

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Annika Nurmi

RAVINTEIDEN KIERTOTALOUS PÄIJÄT-HÄMEESSÄ

Työn tarkastajat:

Professori Lassi Linnanen

Tutkijatohtori, TkT Ville Uusitalo

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Annika Nurmi

Ravinteiden kiertotalous Päijät-Hämeessä

Diplomityö

2017

78 sivua, 18 taulukkoa, 15 kuvaa ja 3 liitettä

Tarkastajat: Professori Lassi Linnanen

Tutkijatohtori, TkT Ville Uusitalo

Hakusanat: ravinne, typpi, fosfori, ravinnekierto, biologiset virrat

Työssä selvitettiin typpeä ja fosforia sisältäviä biologisia virtoja Päijät-Hämeessä. Tavoitteena oli tuottaa tietoa maakunnan ravinteiden kiertotalouden tilasta ja potentiaalista. Tarkastelu kohdistettiin neljään pääkategoriaan: 1 Metsätalous, 2 Maatalous, 3 Energia ja 4 Jätteet. Virroista kerättiin tietoa tilastoista, virtoja käsitteleviltä yrityksiltä ja kirjallisuuslähteistä. Työssä laskettiin kartoitettujen tietojen pohjalta, paljonko alueella liikkuu vuosittain typpeä ja fosforia, sekä mihin virtojen sisältämät ravinteet päätyvät. Laskennan tulokset paljastivat ravinteiden suuret hävikit, jotka osoittivat tarkasteltujen systeemien avoimuuden. Ravinteet kiersivät pääasiassa maataloudessa lantana ja jätehuollossa biokaasulaitoksen kierrätysravinteina. Alueen ravinteiden kiertotaloudessa on nykytilaa enemmän potentiaalia, mutta keinolannoitteiden tarvetta ei pystytä kokonaan korvaamaan kierrätysravinteilla. Kiertotalouden kehittämisen kannalta tärkeintä olisi hävikkien pienentäminen ja ohjaaminen takaisin ravinnehyötykäyttöön. Huomionarvoista oli myös saatavilla olevien lähtötietojen rajallisuus ja tästä johtuen ravinnelaskennan hyvin suuret epävarmuudet.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Degree Programme in Environmental Technology

Annika Nurmi

Circular economy of nutrients in Päijät-Häme

Master's thesis

2017

78 pages, 18 charts, 15 figures and 3 appendices

Examiners: Professor Lassi Linnanen
D.Sc. (Tech.) Ville Uusitalo

Keywords: nutrient, nitrogen, phosphorus, nutrient cycle, biological flows

Biological flows including nitrogen and phosphorus in Päijät-Häme, were researched in this thesis. The aim of the study was to provide information about the state and potential of nutrients' circular economy in the region. The focus of the study was on four main categories: 1 Forestry, 2 Agriculture, 3 Energy and 4 Waste. Data about the flows was gathered from statistics, companies that handle the flows and literature sources. Based on the surveyed information, annual flows of nitrogen and phosphorus in the area were calculated. In the process the final destination of the nutrients was resolved. The results of the calculations revealed great losses of nutrients, which shows the openness of the studied systems. Circulation of the nutrients was mainly found in the agriculture as manure and in the waste management as nutrients recycled at the biogas plant. Region's circular economy of nutrients has more potential than there is currently utilized, but the need of artificially made fertilizers can't completely be replaced by circulated nutrients. Most important in the process of developing circular economy is reducing the losses and guiding them back to nutrient utilization. The limited availability of initial data and the enormous uncertainty of the nutrient calculations were also notable.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Lappeenrannan teknillistä yliopistoa, ja erityisesti Lahden toimipistettä, tämän mielenkiintoisen diplomityön mahdollistamisesta. Kiitos työn tarkastajille Lassi Linnaselle ja Ville Uusitalolle. Kiitos Lassille myös työn alkuaikoina käydyistä mielenkiintoisista keskusteluista. Suurimmat kiitokset kuuluvat työtä ohjanneelle Villelle ja kaikilla elämän osa-alueilla tukevalle avomiehelleni Ollille. Kiitos perheelle ja ystäville, joiden kanssa vietystä ajasta on aina voinut nauttia. Kiitos koko ymten porukalle niin Lappeenrannassa kuin Lahdessakin. Kiitos kaikille tiedon keruussa auttaneille tahoille, joita työtä tehdessäni väivasin lukuisin sähköpostein. Kiitos Lahden Teollisuusseuran Säätiölle apurahasta. Kiitos kaikille opiskelujen myötä elämäni tulleille ihanille ihmisille. Kiitos kaikille dipan kanssa tsemppiä toivottaneille, erityisesti niille, jotka jaksoivat sitä yli vuoden hokea - nyt ei enää tarvitse: se on vihdoin tässä!

Lappeenrannassa 23.1.2017

Annika Nurmi

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Tavoitteet ja rajaukset	10
1.2 Rakenne ja toteutus	11
1.3 Tiedonkeruun metodit	12
2 TYPEN JA FOSFORIN RAVINNEKIERRON HAASTEET JA MAHDOLLISUUDET	13
2.1 Typpi lannoitteena	13
2.2 Fosfori lannoitteena	18
2.3 Kierrätyslannoitteet.....	21
3 CASE PÄIJÄT-HÄME	25
3.1 Metsätalous	28
3.2 Maatalous.....	34
3.3 Energia.....	42
3.4 Yhdyskuntajätteet	46
3.5 Ravinteiden kiertotalouden tila Päijät-Hämeessä	53
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	56
5 YHTEENVETO	62
LÄHTEET	67
LIITTEET	

Liite I: Metsähakkuiden ja sahojen ravinnevirtojen laskentataulukkoita.

Liite II: Maatalouden laskentataulukot, lantalaskenta.

Liite III: Jätevesien ravinteiden laskentataulukot.

LYHENNE- JA SYMBOLILUETTELO

Lyhenteet:

AVI	Aluehallintovirasto
DNA	Deoksiribonukleinihappo
MAP	Monoammoniumfosfaatti
MTT	Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
PHJ	Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy
RAKI	Ympäristöministeriön Ravinteiden kierrätys -ohjelma
RKTL	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
RNA	Ribonukleinihappo
SVT	Suomen virallinen tilasto
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TSP	Triplasuperfosfaatti
VMI	Valtakunnan metsien inventointi

Symbolit:

H ₂	Vetymolekyyli
HNO ₃	Typpihappo
N	Typpi
N ₂	Typpimolekyyli
NH ₃	Ammoniakki
NH ₄ ⁺	Ammoniumtyppi
NO	Typpimonoksidin
NO ₂	Typpidioksidin
NO _x	Typen oksidit
N ₂ O	Dityppimonoksidi eli typpioksiduuli
NO ₃ ⁻	Nitraatti-ioni
O ₂	Happimolekyyli
O ₃	Otsoni
P	Fosfori
P ₂ O ₅	Fosfaattipentoksidi

1 JOHDANTO

Kaikki eliöt tarvitsevat ravinteita, joista tärkeimpiin, niin kutsuttuihin pääravinteisiin, kuuluvat typpi, fosfori ja kalium (Van Kauwenbergh 2010, 2). Kasvit ottavat tarvitsemansa ravinteet usein maasta veden mukana. Eläimet saavat tarvitsemansa ravinteet pääasiassa syömistään ravinnosta. Kun jotakin ravinnetta ei ole tarpeeksi saatavilla, määrittää se kasvulle rajat. Viljelykasvien kasvua rajoittavia tekijöitä voidaan lisätä peltoon lannoitteina, jolloin samoista kasvuolosuhteista saadaan parempi sato.

Nyt jo ollaan niillä rajoilla, että kaikille ei riitä ruokaa lannoituksesta huolimatta. Smil (1997, 81) totesi jo lähes kaksikymmentä vuotta sitten, ettei luomutuotannon perinteisillä keinoilla ja kierrätettävissä olevalla typen määrällä pystytä ruokkimaan edes silloisia kuutta miljardia ihmistä nykyisillä ravintotottumuksilla. YK:n väestöraportissa tämän hetken (vuoden 2015) arvio maailman väestömäärälle on 7 349 472 000 ihmistä. Ennusteen mukaan 10 miljardin ihmisen raja tultaisiin rikkomaan ennen vuotta 2060. (UN 2015.)

Ruoantuotannon ja siten myös ravinnevirtojen lisäämisen tarve on selkeä, mutta toiminnalla on monia ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Luonnon monimuotoisuus vähenee, kun esimerkiksi niityt raivataan yksipuolisen tehomaatalouden käyttöön. Osa ravinteista karkaa ilmakehään, jossa esimerkiksi erilaiset typen yhdisteet voimistavat kasvihuoneilmiötä ja vaikuttavat haitallisesti esimerkiksi otsonikerrokseen. (Vitousek et al. 2009, 1519.) Ihminen ei voi loputtomiin jatkaa näin. Ravinnevirtojen lisäämisen, ja siihen yhteydessä olevien ympäristöongelmien, kuten ilmastonmuutoksen ja biodiversiteetin vähenemisen osilta, planeetan kantokyky on jo ylitetty. Kantokyky tarkoittaa sitä resurssin käytön tasoa, jonka vaikutukset ekosysteemi pystyy käsittelemään niin, että sen toiminta säilyy ennallaan. (Rockström et al. 2009; Kahiluoto et al. 2013, 16.)

Suomessa ravinteiden käytön ongelmana on nimenomaan liikkakäytön aiheuttamat ongelmat, joista näkyvimpänä rehevöityminen. Lannoitteita on ollut varaa laittaa ylimäärin peltoon, josta osa valuu suoraan vesistöihin aiheuttaen ongelmia. Kiristynyt taloustilanne vaikuttaa myös maatalouteen, ja lannoitteiden käyttö vaikuttaa ympäristön ohella myös alan kannattavuuteen. Liian suuri ravinteiden määrä muuttaa alueiden ekologisia tasapainoja, mikä ilmenee esimerkiksi biodiversiteetin heikkenemisenä. Osa lajeista pystyy kukoistamaan uusissa

olosuhteissa muita paremmin ja valtaamaan enemmän elintilaa, jolloin lajien monimuotoisuus vähenee, kun yksi laji syrjäyttää muut. Vesiekosysteemeissä ravinteiden mahdollistama rehevöityminen voi johtaa happikatoon, joka aiheuttaa muun muassa kalakuolemia ja kuolleita vyöhykkeitä pohja-alueisiin. (Kahiluoto et al. 2013, 16–17.) Siksi on tärkeää, että liikkaita vähennetään ja keinolannoitteiden tarvetta pienennetään hyödyntämällä mahdollisimman paljon erilaisia ravinnevirtoja, kuten kierrätyslannoitteita.

Lannoitteita on kahta eri tyyppiä: luonnollisia ja keinotekoisia. Luonnollisia lannoitteita ovat eloperäiset, ravinteita sisältävät virrat kuten maa- ja metsätalouden sivuvirrat, joita ovat esimerkiksi lanta ja lietteet. Keinotekoisia lannoitteita valmistetaan teollisesti muuntaen esimerkiksi kallioperässä tai ilmakehässä luonnostaan olevia alkuaineita kemiallisten prosessien kautta maataloudessa hyödynnettävään muotoon. (Smil 2000, 61–65.)

Tärkeimmät lannoitteina lisättävät ravinteet ovat typpi ja fosfori. Typpi on elintärkeä alkuaine, jota tarvitaan soluissa DNA:n, RNA:n ja proteiinien valmistamiseen. DNA ja RNA säilyttävät ja välittävät geneettisen tiedon, kun taas proteiineilla on useita erilaisia tehtäviä. Proteiinit toimivat välttämättöminä viestien välittäjinä, reseptoreina, katalyytteinä ja rakeneosina kaikissa kasvi- ja eläinsoluissa. (Smil 1997, 76.) Typen tapaan myös fosforia tarvitaan eliöiden solutason toiminnassa. Fosfaatti on välttämätön osa esimerkiksi DNA- ja RNA-ketjuja. Lisäksi kaikki monimutkaiset elämänmuodot tarvitsevat fosforia energia-ainevaihdutensa toteuttamiseen. Fosfori on usein kasvua rajoittava tekijä, erityisesti vesiekosysteemeissä. Tämä johtuu erityisesti siitä, että fosfaatit ovat niukkaliukoisia ja muuntuvat nopeasti liukenemattomiin muotoihin. (Smil 2000, 56.) Peltoon lisätystä fosforista osa huuhtoutuu veden mukana ojiin, joita pitkin ravinteet kulkeutuvat edelleen jokiin ja järviin. Kun rajoittavaa tekijää lisätään huomattava määrä ekosysteemiin, äkillinen kasvun lisäys voi mullistaa koko systeemin normaalin toiminnan. (Smil 2000, 56–57.)

Globaaleja ongelmia keinotekoisien typen ja fosforin lannoitteiden kanssa ovat lannoitteiden käytön epätasainen jakautuminen, ehtyvät fosforivarat, biodiversiteetin väheneminen ja ilmastomuutoksen kiihtyminen. Sen lisäksi, että fosforivarat ovat alueellisesti harvojen valtioiden alueille keskittyneet, on globaali ravinteiden käyttö ylipäättään jakautunut epäoikeudenmukaisesti. On arvioitu, että 10 % maista saa 32 % tyypeistä ja 40 % fosforista (Kuokkanen et al. 2015). Tämä tarkoittaa sitä, että joissain maissa ei pystytä tuottamaan tarpeeksi ruokaa

maaperän köyhyiden vuoksi, kun taas toisaalla kärsitään liiallisen ravinteiden käytön aiheuttamista ongelmista. (Kahiluoto et al. 2013, 16–17.)

Ympäristöongelmien vähentämiseksi ravinteiden käyttöön tarvitaan enemmän sääntelyä, jotta harkitsematon liikalannoitus vähenisi. Tämä mahdollistaisi samalla enemmän ravinteita köyhimmille alueille. Lisäksi mahdollisimman hyvä ravinteiden kierrätys vähentäisi keinolannoitteiden tuotantotarvetta ja tuotannon aiheuttamia päästöjä, kun kierrätysravinteilla saataisiin korvattua osa keinolannoitteista. Liikalannoituksen ongelmia suitsimaan on kehitetty erilaisia suosituksia ja sallittuja enimmäismääriä (EU:n typpidirektiivi). Paremmista viljelytavoista on tietoa, mutta kiertoviljelyn ja kesannoinnin järjestelmällinen hyödyntämien on silti laajassa mittakaavassa Suomessa vielä pieni osa kokonaisviljellystä alasta. Kierrätyslannoitteiden käyttäminen onkin tulevaisuudessa yhä tärkeämpää, jotta ravinteet saadaan kierrätettyä moneen kertaan läpi saman systeemin. Ravinteiden karkaamisen vähentyessä myös ympäristöongelmat pienenevät.

Ravinteiden kiertotalouden tärkeys on jo virallisestikin tunnustettu Suomessa. Vuoden 2010 Itämerihuippukokouksessa Suomen hallitus sitoutui ”tehotoimiin Saaristomeren hyvän tilan saavuttamiseksi vuoteen 2020 mennessä”. Samassa yhteydessä luvattiin myös tehdä Suomesta ravinteiden kierrätyksen esimerkkialue. (Ympäristöministeriö 2015.) Näiden tavoitteiden tukemiseksi perustettiin Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskeva ohjelma eli RAKI. RAKI on toiminnassa vuosina 2012–2015, jonka aikana noin 3 miljoonan vuosittaisesta budjetista. Ohjelmasta rahoitetaan hankkeita, joiden teemoja voivat olla muun muassa seuraavat: maatalouden vesiensuojelun tehostaminen, lanan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistäminen sekä liete- ja biojätepohjaisten lannoitevalmisteiden kehittäminen. Eri hakukierroksilla tavoitellaan eri hanketeemoja. Rahoitusta myönnetään määräaikaan, korkeintaan kolmevuotisiin hankkeisiin. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2013.)

Loppukeväästä 2015 pääministeri Juha Sipilän hallituksen hallitusohjelman kärkihankkeisiin on kirjattu kohta nimeltä Kiertotalouden läpimurto, vesistöt kuntoon. Perusteluina mainitaan muun muassa Itämeren ekologisen tilan edistäminen sekä maatalouden ravinne- ja energiaomavaraisuuden lisääminen. Tavoitteeksi on kirjattu muun muassa ravinteiden tal-

teenoton lisääminen ”erityisesti Itämeren ja muiden vesistöjen kannalta herkillä alueilla siten, että vähintään 50 prosenttia lannasta ja yhdyskuntajätevesilietteestä saadaan kehittyneen prosessoinnin piiriin vuoteen 2025 mennessä”. (Valtioneuvoston tiedonanto 2015, 22.)

1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Tämän diplomityön tavoitteena on luoda kokonaiskuva Päijät-Hämeen maakunnan ravinnevirroista. Ravinnevirralla tarkoitetaan tässä työssä tarkasteltuja ravinteita sisältävän materiaalivirran sisältämien ravinteiden määrää. Tarkoitus on selvittää, millaisia ravinnevirtoja alueen sisällä sekä sen rajojen yli kulkee. Työssä selvitetään mitkä ovat suurimmat ravinnevirrat, missä ne syntyvät ja mihin ravinteet päätyvät. Lisäksi annetaan tietoa laskennassa käytettävien tilastojen määrästä ja laadusta. Kokonaiskuvan avulla on tarkoitus pystyä tunnistamaan ravinteiden kiertotalouden tila maakunnassa ja löytää tärkeimmät kehitysalueet. Työn pohjalta pitäisi siten pystyä tunnistamaan mihin lisätutkimus- ja kehityspanokset on kannattavinta kohdistaa kiertotalouden resurssien käytön optimoimiseksi.

Ravinnevirrat jaotellaan neljään kategoriaan, jotka ovat 1 Metsätalous, 2 Maatalous, 3 Energia ja 4 Yhdyskuntajätteet. Ravinnevirtojen jaottelu pohjaa Riina Antikaisen väitöskirjaan *Substance flow analysis in Finland – Four case studies on N and P flows (2007)*. Jaottelu on aiheen monijakoisen luonteen huomioiden selkeä, eikä muunlaisen käyttämiseen tässä työssä ole painavia perusteita. Kategorioiden pohjalta voidaan eritellä eri kokonaisuuksien välisiä mittasuhteita, ja siten tunnistaa merkittävimmät virrat ja kokonaisuudet. Osa virroista kulkee eri kategorioiden välillä, joten kaksinkertaisten virtojen välttämiseksi on tehty tiettyjä rajauksia. Esimerkiksi puupolttoaineiden käyttö käydään osion 1 yhteydessä hakkuiden osalta, ja polton osilta kohdassa 3. Jätevesilietteistä ja biojätteistä tuotettu kierrätyslannoite käsitellään kohdassa 4, mikä tarkoittaa, että kohdassa 1 kierrätyslannoitteet ovat käytännössä alueen eläinten tuottama lantamäärä.

Virroista on tarkoitus selvittää vuotuiset kokonaisuudet. Virtojen yleisten ominaisuuksien perusteella lasketaan kirjallisuutta hyödyntäen niiden sisältämät ravinnemäärät. Ravinteista tässä työssä tarkastellaan typpeä (N) ja fosforia (P). Typen osalta keskitytään pääasiassa alkuaineen reaktiivisiin muotoihin. Ilmakehän inertissä, eli reagoimattomassa muodossa olevaa, N₂:ta ei huomioida muuten kuin typen oksideiksi muuntumisen osalta, eli kun typpeä

sidotaan reaktiivisiin muotoihin, tai kun reaktiivisessa muodossa oleva typpi menetetään ilmakehään. Työssä keskitytään ravinnevirtojen kokonaismääriin, ravinteiden yhdistemuotoja ei eritellä sen tarkemmin.

Ravinnevirtoja koskevia tutkimuksia on tehty aiemminkin, mutta eri mittakaavassa. Maakohtaisia ravinnetaseita on julkaistu useassa eri maassa. Myös koko maapallon ravinnevirroista on tehty arvioita. Laajojen ravinneanalyysien avulla voidaan näyttää ravinteiden käytön tärkeys ihmisen toiminnalle, ja tuoda esiin sen aiheuttamat ympäristöongelmat, kuten maapallon kantokyvyn rajat. Konkreettisempia kehitystoimia niiden pohjalta on kuitenkin vaikeaa tehdä. Ravinnevirtojen hyötykäytön tehostamisen ja kierron lisäämisen kannalta on tarpeen tarkempi ja paikallisempi tutkimus, mihin tämän työn maakuntarajaus pyrkii vastaamaan.

Aiemmat ravinnevirtoihin liittyvät tutkimukset ovat osoittaneet ravinteiden kiertotalouden vähäisyyden ja ravinnevirtoja sisältävien systeemien avoimuuden. Tämän työn tuloksista on tarkoitus pystyä hahmottamaan eri kokonaisuuksien merkittävyys alueen kokonaisravinnevirroissa. Ravinnevirrat on yleensä kannattavinta hyödyntää mahdollisimman lähellä syntyä paikkaa, minkä vuoksi maakunta on realistinen alue, jonka sisällä voidaan yhdistää ravinnevirtojen tuottajia ja tarvitsijoita. Työssä on siten tavoitteena luoda katsaus maakuntakoko- luokan ravinnetalouteen, ja tunnistaa ravinnekierrätyksen tila ja potentiaali alueella.

1.2 Rakenne ja toteutus

Työn teoriaosuudessa käsitellään tarkemmin typpi ja fosfori ravinteina. Esitellään typen ja fosforin luontaiset kierrot sekä ihmisen vaikutukset niihin. Typpi- ja fosforilannoitteiden valmistustavat ja käyttö kuvaillaan, sekä niihin liittyvät ongelmat esitellään. Teoriaosassa käsitellään myös karkeasti kierrätyslannoitetyypit Suomessa, ja esitellään niiden vahvuuksia ja heikkouksia suhteessa keinolannoitteisiin.

Case Päijät-Hämeessä esitellään ensin Päijät-Häme alueena, minkä jälkeen käsitellään selvitetty typen ja fosforin virrat neljässä osaprosessissa. Kunkin osalta esitellään ensin kyseisen sektorin toiminta ja pääpiirteet alueella. Virroista kerätään tietoa tilastoista, virtoja kä-

sitteleviltä yrityksiltä ja kirjallisuuslähteistä. Tämän jälkeen esitetään selvitys löydetystä ravinnevirroista. Casen lopun tulosten tarkastelussa osaprosessien tiedot yhdistetään kokonaiskuvaan alueen vuotuisista ravinnevirroista, jotta voidaan tunnistaa tärkeimmät virrat typen ja fosforin kannalta. Tuloksista on tarkoitus myös selvittää alueen ravinnetalouden nykytilan omavaraisuus, ja kehittämisen mahdollisuudet.

1.3 Tiedonkeruun metodit

Tiedonkeruussa on hyödynnetty biomassoista alueellisesti saatavia tilastoja. Virallisten tilastotietojen lisäksi biomassojen määrästä ja laadusta on saatu tietoa kysymällä alan yrityksistä ja asiantuntijoilta alueella. Metsän hakkuutiedostot perustuvat Luken (Luonnonvarakeskus) tilastojen mukaisiin puumääriin, kun taas sahateollisuuden puuvirrat perustuvat Suomen Sahat Oy:ltä saatuihin tietoihin. Maatalouden virroista lantamäärien laskenta pohjautuu Luken kotieläintilastojen eläinten lukumäärään alueella. Keinolannoitteiden käytön määrä arvioitiin Yaralta saatuihin tietoihin pohjautuen. Energiantuotannon virtojen laskennassa on hyödynnetty Lahti Energian vuosikertomuksia, Lipaston tilastoja ja metsätalousosion laskentaa. Jätteiden ja jätevesien käsittelylaitosten virrat on saatu yritysten verkkosivuilta ja suoraan yrityksistä sähköpostitse kysymällä. Puuttuvat jätevesitiedot arvioitiin tyypiltään edustavien kuntien tietojen perusteella asukasperusteisesti laskemalla. Ravinnepitoisuuksien kertoimet on otettu pääosin kirjallisuuslähteistä, joista osan tiedot on useammasta eri kirjallisuuslähteestä kootut. Mitattuja arvoja virroista käytettiin, kun niitä oli saatavilla, eli jätevesien ja kierrätyskompostin kohdalla.

2 TYPEN JA FOSFORIN RAVINNEKIERRON HAASTEET JA MAHDOLLISUUDET

Pääravinteina typellä ja fosforilla on olemassa omat, luontaiset kiertonsa, jotka mahdollistavat elämän siinä muodossa kuin se yleisesti tunnetaan. Ihmisen toiminta on tuonut oman lisänsä ravinnekiertoihin, mikä näkyy monenlaisina ongelmina eri ympäristöjen ekologisissa tasapainoissa. Keinolannoitteiden valmistusprosessien kestättömyys on osa ravinteiden käytön ongelmaa. Suomen kannalta tärkeimmät valmistusprosessit esitellään tiiviisti typen ja fosforin osalta. Keinolannoitteiden valmistukseen liittyvien ongelmien vuoksi ravinteiden käytön tehostaminen ja kiertotalouden lisääminen ovat lähitulevaisuuden kriittisiä kehityskohteita, jotta tulevaisuudessa kasvava väestö pystytään ruokkimaan ja ruoantuotannon kestävyyttä parantamaan. Ravinnekierron tehostamisen keinot voidaan jakaa kahteen luokkaan: ravinnehävikkejä pienentäviin ja systeemistä poistuneita ravinteita kiertoon palauttaviin keinoihin (Rajala et al. 2006, 131).

2.1 Typpi lannoitteena

Kaikki eliöt tarvitsevat typpeä elääkseen. Valtaosa maapallon typestä on inertissä eli reagoimattomassa typpimolekyylimuodossa (N_2) ilmakehässä. Ilmakehän kaasuista 78 % on typpeä (Smil 1997, 76). Vain pieni osa eliöistä pystyy suoraan käyttämään hyväkseen ilmakehän typpeä muuntamalla sen solujensa prosesseissa reaktiiviseen muotoon. Typensidontaan pystyvät kasvit ovat muodostaneet symbioosin typensitojabakteerien, kuten *Rhizobium*-bakteerien, kanssa. (Van Spanning et al. 2005, 322.) Suomen luonnossa esiintyviä typensitojakasveja ovat esimerkiksi apilat, mailaset, herneet, virnat, härkäpapu ja lupiinit (Huusela-Veistola et al. 2012, 81). Myös syanobakteerit kykenevät sitomaan ilmasta typpeä (Smil 1997, 77).

Typen reaktiivisia muotoja ovat biologisesti, fotokemiallisesti ja säteilyllisesti aktiiviset typen yhdisteet. Epäorgaanisia typen reaktiivisia muotoja ovat ammoniakki (NH_3), ammoniumtyppi (NH_4^+), typen oksidit (NO_x), joka sisältää sekä typpimonoksidin (NO) että typpi-

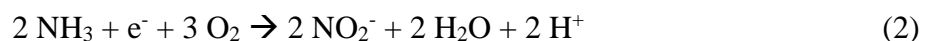
dioksidin (NO₂), typpihappo (HNO₃), dityppimonoksidi eli typpioksiduuli (N₂O) sekä nitraatti-ioni (NO₃⁻). Orgaanisia typenyhdisteitä ovat esimerkiksi urea, amiinit, proteiinit ja nukleiinihapot. (Galloway et al. 2003, 154.)

Typen luonnollisessa kierrossa ilmakehän typpeä muuntuu reaktiivisiin muotoihin salamoinnin yhteydessä ja typensitobakteerien toiminnan seurauksena. Salamoinnin energia saa ilman typpimolekyylit reagoimaan ilman happimolekyylien (O₂) kanssa, jolloin muodostuu typpioksidia, joka hapettuu edelleen typpidioksidiksi. Osa näin syntyneistä typenoksideista päätyy meriin nitraatti-ioneiksi muuntuneina. Luonnon kierrossa typensitobakteerit vastaavat kuitenkin valtaosasta eliöiden käyttökelpoiseen muotoon muunnetusta tpestä. On myös hapettomissa oloissa eläviä bakteereita, sieniä ja hiivoja, jotka muuntavat typpiyhdisteitä takaisin typpimolekyyleiksi aineenvaihduntansa tuotteina. (Van Spanning et al. 2005, 277–278.) Typen luonnollisen kierron tärkeimmät reaktiot ovat biologinen typensidonta, nitrifikaatio ja denitrifikaatio (Erisman et al. 2011b, 12). Kyseiset reaktiot voidaan esittää seuraavasti.

