestelmä.

Maankäytön seurantajärjestelmien kehittäminen. 2005. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio 2005:5. Helsinki.

Maanmittauslaitos. 2008. Pinta-alat kunnittain 1.1.2007. Viitattu 23.4.2008. <http://www.maanmittauslaitos.fi>, Julkaisut ja asiakirjat, Tilastot, Vuositilastot.

Matilda-tietopalvelu. Maatilarekisteri. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Viitattu 26.4.2008. <http://www.matilda.fi>, Maatilarekisteri.

Minkkinen, K., Laine, J. & Penttilä, T. 2007. Kasvihuonekaasupäästöt metsäojitetuilta soilta ja niihin vaikuttavat ympäristötekijät. Julkaisussa Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa. Tutkimusohjelman loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö. 11/2007. 22-26.

Perttilä, M. 2007. Typen kierto. Päivitetty 9.10.2007. Viitattu 17.3.2008. <http://www.itameriportaali.fi>, Tietoa Itämerestä, Aineiden kierto, Typen kierto.

Saarnio, S., Moreno, M., Mäkilä, M. & Alm, J. 2007. Luonnontilaiset suot kasvihuonekaasujen sitoijina ja päästäjinä. Julkaisussa Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa. Tutkimusohjelman loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö. 11/2007. 17-21.

Selin, P. 1999. Turvevarojen teollinen käyttö ja suopohjien hyödyntäminen Suomessa. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House.

Statistics Finland. 2006. Greenhouse Gas Emissions of Finland 1990-2004. National Inventory Report to the UNFCCC. Viitattu 2.4.2008.

http://www.stat.fi/tk/yr/2_fin_2006_nir_20061215.pdf.

Valtakunnan metsien inventointi 9. Viitattu 20.4.2008. <http://www.metla.fi/me-tinfo>, Palvelut, Valtakunnan metsien inventointi, Kunnittaiset metsävarat, VMI9.

Valtiosopimus 61/1994. Ilmastonmuutosta koskeva Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimus. Viitattu 27.2.2008. Valtion säädöstietopankki Finlex. <http://www.finlex.fi>, Valtiosopimukset.

Valtiosopimus 13/2005. Ilmastonmuutosta koskevan Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimuksen Kioton pöytäkirja. Viitattu 27.2.2008. Valtion säädöstietopankki Finlex. <http://www.finlex.fi>, Valtiosopimukset.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 2007. Läänien ja kuntien tieliikenteen pokaasupäästöt vuonna 2006. Päivitetty 30.5.2007. Viitattu 19.4.2008. <http://li-pasto.vtt.fi/>, LIISA 2006, Lääni- ja kuntakohtaiset päästöt.

Viljavuuspalvelu Oy. Tuloslaari. Viitattu 26.4.2008. <http://www.tuloslaari.fi>, Tilastotiedot.

Ympäristöministeriö. 2007. Kioton pöytäkirja. Päivitetty 9.5.2007. Viitattu 28.2.2008. <http://www.ymparisto.fi>, Ympäristönsuojelu, Ilmastonmuutoksen hillitseminen, Kioton pöytäkirja.

Ympäristöministeriö. 2008. Ilmastomuutoksen torjuminen. Päivitetty 13.3.2008. Viitattu 25.3.2008. <http://www.ymparisto.fi>, Ympäristönsuojelu, ilmastonmuutoksen hillitseminen.

Ympäristön tila Länsi-Suomessa. 1998. Toim. Rautio, M., Ilvessalo, H. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Pohjanmaan liitto & Etelä-Pohjanmaan liitto. Jyväskylä: Gummerrus.