Biologinen typensidonta, jonka avulla bakteerit sitovat ilmakehän typpeä ammoniakiksi:



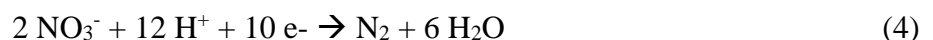
Nitrifikaatio, jonka ensimmäisessä vaiheessa ammoniakki hapettuu nitriitiksi:



Toisessa nitrifikaation vaiheessa nitriitti hapettuu edelleen nitraatiksi:



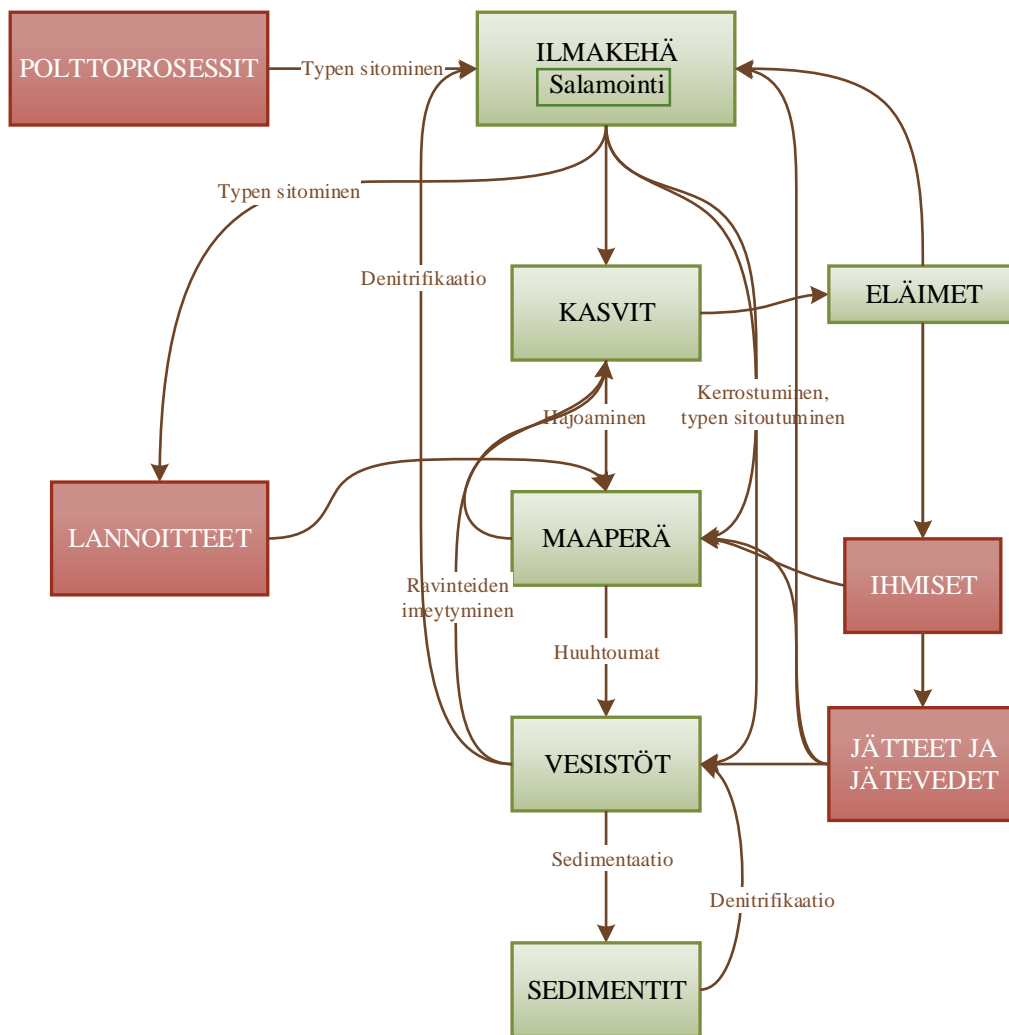
Denitrifikaatio, jossa nitraatti muuntuu takaisin typpikaasuksi:



(Erisman et al. 2011b, 12.)

Typen kierrolla tarkoitetaan pääasiassa typen reaktiivisia muotoja. Typen kierto on esitettyä kuvassa 1. Kaikkia mahdollisia yhteyksiä eri prosessien välillä ei ole selkeyden vuoksi merkitty, esimerkiksi polttoprosesseihin menevien jakeiden typen virrat puuttuvat kuvasta.

Molekyylimuotoon palautunut, ilmakehään karkaava typpi katsotaan kierrätyksen näkökulmasta menetetyksi. Merivesien osuutta kierrossa ei ole sisällytetty kuvaan, koska työssä tarkasteltuun alueeseen ei kuulu merialueita. Käytännössä kuitenkin Päijät-Hämeen alueelta pääsee vesistöjä pitkin alueen ulkopuolelle ravinteita, joista osa päätyy Itämereen asti. Punaisilla laatikoilla merkityt prosessit kuvaavat ihmisen toiminnan vaikutusta luonnollisiin prosesseihin. Ihmisen toiminta on vaikuttanut enemmän tai vähemmän myös vihreällä merkittyjen luonnonprosessien toimintaan, mutta näitä typen virtoja ja reaktioita tapahtuisi myös ilman ihmisen vaikutusta. Kuvasta nähdään, kuinka eri prosessien tekijät, kuten bakteerit, muuntavat typpeä, jolloin toisen ryhmän eliöt, kuten kasvit, voivat käyttää niitä tarvitsemiensa yhdisteiden ja molekyylien muodostamiseen. Ilmakehässä muodostuu jonkin verran reaktiivisia typen yhdisteitä salamoinnin yhteydessä. Eläimet saavat tarvitsemansa typpiyhdisteet syömällä esimerkiksi kasveja tai muita eläimiä. Eliöiden eläessä, niiden aineenvaihdunnan myötä typpeä pääsee niin ilmakehään, maaperään kuin vesistöihinkin. Eliöiden kuollessa muun muassa hajottajabakteerit vapauttavat ravinteet takaisin kiertoon. (Van Spanning et al. 2005, 279–280.) Ravinteita kulkee systeemistä toiseen ympäristön luonnollisten toimintojen kuten huuhtoutumisen, sedimentaation, haihtumisen ja imeytymisen myötä.



Kuva 1: Typen kierto. Nuolet kuvaavat typen virtausta eri prosessien välillä. Vihreällä merkityt osat kuuluvat luonnolliseen kiertoon, punaisella korostetut ovat ihmisen toiminnasta aiheutuvia ylimääräisiä prosesseja luonnolliseen kiertoon. (Antikainen 2007, 12; Smil 1997, 80)

Ihmisen toiminta on viimeisen sadan vuoden kuluessa kaksinkertaistanut typen määrän kieroissa (Fowler et al. 2013, 2). Ihmisen toiminta vaikuttaa typen kiertoon kolmen eri prosessin kautta. Ensinnäkin energiantuotannossa poltetaan fossiilisia polttoaineita, joiden sisältämä typi hapettuu ja pääsee ilmakehään typen oksideina. Myös palamisilman tyydestä pieni osa hapettuu palamisprosesseissa oksidimuotoon. Lisäksi teollisessa toiminnassa ilmakehän typpeä sidotaan ammoniakiksi Haber-Bosch-prosessia hyödyntäen, mikä vaatii huomattavasti luonnollista typen sidontaa enemmän energiaa. Teollisen typensidonnan tuotteita käytetään lannoitteisiin, räjähteiden valmistukseen, savukaasujen puhdistukseen ja muihin kemikaali-teollisuuden sovelluksiin. Kolmas ihmisen kiihdyttämä typen kierron prosessi on typensitojakasvien, kuten palkokasvien, viljely. (Erisman et al. 2011b, 12.)

Kehittäjiensä mukaan nimetty Haber-Bosch-prosessi kehitettiin 1900-luvun alussa (Galloway et al. 2008, 889). Haber-Bosch-prosessissa tuotetaan ammoniakkia yhdistämällä typpeä ja vetyä (H_2) katalyytin läsnä ollessa korkeassa lämpötilassa ja paineessa (Erisman et al. 2008, 636). Korkean lämpötilan ja paineen saavuttaminen ja ylläpito vaativat suuria määriä energiaa, mistä seuraa käytetystä energialähteestä riippuen huomattavia päästöjä. Prosessin tarvitsema vety saadaan useimmiten maakaasusta, joka on fossiilinen polttoaine ja siten kestämatöntä luonnonvarojen käyttöä. (Bohlool et al. 1992, 2.) Vetyä voidaan tuottaa maakaasun sijasta myös esimerkiksi biokaasusta tai vedestä, jolloin fossiilisen raaka-aineen tarve poistuu. Tällöinkin suuri energiankulutus jää edelleen prosessin ongelmaksi.

2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen aikana maailmassa tuotettiin ammoniakkia vuosittain noin 120 Tg eli 120 miljoonaa tonnia. Valtaosa ammoniakista, noin 80 %, käytetään maatalouden lannoitteissa. Loput 20 % hyödynnetään teollisuuden prosesseissa useiden tuotteiden, kuten esimerkiksi nailonin, muovien, hartsin, liimojen ja räjähteiden valmistuksessa. (Galloway et al. 2008, 889.) Lannoitukseen käytetystä typestä vain murto-osa, arvon mukaan 17 %, päätyy ihmisten ravinnoksi viljojen sekä maito- ja lihatuotteiden kulutuksen kautta. Valtaosa typestä hukataan ympäristöön, kun typpeä sitoutuu maaperään, haihtuu ilmaan ja huuhtoutuu makeisiin vesiin. (Leach et al. 2012, 55.)

Typen reaktiivisten muotojen päätyminen ympäristöön liian suurissa määrissä aiheuttaa useita ongelmia. Kuten aiemmin jo mainittiin, typen ravinnekelpoisten muotojen lisääntyminen maaperässä ja vesissä aiheuttaa muutoksia ekosysteemeihin. Näitä muutoksia ovat rehevöityminen, biodiversiteetin väheneminen, happikadot ja vesien pilaantuminen. Ilmakehään päästessään, typen oksidit voivat toimia kasvihuonekaasuna, kiihdyttäen ilmastonmuutosta. Erityisesti typpioksiduuli N_2O on erityisen voimakas, pitkäikäinen kasvihuonekaasu. Myös typenoksidit ovat kasvihuonekaasuja, mutta ne eivät ole yleensä yhtä pitkäikäisiä. Ilmaan päässeet typpiyhdisteet voivat lisäksi tuhota yläilmakehän otsonikerrosta tai muuntua hapoksi, joka aiheuttaa maaperän ja vesistöjen happamoitumista, ja voi vaurioittaa kasveja (esimerkiksi havupuiden harsuuntuminen) sekä useita materiaaleja. Alailmakehässä typenoksidit puolestaan edesauttavat terveydelle haitallisen otsonin (O_3) muodostumista.

Lannoituksen ohella ylimääräistä reaktiivista typpeä pääsee luontoon myös polttoprosesseista, kuten energiantuotantolaitoksista ja liikenteestä. Jälkimmäisten päästöjen määrää on

rajoitettu paljon tiukemmin, kuin typen päästämistä ympäristöön lannoituksen muodossa. Tämä johtunee ainakin osin polttoprosessien typenoksidien haitallisista terveysvaikutuksista. Ruoantuotannon tarpeen vuoksi maatalouden lannoitteiden käyttö on pitkään ollut holtitonta, mikä on johtanut muiden ekosysteemipalveluiden kärsimiseen. Kyse ei ole vain alueellisista ongelmista, sillä meriin varastoituneen typen päästessä ilmakehään typpioksiduulina, ilmastonlämpenemistä kiihdyttävä vaikutus tuntuu globaalisti. (Fowler et al. 2013, 11.)

2.2 Fosfori lannoitteena

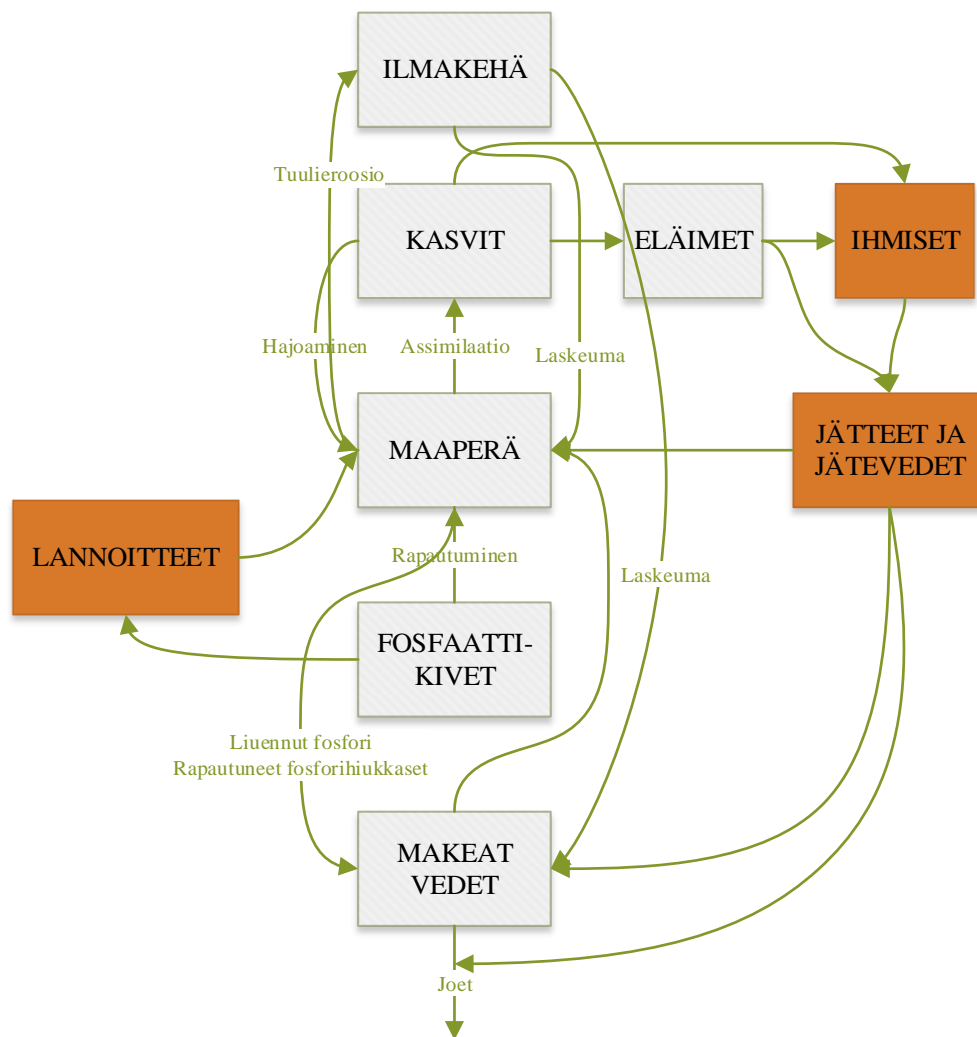
Luonnon orgaanisia fosforivaroja, kuten esimerkiksi luujauhoa ja guanoa on käytetty lisäämään fosforia viljassa ja rehuissa (Van Kauwenbergh 2010, 2). Guano on eräillä vähäsateisilla saarilla ajan saatossa kerrostuneita lintujen jätöksiä (Smil 1997, 78). Nykyään fosforia louhitaan pääasiassa luonnostaan fosforia sisältävistä mineraaleista, millä katetaan lähes koko fosforilannoiteteollisuuden toiminta. Kaivostoiminta rasittaa alueellisesti ympäristöä, minkä lisäksi päästöjä syntyy myös kuljetuksista. (Van Kauwenbergh 2010, 2–4.) Tärkeimmät fosforivarannot ovat myös rajoittuneet maantieteellisesti hyvin harvojen valtioiden alueelle, jolloin muut ovat riippuvaisia kauppasuhteista näihin valtioihin. Eri arvioiden mukaan muutaman suurimman tuottaja-alueen osuus koko maailman fosforin tuotannosta on ollut noin 72–75 %. Suurimmat fosforintuotantovarant ovat Yhdysvalloilla, Venäjällä, Kiinalla sekä Marokon ja Länsi-Saharan alueella. Etenkin poliittisen epävakauden aikoina alueiden ravinneomavaraisuus on tärkeä ravinteiden kiertoön kannustava tekijä. (Van Kauwenbergh 2010, 8–10.)

Fosfori on fosfaattikivissä usein mineraalimuodossa apatiittina (Van Kauwenbergh 2010, 2). Fosforipitoisuudesta puhuttaessa tarkoitetaan useimmin fosfaattipentoksidia (P_2O_5) (Van Kauwenbergh 2010, 1). Louhittu raaka-aine täytyy käsitellä, jotta fosfaatti saadaan muunnettua kasveille käyttökelpoiseen liukoiseen muotoon. Käsittelyyn ja lannoitteeksi jalostukseen on olemassa ja käytössä useita eri keinoja. Kolme lannoitesovellusta kattavat noin puolet koko maailman fosforilannoitteista. Nämä ovat diammoniumfosfaatti (DAP), monoammoniumfosfaatti (MAP) ja triplasuperfosfaatti (TSP). (Van Kauwenbergh 2010, 2.) Fosforikivissä on usein ongelmallisia epäpuhtauksia. Erityisesti raskasmetalleista ja radio-

aktiivisista aineista on haittaa, kun ne pääsevät lannoituksen aiheuttaman maaperän pilaantumisen kautta tuotettuun ruokaan ja sitä kautta myös ihmisiin. Tällaisia haitallisia aineita ovat esimerkiksi kadmium, torium, uraani ja sen hajoamistuote radon. (Keyzer 2010, 413)

Suomi on fosforivarojen suhteen hyvässä asemassa, sillä Suomesta löytyvistä fosforivaroista puuttuu haitallinen kadmium. Suomessa käytetään flotaatiota erottamaan hiili fosfaatista, kun käsitellään magmakiviä (Van Kauwenbergh 2010, 5). Suomen fosforivarat ovat apatiittina Siilinjärvelle keskittyneinä. Avolouhoksesta louhittavasta apatiittimalmista irrotetaan fosfori, joka jalostetaan tehtaassa edelleen lannoitteiksi ja fosforihapoksi. Siilinjärven kaivos on Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos, jossa tuotetaan jopa puoli miljoonaa tonnia lannoitteita ja 300 000 tonnia fosforihappoa vuodessa. Fosforihappo käytetään lannoite-, eläinrehu- ja elintarviketeollisuudessa. Fosforilannoitteita Suomessa jalostaa nykyään norjalaisomisteinen Yara. (Mannila 2014.)

Kuvassa 2 on esitetty fosforin kierto. Kuten typenkin kohdalla, on merivesisysteemit rajattu pois tarkastelusta. Ihmisen toimintaa kuvaavat prosessit on merkitty oranssilla kuvaan. Ihmisen toiminta on vaikuttanut kiihdyttävästi myös luonnonprosessien toimintaan, mutta nämä prosessit tapahtuisivat pienemmässä mittakaavassa myös ilman ihmisen vaikutusta. (Smil 2000. 67–68.)



Kuva 2: Fosforin kierto. Oranssilla korostetut ovat ihmisen kiertoon lisäämiä kierron osia. Vaalealla pohjalla merkityt prosessit toimisivat myös ilman ihmisen vaikutusta, mutta erisuuruisina. (Antikainen 2007, 15; Smil. 2000, 58)

Ihmisen toiminta on vaikuttanut kiihdyttävästi useisiin luonnonprosesseihin, joista merkittävimmät fosforin kiertoa lisänneet ovat eroosion voimistuminen, erityisesti veden toimesta tapahtuva eroosio. Jokien luonnostaan kuljettaman fosforin määrän ja luonnostaan tapahtuvan biomassan palamisen on arvioitu noin kolminkertaistuneen ihmisen toimesta. Lisänä ovat myös ihmisen toiminnan luomat uudet prosessit, joita ovat sadonkorjuu, eläinten jätteet, ihmisten jätteet, orgaanisen aineen kierrätys ja epäorgaaniset lannoitteet. (Smil 2000. 67–68.)

2.3 Kierrätyslannoitteet

Kierrätyslannoitteet ovat ravinteita sisältäviä virtoja, jotka ovat usein orgaanisia. Lisäksi on joitakin virtoja, jotka eivät ole enää orgaanisessa muodossa, kun niitä käytetään lannoitteena, vaikka ravinteet alun perin olisivatkin peräisin orgaanisesta lähteestä. Ehkä tärkein jälkimmäisistä virroista on tuhkat, joihin jää lähes kaikki poltettavan orgaanisen materiaalin sisältämä fosfori. Tuhkien lisäksi myös muissa ravinteita sisältävissä, hyötykäyttökelpoisissa virroissa voi olla paljon vettä ja muita ei-toivottuja aineita. Haitallisten aineiden pääsyä ruokaketjuun rajoitetaan esimerkiksi erilaisin käyttöä rajoittavien raja-arvojen avulla, tai kieltämällä kokonaan näiden käyttö herkillä alueilla, kuten pohjavesialueilla. (Evira 2015.) Tämän lisäksi alhaisten ravinnepitoisuuksien virtojen kuljetuskustannukset nousevat nopeasti suuriksi, mikä tarkoittaa, että taloudellinen hyödyntäminen on mahdollista vain kohtuullisen lähellä virran syntypaikkaa. Kuljetuskustannuksia voidaan pienentää rikastamalla virran ravinnepitoisuuksia. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi kuivaaminen ja separointi. Jalostustoimet kuitenkin vaativat usein energiaa, uusia laitteistoja, ylimääräistä varastotilaa tai muita lisäkustannuksia tuottavia tekijöitä. Kierrätyslannoitteiden eri synty- ja hyödyntämisvaihtoehtoja on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1: Kierrätyslannoitevalmisteiden raaka-aineeksi käyviä virtoja, virtojen mahdollisia käsittelyprosesseja, lannoitevalmisteita ja niiden käyttömahdollisuuksia. Kursivoidut kohdat ovat kokeiluvaiheessa. Lisäksi taulukosta puuttuu tulevaisuudessa todennäköisesti syntyvät uudet lannoitevalmisteet ja -valmistusprosessit. Uusia tuotteita voi syntyä nykyisten tai kokonaan uusien prosessien kehittämisen myötä. (Mikkola et al. 2014, 46.)

Ravinnevirta	Käsittelyprosessi	Lannoitevalmiste	Käyttömahdollisuus
Teollisuuden biomassat (sivuvirrat)	Poltto	Epäorgaaninen lannoitevalmiste (tuhka)	Metsätalous
	Kompostointi	Orgaaninen lannoitevalmiste (esim. komposti, mädäte, maanparannusaine)	Viherrakentaminen / Maatalous
	Biokaasu		
	Käyttö sellaisenaan			Yhdyskuntien energia
<i>Pyrolyysi</i>	<i>Biohiili, liikennepolttoaine</i>		
Muut kasvibiomassat	Poltto	Epäorgaaninen lannoitevalmiste (tuhka)	Metsätalous
	Kompostointi	Orgaaninen lannoitevalmiste (esim. komposti, mädäte, maanparannusaine)	Viherrakentaminen / Maatalous
	Biokaasu		
	<i>Pyrolyysi</i>	<i>Biohiili, liikennepolttoaine</i>	<i>Yhdyskuntien energia</i>
Lanta	Kompostointi	Orgaaninen lannoitevalmiste (esim. komposti, mädäte, maanparannusaine)	Viherrakentaminen / Maatalous
	Biokaasu		
	Käyttö sellaisenaan			Maatalous
Yhdyskuntien jätevesiliete	Kompostointi	Orgaaninen lannoitevalmiste (esim. komposti, mädäte, maanparannusaine)	Viherrakentaminen / Maatalous
	Biokaasu		
	<i>Pyrolyysi</i>	<i>Biohiili, liikennepolttoaine</i>	<i>Yhdyskuntien energia</i>
Yhdyskuntien biojätteet	Kompostointi	Orgaaninen lannoitevalmiste (esim. komposti, mädäte, maanparannusaine)	Viherrakentaminen / Maatalous
	Biokaasu		
	<i>Pyrolyysi</i>	<i>Biohiili, liikennepolttoaine</i>	<i>Yhdyskuntien energia</i>

Kuljetus- ja käsittelykustannusten vuoksi virroille on kannattavinta löytää käyttökohteet läheltä syntymispaikkaa. Lähialueen ravinnevirtojen kysyntä ja tarjonta pitää saada kohtaamaan niin, että toisen ongelmasta syntyy toiselle ratkaisu, mikä on pitkässä juoksussa edullista sekä toiminnan molemmille osapuolille, että myös ympäristölle. Esimerkkejä tämän

kaltaisesta toiminnasta löytyy jo: lannantuottajilla on oman tilan ulkopuolisia, yhteiskäytössä olevia lantavarastoja, joihin keskittämällä saadaan oman levitystarpeen ylittävä lanta sijoitettua kohtuullisin kustannuksin paikkaan, josta viljelijät voivat hakea tavaraa ja levittää pelloilleen. Usein kotieläintuotanto ja viljely keskittyvät hieman eri alueille, jolloin hyötykäytön esteeksi nousevat juuri kuljetus- ja varastointiongelmat.

Orgaaniset lannoitteet tuovat ravinteiden lisäksi maahan orgaanista hiiltä, jota myös tarvitaan kasvuun. Lisäksi orgaaniset lannoitteet edesauttavat maan tervettä pieneliötoimintaa, mikä osaltaan auttaa parantamaan viljelymaan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. (Rajala et al. 2006, 124.) Maa-alueet ovat aina yksilöllisiä, minkä lisäksi myös tuotantosuunta vaikuttaa maan ominaisuuksiin, jotka pitäisi aina huomioida lannoitusta suunniteltaessa. Elintarvikkeiden myötä myytäväksi päätyy tilastojen mukaan alle kolmasosa tai vain noin neljäsosa ostetuista lannoitteista. Tämä tarkoittaa, että valtaosa ravinteisiin panostetuista resursseista päätyy ympäristöön, jossa siitä on enemmän haittaa kuin hyötyä. Karjatiilojen hyötysuhde on huomattavan paljon huonompi kuin kasvituotannon, jonka ravinteiden käytön hyötysuhde on yleensä vähintään 50 %. (Rajala et al. 2006, 125.)

Kierrätyslannoitteet ovat olleet välillä huonossa maineessa, mutta viime aikoina tehtyjen tutkimusten myötä niiden käyttöä rajoittavia ennakkoluuloja on alettu purkamaan. Viljelijöitä on arveluttanut kierrätyslannoitevirtojen sisältämät haitta-aineet, kuten raskasmetallit tai mahdolliset taudinaiheuttajat, jotka saattaisivat päästä peltomaasta edelleen ihmisiin tai eläimiin. Keinotekoisia lannoitteita suuremmat levityskustannukset tai levitykseen soveltuvan kaluston puuttuminen ovat myös rajoittaneet kierrätysravinteiden käytön yleistymistä suuremmissa mittakaavassa. Kierrätyslannoitteiden hyötyjä ja haasteita on koottu taulukkoon 2 vertaamalla eri ominaisuuksien välisiä eroja keinotekoisien ja kierrätyslannoitteiden välillä. Tiedot ovat pääasiassa lähteistä Rajala et al. (2006, 124–128.) ja Kolehmainen et al. (2006, 3).

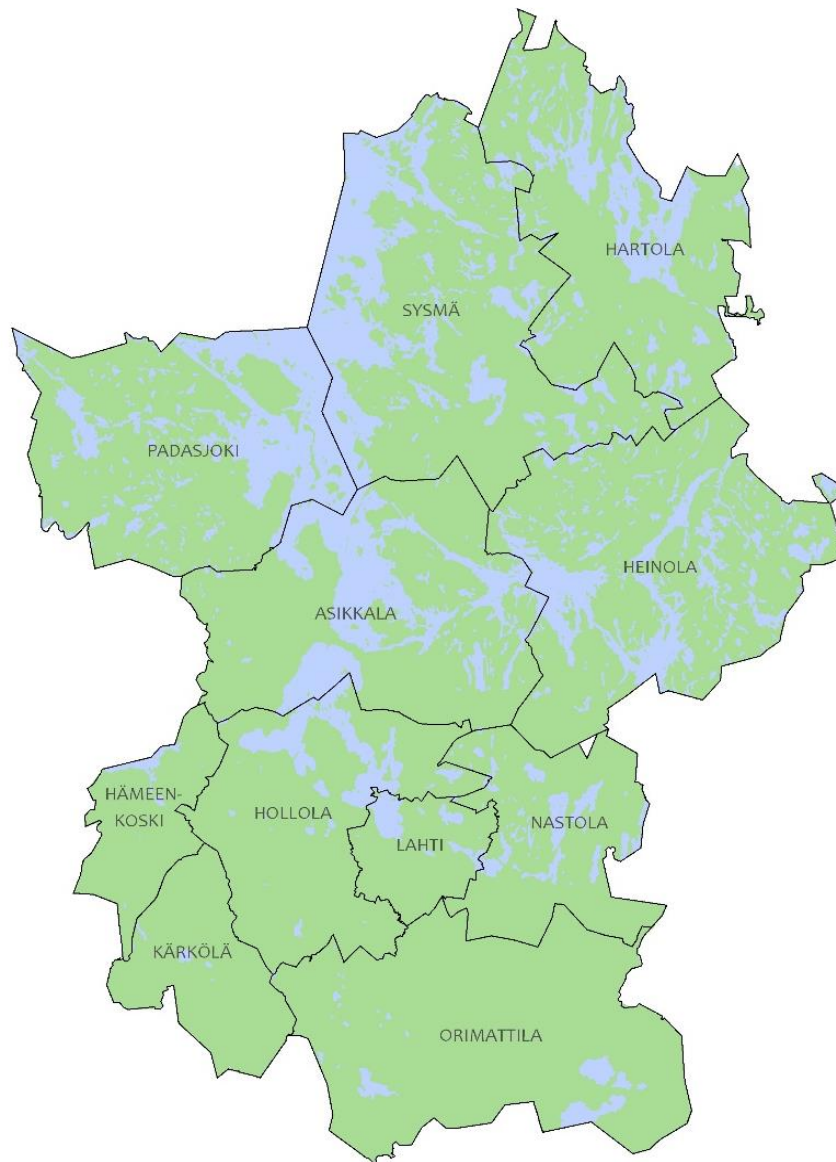
Taulukko 2: Kierrätyslannoitteiden hyötyjä ja haasteita verrattuna keinotekoisiiin lannoitteisiin (Rajala et al. 2006, 128). Ravinteiden annostelutarkkuus (Kolehmainen et al. 2006, 3).

Ominaisuus	Kierrätyslannoite	Keinotekoinen lannoite
Aiheuttaa valuntaa vesistöön	Kyllä	Kyllä
Parantaa kasvien kasvua	Kyllä	Kyllä
Valmistus aiheuttaa ympäristöhaittoja	Vähän	Kyllä
Vesiliukoisuus	Huono	Hyvä
Liikalannoituksen riski	Pieni	Suurempi
Ravinteiden tarkka annostelu kasvin tarpeiden mukaan	Vaikeaa	Mahdollista

Kuten todettua, kierrätyslannoitteilla on mahdotonta korvata täysin keinolannoitteiden käyttöä. Kierrätyskelpoisissa ravinnevirroissa on usein liian vähän tai väärässä suhteessa ravinteita useimpien kasvien tarpeisiin nähden. Itse ravinteiden määrä on myös liian vähäinen kattamaan tämän hetken, ja oletettavasti myös tulevaisuuden, tarpeet. Kierrätyslannoitteilla on kuitenkin myös hyviä ominaisuuksia, jotka puuttuvat perinteisistä keinolannoitteista. Etenkin maata parantavat ominaisuudet, kuten orgaanisen aineksen (hiilen) sisältyminen, voivat tuoda kilpailuetua, kun keino- ja kierrätyslannoitteiden markkinat alkavat jälleen kilpailla vakavammin keskenään.

3 CASE PÄIJÄT-HÄME

Tarkasteltu alue, Päijät-Hämeen maakunta, sijaitsee eteläisessä Keski-Suomessa Rannikko- ja Järvi-Suomen välissä (Päijät-Hämeen liitto a). Salpausselän kahtia jakama maakunta harjoittaa kaupunkimaisen teollisuuden lisäksi monimuotoisesti maa- ja metsätaloutta (Päijät-Hämeen liitto a). Päijät-Hämeeseen kuuluu tarkasteluajankohtana 11 kuntaa, jotka ovat Asikkala, Hartola, Heinola, Hollola, Hämeenkoski, Kärkölä, Lahti, Nastola, Orimattila, Padasjoki ja Sysmä (Päijät-Hämeen liitto c). Näistä kaupunkeja ovat Heinola, Lahti ja Orimattila. Päijät-Hämeessä astui 1.1.2016 alkaen voimaan kuntaliitokset, joissa Hämeenkoski liittyi osaksi Hollolaa ja Nastola liittyi Lahteen, alentaen näin Päijät-Hämeen kuntaluvun yhdeksään (Päijät-Hämeen liitto 2015). Työssä käytetyt tiedot ovat saatavissa luonnollisesti liitoksia edeltäviltä vuosilta, minkä vuoksi aluetta käsitellään tässä työssä vanhan kuntajaon mukaisesti. Kunnat rajoineen on merkitty kuvaan 3, joka esittää Päijät-Hämettä. Kuvassa on esitetty vesialueet sinisellä ja maa-alueet virheällä värillä. Kuten kuvasta näkyy, Päijät-Hämeessä on runsaasti järviä ja muita makean veden alueita. Maanmittauslaitoksen (MML) mukaan vuonna 2015 Päijät-Hämeen kokonaispinta-ala oli noin 6 255 km², josta maapinta-ala oli noin 5 124 km² ja makeaa vettä noin 1 130 km² (MML 2015). Vesialueiden osuus kokonaispinta-alasta on näin ollen noin 18 %.



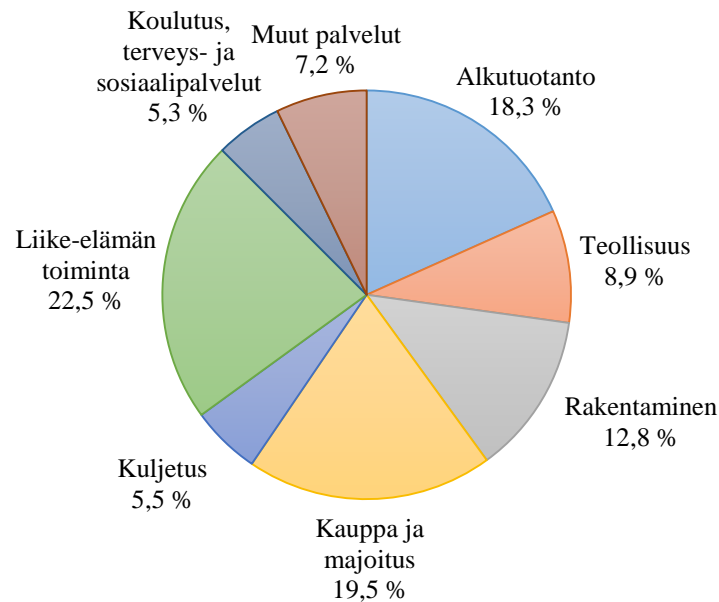
Kuva 3: Päijät-Hämeen kartta, jossa näkyvät nimettyinä kunnat, mustalla viivalla erotettuna kuntarajat ja vesistöt merkittynä sinisellä (Päijät-Hämeen liitto b). Vuoden 2015 kuntajako.

Päijät-Hämeen kuntien yhteenlaskettu väkiluku oli Tilastokeskuksen julkaiseman Suomen virallisen tilaston (SVT) kesäkuun 2015 ennakkotiedon mukaan 201 850 asukasta (SVT 2015a). Tämä vastaa noin 3,7 % koko Suomen väkiluvusta, joka oli kesäkuun ennakkotiedon mukaan 5 476 911 (SVT 2015b). Väestön jakautuminen kuntien kesken on esitetty taulukossa 3. Taulukkoon on merkitty kaupungit lihavoimalla. Päijät-Hämeen keskimääräinen asukastiheys on 39,3 as/km², mikä kertoo alueen kuntien kaupunkimaisuudesta. Ehdottomasti suurin asukastiheys on maakunnan keskuksella Lahdella. (Päijät-Hämeen verkkotietokeskus 2011.)

Taulukko 3: Päijät-Hämeen kuntien väkiluvut – ennakkoväkiluku kesäkuulta 2015 (SVT 2015a) Kaupungit on korostettu lihavoimalla.

Kunta	Ennakkoväkiluku, kesäkuu 2015
Asikkala	8 338
Hartola	3 057
Heinola	19 638
Hollola	21 880
Hämeenkoski	2 127
Kärkölä	4 646
Lahti	103 684
Nastola	14 904
Orimattila	16 308
Padasjoki	3 175
Sysmä	4 093
Päijät-Häme yhteensä:	201 850

Päijät-Hämeen elinkeinoelämän monipuolisuudesta kertoo toimipaikkojen toimialarakenteen melko tasainen jakautuminen. Liike-elämän toiminnan piirissä toimii suurin osa, 22,5 % yrityksistä ja toimipaikoista. Seuraavaksi suurimmat toimialat alueella ovat kauppa ja majoitus (19,5 %) sekä alkutuotanto (18,3 %). Maa-, metsä- ja kalatalous sisältyvät alkutuotantoon. Liiketoiminnan jakautuminen kaikkien luokittelussa käytettyjen toimialojen kesken (2013) on esitetty kuvassa 4. Tilastoinnissa on huomioitu kaikki Päijät-Hämeen alueella sijaitsevat toimipaikat, jotka työllistävät yli puoli henkilöä vuodessa tai joiden liikevaihto ylittää tilastorajan. (Päijät-Hämeen verkkotietokeskus 2015.)



Kuva 4: Toimipaikkojen toimialarakenne Päijät-Hämeessä vuonna 2013 (Päijät-Hämeen verkkotietokeskus 2015).

Työllistävimmät toimialat Päijät-Hämeessä olivat 2013 teollisuus (30,8 %), kauppa ja majoitus (20,7 %) sekä liike-elämän toiminta (19,0 %). Liikevaihdon osalta huomattavimmat toimialat olivat 2013 teollisuus (39,5 %) sekä kauppa ja majoitus (32,9 %). Teollisuustoimipaikkoja oli eniten metallituotteiden valmistuksessa, jonka osuus oli yli viidennes. Metallituotteiden jälkeen seuraavaksi useimmiten toimipaikoissa valmistettiin koneita, laitteita ja huonekaluja. (Päijät-Hämeen verkkotietokeskus 2015.)

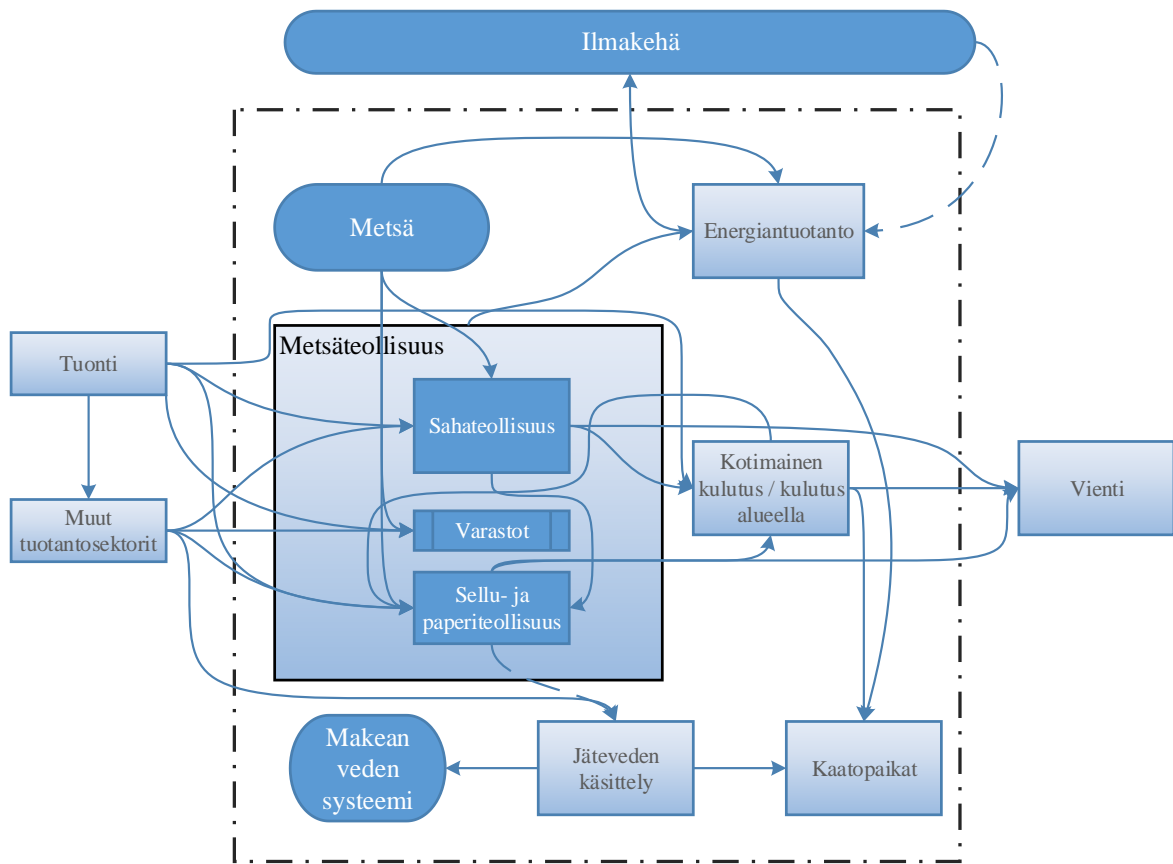
3.1 Metsätalous

Päijät-Hämeessä on 3 630 km² metsätalousmaata, josta suuri osa sijaitsee Päijät-Hämeen pohjoisella puoliskolla. Päijät-Häme kuuluu Häme-Uusimaa -metsäkeskukseen, johon Päijät-Hämeen lisäksi kuuluvat myös Kanta-Häme ja Uusimaa. (Metla 2015, taulukot 1.30 ja T9.) Metsäntutkimuslaitos (Metla) yhdistyi 2015 vuoden alusta MTT:n, RKTL:n ja Tiken kanssa Luonnonvarakeskukseksi (Luke). Metla, nykyisin osana Lukea, tekee Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI). Koko Suomen puuston tilavuudeksi on arvioitu 2357 miljoonaa kuorellista kiintokuutiometriä (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 35). Päijät-Hämeen metsävarat olivat VMI:n mukaan 42 143 000 tonnia vuonna 2013 (Metla 2015, T9). Metsävarat koostuvat alueen puustosta, jonka määrät Päijät-Hämeessä on esitelty kunnittain taulukossa

4. Vuosittainen puun kulku metsästä tuotteeksi sisältää useita erisuuruisia virtoja. Metsätalouden eri toimintoja, virtoja ja prosesseja on havainnollistettu kuvassa 5. Koko Suomen mittakaavassa suurin vuosittainen muutos on puuston kasvu (Metla 2015, T9). Toiseksi suurin muutos on puuston poistuma, joka sisältää luonnollisen poistuman, hakkuukertymän ja metsähukkapuun. Pieni osa puusta menee raakapuuna vientiin, ja lähes kymmenkertainen määrä tästä tuodaan raakapuuna ulkomailta. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 28, 29, 183)

Taulukko 4: Päijät-Hämeen metsävarat 2013 (Metla 2015, T9).

Maantieteellinen alue	Biomassa (puut 1000 t)
Asikkala	4 928
Hartola	5 200
Hollola	3 318
Heinola	6 756
Hämeenkoski	1 316
Kärkölä	1 461
Lahti	750
Nastola	2 391
Orimattila	4 485
Padasjoki	5 348
Sysmä	6 190
PÄIJÄT-HÄME	42 143



Kuva 5: Metsätalouden eri osat Suomessa. Nuolet kuvaavat materiaalivirtoja, jotka sisältävät ravinteita. Tase-
raja on merkitty pistekatkoviivalla. (Mukaillen Antikainen et al. 2004, 924).

Valtaosa Päijät-Hämeen puustosta on havupuuta, lehtipuiden osuus puustosta on reilu neljännes. Päijät-Hämeen metsävarojen jakauma männyn, kuusen ja lehtipuiden kesken on esitetty taulukossa 5. (Metla 2015, T9). Havupuulajeista kuusi on esitetty omanaan, ja männyn yhteyteen on yhdistetty muut havupuut. Puun tilavuus käsittää kannon päällisen runkotilavuuden kuorellisena kiintokuutiometrinä. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 38.)

Taulukko 5: Metsävarojen jakauma puulajeittain Päijät-Hämeessä 2013 (Metla 2015, T9).

Puulaji	Osuus puustosta (%)	Biomassa (t)
Mänty	27	11 354 000
Kuusi	46	19 402 000
Lehtipuut	27	11 382 000

Suurin osa vuotuisista raakapuuvaroista käytetään Suomessa massateollisuudessa (vuonna 2013 noin 53 %) ja puutuoteteollisuudessa (vuonna 2013 noin 34 %). Loput käytetään pientalojen polttopuuna sekä lämpö- ja voimalaitosten polttopuuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 28–29.)

Metsätalouden ravinnevirroista keskitytään hakkuukertymän myötä metsästä poistuviin ravinteisiin. Hakkuukertymään sisältyy teollisuuspuun hakkuut, kotitarpeeksi piensahoilla sahattu omien metsien puu, pientalojen polttoraakapuu ja energiapuu metsähakkeesta. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 183.) Päijät-Häme kuuluu Häme-Uusimaa-metsäkeskukseen, jonka hakkuukertymä löytyy Metsätilastollisesta vuosikirjasta 2014 taulukosta 5.7. Päijät-Hämeen hakkuiden osuus metsäkeskuksen kaikista hakkuista arvioitiin laskemalla Maakunnittaisten metsävarojen (taulukko 1.30) tietojen perusteella Päijät-Hämeen metsävarojen osuus koko metsäkeskuksen metsävaroista. Taulukon perusteella Päijät-Hämeen osuus on 29 %. Laskennassa oletettiin metsäkeskuksen hakkuiden jakautuvan samassa suhteessa maakuntien kesken. Näin Päijät-Hämeen hakkuumäärät laskettiin kertomalla metsäkeskuksen hakkuukertymätiedot 0,29:llä. Päijät-Hämeen hakkuukertymä puu- ja hakkuutyypeittäin on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6: Päijät-Hämeen hakkuukertymä puu- ja hakkuutyypeittäin

Puulaji	Mänty [1 000 m³]	Kuusi [1 000 m³]	Lehtipuu [1 000 m³]	Kaikki [1 000 m³]
Tukkipuu	205	597	45	847
Kuitupuu	171	316	178	664
Energiapuu	44	80	127	251
Yhteensä:	420	992	350	1 763

Ravinnepitoisuuksien laskennassa käytetään samoja arvoja, joita Antikainen et al. ovat käyttäneet artikkelissaan Flows of nitrogen and phosphorus in Finland—the forest industry and use of wood fuels (2004). Eri puulajien ravinnepitoisuudet on annettu kuivapainolle kuori ja runkopuu eriteltynä. Kuoren osuudet, eri puutyyppien typpi- ja fosforipitoisuudet ja muut ravinnelaskennassa käytetyt arvot löytyvät Liitteen I taulukoista. (Antikainen et al. 2004, 922.)

Laskenta-arvoja tarkastellessa tulee huomioida, että taulukoiden tiedot ovat osittain vajanaisia, eli esimerkiksi yksiköiden laadusta ei ole täyttä varmuutta. Kysyttäessä Lukelta sähköpostitse taulukoista vastaavalta henkilöltä hän sanoi, että biomassat ovat kuivamassaa (Kaitila, sähköpostiviesti 23.10.2015). Ravinne-, tilavuus- ja muita kertoimia sekä puumääriä on useasta lähteestä, joten lukujen täydellisestä vastaavuudesta ei voida olla täysin varmoja laskennan kaikilla alueilla. Lukuja on tarkasteltava kriittisesti myös puun ravinnesisältöjen suuren vaihteluvälin vuoksi. Ravinnemäärien laskentavirheitä on pyritty vähentämään valitsemalla ravinnekerroimet johdonmukaisesti haarukoiden keskiväliltä.

Kuoren ja runkopuun osuudet laskettiin Liitteen I mukaisia osuuskertoimia käyttäen eri puutyypeille. Näin saadut osuudet kerrottiin kunkin puulajin ja -tyypin omilla tiheyksillään, jolloin saatiin puiden ja kuorien massat. Tästä edelleen kerrottiin kuoren ja puun osuudet typpi- ja fosforipitoisuuksilla. Hakkuukertymän ravinteiden määrä puulajeittain on esitetty taulukossa 7. Tästä nähdään, että kuusi on hakkuissa määrällisesti suurimpana puulajina myös sekä typen että fosforin osalta merkittävin puulaji. Typen osalta seuraavaksi merkittävimmät ovat lehtipuut, ja fosforin osalta mänty, joka siis sisältää myös muut havupuut.

Taulukko 7: Hakkuukertymän ravinteet puulajeittain

	Typpi [%]	Fosfori [%]
Mänty	17,86	26,48
Kuusi	55,08	51,85
Lehtipuut	27,06	21,67

Hakkuukertymän sisältämät ravinteet on esitetty puun käyttötarkoitusten mukaan lajiteltuna taulukossa 8. Oksien, kantojen ja muiden hakkuutähteiden hyödyntämisestä alueella ei ole tarkkoja tietoja, joten niiden sisältämien ravinteiden oletetaan jäävän metsiin. Sahatukien kuorten oletetaan menevän kokonaan energiahyötykäyttöön, joten ne päätyvät tässä jaottelussa energiapuun sekaan. Kaiken energiapuussa olevan fosforin oletetaan jäävän tuhkaan ja typen haihtuvan ilmakehään. Taulukosta nähdään, että hakkuiden suurimmat ravinnemäärät sisältyvät kuitupuuhun. Päijät-Hämeessä ei ole merkittävää paperi- tai sellutuotantoa (Ahtiainen 2008), joten kuitupuun kuorineen oletetaan poistuvan alueelta. Heinolassa on Stora Enson kartonkitehdas, jonka tuotteet päätyvät pääasiassa ulkomaille (Stora Enson verkkosivut), joten tämän kuitupuuvirran huomiotta jättämisestä ei oleteta tulevan merkittävää virhettä muutoinkin vahvasti oletuksiin perustuvassa laskennassa.

Taulukko 8: Hakkuukertymän sisältämät ravinteet puun käyttötarkoitusten mukaan lajiteltuna.

	Typpi [t]	Fosfori [t]
Sahatukit	220	26
Kuitupuu	337	40
Energiapuu	309	37
Yhteensä	865	102

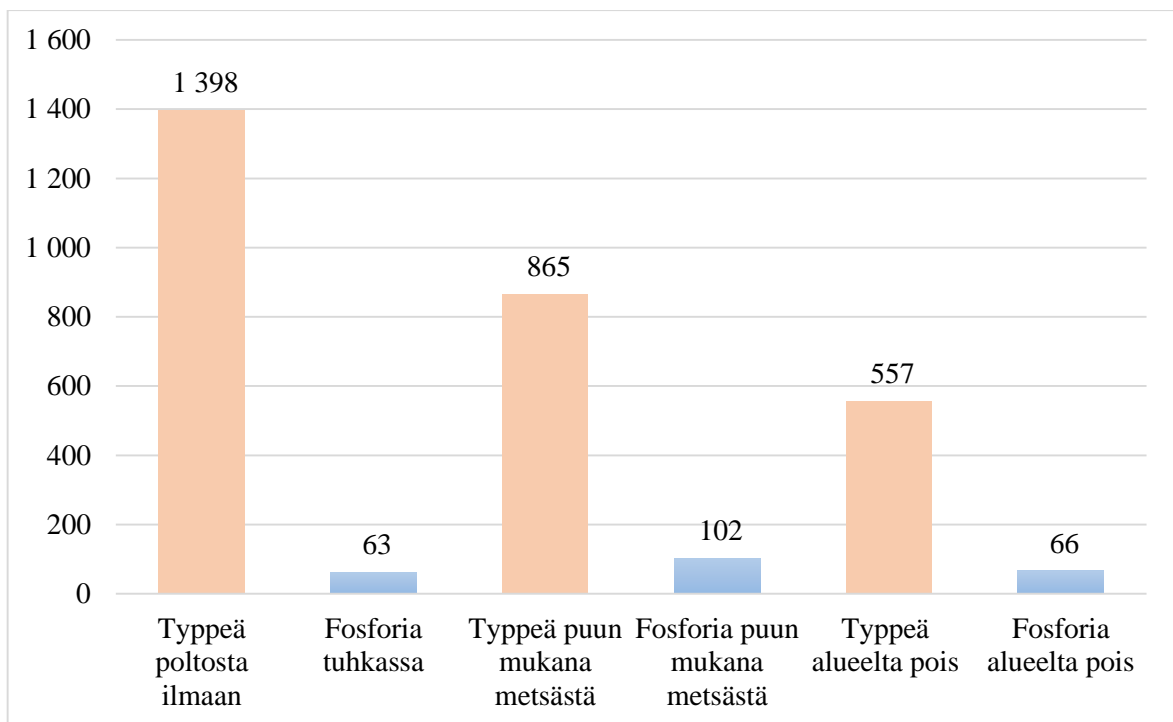
Päijät-Hämeessä on useita sahoja, joiden yhteenlaskettu sahatavaravirta on selkeästi alueelta vuosittain sahatarpeiksi hakattua määrää suurempi. Laskennassa oletetaan, että alueelta hakattu sahatavara käytetään alueen sahoilla, ja loput puun tarpeesta tuodaan ulkopuolelta. Suomen Sahat ry:n antamien tietojen perusteella, alueen sahojen vuosittaisiksi puuvirroiksi saatiin taulukon 9 määrät. Tähän sisältyy Versowoodin, Herralan Saha Oy:n ja Koskisen Oy:n sahatavarat. Sahojen toiminnan eri virtojen jakautuminen on laskettu artikkelin Economics and greenhouse gas balance of distributed electricity production at sawmills using hermetic turbogenerator mukaisesti (Leino et al. 2016). Sahalle tulevan tukkipuun oletetaan siis jakautuvan seuraavasti: 47 % päätyy valmiiseen sahatavaraan, 26 % puulastuiksi, 19 % erotellaan kuorena ja loput 8 % on prosesseissa syntynyttä purua (Leino et al. 2016, 103). Muut laskennassa käytetyt arvot löytyvät liitteestä 1.

Taulukko 9: Päijät-Hämeen sahojen vuosittaiset puuvirrat (Suomen Sahat ry).

Tukkipuu	Versowood	Herralan Saha Oy	Koskisen Oy	Yhteensä
Mänty [t/a]	156 250	-	273 130	429 380
Kuusi [t/a]	124 250	14 910	453 260	592 420
Lehtipuut [t/a]	-	-	358 150	358 150
Yhteensä [t/a]	280 500	14 910	1 084 540	1 379 950

Sahateollisuudessa erotellun kuoren ja syntyneen purun oletetaan kokonaan menevän polttoon. Jälleen fosforin oletetaan jäävän tuhkaan ja typen haihtuvan ilmakehään. Sahatuotteiden puuaineksen ravinteita ei sisällytetä tarkasteluun, koska valmiiden sahatuotteiden käyttö kierrätyslannoitteena olisi jokseenkin järjetöntä. Liitteen I laskentataulukoiden mukaisesti laskemalla saatiin sahatoiminnassa poltetun puun ravinnemääräksi seuraavat: fosforia jää tuhkaan noin kymmenen tonnia vuodessa ja vastaavasti typpeä haihtuu ilmaan 1 260 tonnia vuodessa. Kuvaan 6 on koottu Päijät-Hämeen metsätalouden tärkeimmät vuotuiset ravinne-

virrat tonneina typpeä ja fosforia. Kuten kuvasta nähdään, suurin ravinteiden menetys tapahtuu puun poltosta. Poltetun puun suuri määrä johtuu sahateollisuuden tuonnista, joka on selvästi alueen omaa sahatavaratuotantoa suurempaa. Lisäksi poltetun puun ravinnelukuihin sisältyy metsistä hakattu energiapuu oletetun alueella polton jälkeen. Alueelta poistuva typpi ja fosfori sisältävät tässä tarkastelussa metsästä hakatun kuitupuun ja sahatavaran (poisluokien kuori, joka poltetaan).



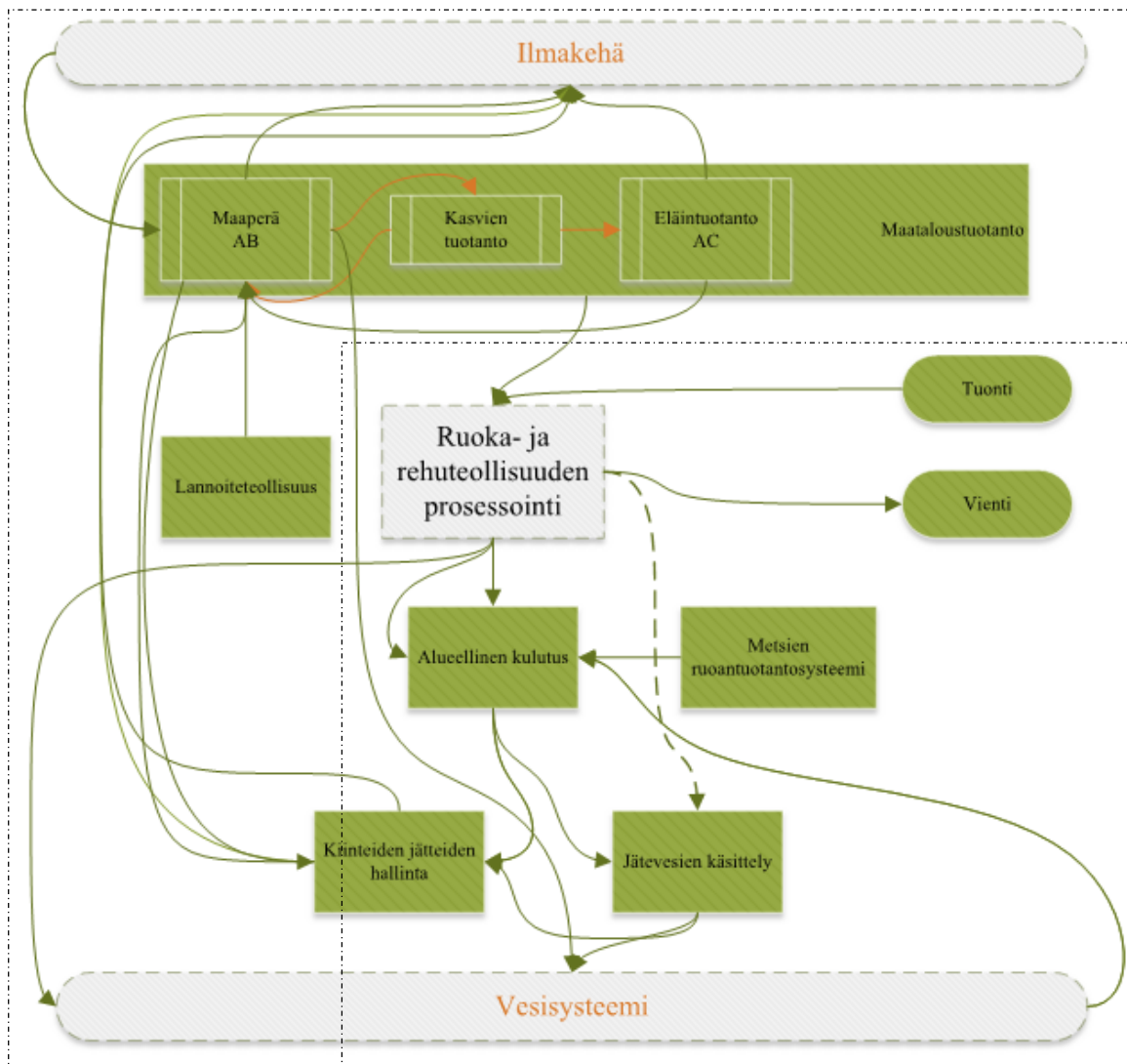
Kuva 6: Metsätalouden ravinnevirrat tonneina Päijät-Hämeessä.

3.2 Maatalous

Päijät-Hämeen maatalous on Suomelle tyypillistä, sisältäen niin kasvien viljelyä kuin eläintuotantoa. Luken tilastojen mukaan vuonna 2014 Päijät-Hämeessä toimi 1 696 puutarha- ja maatalousyrittäjää, joista hieman reilu neljäsosa (455) Orimattilassa. Viljelyalaa maakunnassa oli samana vuonna käytössä noin 82 500 hehtaaria. (Luke 2015.) Maatalous on osa ruoan kulutusta ja tuotantoa, jonka ravinnevirtoja ja prosesseja on hahmoteltu kuvassa 7. Pistekatkoviivalla rajattu alue on tässä kappaleessa ensisijaisena tarkastelun kohteena. Ruoankulutuksen todellisen ravinnemäärän arviointi on laajuudessaan ja epätarkkuudessaan irrelevantti tämän työn osalta, joten se rajattiin pois tarkastelusta. Päijät-Hämeen alueen suu-

rimmat kauppa- ja ravintola-alan toimijat eivät tilastoi ruokatuotteiden myynti- tai tilausmääriä, joten todelliseen kulutukseen pohjautuen tehtävä arviointi on tällä tiedonkeruun tasolla mahdotonta. Ruoan kulutuksen arvioinnin voisi perustaa esimerkiksi Luken tilastoon ”Elintarvikkeiden kulutus henkeä kohti”, ja arvioida Päijät-Hämeen asukkaiden ruoankulutusta valtion keskimääräisen kulutuksen mukaan. Ei ole syytä olettaa, että Päijät-Hämeen ravitsemustottumukset poikkeisivat oleellisesti muusta Suomesta, joten tällä oletuksella päästäneen kohtalaiseen tarkkuuteen. Tilaston yksikkönä on kg/vuosi, joten alueen ruoankulutus saadaan kertomalla keskimääräisen henkilön ruoankulutus Päijät-Hämeen asukasluvulla kunakin vuonna. Asukasluvut eri vuosille ovat saatavissa Tilastokeskuksesta.

Maatalouden ravinnevirroista keskitytään lannoitteisiin, eläinten lantoihin sekä molempien ravinteiden hävikkeihin haihtumalla ja huuhtoutumalla. Maakunnassa käytössä olevat maatalousmaiden pinta-alat olisi saatavilla viljelykasveittain eriteltynä, mikä mahdollistaisi alueellisemmän lähestymistavan alueen lannoitteiden käyttöön. Tämän työn laajuudessa tällainen tarkastelu ei ole mahdollista, mutta asiasta tarkemmin kiinnostuneelle tilastoja aiheesta on siis saatavilla. Keinolannoitteiden käyttöä on arvioitu selkeän lannoitemarkkinajohtaja Yaran Päijät-Hämeen alueen kokonaismyyntiin perustuen. Lantojen osalta on hyödynnetty eläintilastojen määriä alueella ja kirjallisuusarvoja lannan pitoisuuksille.



Kuva 7: Ruoantuotannon prosessit, joista keskitytään pistekatkoviivalla merkityn maatalouden ja lannoitteiden puoleen (Mukaillen: Antikainen 2007, 24)

Keinolannoitteet ovat suurin yksittäinen syöte alueen vuotuisen ravinnetaseeseen. Keinolannoituksen määriä ei ole alueellisesti tilastoituna saatavilla koko Suomea pienemmässä mittakaavassa. Aiemmin mainitulta Suomen lannoitemarkkinajohtaja Yaralta saatiin kuitenkin vuosien 2012, 2013 ja 2014 Päijät-Hämeeseen myytyjen typen ja fosforin ravinteiden määrät. Vuosikeskiarvoiksi saatiin näistä laskemalla typen määräksi 4 239 t/a ja fosforin määräksi 402 t/a (Toimela 2016). Yaran markkinaosuudelle alueella saatiin myös lupa olettaa Maaseudun tulevaisuudessakin mainittu Yaran Suomen markkinaosuus 85 % (Kiviranta; Toimela 2016). Näiden tietojen pohjalta laskettiin Päijät-Hämeen koko vuoden keinolannoitteiden käyttö, joksi saatiin typelle 4 987,5 t/a ja fosforille 472,5 t/a. Muuta tietoa keinolannoitteiden käytöstä tai myynnistä alueella ei ole, joten oletettiin, että koko lannoitemäärä

päätyy peltoon ilman häviöitä kuljetuksessa tai varastoinnissa. Keinolannoitteiden hävikeille käytettiin seuraavia arvoja: typen haihtuminen 20 %, typen huuhtoutuminen 25 % ja fosforin huuhtoutuminen 55 % (Kuokkanen 2013, 50). Todellisten huuhtoumien ja haihtumien laskeminen tai arviointi ovat haastavia toteuttaa, koska ne riippuvat lukuisista tekijöistä, joita ovat esimerkiksi pellon kaltevuus, ojitus, viljelykasvi, sääolosuhteet, lannoitustapa ja -ajan kohta sekä viljelykierto. Käytetyt arvot on kerätty käytettyyn lähteeseen useammasta lähteestä, joten voidaan olettaa niiden edustavan kohtalaisen hyvin alueen keskimääräisiä olosuhteita. Valituilla arvoilla laskemalla saatiin typen haihtumaksi 997 t/a, typen huuhtoumaksi 1 247 t/a ja fosforin huuhtoumaksi 260 t/a. Määrät on esitetty graafisesti osana kuvaa 10 kappaleen lopussa.

Eläimistä tarkasteluun otetaan naudat, siat, siipikarja, lampaat ja hevoset. Kotieläinten määrälle oli Luken tilastoista saatavissa tiedot vuosilta 2014 ja 2015. Eläinten lukumäärät on esitetty taulukossa 10. Työssä on käytetty parin edeltävän vuoden keskiarvoa, kunhan käytävissä oleva data sen kohtuullisella työmäärällä mahdollistaa, minkä vuoksi lantalaskennassa käytetään vuosien 2014 ja 2015 eläinten lukumäärän keskiarvoa. Turkiseläimet jätetään tarkastelun ulkopuolelle pienen alueellisen merkityksensä vuoksi. Päijät-Hämeessä toimii vain kaksi turkiseläintilaa, joista toinen oli kyselyn aikaan (2015) kuulemma lopettamassa tuotantonsa. Toisella tilalla kasvatetaan pentuja, jotka ostetaan alueen ulkopuolelta kesäisin ja nahkotaan marraskuussa. (Moilanen 2015.) Eläinten lukumäärätiedot on saatu maataloustilastoista, jotka sisältävät vain maatalousyrittäjien omistuksissa olevat eläimet. Merkittävistä lannantuottajista hevosia on kuitenkin merkittävä määrä myös muussa omistuksessa kuin mautiloilla. Verrattaessa Luken maataloustilastojen ilmoittamaa koko Suomen hevosten määrää 21 525 hevostalouden tilastolukuun 74 200 (Hevostalous lukuina 2015), on määrä vain 29 % tästä. Päijät-Hämeessä on hevostalouden keskittymä, minkä vuoksi oletetaan alueella olevan hieman keskivertoa enemmän hevosia. Näin ollen Luken tilaston näyttämä Päijät-Hämeen hevosten määrä on kerrottu kolmella, jotta luku vastaisi paremmin hevosten todellista määrää maakunnassa.

Taulukko 10: Eläinten lukumäärä Päijät-Hämeessä (Luke 2015, Hevostalous lukuina 2015).

	Naudat [kpl]	Siat [kpl]	Siipikarja [kpl]	Lampaat [kpl]	Hevoset [kpl]
2014	23 282	28 192	3 268	2 188	3 522
2015	22 647	25 767	3 308	3 792	2 784

Eläinten lannanmuodostuksen arviointiin käytettiin seuraavia, taulukossa 11 esitettyjä arvoja, joiden valinta perustuu lähteen Uusitalo et al. 2016 liitteen II taulukkoon A4. Nautojen arvot on lähteessä eritelty eri tuotantomuotojen ja naudana iän mukaan, joten arvot on valittu näistä keskimääräisiksi. Eläinten lukumäärät ovat saatavilla myös tarkemmin jaoteltuna iän ja käyttötarkoituksen mukaan, mutta työn laajan taustatietomäärän ja arvojen suurten vaihteluväliden vuoksi tässä kohtaa käytettiin karkeampaa ja nopeampaa keskimääräistä arviointia. Jos haluaa keskittyä esimerkiksi nautojen lannantuotantoon tarkemmin jaoteltuna, tällaiseenkin on mahdollisuus samoja lähteitä käyttäen.

Taulukko 11: Eläinten lannantuotanto vuodessa (Uusitalo et al. 2016, Appendix II).

	Laidun- aika [kk/a]	Laidunta- vien tilojen osuus	Lietelanta- tilojen osuus	Kuivike- lantatilo- jen osuus	Lietelan- taa per eläin [t/a]	Kuivike- lantaa per eläin [t/a]
Naudat	6,0	0,6	0,30	0,70	21	20,0
Siat	0	0	0,73	0,27	2	1,5
Siipikarja	0	0	0,03	0,97	0,05	0,1
Lampaat	5,0	0,835	0,02	0,98	0	1,5
Hevoset	5,5	0,675	0	1,00	0	12,8

Taulukon 11 lukujen pohjalta laskettiin kertoimet, joiden avulla saatiin yksittäisen eläimen vuodessa keskimäärin tuottamat lantamäärät. Kertomalla nämä eläinten lukumäärällä, lannan kuiva-ainepitoisuudella ja kuivan lannan ravinnekertoimilla, saatiin eri eläinten vuosittaisen lannantuotannon ravinnesisällöt. (Rasi et al. 2012, 13.) Laskentataulukot kokonaisuudessaan löytyvät liitteestä II. Näin saatiin taulukossa 12 kuvatut alueen eläinten lantojen typpi- ja fosforisisällöt jaettuna talteen kerättyyn ja laitumelle jääneisiin osuuksiin. Luvut ovat vuosien 2014 ja 2015 keskiarvoja. Kuten nähdään, kokonaisuudessaan näinä vuosina eläinten lanta sisälsi noin 2 500 tonnia typpeä ja 780 tonnia fosforia, joista 27 % osuus jää laitumille.

Taulukko 12: Eläinten Päijät-Hämeessä vuotuisesti tuottaman lantamäärän ravinnesisällöt.

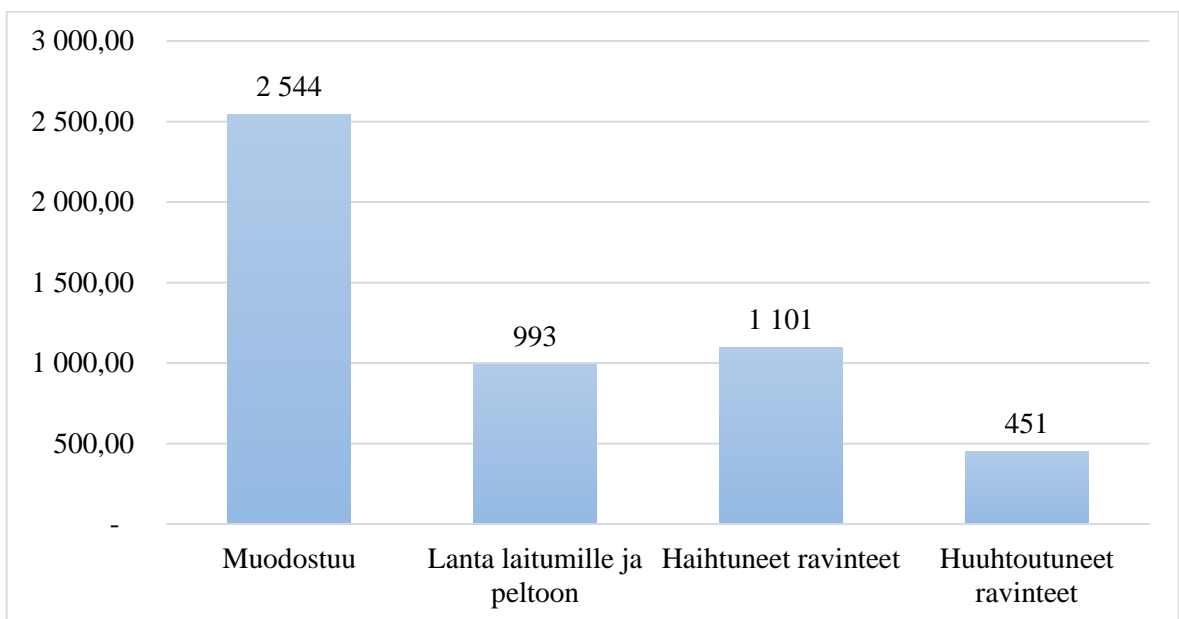
Lannan sisältämä ravinne	t/a
N (kerätty)	1 849
P (kerätty)	574
N (laitumelle)	695
P (laitumelle)	210

Laskennassa oletettiin, että kaikki kerätty lanta käytetään peltoihin kierrätyslannoitteeksi. Käytännössä osa lannasta menee polttoon, mutta poltettavan lannan osuuden arvioinnin vaikeuden vuoksi laskentaa yksinkertaistettiin olettamalla kaiken lannan kiertävän alueen ravinnetaloudessa. Lannan talteenotossa, varastoinnissa ja levityksessä tapahtuvan typen haihtumisen muodostaman hävikin suuruudeksi valittiin 40 %. Huomioitavaa on, että valinta pohjautuu lähteeseen, jossa typen hävikit annetaan eri eläimille erikseen, mutta tässä käytetään kaikelle lannalle samaa kerrointa. Valittu 40 % hävikki sisältyy jokaiseen haarukkaan, joiden arvot vaihtelevat alimmillaan 7 % ja ylimmillään 64 %. (Rajala et al. 2012, 153.) On siis huomattava suuri vaihteluväli, johon voidaan käytännössä vaikuttaa käsittelyn laadulla. Valitulla keskimääräisellä haihtumalla saatetaan vähätellä todellista typen hävikkiä, kun taas toisaalta hyvillä menetelmillä hävikki voidaan saada tätä pienemmäksi. Lannan ravinteiden pellostä ja laitumilta huuhtoutumiselle käytettiin suoraan lähteen (Kuokkanen 2013) arvoja 25 % typelle ja 55 % fosforille. Typen pellostä ja laitumelta haihtumisen osuudeksi valittiin samasta kuvasta 20 %. (Kuokkanen 2013, 50.) Käytännössä arvot eivät ole samat keinolannoitteille ja lannalle, sillä keinolannoitteissa ravinteet ovat kasveille paremmin hyödynnettävässä muodossa, mikä nopeuttaa ravinteiden sitoutumista kasvien käyttöön. Lähteen arvoissa ei ole eritelty keino- ja kierrätyslannoitteiden huuhtouma- tai haihtuma-arvoja, joten samoja arvoja käytettiin edellä mainitusta huolimatta kummallekin lannoitetyypille. Vuosikohtaiset laskentataulukot löytyvät liitteestä II. Taulukkoon 13 on koottu vuosikeskiarvo lannan ravinteille.

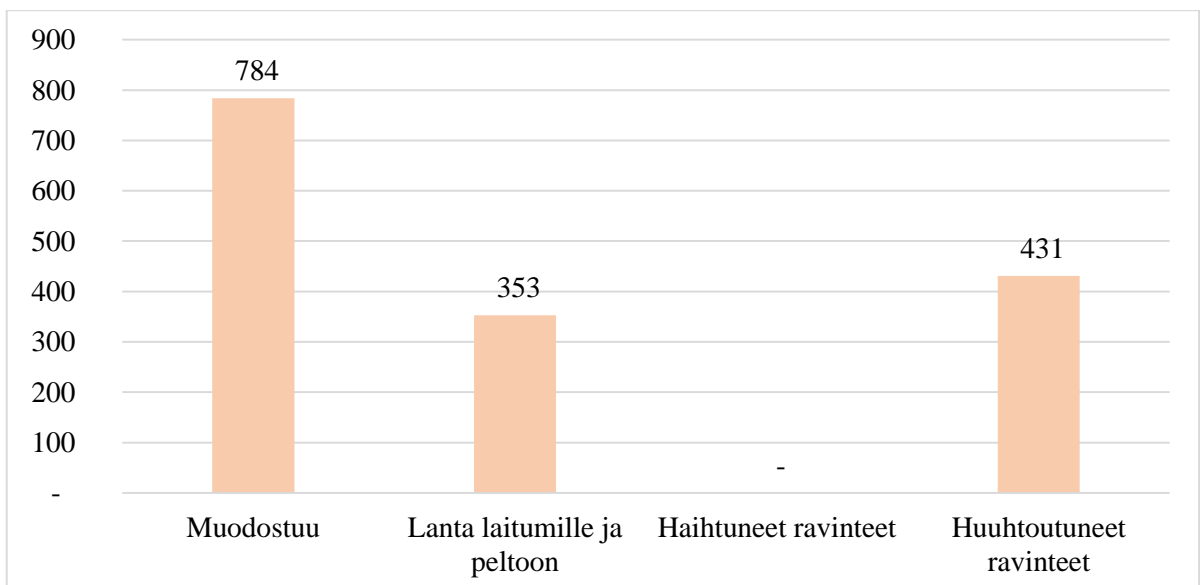
Taulukko 13: Päijät-Hämeen vuotuisen eläinten tuottaman lantamäärän ravinnetonnit.

Ravinne	Virta	t/a
N	Laitumelta haihtuva	139
N	Kerätyn lannan kokonaishaihtuma ennen levitystä	740
N	Pelloilta haihtuva	222
N	Laitumilta huuhtoutuva	174
N	Kierrätetty peltoon	1 109
N	Laitumilta ja pelloilta huuhtoutuva	451
P	Laitumilta ja pelloilta huuhtoutuva	431
P	Kierrätetty lanta peltoon	574
N	Pellosta huuhtoutuva	277
P	Pellosta huuhtoutuva	316

Taulukon pohjalta nähdään, että typestä lähes puolet (43 %) haihtuu, seuraavaksi suurin osuus päätyy pelto- ja laidunmaihin, ja edeltävän luvun puolikkaan verran suunnilleen huuhtoutuu hukkaan. Typen ”kerätyn lannan kokonaishaihtuma ennen levitystä” sisältää lannan talteenoton, varastoinnin ja levityksen hävikit. Fosforin osalta yli puolet huuhtoutuu ja vajaa puolet päätyy pelto- ja laidunmaihin. Tulokset on esitetty seuraavissa kuvissa: typpi on esitettyä kuvassa 8 ja fosfori kuvassa 9. Molempien kuvien yksikkönä on tonnia ravinnetta vuodessa.

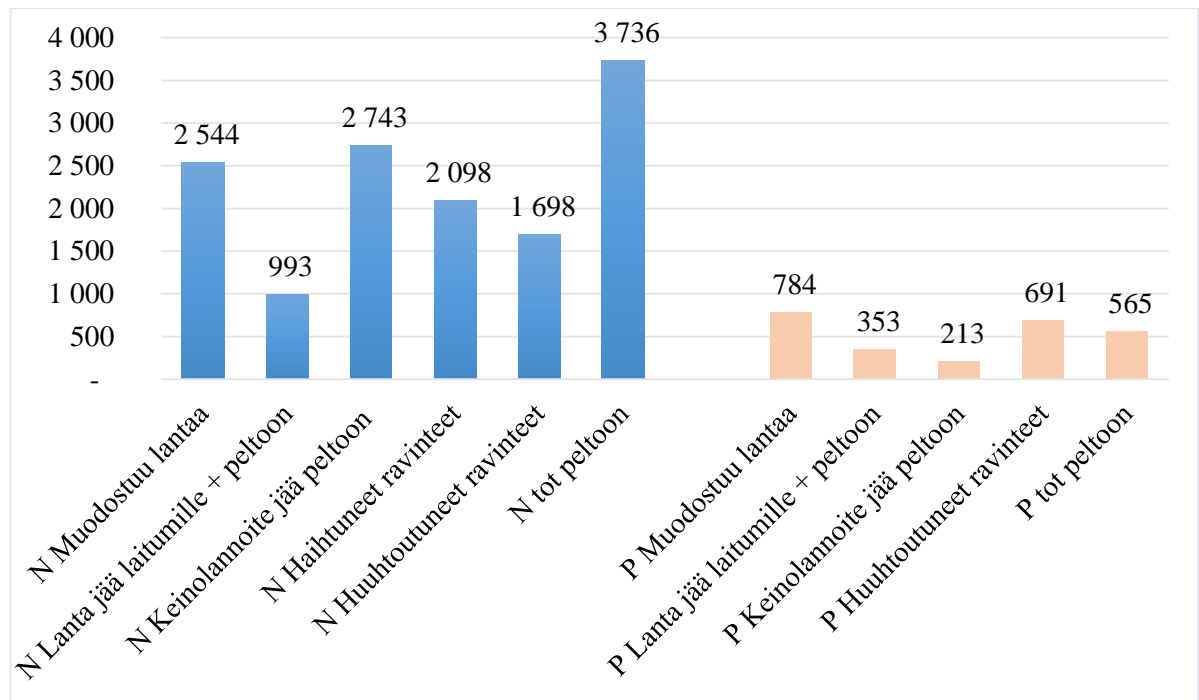


Kuva 8: Päijät-Hämeen eläinten vuosittain muodostaman lannan sisältämän typen virrat [t/a].



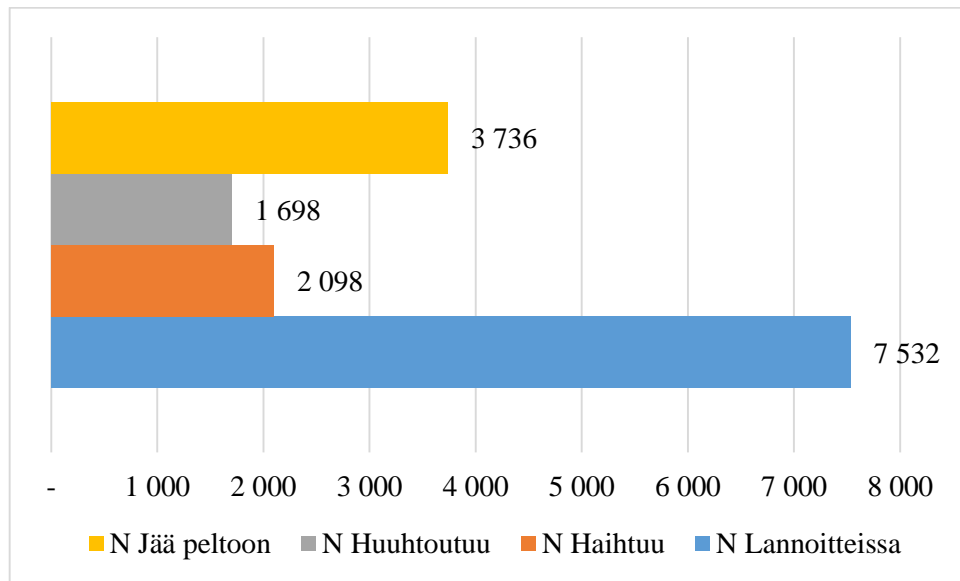
Kuva 9: Päijät-Hämeen eläinten vuosittain muodostaman lannan sisältämän fosforin virrat [t/a].

Maatalouden keinolannoitteiden ja eläinten lannan sisältämät ravinnemäärät hävikkeineen on yhdistetty kuvaan 10.

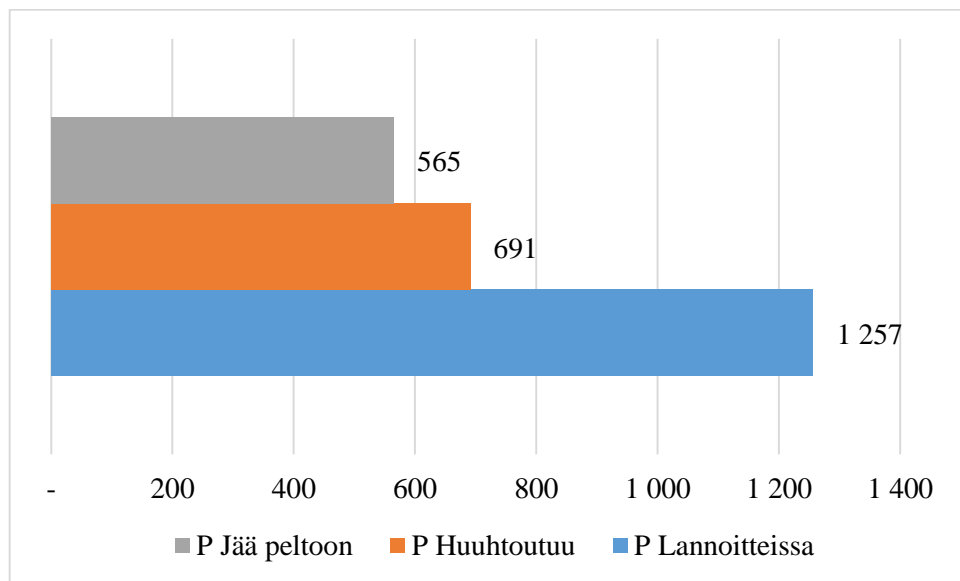


Kuva 10: Päijät-Hämeen maatalouden vuosittaiset typen ja fosforin ravinnevirrat tonneina vuodessa.

Kuvista 11 ja 12 on paremmin hahmotettavissa maatalouden kierrätyslannoitepotentiaali, ja sen kuinka suuri osa siitä haihtuu, huuhtoutuu ja jää pelto- ja laidunmaan maaperään, josta kasvit voivat hyödyntää siitä osan. Kuvassa 11 esitettynä typpi ja kuvassa 12 fosfori, molempien yksikkönä tonnia vuodessa. Kuvista näkyy, kuinka valtavat määrät ravinteita päätyy vesistöihin, joissa niistä on monenlaisia aiemmin mainittuja haittoja. Lisäksi ilmakehään haihtuva typpi on osin voimakkaissa kasvihuonekaasumuodoissa, mikä kiihdyttää ilmaston lämpenemistä. Ravinnekierron tehostamisessa onkin suuressa osassa juuri näiden resursseja kuluttavien, ympäristölle haitallisten hävikkien pienentäminen.



Kuva 11: Päijät-Hämeen maatalouden vuosittaiset typen ravinnevirrat tonneina vuodessa.



Kuva 12: Päijät-Hämeen maatalouden vuosittaiset fosforin ravinnevirrat tonneina vuodessa.

3.3 Energia

Päijät-Hämeessä kulutettiin vuosina 2012–2014 keskimäärin 2 230 GWh sähköä 138 670 käyttäjän toimesta (Energiateollisuus ry 2015a). Suurin sähköstä kului asumisessa ja maataloudessa, noin kolmasosa kului teollisuudessa ja loput palveluissa ja rakentamisessa. Sähkön käytön jakautuminen Päijät-Hämeessä on esitetty taulukossa 14. Kuten taulukosta nähdään,

kulutetaan Päijät-Hämeessä muuta Suomea keskimäärin vähemmän sähköä asukasta kohden, mikä johtuu lähinnä alueen energiaintensiivisen teollisuuden vähäisestä määrästä (Ojanen 2012, 13).

Taulukko 14: Sähköenergian kulutus Päijät-Hämeessä, keskiarvo vuosista 2012, 2013 ja 2014. (Energiateollisuus ry 2015a).

Vuosikeskiarvo 2012–14	Asuminen ja maatalous	Teollisuus	Palvelut ja rakentaminen	Yhteensä	Käyttäjät
	GWh	GWh	GWh	GWh	1000 kpl
Päijät-Häme	854,33	720,33	654,33	2 228,67	138,67
<i>Yhteensä - Suomi</i>	<i>23 246,67</i>	<i>39 468,00</i>	<i>18 712,33</i>	<i>81 426,67</i>	<i>3 444,00</i>
Osuus (P-H:n käytöstä):	38,34 %	32,34 %	29,34 %	100,00 %	
Osuus (P-H koko maan käytöstä):	3,68 %	1,83 %	3,50 %	2,74 %	4,03 %

Kaukolämmityksen nettotuotanto Päijät-Hämeessä oli 1 493 GWh vuonna 2014, minkä lisäksi ostettiin 162 GWh. Alueella kulutettiin kaukolämpöä samana vuonna vähemmän kuin omaa tuotantoa oli, 1 326 GWh. Lämmitysvoimalaitoksia vuonna 2014 Päijät-Hämeessä toimi 7 kappaletta. (Energiateollisuus ry 2015b.) Kaukolämmön tuotannossa 2014 käytetyt polttoaineet on esitetty energioineen taulukossa 15. Huomattavasti suurimman tuotannon energiasisällön omai kivihiili, joka 1 311 GWh osuudella vastasi noin 45 % kaukolämmön tuotannon polttoaineiden yhteenlasketusta energiasta. Biokaasun tuotannossa pyörii myös paljon ravinteita Päijät-Hämeessä, tämä osio on käsiteltyä seuraavassa osiossa 3.4 Jätteet.

Taulukko 15: Kaukolämmön tuotannon vuonna 2014 käytetyt polttoaineet ja energia Päijät-Hämeessä (Energiateollisuus ry 2015b).

Polttoaine	Käytetty energia 2014 [GWh]
Kivihiili	1 311
Raskas polttoöljy	30
Kevyt polttoöljy	3
Jyrsinturve	38
Maakaasu	195
Metsäpolttoaine	246
Teollisuuden puutähde	43
Muut biomassat	404
Biokaasu	1
Sekapolttoaineet	572
Teollisuuden sekundäärilämpö	81
Lämpöpumpulla talteen otettu lämpö	2
Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet yhteensä	2 925
Edellisestä kaukolämmön erillistuotantoon käytetyt polttoaineet yhteensä	175

Vuonna 2014 kaukolämpötilastossa mukana olivat Päijät-Hämeestä seuraavat kunnat: Asikkala, Hartola, Heinola, Hollola, Lahti, Nastola ja Orimattila, sekä seuraavat yritykset: Lahti Energia Oy, Suur-Savon Sähkö Oy, Elenia Lämpö Oy, Vierumäen Infra ja Orimattilan Lämpö Oy (Energiateollisuus ry 2015b). Näistä ehdottomasti suurin toimija on Lahti Energia Oy, joka vuonna 2014 käytti tuotannossaan 2 992 GWh energiaa (Lahti Energia Oy 2015b, 8). Lahti Energia Oy tuottaa osan myymästään sähköstä itse ja ostaa loput, lämpö tuotetaan pääosin yhtiön omissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa (Lahti Energia Oy 2015a).

Lahti Energia Oy:n tuhkia, ja niiden sisältämiä merkittäviä määriä fosforia, ei tarkasteluvuosina hyödynnetty mitenkään, eli fosfori on loppusijoitettu johonkin hyödyntämättä. Vuoden 2015 vuosikertomuksen mukaan 2015 Lahti Energia Oy solmi sopimuksen tuhkan hyödyn-

tämisestä, jonka sanottiin realisoituvan vuonna 2016. (Lahti Energia Oy 2016.) Sen tarkemmin vuosikertomus ei ota tuhkan käyttötapaan kantaa, joten on hyvin mahdollista, että tuhkan sisältämää fosforia ei jatkossakaan hyödynnetä ainakaan ravinteena.

Lahti Energia Oy ilmoitti vuosien 2012 ja 2013 vuosikertomuksissaan NO_x-päästönsä, mutta vuodelta 2014 tätä tietoa ei sisällytetty vuosikertomukseen. Vuosien 2012 ja 2013 keskiarvoinen NO_x-päästö oli 1 460 t (Lahti Energia Oy 2015c). Tästä ilmaan päässeen typen osuuden laskettiin olevan noin 30,45 %, jolla kerrottuna typpeä pääsi ilmaan 444,7 t vuodessa. Tätä ei voida kuitenkaan katsoa järjestelmästä suoraan menetetyksi ravinnetypeksi, sillä osa typen oksideista muodostuu poltettaessa, kun palamisilman typpi reagoi korkeissa lämpötiloissa hapen kanssa. Muutoinkin vain osa typpeä sisältävistä polttoaineista soveltuisi mitenkään järkevästi kierrätyslannoitteeksi tai sen materiaaliksi. Turvetuotanto ja esimerkiksi eläinten kuivikelannan poltto alueella on tehtyjen selvitysten pohjalta melko pienimuotoista ja vaikeasti selvitettävää, joten ne rajataan pois. Edellä mainituista syistä energiantuotannon ravinnevirroista keskitytään metsistä energiapuuna korjattuun, ja sahoilta ylijääneeseen polttoaineeseen.

Liikennepolttoaineet ja niiden sisältämät typen yhdisteet eivät kuulu tarkasteluun, mutta energiantuotannon typpipäästöjen vertailun vuoksi laskettiin Lipaston tieliikenteen kunnittaisista päästötilastoista typpiyhdisteet, joiden typpisisällöksi saatiin 512,1 tonnia vuodessa. Tästä huomataan, että liikenteen arvioidut typpipäästöt ilmaan ovat Lahti Energia Oy:n toimintaa suuremmat, mutta kuitenkin samassa suuruusluokassa.

Energiantuotantoa varten vuonna 2013 Päijät-Hämeessä korjattiin 251 000 m³ energiapuuta, joka sisältää niin pientalojen polttoraakapuun kuin energiapuun metsähakkeesta (Metsätalollinen vuosikirja 2014, 183). Tämän puumäärän laskettiin sisältävän 308,67 t typpeä ja 36,67 t fosforia. Typen oletetaan kokonaisuudessaan palavan ilmaan, ja fosforin jäävän tuhkaan. Laskentaa on eritelty tarkemmin kohdassa 3.1 Metsätalous ja Liitteessä I. Tämän puun oletettiin menevän kokonaan alueen oman energiantuotannon käyttöön. Lisäksi alueella korjattiin 847 000 m³ tukkipuuta, jonka kuoren oletetaan menevän alueella polttoon. Tukkipuun tarve Päijät-Hämeessä on kuitenkin vuotuista korjausmäärää suurempi, joten oletetaan koko

määrän menevän alueen sahateollisuuden käyttöön, ja näin sisältyvän sahateollisuuden puu-
virtoja koskevaan laskentaan. Taulukkoon 16 on koottu Päijät-Hämeen energiantuotantoon
liittyviä ravinnevirtoja.

Taulukko 16: Päijät-Hämeen energiantalouteen liittyviä vuotuisia ravinnevirtoja.

Virta	Typpi N [t/a]	Fosfori P [t/a]
Energiapuuta metsästä	308	37
Puru ja kuori sahoilta polttoon	1 257	10
Energiantuotannon NO _x -päästöt (Lahti Energia Oy)	445	ei tietoa
Tieliikenteen NO _x -päästöt	512	-
Poltoista yhteensä typpeä ilmaan ja fosforia tuhkaan	2 010	47 (+ energiantuotannon tuhkan sisältämät)
Typpeä ilmaan yhteensä (NO _x)	2 522	-

Kuten taulukostakin nähdään, tarvittaisiin myös energiasektorin virroista lisää tietoa. Erityisesti ravinteiden hyödyntämiseksi tarvittaisiin enemmän tietoa syntyvistä tuhkamääristä. Vaikeaksi laskennan tekee erityisesti materiaalien koostumuksien ja ravinnepitoisuuksien suuret vaihtelut. Hyvän esimerkin laskennan suurista epävarmuuksista antaa Liitteestä I löytyvät hakkuiden ja sahateollisuuden ravinteiden laskenta: kumpikin on johdonmukaisesti laskettu, hieman erilaisesta lähtödatasta, käyttäen pitoisuuksille kirjallisuudesta löytyviä arvoja. Mutta kun katsotaan taulukon 16 kahta ensimmäistä riviä, huomataan, että typen ja fosforin määrät ovat hyvin ristiriitaiset näiden välillä. Sahojen purun ja kuoren typpipitoisuus on moninkertainen hakkuiden energiapuuhun nähden, mutta fosforin osalta tilanne on päin vastainen.

3.4 Yhdyskuntajätteet

Ravinnetalouden kannalta jätehuollossa merkittävin osa on biojätteillä ja puhdistamolietteillä, jotka käsitellään Labio Oy:n (entinen Kujalan Komposti) laitoksessa. Labion laitokset sijaitsevat Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n (PHJ) kanssa samalla Kujalan jätekeskusalueella, ja sen omistavat Lahti Aqua Oy 60 % ja Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 40 %. (PHJ 2016.)

Labio Oy käsittelee vuosittain teollisuuden, kaupan ja kotitalouksien biojätettä sekä mädätämätöntä ja mädätettyä puhdistamolietettä. Lopputuotteena syntyy kompostia, jossa on tarpeen mukaan seosaineena puutarhajätettä. (AVI 2014, 4.) Jätekeskusalueen jätevedenkäsittelystä vastaa Lahti Aqua Oy, joka on suurin Päijät-Hämeen jätevedenkäsittelylaitoksista (Lahti Aqua 2015).

Päijät-Hämeen jätevesilaitosten kuormitustiedot ja vuotuiset ravinnemäärät on saatu pääasiassa sähköpostitiedusteluihin vastauksina lähetetyistä raporteista. Laitoksista, joilta tiedot saatiin useammalta vuodelta, on käytetty vuosien 2012–2014 keskiarvoa, jotta vuosittaisen vaihtelun merkitys vähenisi. Kun saatavissa on ollut vain vuoden 2014 arvot, on käytetty pelkästään niitä. Osa tiedoista oli suoraan saatavilla, osa on laskettu. Laskentataulukot löytyvät liitteestä III.

Lahti Aqua Oy huolehtii Lahden ja Hollolan jätevesien käsittelystä. Lahden ja Hollolan jätevedet käsitellään yhteisesti kahdessa eri jätevedenpuhdistamossa: Kariniemen ja Ali-Juhakkalan (Lahti Aqua 2015). Tiedot oli saatavissa vuosille 2012, 2013 ja 2014. Vesien osalta vuoden 2012 kerrottiin olevan poikkeuksellinen, joten se jätettiin pois laskennasta epäedustavuutensa vuoksi. Tavanomaisesti vuoden 2012 kaltaista kuormitusta ei ole, eli väkeviä vesiä ei jouduta ohjaamaan maastoon lainkaan. (Likolammi 2015.) Lahdelle löytyy myös hulevesitiedot, joita ei kuitenkaan tähän työhön sisällytetä.

Heinolan vesihuoltolaitos ottaa vastaan ja käsittelee Heinolan jätevesien lisäksi kaikki Pertunmaan jätevedet ja pienen määrän Asikkalan jätevesiä (Maaranen 2015). Vuonna 2014 Pertunmaalta tulleiden jätevesien osuus oli 68 279 m³, ja Asikkalasta otettiin vastaan 2 305 m³ (Virtanen 2015). Asikkalassa noin 74 % kuntalaisista on keskitetyn jätevedenpuhdistuksen piirissä (Hakala-Mero 2015). Hulevesien määrästä tai ravinnepitoisuuksista alueella ei ole tietoa (Maaranen 2015). Heinolan jätevesitiedot saatiin vuosilta 2012–2014. Tarkasteltujen vuosien aikana jätevesiä ei jouduttu juoksettamaan ohi, vaan kaikki käsiteltiin (Kymijoen vesi ja ympäristö ry, 3). Kuivattu jätevesiliete toimitetaan Labio Oy:lle käsiteltäväksi (Maaranen 2015). Hartolan ja Sysmän kunnilla on yhteistyösopimus ympäristönsuojelun viranhaltijatehtävien hoidosta Heinolan kaupungin kanssa. Sysmästä kuivattu liete toimitettiin Hartolaan kompostoitavaksi Ostech Oy Ltd:lle (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2015b, 4).

Viemäriverkkoon on vuonna 2015 liittynyt 65 % asukkaista, eli noin 2 600 (Johansson 2015, 16).

Jätevesien määrät ja niiden sisältämät vuotuiset ravinteet on koottu taulukkoon 17. Lisäksi taulukosta löytyy tiedot siitä, mihin puhdistettu jätevesi ja sen yhä sisältämät ravinteet lasketaan. Virrat ja ravinnemäärät on laskettu päiväkohtaisten arvojen perusteella. Vuoden 2012 kohdalla laskennassa on huomioitu kyseessä olleen karkausvuosi. Puhdistetut ravinteet menevät lietteinä Labio Oy:lle käsiteltäviksi Lahteen. Jätevedenpuhdistamoilta ilmakehään karkaa typpeä pääasiassa typpikaasuna. Tämän karkaavan typen määrää ei laskettu erikseen. Taulukkoon 17 jätevedet on yhdistetty niin, että Hollolan jätevedet sisältyvät Lahden lukuihin vuosikertomuksen ilmoittamien tietojen mukaan. Laitoksilla liete mädätetään ja saatu biokaasu hyödynnetään lämmitysenergiana sekä laitoksella että Lahti Energian kaukolämpöverkossa. Puhdistettujen jätevesien ohella Lahti Aqua laskee Porvoonjokeen myös Vesijärvestä otettavaa laimennusvettä, jonka tarkoitus on pienentää joen kuormitusta. Vuonna 2014 lasketun laimennusveden määrä oli 3,1 miljoonaa kuutiota. Tämän veden sisältämiä ravinteita ei huomioida työssä. (Lahti Aqua 2015.) Taulukon tietojen lähteet ovat taulukossa käytetyssä järjestyksessä ja näin yhdistettävissä kunnan jätevesitietoihin, kun pois luetaan välistä tähdellä merkityt Hartola, Hämeenkoski ja Kärkölä. Näiden kolmen kunnan jätevesitiedot on saatu asukasperusteisesti laskemalla muiden alueen kuntien keskimääraisten arvojen mukaan. Heinola ja Lahti jätettiin kaupunkimaisen poikkeavuutensa vuoksi pois keskimääraisten arvojen laskennasta, jotta tulokset sopisivat paremmin näihin kolmeen harvemmin asuttuun kuntaan.

Taulukko 17: Päijät-Hämeen jätevedenpuhdistamoiden kuormitustiedot kunnittain (Hakala-Mero 2015a, 1–2; Hakala-Mero 2015b, 1–2; Hakala-Mero 2015c, 1–2; Johansson et al. 2012, 15; Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2015, 3–4; Virta et al. 2011, 4; Lahti Aqua 2015; Taipale 2015, 2–3, 8; Taipale 2014, 3; Taipale 2013, 3; Veijola 2015a, 1, 22–23; Veijola 2014, 20–21; Veijola 2013, 21–22; Veijola 2015b, 7–10, 20–21; Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2015b 3–4, 14–15, Johansson 2013, 10).

Alue	Jätevesi puhdistamolle (m³/a)	Typpi puhdistamolle (t/a)	Typpi vesistöön (t/a)	Fosfori puhdistamolle (t/a)	Fosfori vesistöön (t/a)	Purkupaikka
Asikkala	390 000	30,8	17,8	4,3	0,06	Päijänteen Asikkalanselkä
Hartola*	194 300	13,0	5,5	2,0	0,08	-
Heinola	2 560 000	119,4	74,3	15,7	0,65	Jyrängönvirta / Konnivesi
Hämeenkoski*	135 200	9,0	3,8	1,4	0,06	-
Kärkölä*	295 300	19,7	8,4	3,0	0,12	-
Lahti (sis. Hollolan)	12 870 000	924,7 (2014)	231,0	110,6 (2014)	3,07	Porvoonjoki
Nastola	1 120 000	86,2	11,1	15,2	0,17	Palojoki (yhtyy Porvoonjokeen)
Orimattila	1 040 000	65,4	18,1	9,4	0,39	Porvoonjoki
Padasjoki	210 000	12,8**	7,3	1,97**	0,20	Päijänteen Padasjoenselkä
Sysmä	270 000	15,1	11,2	2,1	0,11	Avo-oja, johtaa Majutveden Kirkkolahteen
PÄIJÄT-HÄME	1 490 000	1 296,1	388,5	165,7	4,91	

*Hartolan, Hämeenkosken ja Kärkölän lukemat on laskettu muiden kuntien jätevesitietojen keskiarvon pohjalta asukasmäärään suhteuttaen. Lahti ja Heinola jätettiin keskiarvosta pois kaupunkimaisuutensa vuoksi.

**Pelkästään vuoden 2014 tulokuormitus, keskiarvon 2012–2014 laskemiseen tarvittavia ei saatavilla (Veijola 2015b).

Päijät-Hämeen vuotuinen sademäärä on keskimäärin 550–650 mm. Elokuussa sataa yleensä eniten, kun taas vähiten sadetta kertyy keväällä. Sade on alueella runsainta eteläisillä alueilla

(luokkaa 80 mm), ja vähiten sataa Asikkalasta pohjoiseen sijaitsevilla Päijänteen rantamilla. (Kersalo et al. 2009, 68.) Hulevedet jätetään pois tarkastelusta, sillä niistä on hyvin vähän luotettavaa tietoa tarjolla, eikä hulevesien ravinteilla katsota olevan tässä tarkastelussa merkittävää kierrätyspotentiaalia.

Kiinteistä jätteistä alueella huolehtii pääasiallisesti Päijät-Hämeen jätehuolto (PHJ), jonka toiminta-alue sisältää Päijät-Hämeen kunnat lukuun ottamatta Hartolaa. Lisäksi PHJ käsittelee etelärajanapurikuntien Pukkilan ja Myrskylän jätteet, minkä tässä katsotaan kompensoivan Hartolan puuttuvat jätteet. Päijät-Hämeessä syntyi vuonna 2013 jätettä noin 91 040 t, jonka hyödyntämisaste oli 76 %. Valtaosa hyödynnettävästä kaatopaikkajätteestä hyödynnettiin energiana 56 % ja materiaana 20 %, lisäksi 20 % kompostoituihin. (Verkkotietokeskus 2014.) Ravinteiden kannalta tärkeimmät jätteet ovat edellä lasketut jätevesilietteet ja biojätteet, jotka Labio esikäsittelee Kujalan jätekeskuksella, minkä jälkeen syötettä käsitellään aerobisesti kompostointilaitoksella tai termofiilisessä anaerobiprosessissa biokaasulaitoksella. Materiaa virtaa myös näiden prosessien välillä, jotta prosessien olosuhteet saadaan pysymään edullisina. Biokaasulaitosta lämmitetään kompostoinnin tuottamalla lämmöllä. Kompostista tulee lannoitevalmistetta viljanviljelyyn ja kompostia kasvualustojen raaka-aineeksi. Lannoitevalmisteen sisältämät ravinteet päätyvät Lahden eteläpuolisille pelloille: osa maakuntaan, osa sen ulkopuolelle (suullinen tieto Labion työntekijältä). Viljelykompostin raaka-aineita ovat erilliskerätty biojäte, puhdistamoliete, puutarhakarrike, bentoniittisavi ja mädäte. Biokaasulaitoksen mädäte päätyy kompostiin ja kaasu johdetaan säiliön kautta Gasumin puhdistuslaitokselle, jossa kaasu puhdistetaan, paineistetaan ja syötetään kaasuverkkoon. (Labio Oy 2015.)

PHJ:ltä Labiolle päätyvien biojätteiden määrät saatiin PHJ:ltä vuosille 2012, 2013 ja 2014, joiden keskiarvoksi saatiin 13 233 t/a. Lukuihin sisältyi sekä biojäte että haravointijätettä, jonka tarkasta määrästä ei ole tietoa, joten virtaa käsiteltiin laskennassa biojätteenä. (Likkola 2015.) Biojätteen kuiva-ainepitoisuudelle käytettiin arvoa 32 %, josta typpeä oli 2 % ja fosforia 0,4 % (Kahiluoto et al. 2010, 101). Näin saatiin Päijät-Hämeestä vuosittain erilliskerättyjen biojätteiden ravinnemääräksi 85 t typpeä ja 17 t fosforia.

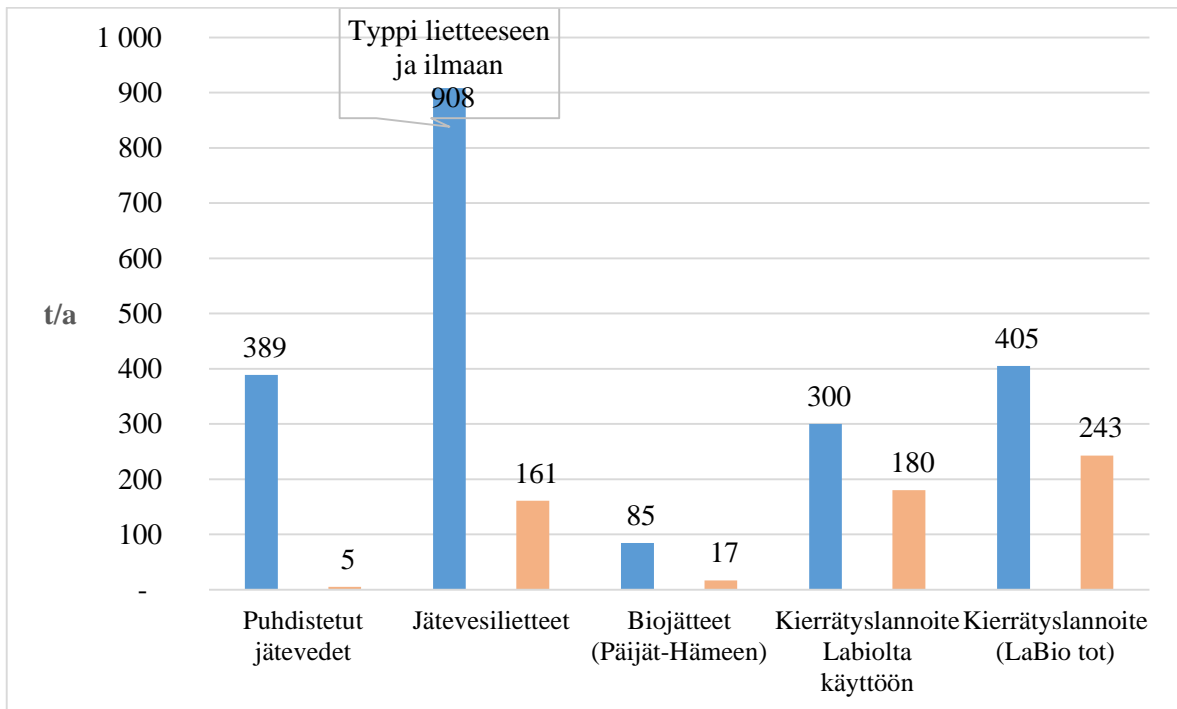
Biokaasun tuotanto- ja jalostuslaitos käynnistyi syksyllä 2014, joten työn tarkasteluajankohta osui muutosvaiheeseen. (Labio Oy 2015.) Ravinnelaskentaa varten saatiin kuitenkin

Labiolta tilastoja jätemääristä sekä viljelykompostin tuoteseloste, joiden avulla pystyttiin laskemaan seuraavat ravinnesisällöt. Luovutusvalmista tuotetta valmistui vuonna 2014 noin 20 000 t, josta myytiin tai luovutettiin eteenpäin noin 15 000 t. Lisäksi tuotetta oli valmisvarastossa noin 5 500 t. Reilu 800 tonnia meni joko kaatopaikalle tai polttoon. Ravinnevirroiksi saatiin taulukon 18 mukaiset typen ja fosforin määrät. Labion tilastoissa saapuneen erilliskerätyn biojätteen määrä oli 2014 noin 36 100 t, joka on yli kaksinkertaisesti PHJ:ltä tuleva määrä. Eli alueelle tuotiin vuonna 2014 ravinteita biojätteiden muodossa noin 128 t typpeä ja 26 t fosforia.

Taulukko 18: Labiolta lähtevät ravinnevirrat [t/a].

	N [t]	P [t]
Valmistunut tuote	405,1	243,1
Myyty tai luovutettu	300,3	180,2
Valmisvarastossa	109,4	65,6
Kaatopaikalle tai polttoon	16,4	9,9

Laskennan ja tilastojen suurista epävarmuuksista kertoo jälleen jätteiden kohdalla ravinnevirtojen vaihtelu riippuen siitä, lasketaanko virta laitokselle saapuvista jakeista, vai laitokselta lähtevästä. Huomattavaa on myös todellisten virtojen ravinnekoostumusten suuri vaihtelu. Tässä lasketaan sisällytettyjen, laitokselle saapuvien jakeiden ravinnepitoisuuksille on käytetty kirjallisuusarvoja, kun taas Labiolta lähtevän kierrätyslannoitteen ravinteet määritettiin Labion antamilla, tuotteesta mitatuilla arvoilla. Jäteosion ravinnevirtoja on koottu kuvaan 13, jossa typen virtoja kuvastavat siniset ja fosforin virtoja punertavat palkit.

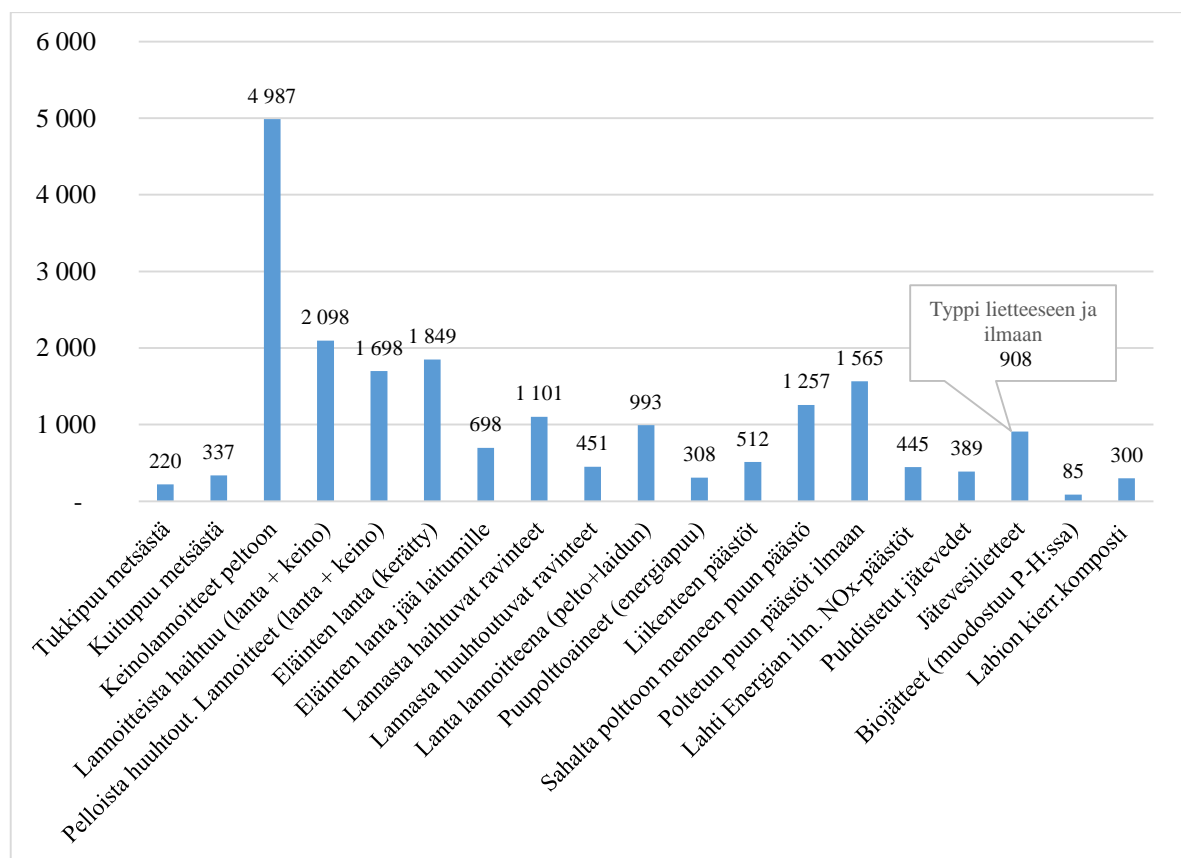


Kuva 13: Päijät-Hämeen jätteiden käsittelyn ravinnevirtoja [t/a]. Siniset palkit kuvaavat typen määriä ja punertavat fosforia.

Puhdistettujen jätevesien myötä Päijät-Hämeen vesistöihin päästettiin noin 390 t typpeä ja 5 t fosforia. Jätevesilietteiden mukana Labiolle käsiteltäväksi vietiin 910 t typpeä ja 161 t fosforia. Labion vastaanottamat biojätteet sisälsivät vuonna 2014 noin 213 tonnia typpeä ja 43 tonnia fosforia. Kun samana vuonna valmistuneen kierrätyslannoitteen ravinnemäärät olivat 405 t typpeä ja 243 t fosforia, voidaan todeta eri suunnista lähestytyn laskennan päätyvän suunnilleen saman suuruisiin lukuihin fosforin osalta. Lietteiden ja biojätteiden lisäksi kierrätyskompostin valmistuksessa on käytetty haravointijätettä, risu-, kanto- ja tasauspätkähaketta sekä silikaattisakkaa, joiden tulovirtojen ravinnesisältöjä ei ole arvioitu, mikä tulee huomioida syöte- ja tuotevirtojen ravinnesisältöjä keskenään verrattaessa. Typpeä on saattanut haihtua erotuksen verran, matkalla jätejakeista ja lietteistä valmiiksi maanparannustuotteeksi. Oletettavasti suurin häviö tapahtuu jätevedenpuhdistamoilta. Labiolle saapuu useita typpeä sisältäviä jakeita, joiden typpisisällöstä ei ole tarkkaa tietoa, joten todetaan, että asiasta olisi saatava lisää tietoa ennen kuin varmoja johtopäätöksiä voidaan vetää. Yksi mahdollisesti eroa selittävä tekijä voi myös olla, että fosforipitoisuuden osalta kirjallisuuslähteet ovat olleet tässä tapauksessa lähempänä Päijät-Hämeen virtoja kuin typen vastaavat arvot.

3.5 Ravinteiden kiertotalouden tila Päijät-Hämeessä

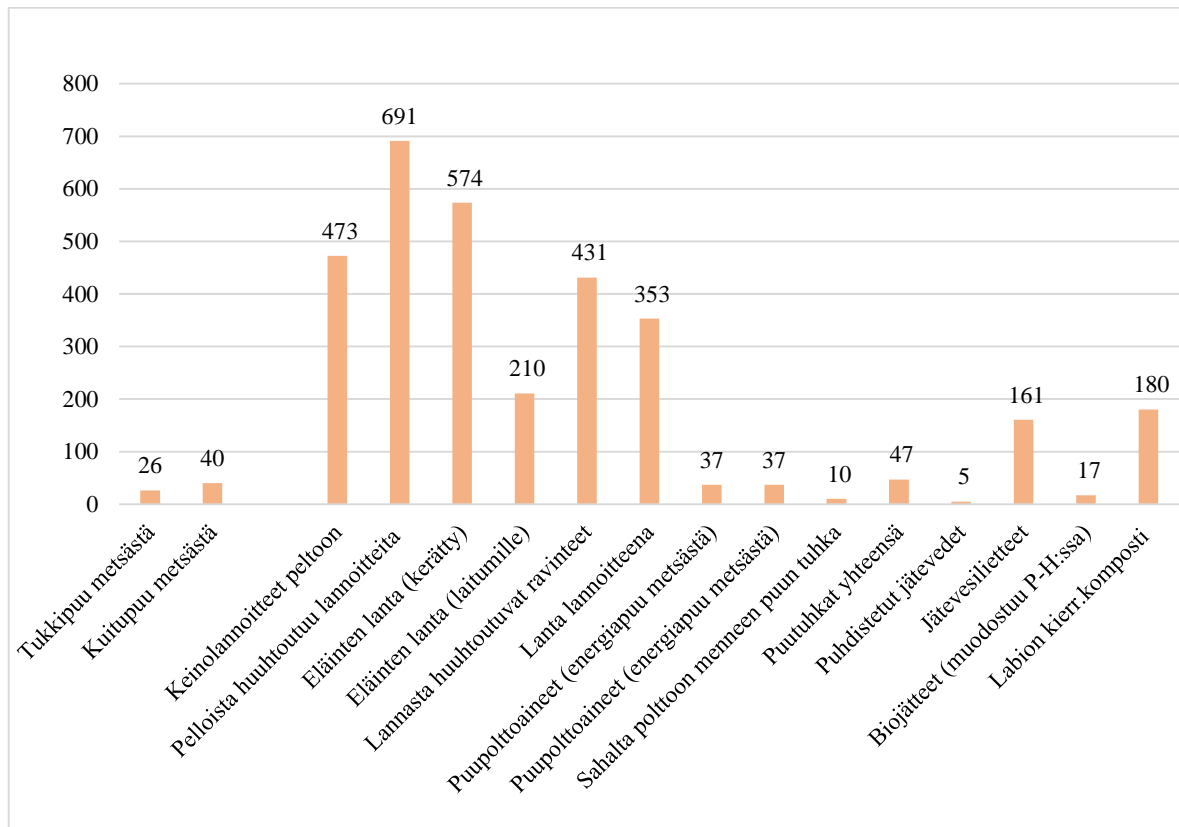
Työssä laskettujen tietojen pohjalta voidaan tunnistaa tärkeimpiä virtoja ja arvioida eri prosessien ravinnekierron tasoa. Suurimmat ravinnevirrat löytyvät maataloudesta, typen osalta suurin yksittäinen virta on keinolannoitteiden käyttö peltoviljelyssä. Kuvassa 14 on esitettyä typen vuotuisia määriä eri virroissa. Lannoitteiden ja lantojen jälkeen eniten typpeä liikkuu sahojen puutavarassa ja jätevesilietteissä. Päijät-Hämeessä ilmaan haihtumalla menetetyyn ravinnetypen määräksi saatiin noin 3 900 t/a. Jos lukuun lisätään Lahti Energian ja tieliikenteen NO_x-päästöjen typpi, niin luku nousee lähes 4 900 tonniin vuodessa. Lisäksi jätevedenpuhdistamoilta haihtuu osa jätevesilietteiden laskennassa sisältämästä tpeestä, jonka määrä on ennen haihtumista 908 t/a. Näin ollen typen laskennassa huomioitujen virtojen kokonaishaihtuma Päijät-Hämeessä nousee yli viiteen tuhanteen tonniin, mikä ylittää taulukon suurimman typen virran, peltoon käytetyt keinolannoitteet. Vesistöihin typpeä huuhtoutuu työn laskennan mukaan noin 2 500 t/a.



Kuva 14: Päijät-Hämeen vuotuisia typen virtoja yksikössä t/a.

Kuvassa 15 on vastaavasti esitettyä fosforin vuotuisia määriä. ”Puutuhkat yhteensä”- pal- kista puuttuu Lahti Energialla poltetun biomassan tuhkat, jotka todennäköisesti kasvattaisi- vat lukua merkittävästi. Puuta poltetaan muiden polttoaineiden ohessa, mikä aiheuttaa tuh- kaan suuria epäpuhtauksia, joiden haitta-ainepitoisuudet luultavasti estävät tuhkan fosforin hyötykäytön ravinteina. Fosforin osalta tehdyillä laskennan oletuksilla saatiin lannan sisäl- tämän fosforin määräksi suurempi, kuin käytettyjen keinolannoitteiden fosforisisältö on. Näin ollen työn laskennalla ja tehdyillä oletuksilla Päijät-Häme voisi teoriassa pärjätä ilman ulkopuolelta tuotua keinolannoitteiden fosforia. Tässä kohtaa tosin on huomioitava suuret vuotuiset huuhtoutumisesta johtuvat fosforin hävikit, jotka eivät mahdollistaisi tämän kal- taisen ravinnetaseen ylläpitoa vuodesta toiseen ilman alueen ulkopuolelta tuotavia fosfori- lannoitteita. Lannan ja Labion tuottaman kierrätyskompostin lisäksi pelkkää puuta tai muuta puhdasta biomassaa polttavien energiantuotantolaitosten tuhkat voisivat toimia fosforilan- noitteina. Tuhkalaskennan osalta pitää muistaa energiana korjatun puun ja sahoilla poltetun puun tulosten ristiriita. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että sahoilta polttoon päätyvän puun fosforisisältö on laskettu kertomalla ensin puun tuhkapitoisuudella, ja sitten tuhkan fosfori- pitoisuudella. Näin saatu puun fosforipitoisuus oli huomattavasti pienempi kuin hakkuiden laskennassa käytetyt puun ja kuoren fosforipitoisuudet. Tämä toimii hyvänä esimerkkinä laskennan suurista epävarmuuksista.

Päijät-Hämeen vuotuisten ravinnevirtojen määrästä ja ravinnekoostumuksesta tarvittaisiin enemmän ja luotettavampaa tietoa, jotta jotakuinkin paikkansapitävä kokonaiskuva alueella vuosittain liikkuvista ravinnevirroista olisi kannattavaa luoda. Alueen fosforiomavaraisuutta tarkastellessa on huomioitava myös se, että kierrätyskomposti, jota voidaan käyttää kierrä- tyslannoitteena, ei ole valmistettu ainoastaan alueelta kerätyistä jakeista, vaan ravinnevirtoja tulee merkittäviä määriä myös Päijät-Hämeen ulkopuolelta. Kuvassa 15 esitetty oikean puo- limmainen pylväs kuvaa Labion valmistaman kompostin käytettyä määrää, ei koko valmis- tettua määrää.



Kuva 15: Päijät-Hämeen vuotuisia fosforin virtoja yksikössä t/a.

Tärkeää on huomata prosessien avoimuus: vaikka tässä laskennassa oletettiin optimistisesti kaiken lannan kiertävän takaisin peltoon, niin lannan ravinteista menetetään huuhtoumien ja haihtumien myötä todella merkittävä osuus. Kun myös keinolannoitteista huuhtoutuu ja haihtuu ravinteita, karkaa kierrosta yli puolet peltomaihin lisätyistä ravinteista. Lisäksi myös jätevesien käsittelyssä päästetään merkittäviä määriä erityisesti typpeä vesistöihin. Puhdistustehoja kasvattamalla saataisiin jäteveden mukana vesistöihin karkaavien ravinteiden hävikkejä pienemmiksi. Jäteveden puhdistamoilta ilmaan haihtuvan typen osalta tilanne on ongelmallisempi, sillä typpi karkaa pääasiassa inertissä muodossa, jonka kerääminen ei kannata. Vaikka ravinnevirtoja kierrätetään Päijät-Hämeessä maatalouden ja jätehuollon prosesseissa, niin ravinnehävikit ovat merkittäviä, eivätkä kierrot ole lähelläkään suljettuja.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tulosten pohjalta voidaan todeta, että Päijät-Hämeen ravinnekierrot eivät ole tällä hetkellä millään muotoa suljettuja. Vaikka laskennan oletuksissa kiertotalouden tilasta on tehty yleistyksiä, esimerkiksi olettamalla kaiken kerätyn lannan päätyvän peltoon lannoitteeksi, karkaa huomattava osa ravinteista huuhtoutumalla ja haihtumalla ympäristöön. Ravinteiden kierrätystä toteutetaan alueella, mutta kierrot ovat vielä hyvinkin avoimia. Maakunnan ravinneomavaraisuus ei ole ainakaan nykykäytännöillä mahdollista, mutta tehostamalla ravinnekierrätystä alueella, omavaraisuusasteen kasvattaminen on mahdollista nykyisen suuruisilla ravinnevirroilla.

Työn tavoitteena oli tunnistaa tärkeimpiä ravinnevirtoja alueella, mikä tehtyjen laskelmien pohjalta onnistuu, vaikka saatujen tulosten epätarkkuus paikoin onkin hyvin suuri. Ravinnekierroksen kehittämistä varten nykyiset toimintamallit pitää tuntea riittävän hyvin, jotta niiden ongelmat voidaan osoittaa kiistattomasti. Vaikka viime vuosina on kehitetty tilastointia ja etenkin tilastojen saatavuutta, on usealla alalla vielä paljon varaa kehittyä. Esimerkiksi kaupan alan materiavirtojen seuraaminen tuntuu tämän työn puitteissa tehtyjen havaintojen perusteella olevan vielä lähes olematonta. Viestinä oli lähinnä, ettei suurempien ketjujen henkilökunnalla ole resursseja selvittää pyydettyjä asioita, kuten ruoka-aineiden tilaus-, hävikki- tai myyntimääriä. Myös jätteiden määrän seurannassa riittää kehittämistä. Ongelmien hallinnan ensimmäisiä askeleita on mittaaminen tai muu arviointi, jolla ongelma saadaan esitettyä konkreettisesti, ja myöhemmin myös sen kehittyminen on määritettävissä. Vain tällöin asialle saadaan tarpeeksi suuri poliittinen painoarvo, mikä on edellytys sille, että paremmat toimintamallit voidaan konkretisoida hienoista ideoista todellisiksi toimiviksi järjestelmiksi.

Jatkotutkimuspanokset olisi viisasta kohdistaa virtojen määrien ohella niiden laadun tarkempaan tutkimiseen. Näin saataisiin tarvittavaa lisätietoa ravinnevirtojen tehokkaampaan hyödyntämiseen vaikuttavista tekijöistä. Yleisesti voidaan todeta, että tämän kaltaisen selvityksen toteutus vaatisi huomattavasti tarkempaa tiedon keruuta ja jakamista, mikäli tuloksissa haluttaisiin päästä yksityiskohtaisemmalle tasolle. Karkeana koontina suurta osaa tiedoista ei ole saatavissa. Lukelta tosin on tilattavissa maksua vastaan erilaisia koosteita heidän julkaisemistaan tilastoista. Kokonaiskuvan luominen ravinnevirroista ei mielenkiintoisuudes-

taan huolimatta liene parasta tutkimusresurssien käyttöä, vaan ennemminkin lisätutkimuspanokset kannattaisi suunnata helpommin käytännössä ympäristön ja talouden hyväksi hyödynnettäviin tutkimuksiin, joilla voidaan parantaa esimerkiksi yksittäisen prosessin ravinnetaloutta. Suomessa on myös ollut lähivuosina meneillään lukuisia ravinteisiin liittyviä hankkeita, joiden kartoittaminen ei tämän työn puitteissa ollut mahdollista.

Jatkossa ravinnekierron tehostamista ajavan tutkimuksen olisi kannattavaa kohdistua myös muiden ravinteiden, kuten kaliumin, sekä esimerkiksi orgaanisen aineksen virtojen tutkimiseen. Erityisesti ravinteiden eri muotojen parempi huomioiminen lisäisi luodun tiedon hyödynnettävyyttä, kun tiedettäisiin tarkemmin, että miten ravinteet muuntuvat virtojen eri vaiheissa, ja mitkä muodot ovat hyötykäytön kannalta edullisimpia ja turvallisimpia. Lisäksi kiinnostavaa olisi selvittää voiko eri ravinteille - tai yhden ravinteen sisällä ravinteiden eri muodoille - määrittää yksiselitteiset vaikuttavuuskertoimet kasvihuonekaasujen tapaan. Mikä olisi ”hiilidioksidiekvivalentti” ravinteiden keskuudessa, ja mikä olisi esimerkiksi pelkän typen tai fosforin eri muotoja tarkastellessa? Eri ravinteille on olemassa karakterisointikertoimet rehevöitymisen näkökulmasta, mutta voisiko esimerkiksi vaikutukset maaperässä saada yhdistettyä kertoimiin? Lisätietoa kaivataan yksittäisen virran ravinteiden eri muotojen muuntumisesta, mikä helpottaisi kierrätyslannoitteiden kokonaislannoitusvaikutusten arviointia vaikkapa useampaa vuotta tarkastellessa. Tutkimusta, jonka pohjalta voisi siis esimerkiksi nitraattidirektiiviä muuttaa niin, että se ei olisikaan kokonaistyyppi, joka rajoittaisi lannoittamista, vaan voitaisiin todella optimoida lannoituksella saavutettu sato sekä haitallisten valumien ja haihtumien määrän pienentäminen.

Kierrätyslannoitteiden ominaisuuksien osalta tutkimusta kannattaa suunnata orgaanisen hiilen määrään virroissa ja sen kasvuvaikutuksiin maaperässä, mikä saattaa olla yksi kierrätysravinteiden tärkeimmistä kilpailuvalteista suosittuihin keinolannoitteisiin nähden. Hiilen sitomisella maahan voi olla merkittävä positiivinen vaikutus myös ilmastonmuutoksen hillinnässä. Tärkeintä on ravinnekierron pienentäminen ja tehostaminen, että tarpeet saadaan tyydytettyä järkevästi. Keino- ja kierrätyslannoitteet tulisi nähdä ennemmin toisiaan tässä tavoitteessa tukevinä, eikä niinkään vastakkain asetettuina kilpakumppaneina.

Kierrätysravinnevirtojen sisältämien, mahdollisesti vaarallisten, ainesten määrästä ja laadusta tarvittaisiin lisätietoa, jotta voitaisiin lisätä kierrätyslannoitteiden käyttöä tai vähintäänkin käytön turvallisuutta. Kierrätyslannoitteita ei voida nykytiedon valossa käyttää mihin vain lannoitukseen, sillä ne saattavat sisältää erinäisiä haitta-aineita, kuten raskasmetalleja ja taudinaiheuttajia. Jälkimmäisistä voidaan päästä eroon asiallisella käsittelyllä, kuten Labiolla käytössä olevilla käsittelyprosesseilla, mutta haitallisten yhdisteiden tai alkuaineiden vaikutuksesta elintarvikkeiden turvallisuuteen on vaikeampi tehdä varmoja lausuntoja. Lisäksi käsittelyt saattavat muuttaa ravinteita vaikeammin hyödynnettävään muotoon. Levitysrajoitukset ja tiettyjen alkuaineiden pitoisuuksien seuraaminen peltomailla auttavat näiden riskien hallinnassa, kunnes niistä on enemmän tietoa. Myös tuhkien sisältämän fosforin hyötykäytöstä tarvittaisiin lisätietoja. Ensisijaisesti puhtaampien tuhkien, kuten puutuhkien, koostumuksista tarvitsisi tietoa, jotta niiden hyötykäyttömahdollisuuksia voisi paremmin arvioida. Sekapolton likaisemmista tuhista fosfori pitäisi pystyä jotenkin erottamaan, jotta tuhkan sisältämät haitalliset aineet eivät estäisi ravinnehyötykäyttöä. Tämänkaltaisten erotusteknologioiden olemassa oloon työssä ei oteta kantaa, mutta ajan saatossa fosforivarantojen yhä huvetessa poliittiset ja taloudelliset paineet taloudellisen puhdistus- tai erotusteknologian kehittämiseksi tulevat varmastikin kasvamaan.

Lisätiedon tuottamisen ja keräämisen ohella, tulee keinolannoitteiden käytön vähentämiseksi myös kierrätyslannoitteiden käsittelyä ja jalostamista edistää. Ravinnekitoisten biomassojen ja muiden virtojen keräily, levityskäytäntöjen ja varastoinnin kehittäminen on tärkeää, jotta hävikkejä saadaan pienemmiksi. Tätä on jo toteutettu esimerkiksi kiristyneiden lannan varastointimääräysten myötä, minkä tarkoituksena on estää ja vähentää lannan ravinteiden huuhtoutumista ja maaperään imeytymistä muun muassa kattamalla lantalat. Kierrätyslannoitteiden käyttötarpeen ja käytettävän tuotteen ravinnekitoisuuden seuranta on tärkeää, jotta tuotteen ravinnesisältöä voidaan täydentää keinolannoitteilla niin, että kasvit voivat hyödyntää nopeasti lannoituksesta mahdollisimman suuren osan. Näin saadaan haitalliset hävikit, ja myös kustannukset pidettyä paremmin kurissa. Kasvien tarvitsemien ravinnemäärien ohella levityksessä on huomioitava pelto- ja sääolosuhteet, jotta ravinteet saadaan kasvien käyttöön silloin, kun niistä on suurin hyöty, sääolosuhteissa, joissa hävikit ovat luonnostaan mahdollisimman pienet. Typen haihtumista voidaan ehkäistä kääntämällä peltomaa mahdollisimman pian lannoitteen levityksen jälkeen, mikä ei tietenkään ole mahdollista kasvuvaiheessa olevaa satoa lannoitettaessa.

Maatalouden ravinnekiertoa voisi tehostaa tarkemmalla ravintotekijöiden tarpeen seurannalla. Rajoittavat tekijät, tässä tapauksessa erityisesti rajoittavat ravinteet, tuntemalla voitaisiin vähentää muiden ravinteiden ylimääräistä käyttöä. Kasvien kohdalla ylimääräiset ravinteet jäävät osittain maaperään, josta ne voidaan osin hyödyntää tulevina vuosina. Eläinten kohdalla turhat ravinteet puolestaan päätyvät lantaan. Näin ollen ruokinnan tarkka tuntemus ja suunnitelmallinen toteutus voivat mahdollistaa niin pienemmän lantamäärän kuin myös ravinnehukan vähentämisen. Kasvien ja kotieläinten lisäksi tätä ajatusmaailmaa voisi alkaa laajentamaan enemmän myös ihmisen ravitsemukseen, mikä vaatisi tahtotilan luomiseksi laajaa tietoisuuden lisäämistä sekä toteutuakseen niin sanotusti helppoja, valmiita ratkaisuja, jotta tämänkaltainen käytös voisi yleistyä valtaväestön toimintamalliksi. Nykyisissäkin toimintamalleissa olisi paljon parannettavaa: ruokailutottumuksia suuremmin muuttamatta ruokahävikin määrää voisi pienentää huomattavasti järkevällä toiminnalla ja etukäteen suunnitteleamalla. Suunnitellut ruokahankinnat, ja sopivien määrien ostaminen auttavat vähentämään kotona pilaantuvan ruoan määrää. Kauppojen hävikkeihin voi myös kuluttaja vaikuttaa: jos aikoo syödä tuotteen samana tai seuraavana päivänä, kannattaa tuskin etsiä pisimmän päiväyksen omaavaa tuotetta. Niin kotona kuin ravintoloissakin on suotavaa syödä lautanen tyhjäksi, mitä usein edellyttää kohtuullisen kokoisten annosten ottaminen.

Ravinteita sisältävien virtojen määrä- ja laatutietojen rajallisen saatavuuden ohessa laskennan epävarmuuksiin vaikuttaa monta muutakin asiaa. Todella monen laskennalle oleellisen luvun (esimerkiksi useat pitoisuudet, haihtumis- ja huuhtoutumisprosentit) vaihteluväli oli hyvin suuri, jolloin tuloksille saataisiin samaa lähdettä käyttäen moninkertaisia virheitä. Työssä virhehaarukan pienentämiseksi valittiin arvot keskimääräisesti. Ravinteiden eri muodoista ei ollut monenkaan virran osalta saatavissa tietoa, joten jossakin luvussa saattaa olla esimerkiksi fosforia sisältävä yhdiste laskettuna kokonaan fosforiksi, kun tarkkaa tietoa laadusta ei ole ollut saatavilla. Biomassojen, kuten metsätalouden virtojen, ominaisuuksista ei ole kaikilta osin varmuutta esimerkiksi kosteudesta tai siitä onko tilavuudet irto-, kiinto- vai joitakin muita kuutiometrejä. Laskentatiedostoja ja lähtödataa työn taustalla on todella massiivisesti, mikä huolellisuudesta huolimatta lisää riskiä laskennassa tai tietojen siirrossa tapahtuneisiin virheisiin. Tietoja on vaihtelevasti saatavilla, joten osa on tuoreempaa ja osa vanhempaa, minkä vuoksi osa tiedoista on keskenään eri vuosilta. Työn edetessä julkaistiin

myös osasta virtoja tuoreempia tietoja, mutta jossakin kohtaa täytyi vetää raja tietojen päivittämiseksi, mistä johtuen saattaa olla, että työn valmistuessa jostakin hieman epämääräisestä lähteestä olisi jo tarkempaa tietoa saatavilla.

Laskennassa ja tietojen esittämisessä on tehty useita todellisuudesta eroavia rajoituksia. Kaiken kerätyn lannan oletettiin menevän peltoihin lannoitteeksi, vaikka käytännössä alueelta menee lantaa myös polttoon. Lannan seassa on myös monesti kuiviketta, kuten purua tai turvetta, joiden virtoja ei työssä huomioitu. Risu-, kanto- ja tasauspätkehaketta on mennyt myös Labiolle kierrätyskompostin valmistukseen, vaikka laskennassa kaikki oletettiin poltettavaksi.

Kierrätettyjen ravinteiden hyötykäytön ongelmana on epäpuhtauksien ohella kalliit kuljetus- tai levityskustannukset, joita voidaan vähentää kuivaamalla, tai kehittämällä käyttöä lähialueella. Esimerkiksi keskitettyjen lantavarastojen käytöstä maatalousalueilla on jo Suomestakin kokemuksia. Yli- tai alijäämävirtojen hyödyntämistä kannattaa selvittää maakuntarajan yli niin, että kokonaisuus on mahdollisimman optimoitu. Ei esimerkiksi kannata kuljettaa suhteellisen määrää maanparannusainetta maakunnan halki, jos heti kuntarajan takaa löytyy lähempää käyttökohde. Vaikka maakuntien ja kuntien välistä yhteistyötä asiassa on hyvä lisätä, voisi vastaavan tyyppisen maakuntatason selvityksen toteuttaminen muillekin Suomen maakunnille luoda pohjaa ravinnevirtojen tehokkaammalle hyödyntämiselle, ainakin maatalouden osalta. Jatkotutkimuksen tarvetta aiheesta on edelleen niin muiden alueiden ravinnevirtojen koskien kuin hyötykäytön optimointia ajatellen.

Ravinteiden käyttöön vaikuttavat niin monet ajan myötä muuttuvat tahot, että tutkimuksia olisi perusteltua myös päivittää muutaman vuoden välein. Varsinkin, jos niiden sisältämiä tietoja käytetään esimerkiksi päätöksenteon tukena. Resurssien tehokasta käyttöä ajatellen järkevintä olisikin perustaa elävät tietokannat, joihin vuotuiset tiedot syötettäisiin mahdollisimman tarkasti. Jokaisesta arvioidusta virrasta voitaisiin ilmoittaa kokonaismäärän (massa- tai tilavuusvirta) lisäksi typen, fosforin ja muiden tärkeiden ravinteiden määrät, muodot sekä virran kosteus ja suunta. Näin järjestelmästä saataisiin suoraan ulos tietoja vaikkapa tietyn ravinnesisällön omaavista virroista. Kun karkeat tiedot olisivat ajan tasalla ja helposti saata-

vissa, voisi tutkimuspanosta kohdentaa enemmän käytännönläheiseen tutkimukseen. Tarkempi, tapauskohtaisempi tutkimus johtaisi laajoja kartoituksia todennäköisemmin myös kannattavien investointikohteiden löytämiseen.

5 YHTEENVETO

Tässä diplomityössä selvitettiin ravinteiden kiertotaloutta Päijät-Hämeessä typen ja fosforin osalta. Tavoitteena oli selvittää merkittävimpien biologisten virtojen ravinnesisällöt ja mihin eri virtojen ravinteet päätyvät. Ravinnevirtojen suuruuden selvittämisen tarkoitus oli tunnistaa tärkeimmät ravinnevirrat ja kiertotalouden nykytila maakunnassa, sekä selvittää miten ja minkä laatuista tietoa aiheesta on saatavilla.

Lannoitteita on käytetty parantamaan sadon kasvua jo vuosisatoja. Erilaisia ravinnepitoisia sivuvirtoja on palautettu peltoon esimerkiksi eläinten lannan muodossa. Nykyisellä ihmisen ravinnonkulutuksen tasolla on tuotannossa pakko käyttää myös keinolannoitteita, jotta planeetan ihmisväestö saadaan ruokittua. Osa ravinteista huuhtoutuu vesistöihin ja haihtuu ilmakehään, mikä aiheuttaa lukuisia ongelmia, kuten rehevöitymistä ja ilmaston lämpenemisen kiihtymistä. Keinolannoitteiden valmistus lisää ongelmia entisestään, sillä lannoitteiden valmistus ja kuljetus rasittavat ympäristöä. Typen sitominen ilmakehästä ravinnekuotoon on hyvin energiaintensiivistä, ja fosforin louhiminen maaperästä on poliittisten ja ympäristöllisten vaikutusten lisäksi myös pitkällä välillä kestämatöntä toimintaa. Näin ollen ravinteiden käytön nykytila on kestämaton, mutta lannoitteiden käyttöä ei voida myöskään lopettaa. Tulevaisuudessa on tärkeää minimoida turhan suuria lannoitusmääriä, ja hyödyntää entistä enemmän kierrätysravinteita.

Päijät-Hämeen maakunnan ravinnetaloutta ja kierrätysravinnepotentiaalia lähdettiin tarkastelemaan selvittämällä alueen vuotuisia typen ja fosforin virtoja. Maakuntakokoluokan selvityksellä voidaan löytää maakohtaisia selvityksiä paremmin kierrätysravinnevirtojen tuottajia ja käyttäjiä taloudellisen välimatkan päässä toisistaan. Työn aikana Päijät-Hämeen kuntaluku laski kuntaliitosten myötä yhdestätoista yhdeksään, maakuntarajan säilyessä ennallaan. Koska tiedonkeruun tarkasteluvuodet osuvat kuntaliitoksia edeltävään aikaan, on työssä käytetty vanhaa kuntajakoa. Virrat jaettiin neljään kategoriaan, jotka ovat 1 Metsätalous, 2 Maatalous, 3 Energia ja 4 Jätteet. Virroista kerättiin tietoa saatavilla olevista tilastoista, virtoja käsittelevien yritysten verkkosivuilta ja työntekijöiltä sekä kirjallisuuslähteistä. Virtojen ravinne määrrien lisäksi työssä selvitettiin minne ravinteet päätyvät. Tarkastelussa käytettiin vuosien 2012, 2013 ja 2014 keskiarvoja, jos tiedot olivat saatavissa ilman kohtuutonta lisätyömäärää.

Metsätalouden virroista keskityttiin Päijät-Hämeen vuotuisiin hakkuisiin ja sahojen toimintaan. Hakuut perustuvat Valtakunnan metsien inventoinnin tietoihin, jotka ovat Häme-Uusimaa-metsäkeskuksen alueelta vuodelta 2013. Päijät-Hämeessä ei ole merkittävää paperiteollisuutta, joten kuitupuuna hakatun puumassan oletettiin poistuvan alueelta. Energiapuu oletettiin käytettäväksi alueen energiantuotannossa. Oksien ja muiden hakkuutähteiden oletettiin jäävän metsiin. Sahojen puunkäyttö ylitti selvästi sahatukkeina hakatun puumäärän, joten maakunnasta hakattujen sahatukkien oletettiin menevän alueen sahojen käyttöön ja lopun tarpeesta tuotavan alueen ulkopuolelta. Kaikkien sahoilla muodostuvien ylimääräisten puujakeiden, kuten kuorten, hukkapätkien ja lastujen, oletettiin menevän polttoon. Poltossa oletettiin kaiken puun sisältämän fosforin jäävän tuhkaan ja typen haihtuvan ilmaan. Päijät-Hämeen metsätalouden suurimmat typen häviöt tapahtuivat puun polton yhteydessä, jossa karkaa suuret määrät typpeä ilmaan. Tulosten mukaan alueelta poistuu puun mukana yli 60 % siitä ravinnemäärästä, joka vuosittain alueen metsistä hakataan.

Maatalouden virroista keskityttiin keinolannoitteisiin, eläinten lantaan ja molempien hävikkeihin huuhtoutumalla ja haihtumalla. Keinolannoitteiden myynnistä alueelle saatiin tieto markkinajohtajalta, jonka markkinaosuuden huomioimalla saatiin vuotuinen typen ja fosforin keinolannoitteiden mukana maakuntaan tullut määrä. Kaiken keinolannoitteen oletettiin päätyvän peltoihin. Lannan muodostuksen osalta huomioitiin naudat, siat, siipikarja, lampaat ja hevoset. Eläinten määrät on saatu sellaisenaan Luken maataloustilastoista, paitsi hevosten, joista vain vajaa kolmasosa on maatilojen omistuksessa. Eläinten lukumäärätiedot olivat saatavissa vuosille 2014 ja 2015, joiden keskiarvoa käytettiin lantamäärien laskennassa. Kaiken kerätyn lannan oletettiin käytettävän lannoitteeksi. Lannan ravinteiden huuhtoutumis- ja haihtumishävikit laskettiin seuraaville virroille: lanta laitumille, lannan keräily, varastointi ja levitys sekä lanta peltoon. Epätarkkuuksien pienentämiseksi haihtumille ja huuhtoumille valittiin kertoimet kirjallisuuslähteiden suurten vaihteluvälien keskivaiheilta. Samoja hävikkikertoimia käytettiin niin lannan kuin keinolannoitteiden kohdalla. Kaikista maatalouden lannoitteista haihtui laskennan mukaan vuoden aikana yli 80 % siitä typpimäärästä, jonka muodostunut lanta sisälsi. Huuhtoutuvan typen määrä oli selkeästi pienempi, mutta kuitenkin samassa suuruusluokassa kuin haihtuva. Typen osalta keinolannoitteita ei voisi näiden laskentojen mukaan edes teoreettisesti korvata kokonaan lannan käytöllä. Fosforin virtoja vertaillen puolestaan huomataan, että lannan vuosittain sisältämä fosforin määrä ylittää

selvästi alueella käytettyjen keinolannoitteiden fosforisisällön. Merkittävää oli myös peltoilta ja laitumilta huuhtoutuvan fosforin hyvin suuri määrä, joka ylittää lähes kaksinkertaisesti peltoihin ja laitumille laskennallisesti jääneen fosforin määrän.

Energiantuotannon ravinnevirroista Päijät-Hämeessä käsiteltiin alueelta hakkuissa metsistä kerätty metsäenergia, sahojen sivuvirtojen poltto, Lahti Energian typpipäästöt sekä vertailun vuoksi tieliikenteen päästöt alueella. Tuhkien fosforia ei oletettu käytettävän hyödyksi alueella. Saha- ja hakkuulaskennoissa oli lähtötietojen ja ravinnekertoimien valinnasta johtuen keskinäisiä eroja, jotka kuvaavat hyvin huolellisestikin suoritettua laskennan suuria epävarmuuksia. Tämä näkyi tuloksissa niin, että energiapuulaskennan typpisisällöksi saatiin selvästi pienempi kuin sahojen energiaksi päätyneistä puista, kun taas fosforin osalta tulokset olivat päinvastaiset. Lahti Energian vuosille 2012 ja 2013 ilmoittamat NO_x-päästöt muunnettiin ilmaan karanneeksi typeksi. Laitokselta tuhkaan päätyvän fosforin määrästä ei ole tietoja. Lipaston mukaiset Päijät-Hämeen tieliikenteen vuotuiset typpipäästöt ilmaan olivat suunnilleen samaa luokkaa kuin Lahti Energian päästöt. Energiaosion suurimmat typpipäästöt syntyvät laskennan mukaan puun poltosta, josta valtaosa on sahojen sivuvirtojen polttoa.

Jäteosiossa keskityttiin Päijät-Hämeessä tuotettuihin jätevesilietteisiin ja biojätteisiin, sekä Labion valmistamaan kierrätyskompostiin, johon tulee raaka-ainevirtoja myös alueen ulkopuolelta. Jätevesien ravinnelaskenta perustui maakunnan jätevedenpuhdistamoilta saatuihin tietoihin, jotka ovat pääosin vuosilta 2012–2014. Lahden ja Hollolan jätevedet yhdistettiin laskennassa, koska ne käsitellään samoilla jätevedenpuhdistamoilla. Hartolan, Hämeenkosken ja Kärkölän jätevesitietoja ei saatu, joten niiden ravinteet laskettiin asukasperusteisesti muiden kokoluokassa vastaavien kuntien keskiarvojen perusteella. Laskennassa keskityttiin puhdistetun veden mukana vesistöön pääseviin, ja puhdistuksessa syntyvään lietteeseen jääneisiin ravinnevirtoihin. Jätevedenpuhdistamoilta haihtuvan typen määrää ei arvioitu, mikä on huomattava, kun tarkastellaan jätevesilietteiden typpisisältöä, josta puuttuu tämä oleellinen häviö. Typen osalta keskimääräinen jätevesien puhdistusteho oli maakunnassa noin 70 % ja fosforin osalta noin 97 %.

Kiinteiden jätteiden osalta Päijät-Hämeessä erilliskerättiin biojätteitä, joiden määrät saatiin PHJ:lta vuosilta 2012–2014. Biojäte sisälsi myös haravointijätettä, jonka osuuden ollessa tuntematon, käsiteltiin virtaa biojätteenä. Biojätteet ja jätevesilietteet esikäsitellään alueella

Labion toimesta Kujalan jätekeskuksella, minkä jälkeen syötettä käsitellään aerobisesti kompostointilaitoksella tai termofiilisessä anaerobiproseessissa biokaasulaitoksella. Syntyvästä kaasusta Gasum jalostaa biokaasua, ja mädäte kompostoidaan ja jalostetaan kierrätyskompostiksi. Tähän Labion kutsumaan viljelykompostiin tulee lietteiden ja biojätteiden lisäksi ravinteita myös seuraavista syötevirroista, joiden ravinnesisältöjä ei työssä arvioitu, haravointijäte, risu-, kanto- ja tasauspätkähake sekä silikaattisakka. Labiolta saatujen tietojen pohjalta laskettiin vuodessa tuotetun viljelykompostin ravinnesisällöt. Verrattaessa laitoksen syötteiden ja tuotosten ravinnesisältöjä huomataan, että fosforin osalta päästään samaan suuruusluokkaan, mutta typen häviöt tai laskennan erot aiheuttavat sen, että viljelykompostin typpisisältö on pienempi, kuin kiertoan syötteinä tuotujen virtojen typpisisällöt. Suuret typen häviöt jätevesilietteestä voisivat selittää eron. Labion mukaan noin 75 % valmistetusta kierrätyslannoitteesta käytettiin peltoihin, jotka sijaitsevat Lahden eteläpuolella, osin myös maan kunnan ulkopuolella. Jäteosiossa suurin typen virta oli jätevesistä poistettu typpi, joka osin haihtuu ilmaan ja päätyy muutoin jätevesilietteen myötä Kujalan jätekeskukselle. Fosforia esiintyi eniten valmistetussa kierrätyslannoitteessa.

Ravinteiden kiertotalouden tila Päijät-Hämeessä on selvityksen pohjalta vielä hyvin avoin. Ravinteita karkaa huomattavia määriä kierrosta, myös niissä systeemeissä, joissa kiertoa oletettiin tapahtuvan todellisuutta selkeästi enemmän. Typpilaskennassa suurin virta on selkeästi maataloudessa käytetyt keinolannoitteet, joka on yli kaksi kertaa suurempi kuin seuraavaksi suurin virta. Muita suurempia typen virtoja ovat eläinten lanta, maataloudesta haihtuvat ja huuhtoutuvat tyypet, poltetun puun päästöt ilmaan ja jätevesistä erotettu typpi. Fosforilaskennan suurin luku ei ole yhtä ylivoimainen, vaan pelloista huuhtoutuvia ravinteita seuraa lähes samassa suuruusluokassa oleva eläinten lannan sisältämä fosfori. Muita merkittäviä fosforivirtoja ovat käytetyt keinolannoitteet, ja lannan lannoitukseen ja huuhtoumiin liittyvät luvut. Päijät-Hämeen ravinnekierrrossa riittää siis potentiaalinen ohella myös reilusti tehostettavaa. Tämän voi toteuttaa ottamalla käyttöön ravinnehävikkejä pienentäviä keinoja, ja palauttamalla systeemistä poistuneita ravinteita takaisin kiertoan.

Ravinteiden kiertotaloutta Päijät-Hämeessä voisi tehostaa monilla eri ravinnevirtoja käsittelevällä alalla. Maataloudessa huolellisen lannoitus suunnittelun ja parhaiden käytäntöjen hyödyntäminen vähentäisi turhaa ravinteiden käyttöä. Lannan keräilyssä ja varastoinnissa

voisi huomattavasti vähentää ravinteiden haihtumista ja huuhtoutumista esimerkiksi kate-
tuilla lantaloilla. Lannan tuotantoa, ja siten myös rehun tarvetta, voisi pienentää ruokinnan
huolellisemmalla ravinnesuunnittelulla. Rajoittavat ravinteet tuntemalla voidaan vähentää
muiden ravinteiden ylimääräistä käyttöä. Tätä ajatusta voisi soveltaa tulevaisuudessa kas-
vien ja eläinten ohella enemmän myös ihmisiin. Ruokaketjujen ravinnetaloudessa riittää
muutenkin kehittämistä. Esimerkiksi kaupan alan tietämys omien liikkeidensä läpi kulke-
vista ruokatavara- ja jätevirroista vaikuttaa olevan vielä vähäistä. Energiasektorilla kehittä-
mistä olisi savukaasujen puhdistuksessa ja tuhkan ravinnehyötykäyttömahdollisuuksien
edistämässä. Jätteiden käsittelyssä voitaisiin pienentää ravinteiden vesistöön pääsyä tehos-
tamalla puhdistusprosesseja ja parantamalla jätevirtojen säilytys- ja käsittelyolosuhteita.

Laskennan suuret epävarmuudet vaikeuttavat tämänkaltaisten ravinneselvitysten tekemistä.
Eri virtojen ravinnepitoisuuksien kirjallisuusarvot vaihtelevat hyvin suurilla väleillä, joista
työssä valittiin johdonmukaisesti keskimääräisiä arvoja virheiden pienentämiseksi. Epävar-
muuksia laskentaan lisää myös useiden virtojen tietojen epämääräisyys. Esimerkiksi virtojen
kosteudesta ei ollut aina tarkkaa tietoa. Osa ravinteista tai pitoisuuksista voi olla annettu
yhdisteenä alkuaineen sijaan, jolloin typen tai fosforin määräksi on tullut virheellisen suuri
arvo. Massiivinen, useassa tiedostossa suoritettu laskenta lisää myös inhimillisen virheen
mahdollisuutta esimerkiksi tiedonsiirron yhteydessä. Työn laajuuden vuoksi täytyy tehdä
myös useita todellisuudesta poikkeavia oletuksia, joilla laskentaa saadaan yksinkertaistettua.
Työn lähteitä käyttämällä pystyisi esimerkiksi maataloudesta tekemään huomattavasti yksi-
tyiskohtaisemmankin selvityksen. Moniin lukuihin, kuten ravinnepitoisuuksien kertoimiin,
jäisi silti niin suuria epävarmuuksia, että ylimääräinen työ ei välttämättä kannattaisi loppu-
tulosten tarkkuutta ajatellen.

Lisätutkimusta tarvitaan niin ravinteita sisältävien virtojen määrästä kuin laadustakin. Typen
ja fosforin eri muotojen ohella kannattaa ottaa huomioon myös muut ravinteet, kuten kalium,
sekä erityisesti orgaaninen aines, joka auttaa lisäämään kierrätyslannoitteiden käyttöä. Kun
kierrätyslannoitteen ravinnesisältö tunnetaan, voidaan tuotteeseen lisätä kainolannoitteita
kasville mahdollisimman käyttökelpoisen ravinnekoostumuksen aikaan saamiseksi. Lisäksi
tarvitaan lisätietoa kierrätyslannoitteiden käytön turvallisuudesta. Toistaiseksi turvallisuutta
pyritään lisäämään levitysrajoituksin ja haitta-aineiden pitoisuuksien seurannoin.

LÄHTEET

Teoria ja johdanto

Antikainen, R. 2007. Substance Flow Analysis in Finland – Four Case Studies on N and P Flows. MONOGRAPHS OF THE BOREAL ENVIRONMENT RESEARCH 27. ISBN 978-952-11-2762-5.

Bohlool, B.B. Ladha, J.K. Garrity, D.P. & George, T. 1992. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture: A perspective. Biological Nitrogen Fixation for Sustainable Agriculture. Volume 49 of the series Developments in Plant and Soil Sciences pp 1-11. ISBN: 978-90-481-4164-7.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2013. Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskeva ohjelma. Pro Saaristomeri ohjelmakokous 3.12.2013. 6 s. [verkkodokumentti]. [Viitattu 7.10.2015]. Saatavilla: www.ym.fi/ravinteidenkierratys

Erisman, J.W. Sutton, M.A. Galloway, J. Klimont, Z. Winiwarter, W. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nat. Geosci. 1, 636–639. (doi:10.1038/ngeo325). [Viitattu 8.10.15]. Saatavilla: <http://www.readcube.com/articles/10.1038%2Fngo325>

Erisman, J.W., Galloway, J., Seitzinger, S., Bleeker, A. & Butterbach-Bahl, K. 2011a. Reactive nitrogen in the environment and its effect on climate change. Current opinion in environmental sustainability. Vol. 3, no. 5. Sivut 281–290.

Erisman, J.W., Van Grinsven, H., Grizzetti, B., Bouraoui, F., Powlson, D., Sutton, M., Bleeker, A. & Reis, S. 2011b. The European nitrogen problem in a global perspective. Teoksessa: Sutton, Mark A. et al., The European Nitrogen Assessment. Sources, effects and policy perspectives. Cambridge, UK: Cambridge yliopiston kirjapaino. 664 sivua. ISBN: 978-1-107-00612-6.

Evira. 2015. Tuhkan käyttö lannoitteena. Päivitetty 03.08.2015. [verkkodokumentti]. [Viitattu 15.10.2015]. Saatavilla: <http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/tuhkan+kaytto+lannoitteena>

Fowler, D. Coyle, M. Skiba, U. Sutton, M.A. Cape, N. Reis, S. Sheppard, L. Jenkins, A. Grizzetti, B. Galloway, J.N. Vitousek, P. Leach, A. Bouwman, A. Butterbach-Bahl, K. Dentener, F. Stevenson, D. Amann, M. & Voss, M. 2013 The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Phil Trans R Soc B* 368: 20130164. [Viitattu 8.10.15]. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>

Galloway, J.N. Dentener, F.J. Capone, D.G. Boyer, E.W. Howarth, R.W. Seitzinger, S.P. Asner, G.P. Cleveland, C.C. Green, P.A. Holland, E.A. Karl, D.M. Michaels, A.F. Porter, J.H. Townsend, A.R. & Vörösmarty, C.J. 2004. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* 70: 153–226. Kluwer Academic Publishers. Painettu Alankomaissa.

Galloway, J.N. Townsend, A.R. Erisman, J.W. Bekunda, M. Cai, Z. Freney, J.R. Martinelli, L.A. Seitzinger, S.P. Sutton, M.A. 2008 Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320, 889–892. Saatavilla: (doi:10.1126/science.1136674) http://www.researchgate.net/publication/5363687_Transformation_of_the_Nitrogen_Cycle_Recent_Trends_Questions_and_Potential_Solutions_Science_320_889-892

Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M., Koikkalainen, K., Kymäläinen, M., Känkänen, H., Lemola, R., Lizarazo, C., Sipiläinen, T., Stoddard, F. & Vanhatalo, A. 2012. MTT. Typpi- ja valkuaisomavaraisuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä. MoniPalko-hankkeen loppuraportti. ISBN: 978-952-487-395-6. Toim. Nykänen, A. [Viitattu 29.9.15]. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti59.pdf>

Kersalo, J. & Pirinen, P. 2009. Suomen maakuntien ilmasto. Ilmatieteenlaitos. [viitattu 21.9.2015]. 196 s. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15734/2009nro8.pdf?sequence=1>

Keyzer, M. 2010. Towards a closed phosphorus cycle. *De Economist* vol. 158. s. 411–425. [Viitattu 29.9.15]. Saatavilla: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10645-010-9150-5>

Kolehmainen, E. Pellikka, H. & Virtanen, S. 2006. Maatalouden lannoitteet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.10.2015]. Saatavilla: <http://www.slideserve.com/vinson/maatalouden-lannoitteet>

Leach, A.M. Galloway, J.N. Bleeker, A. Erisman, J.W. Kohn, R. Kitzes, J. 2012. A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment. *Environmental Development* Vol. 1, Issue 1, January 2012, Pages 40–66. (doi:10.1016/j.envdev.2011.12.005). Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221146451100008X>

Kuokkanen, A. Linnanen, L. Mikkilä, M. Kahiluoto, H. & Kuisma, M. 2015. Manuscript: Capturing socio-economic complexity (of food system) to navigate within the nitrogen and phosphorus boundaries. Saatavilla: <http://research.lut.fi/converis-lut/publicweb/publication/28789;jsessionid=2245500df9cce83636e12a156337?lang=1>

Mannila, Marko. 2014. Siilinjärven kaivos tekee kivistä leipää. ProKaivos. [Verkkolähde]. [Viitattu 23.10.2015]. Saatavilla: <http://www.prokaivos.fi/ajankohtaista/siilinjarven-kaivos-tekee-kivesta-leipaa/>

Mikkola, K. & Vormisto, J. 2014. Taustaselvitys – Lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden kierrätyksen valtakunnallinen hanke. Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskeva ohjelma. Loppuraportti. Kristiina Mikkola Consulting ja FIANT Consulting Oy. 117 s. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Itameri_ja_merensuojelu/Taustaselvitys_valmistui__Lannan_ja_orga%2831463%29

Rajala, J., Leinonen P. & Schepel I. 2006. Luonnonmukainen maatalous. Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus, julkaisu no 80. Luku 4. Ravinnekierrot ja ravinnehuolto luonnonmukaisessa viljelyssä. [verkkodokumentti]. [viitattu 30.9.2015]. Saatavilla: http://luomu.fi/materiaalit/Luonnonmukainen%20maatalous%20-kirja/4_Ravinnekierrot_ja_ravinnehuolto_126_s.pdf

Rockström, J. Steffen, W. Noone, K. Persson, Å. Stuart Chapin III, F. Lambin, E.F. Lenton, T.M. Scheffer, M. Folke, C. Schellnhuber, H.J. Nykvist, B. de Wit, C.A. Hughes, T. van

deur Leeuw, S. Rodhe, H. Sörlin, S. Snyder, P.K. Costanza, R. Svedin, U. Falkenmark, M. Karlberg, L. Corell, R.W. Fabry, W.J. Hansen, J. Walker, B. Liverman, D. Richardson, K. Crutzen, P. & Foley, J.A. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*. Vol. 14, Art. 32.

Smil, V. 1997. Global population and the nitrogen cycle. *Scientific American, Inc.* July 1997: 76–81. [Viitattu 30.9.2015]. Saatavilla: http://www.vaclavsmil.com/wp-content/uploads/Smil_SciAm_N2cycle.pdf

Smil, V. 2000. Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences. *Annu. Rev. Energy Environ.* 25:53–88. [Viitattu 30.9.2015]. Saatavilla: http://www.agci.org/dB/PDFs/09S2_TCREWS_VSmil.HumanInterferences.pdf

UN. 2015. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Probabilistic Population Projections based on the World Population Prospects: the 2015 Revision. Total Population – Both Sexes. Päivitetty viimeksi: Heinäkuu 2015. [Viitattu 2.10.2015]. Saatavilla: <http://esa.un.org/unpd/wpp/DVD/>

Valtioneuvoston tiedonanto eduskunnalle 29.5.2015 nimitetyn pääministeri Juha Sipilän hallituksen ohjelmasta. 2015. Valtioneuvoston kanslia. 36 s. [Viitattu 7.10.2015]. Saatavilla: <http://valtioneuvosto.fi/sipilan-hallitus/hallitusohjelma>

Van Kauwenbergh, S.J. 2010. World Phosphate Rock Reserves and Resources. The International Fertilizer Development Center (IFDC). ISBN 978-9-88999-167-3. [Viitattu 1.10.2015]. Saatavilla: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw835.PDF

Van Spanning, R. J. M., Delgado, M.J. & Richardson, D. J. 2005. The nitrogen cycle: denitrification and its relationship to N₂ fixation. Chapter 13. s. 277–342. Teoksessa: *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment*. Editors: Dietrich Werner, William E. Newton. ISBN: 978-1-4020-3542-5 [Viitattu 29.9.2015]. Saatavilla: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F1-4020-3544-6>

Vitousek, P. Naylor, R. Crews, T. David, M. Drinkwater, L. Holland, E. Johnes, P. Katzenberger, J. Martinelli, L. Matson, P. Nziguheba, G. Ojima, D. Palm, C. Robertson, G. Sanchez, P. Townsend, A. & Zhang, F. 2009. Nutrient Imbalances in Agricultural Development. *Science* vol. 324. s. 1519–1520.

Ympäristöministeriö. Ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskeva ohjelma. [verkkosivut]. Viimeksi päivitetty 24.9.2015. [Viitattu 7.10.2015]. Saatavilla: <http://www.ym.fi/ravinteidenkierratys>

Case-kuvaus

Maanmittauslaitos (MML). 2015. Vuositolasto. Pinta-alat kunnittain 1.1.2015. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 31.7.2015]. Saatavilla: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/alat15_su_nimet.pdf

Päijät-Hämeen liitto a. [Päijät-Hämeen liiton www-sivuilla]. [Viitattu 29.7.2015]. Saatavilla: <http://www.paijat-hame.fi/fi/maakunta>

Päijät-Hämeen liitto b. [Päijät-Hämeen liiton www-sivuilla]. [Viitattu 29.7.2015]. Saatavilla: http://www.paijat-hame.fi/easydata/customers/paijathame/files/ph_liitto/kuvat/kartat/paijathame_vesistoineen.jpg

Päijät-Hämeen liitto c. [Päijät-Hämeen liiton www-sivuilla]. [Viitattu 29.7.2015]. Saatavilla: <http://www.paijat-hame.fi/fi/etusivu>

Päijät-Hämeen liitto. 2015. [Verkkolähde]. [Viitattu 18.10.2016]. [Sivu päivitetty 31.12.2015]. Saatavilla: <http://www.paijat-hame.fi/uutiset/paijat-hameen-kunnat-1-1-2016-asikkala-hartola-hollola-heinola-karkola-lahti-orimattila-padasjoki-sysma/>

Päijät-Hämeen verkkotietokeskus. 2011. Päijät-Hämeen kunnat. Asukastiheys. Viimeksi päivitetty 05.07.2012. [Verkkolähde]. [Viitattu 19.10.2015]. Saatavilla: <http://www.verkkotietokeskus.fi/index.php/elinolot/44-asukastiheys/195-paeijaet-haemeen-kunnat>

Päijät-Hämeen verkkotietokeskus. 2015. Elinkeinoelämä. Toimipaikkojen toimialarakenne. Viimeksi päivitetty 24.06.2015. [Verkkolähde]. [Viitattu 22.10.2015]. Saatavilla: <http://www.verkkotietokeskus.fi/index.php/elinkeinoelama/35-toimipaikkojen-toimialarakenne/158-paeijaet-haeme>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestön ennakkotilasto. 2015 a. Tilastokeskus. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.7.2015]. Saatavilla: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vamu/005_vamu_tau_101.px/table/table-ViewLayout1/?rxid=d740c813-6449-43d5-a012-a37905247cc3

Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestön ennakkotilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-8381. 2015 b. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 30.7.2015]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/vamu/2015/06/vamu_2015_06_2015-07-21_tie_001_fi.html

Metsätalous

Ahtiainen, Lasse. 2008. Paperitehtaat Suomessa. [Verkkolähde]. [Viitattu 9.6.2016]. Saatavilla: <http://www.mapstat.net/paperi08.pdf>

Antikainen, R. Haapanen, R. & Rekolainen, S. 2004. Flows of nitrogen and phosphorus in Finland—the forest industry and use of wood fuels. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 919–934.

Katila, Matti. Sähköpostiviesti 23.10.2015. RE: VMI11; kaivataan lisätietoja taulukoista. [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Korhonen Kari (Luke); Annika Nurmi. Lähetetty 23.10.2015 klo 15:10.

Leino, M. Uusitalo, V. Grönman, A. Nerg, J. Horttanainen, M. Soukka, R. & Pyrhönen, J. 2016. Economics and greenhouse gas balance of distributed electricity production at sawmills using hermetic turbogenerator. *Renewable Energy* 88 (2016) 102-111.

Metla. 2015. Valtakunnan metsien inventointi. Kuntakohtaiset metsätiedot 2013. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.10.2015]. Saatavilla: <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-moni.htm>

Metsätilastollinen vuosikirja 2014. Suomen virallinen tilasto. Maa-, metsä- ja kalatalous 2014. Päätoimittaja: Peltola, Aarre. Tammerprint Oy. ISBN 978-951-40-2505-1. 468 s. [Verkkolähde]. [Viitattu 26.10.2015]. Saatavilla: http://stat.luke.fi/sites/default/files/metsatilastollinen_vuosikirja_2014.pdf

Motiva. 2009. Metsätuhkan ravinteet takaisin metsään. Saatavilla: http://www.motiva.fi/files/3014/Metsatuhkan_ravinteet_takaisin_metsaan.pdf

Raiko, R. Saastamoinen, J. Hupa, M. Kurki-Suonio, I. Poltto ja palaminen, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2002. ISBN 951-666-604-3.

Salpausselän kuntajakoselvitys. 2015. Tiedote: Lahti ja Nastola yhdistyvät 1.1.2016. Julkaistu 26.01.2015. [Verkkolähde]. [Viitattu 31.5.2016]. Saatavilla: <http://www.epressi.com/tiedotteet/kaupungit-ja-kunnat/lahti-ja-nastola-yhdistyvat-1.1.2016.html>

Stora Enson verkkosivut. Heinola Fluting mill. [Verkkolähde]. [Viitattu 9.6.2016]. Saatavilla: <http://renewablepackaging.storaenso.com/about-us/mills/heinola-mill/finnish>

Maatalous

Hevostalous lukuina 2015. Hippolis, Suomen Hippos ry, Suomen Ratsastajainliitto ry, Luke Hevostalous. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 23.3.2016]. Saatavilla: http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/PDF-esitteet/Hevostalous_lukuina_2015.pdf

Kiviranta, Tuure. Maaseudun tulevaisuus. Yara aloittaa lannoitevuoden viime vuotta korkeammin hinnoin. [Verkkolähde]. [Viitattu 25.2.2016]. Saatavilla: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/yara-aloittaa-lannoitevuoden-viime-vuotta-korkeammin-hinnoin-1.65273>

Kuokkanen, A. 2013. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Transition management in action within the context of nutrient economy. Saatavilla: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103601/Diplomity%C3%B6_Aнна_Kuokkanen_060213.pdf?sequence=2

Luke 2015. SVT: Luonnonvarakeskus. Tilastotietokanta. Maatalous. [Verkkotilasto]. [Viimeksi päivitetty 7.5.2015]. Saatavissa: <http://stat.luke.fi/maatalous>

Moilanen, Susanne. 2015. Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto ry:stä. Turkistarhauksen määrät Päijät-Hämeen alueella [Sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Annika Nurmi. Lähetetty 21.10.2015 klo 13:31.

Rasi, S. Lehtonen, E. Aro-Heinilä, E. Höhn, J. Ojanen, H. Havukainen, J. Uusitalo, V. Manninen, K. Heino, E. Teerioja, N. Anderson, R. Pyykkönen, V. Ahonen, S. Marttinen, S. Pitkänen, S. Hellstedt, M. & Rintala, J. 2012. MTT Report 50. From Waste to Traffic Fuel - projects. Final report. ISBN: 978-952-487-376-5. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti50.pdf>

Toimela, Marko. 2016. Yara Suomi. Aihe: Päijät-Hämeen lannoitemyynti (N & P). [Sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Mirella Ingman, Cc: Seija Luomanperä ja Raija Vesterinen, joka välitti edelleen: Annika Nurmi. Lähetetty 25.1.2016 klo 12:24. Välitetty: 25.1.2016 klo 12:55.

Uusitalo, V., Leino, M., Rimppi, H. 2016. Efficiencies of producing transportation ranges by using one hectare land in boreal climate: case Finland. (Manuscript).

Energia:

Energiateollisuus ry. 2015a. Materiaalipankki. Tilastot. [Verkkolähde]. [Viitattu 17.11.2015]. Saatu (ei enää toimiva sivu näin): <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/sahkotilastot/sahkonkulutus/sahkon-kaytto-maakunnittain>. Nykyinen vastaava sivusto: http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot

Energiateollisuus ry. 2015b. Kaukolämpötilasto 2014. Materiaalipankki. Tilastot. [Verkkolähde]. [Viitattu 17.11.2015]. Saatu (ei enää toimiva sivu näin): <http://energia.fi/tilastot/kaukolammitus>. Nykyinen vastaava sivusto: http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot

Lahti Energia Oy. 2016. Vuosikertomus 2015. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 23.5.2016]. Saatavilla: <http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/julkaisut/vuosikertomus-2015>

Lahti Energia Oy. 2015a. Verkkosivut. [Viitattu 11.9.2015]. Saatavilla: <http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/energian-tuotanto>

Lahti Energia Oy. 2015b. Vuosikertomus 2014. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 11.9.2015]. Saatavilla: <http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/julkaisut/vuosikertomus-2014>

Lahti Energia Oy. 2015c. Vuosikertomus 2013. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 11.9.2015]. Saatavilla: <http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/julkaisut/vuosikertomus-2013>

Ojanen, Tapio. 2012. Päijät-Hämeen liitto. Päijät-Hämeen kuntien palvelurakenteiden kehittämisprojekti. Päijät-Hämeen ilmasto- ja energiaohjelman taustaraportti. ISBN 978-951-637-201-6. Saatavilla: http://www.paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2015/09/maka2014_2012_ilmasto_ja_energiaohjelma.pdf

Jätteet:

AVI. 2014. Aluehallintovirasto. Etelä-Suomi. Päätös nro. 86/2014/1. Saatavilla: https://www.avi.fi/documents/10191/1001691/esavi_paatos_86_2014_1-2014-04-23.pdf/7030cdd1-e11e-44ca-a1a5-afa2e716c068

Hakala-Mero, Hannele. 2015a. Vääksyn jätevedenpuhdistamon vuosiraportin 2014 liite 5. 2 s. Saatu sähköpostitse Hannele Hakala-Merolta pe 6.11.2015 klo 14:09.

Hakala-Mero, Hannele. 2015b. Vääksyn jätevedenpuhdistamon vuosiraportin 2013 liite 5. 2 s. Saatu sähköpostitse Hannele Hakala-Merolta pe 6.11.2015 klo 14:09.

Hakala-Mero, Hannele. 2015c. Vääksyn jätevedenpuhdistamon vuosiraportin 2012 liite 6. 2 s. Saatu sähköpostitse Hannele Hakala-Merolta pe 6.11.2015 klo 14:09.

Johansson, Riikka. 2013. Sysmän kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma. Ramboll. 32 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.11.2015]. Saatavilla: <http://dynasty.phnet.fi/asikkala/kokous/20131287-7-2838.PDF>

Johansson, Riikka. & Virta, Suvi. 2012. Asikkalan kunta - vesihuollon kehittämissuunnitelma. Ramboll. 31 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.11.2015]. Saatavilla: https://www.asikkala.fi/wp-content/uploads/2014/09/vesihuollon_kehittamissuunnitelma.pdf

Kahiluoto, H. Kuisma, M. 2010. MTT Kasvu. Nro 12. Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi - JaloJäte-tutkimushankkeen synteesiraportti. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.5.2016]. Saatavilla: <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/438195>

Kymijoen vesi ja ympäristö ry. 2015b. Sysmän jätevedenpuhdistamon puolivuosisyhteenvedo heinä- joulukuu ja vuosiyhteenvedo 2014. 16 s. Saatu sähköpostitse Susanna Uusi-Kytölältä 26.10.2015 klo 9:26.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry. 2015a. Heinolan kaupungin jätevedenpuhdistamon neljännesvuosisyhteenvedo loka-joulukuu ja vuosiyhteenvedo 2014. 15 s. Saatu sähköpostitse Kalle Maaraselta 22.10.2015.

Lahti Aqua. 2015. Vuosikertomus 2014. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 29.10.2015]. Saatavilla: <http://lahtiaqua.fi/vuosikertomus/2014/#01>

Maaranen, Kalle. 2015. Sähköpostiviesti 22.10.2015. Jätevedet; Kuntanne vuotuiset typen ja fosforin virrat. [sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Annika Nurmi ja Aini Virtanen. Lähetetty to 22.10.2015 klo 16:24.

PHJ. 2016. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. Kujalan jätekeskus. Verkkosivut. [Viitattu 3.12.2016]. Saatavilla: <http://www.phj.fi/71-kujalan-jaetokeskus>

Taipale, Paula. 2015. Nastolan Vesihuoltolaitos. Nastolan jätevedenpuhdistamo vuosiyhteenvetoraportti 2014. 27 s.

Taipale, Paula. 2014. Nastolan Vesihuoltolaitos. Nastolan jätevedenpuhdistamo vuosiyhteenvetoraportti 2013. 32 s.

Taipale, Paula. 2013. Nastolan Vesihuoltolaitos. Nastolan jätevedenpuhdistamo vuosiyhteenvetoraportti 2012. 27 s.

Virta, S. & Koskinen, T. 2011. Heinolan kaupunki vesihuollon kehittämissuunnitelma. Ramboll. 27 s. Saatu sähköpostitse henkilöltä Maaranen Kalle.

Veijola, Heikki. 2015a. Orimattilan kaupunki / vesilaitos. Vääräkosken jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2014. Nab Labs Oy - Ympäristöntutkimuskeskus Ambiotica. 31 s. Saatu sähköpostitse henkilöltä Jami Junkkari 23.10.2015 klo 13:42.

Veijola, Heikki. 2015b. Padasjoen kunnan jätevedenpuhdistamon ja purkuvesistön velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2014. Nab Labs Oy - Ympäristöntutkimuskeskus Ambiotica. 32 s. Saatu sähköpostitse henkilöltä Maria Virtanen 2.11.2015 klo 15:23.

Veijola, Heikki. 2014. Orimattilan kaupunki / vesilaitos. Vääräkosken jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2013. Jyväskylän yliopisto. Ympäristöntutkimuskeskus. Ambiotica. 30 s. Saatu sähköpostitse henkilöltä Jami Junkkari 23.10.2015 klo 13:42.

Veijola, Heikki. 2013. Orimattilan kaupunki / vesilaitos. Vääräkosken jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 2012. Jyväskylän yliopisto. Ympäristöntutkimuskeskus. Ambiotica. 31 s. Saatu sähköpostitse henkilöltä Jami Junkkari 23.10.2015 klo 13:42.

Virtanen, Aini. Sähköpostiviesti 23.10.2015. Jätevedet; Kuntanne vuotuiset typen ja fosforin virrat. [sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Annika Nurmi ja Kalle Maaranen. Lähetetty 23.10.2015 klo 8:06.

Liite I. Metsähakkuiden ja sahojen ravinnevirtojen laskentataulukoita

Hakkuiden vuotuiset puumäärät alueella (Luken tilastot 2015).

Kuten työssä selostettu, Häme-Uusimaasta otettu mainitulla tavalla saadun 0,29 kertoimen avulla Päijät-Hämeen osuus hakkuista.

Taulukon vasen laita (katkaistu, jotta mahtuu näkymään)

Alue		Tukkipuu				Kuitupuu			
Region		Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä
		1 000 m ³							
<i>Koko maa</i>		10 335	12 702	1 051	24 088	15 280	8 817	8 232	32 328
3 Häme-Uusima		708	2 058	156	2 922	589	1 088	614	2 291
	Päijät-Häme	205,32	596,82	45,24	847,38	170,81	315,52	178,06	664,39

Taulukon oikea laita:

Energiapuu				Kaikkiaan			
Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä
							1 000 m ³
2 446	1 805	4 584	8 835	28 061	23 324	13 867	65 252
151	276	438	865	1 448	3 422	1 208	6 079
43,79	80,04	127,02	250,85	419,92	992,38	350,32	1 762,91

Eri puulajien ravinnepitoisuudet on annettu kuivapainolle kuori ja tukkipuu eriteltyinä. Kuoren osuudet, eri puutyypin typpi- ja fosforipitoisuudet ja muut ravinnelaskennassa käytetyt arvot. (Antikainen et al. 2004, 922.)

		Tiheys kg/m ³		Kuoren osuus	Puusta puuta	Puusta kuorta	Typpi %		Fosfori %	
		Puu	Kuori		Puu 1000 m ³	Kuori 1000 m ³	Puu	Kuori	Puu	Kuori
Mänty	Sahatukit	427	310	0,121	180,48	24,84	0,06	0,4	0,0055	0,06
Mänty	Kuitupuu	417	300	0,117	150,83	19,98	0,06	0,4	0,0055	0,06
Mänty	Energiapuu	417	300	0,117	38,67	5,12	0,06	0,4	0,0055	0,06
Kuusi	Sahatukit	373	370	0,117	526,99	69,83	0,08	0,48	0,01	0,055
Kuusi	Kuitupuu	382	370	0,128	275,13	40,39	0,08	0,48	0,01	0,055
Kuusi	Energiapuu	382	370	0,128	69,79	10,25	0,08	0,48	0,01	0,055
Lehti-puut	Sahatukit	501	540	0,115	40,04	5,20	0,08	0,47	0,01	0,05
Lehti-puut	Kuitupuu	495	500	0,141	152,95	25,11	0,08	0,47	0,01	0,05
Lehti-puut	Energiapuu	495	500	0,141	109,11	17,91	0,08	0,47	0,01	0,05

	1000 t ka			1000 t ka	1000 t ka
	Puuvarat, metsä			Ravinnevarat, metsämassassa	
	Puu	Kuori		Typpi	Fosfori
Mänty					
Sahatukit	77,06	7,70		0,077	0,047
Kuitupuu	62,89	6,00		0,062	0,038
Energiapuu	16,12	1,54		0,016	0,010
Kuusi					
Sahatukit	196,57	25,84		0,281	0,111
Kuitupuu	105,10	14,94		0,156	0,059
Energiapuu	26,66	3,79		0,040	0,015
Lehtipuut					
Sahatukit	20,06	2,81		0,029	0,010
Kuitupuu	75,71	12,55		0,120	0,039
Energiapuu	54,01	8,95		0,085	0,028
Yhteensä	634,19	84,12	Yhteensä	0,865	0,357

Ravinteiden jakautuminen eri puulaatujen ja -lajien kesken.

	osuus %	osuus %
	Typpi	Fosfori
Mänty	17,86	26,48
Kuusi	55,08	51,85
Lehtipuut	27,06	21,67
	t	t
	Typpi	Fosfori
Sahatukit	387,56	167,67
Kuitupuu	337,10	136,48
Energiapuu	140,64	52,70
Yhteensä	865,302	356,848

Sahojen laskennassa käytetyt lähtötiedot ja arvot (Suomen Sahat ry; Leino et al. 2016).

		Versowood	Herralan saha Oy	Koskisen Oy
		Vierumäki	Herrala	Vierumäki, Kärkölä
Tukkipuun käyttö	[m ³ /a]	500 000	30 000	1 900 000
Mänty	[-]	0,5		0,23
Kuusi	[-]	0,5	1	0,48
Koivu ja muut	[-]			0,29
Tukkipuun massa				
Mänty	[kg/a]	156 250 000	-	273 125 000
Kuusi	[kg/a]	124 250 000	14 910 000	453 264 000
Koivu ja muut	[kg/a]	-	-	358 150 000
Yhteensä:		280 500 000	14 910 000	1 084 539 000
Sahatavara	[kg/a]	131 835 000	7 007 700	509 733 330
Hake	[kg/a]	72 930 000	3 876 600	281 980 140
Kuori	[kg/a]	53 295 000	2 832 900	206 062 410
Sahanpuru	[kg/a]	22 440 000	1 192 800	86 763 120
Tuhkaa				
Kuori	[kg/a]	1 332 375	70 823	5 151 560
Sahanpuru	[kg/a]	100 980	5 368	390 434
Fosforia	[t/a]	2,0	0,1	7,8
Ilmaan				
Typpi	[t/a]	576,4	30,6	2228,7

Sahojen virtojen laskennassa käytetyt puun ominaisuudet (Leino et al. 2016)

Kuusi	497	kg/m ³
Mänty	625	kg/m ³
Koivu	650	kg/m ³
Osuudet keskim. Sahauksessa		
Sahatavara	0,47	
Hake	0,26	
Kuori	0,19	
Sahanpuru	0,08	

Sahojen virtojen laskennan lähtöarvot ja käytetyt lähteet.

	Osuus	Lähde
Kuoren tuhkapitoisuus	0,025	Raiko et al. 2002
Purun tuhkapitoisuus	0,0045	Raiko et al. 2002
Kuoren typpipitoisuus	0,0045	Antikainen et al. 2004, s 922
Purun typpipitoisuus	0,0007	Antikainen et al. 2004, s 923
Puutuhkan fosforipitoisuus	0,02	Motiva, 2009, 2

Liite II. Maatalouden laskentataulukot, lantalaskenta

Päijät-Hämeen kotieläinten lukumäärät, niiden tuottamat lantamäärät ja osuudet laitumille ja kerätyiksi päätyneille lantamäärille. (Luke 2015, Maataloustilastot; Hevostalous lukuina 2015). Kuten aiemmin mainittu, hevosten lukumäärä on alla esitetty kuntien maatalouden omistuksissa olevien hevosten määrä kerrottuna kolmella.

2014	Nautoja	Sikoja	Siipikarja	Lampaat	Hevoset
Päijät-Häme					
Asikkala	1 962,00	3 113,00	431,00	501,00	168,00
Hartola	2 164,00	..	82,00	197,00	62,00
Heinola	1 156,00	..	71,00	405,00	76,00
Hollola	1 920,00	8 750,00	38,00	98,00	179,00
Hämeenkoski	1 851,00	3 910,00	..	..	50,00
Kärkölä	2 268,00	..	..	..	59,00
Lahti					43,00
Nastola	711,00	..	2 071,00	95,00	142,00
Orimattila	5 375,00	2 144,00	258,00	744,00	336,00
Padasjoki	1 028,00	6 903,00	258,00	..	
Sysmä	4 847,00	3 372,00	59,00	148,00	59,00
Yhteensä eläimiä [kpl]	23 282	28 192	3 268	2 188	3 522
Kuivalantaa noin [t/eläin/a]	14	0,405	0,097	1,47	12,8
Lietelantaa noin [t/eläin/a]	6,3	1,46	0,0015	0	0
Lanta laitumelle [-]	0,3	0	0	0,3479	0,3094
Kuivalanta kerätty [t/a]	228 163,60	11 417,76	317,00	2 097,39	31 133,35
Lietelanta kerätty [t/a]	102 673,62	41 160,32	4,90	-	-
Kuivalanta laitumelle [t/a]	97 784,40	-	-	1 118,97	13 948,25
Lietelanta "laitumelle" [t/a]	44 002,98	-	-	-	-
Kuiva-aine lietelannassa	0,06	0,04	0,05		
Kuiva-aine kuivalannassa	0,19	0,24	0,38	0,32	0,32
N kuiva-aineessa lietelanta	0,06	0,11	0,10		
P kuiva-aineessa lietelanta	0,01	0,03	0,03		
N kuiva-aineessa kuivalanta	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
P kuiva-aineessa kuivalanta	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
N kerätty [t/a]	1 379,25	249,61	3,76	16,78	249,07
P kerätty [t/a]	402,25	90,50	1,81	6,04	89,66
N laitumelle [t/a]	591,11	-	-	8,95	111,59
P laitumelle [t/a]	172,39	-	-	3,22	40,17

2015	Naudat	Siat	Siipikarja	Lampaat	Hevoset
Päijät-Häme					
Asikkala	1 962,00	2 455,00	452,00	689,00	157,00
Hartola	2 162,00		62,00	212,00	48,00
Heinola	1 082,00			799,00	47,00
Hollola	1 729,00	8 073,00	63,00	105,00	128,00
Hämeenkoski	1 724,00	3 788,00	..	252,00	19,00
Kärkölä	2 398,00			363,00	64,00
Lahti	..	..	..	..	45,00
Nastola	631,00	..	1 877,00	94,00	123,00
Orimattila	5 343,00	1 552,00	349,00	1 053,00	255,00
Padasjoki	955,00	6 365,00	481,00		
Sysmä	4 661,00	3 534,00	24,00	225,00	42,00
Yhteensä eläimiä [kpl]	22 647	25 767	3 308	3 792	2 784
Kuivalantaa noin [t/eläin/a]	14	0,405	0,097	1,47	12,8
Lietelantaa noin [t/eläin/a]	6,3	1,46	0,0015	0	0
Lanta laitumelle [-]	0,3	0	0	0,3479	0,3094
Kuivalanta kerätty [t/a]	221 940,60	10 435,64	320,88	3 634,96	24 609,67
Lietelanta kerätty [t/a]	99 873,27	37 619,82	4,96	-	-
Kuivalanta laitumelle [t/a]	95 117,40	-	-	1 939,28	11 025,53
Lietelanta "laitumelle" [t/a]	42 802,83	-	-	-	-
Kuiva-aine lietalan- nassa	0,06	0,04	0,05		
Kuiva-aine kuivalan- nassa	0,19	0,24	0,38	0,32	0,32
N kuiva-aineessa liete- lanta	0,06	0,11	0,10		
P kuiva-aineessa liete- lanta	0,01	0,03	0,03		
N kuiva-aineessa kui- valanta	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
P kuiva-aineessa kui- valanta	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
N kerätty [t/a]	1 341,63	228,14	3,80	29,08	196,88
P kerätty [t/a]	391,28	82,71	1,84	10,47	70,88
N laitumelle [t/a]	574,98	-	-	15,51	88,20
P laitumelle [t/a]	167,69	-	-	5,59	31,75

Päijät-Hämeen vuositot.	2014
N kerätty [t/a]	1 898,47
P kerätty [t/a]	590,27
N laitumelle [t/a]	711,64
P laitumelle [t/a]	215,79

Päijät-Hämeen vuositot.	2015
N kerätty [t/a]	1 799,53
P kerätty [t/a]	557,17
N laitumelle [t/a]	678,70
P laitumelle [t/a]	205,03

Päijät-Hämeen vuositot.	ka.
N kerätty [t/a]	1 849,00
P kerätty [t/a]	573,72
N laitumelle [t/a]	695,17
P laitumelle [t/a]	210,41

2014	%/100
N Laitumelta haituva	0,20
N Kerätyn lannan kok. haihtuma levitykseen asti	0,40
N Laitumilta huuhtoutuva	0,25
P Laitumilta huuhtoutuva	0,55
2014	t/a
N Laitumelta haituva	142,33
N Kerätyn lannan kok. haihtuma levitykseen asti	759,39
N Pelloilta haituva	227,82
N Laitumilta huuhtoutuva	177,91
N kierrätetty peltoon	1 139,08
N Laitumilta + pelloilta huuhtoutuva	462,68
P Laitumilta + pelloilta huuhtoutuva	443,33
P kierrätetty peltoon	590,27
N pellostaa huuhtoutuva	284,77
P pellostaa huuhtoutuva	324,65

2015	%/100
N Laitumelta haihtuu	0,20
N Kerätyn lannan kok. haihtuma levitykseen asti	0,40
N Laitumilta huuhtoutuva	0,25
P Laitumilta huuhtoutuva	0,55
2015	t/a
N Laitumelta haihtuva	135,74
N Kerätyn lannan kok. haihtuma levitykseen asti	719,81
N Pelloilta haihtuva	215,94
N Laitumilta huuhtoutuva	169,68
N kierrätetty peltoon	1 079,72
N Laitumilta+pelloilta huuhtoutuva	439,61
P Laitumilta+pelloilta huuhtoutuva	419,21
P kierrätetty peltoon	557,17
N pellostaa huuhtoutuva	269,93
P pellostaa huuhtoutuva	306,45

Typpi N	ka [t/a]	Fosfori P	ka [t/a]
Muodostuu	2 544,17	Muodostuu	784,13
Lanta laitumille+peltoon (kaikki miinus hävikit)	992,52	Lanta laitumille+peltoon (kaikki miinus hävikit)	352,86
Haihtuneet ravinteet	1 100,51	Haihtuneet ravinteet	-
Huuhtoutuneet ravinteet	451,14	Huuhtoutuneet ravinteet	431,27

Ravinteiden haihtumalle ja huuhtoumille käytetyt osuudet.

	%/100
N huuht.	0,25
P huuht.	0,55
N haiht.	0,20

(Kuokkanen 2013, 50)

Liite III. Jätevesien ravinteiden laskentataulukot.

Asikkala

					tulokuorma		
2014	Käsitellyt jätevedet	365,00	m3	2014	Käsitellyt jätevedet	1 000,00	m3/d
2013	Käsitellyt jätevedet	379,60	m3	2013	Käsitellyt jätevedet	1 040,00	m3/d
2012	Käsitellyt jätevedet	431,88	m3	2012	Käsitellyt jätevedet	1 180,00	m3/d
ka	Käsitellyt jätevedet	392,16	m3				
	TYPPI				TYPPI		
2014	Tulokuormitus	30,30	t/a	2014	Tulokuormitus	83,00	kg/d
2013	Tulokuormitus	29,57	t/a	2013	Tulokuormitus	81,00	kg/d
2012	Tulokuormitus	32,57	t/a	2012	Tulokuormitus	89,00	kg/d
	ka.	30,81	t/a		ka.	84,33	kg/d
	FOSFORI				FOSFORI		
2014	Tulokuormitus	4,02	t/a	2014	Tulokuormitus	11,00	kg/d
2013	Tulokuormitus	4,02	t/a	2013	Tulokuormitus	11,00	kg/d
2012	Tulokuormitus	4,76	t/a	2012	Tulokuormitus	13,00	kg/d
	ka.	4,26	t/a		ka.	11,67	kg/d
	TYPPI				TYPPI		
2014	Kuormitus vesistöihin	18,98	t/a	2014	Vesistökuormitus	52,00	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	16,06	t/a	2013	Vesistökuormitus	44,00	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	18,30	t/a	2012	Vesistökuormitus	50,00	kg/d
	ka.	17,78	t/a		ka.	48,67	kg/d
	FOSFORI				FOSFORI		
2014	Kuormitus vesistöihin	0,06	t/a	2014	Vesistökuormitus	0,17	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	0,05	t/a	2013	Vesistökuormitus	0,13	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	0,07	t/a	2012	Vesistökuormitus	0,19	kg/d
	ka.	0,06	t/a		ka.	0,16	kg/d

Heinola

2014	Jätevedet laitokselle päivässä (vuosi ka)	6 360,00	m3/vrk
2013	Jätevedet laitokselle päivässä (vuosi ka)	6 815,00	m3/vrk
2012	Jätevedet laitokselle päivässä (vuosi ka)	7 844,00	m3/vrk
	ka.	7 006,33	m3/vrk
2014	Keskimääräinen vuosikuorma	2 321 400,00	m3/v
2013	Keskimääräinen vuosikuorma	2 487 475,00	m3/v
2012	Keskimääräinen vuosikuorma	2 870 904,00	m3/v
	ka.	2 559 926,33	m3/v
2014	<i>Päijät-Hämeen osuus vesistä</i>	<i>2 253 121,00</i>	<i>m3</i>
	TYPPI		
2014	Typen tulokuormitus puhdistamolle	310,00	kg/vrk
2013	Typen tulokuormitus puhdistamolle	320,00	kg/vrk
2012	Typen tulokuormitus puhdistamolle	350,00	kg/vrk
2014	Typen tulokuormitus puhdistamolle	113,15	t/a
2013	Typen tulokuormitus puhdistamolle	116,80	t/a
2012	Typen tulokuormitus puhdistamolle	128,10	t/a
	Ka.	119,35	t/a
2014	Typpekuormitus vesistöön	170,00	kg/vrk
2013	Typpekuormitus vesistöön	190,00	kg/vrk
2012	Typpekuormitus vesistöön	250,00	kg/vrk
	Ka.	203,33	kg/vrk
2014	Kok.typpekuormitus vesistöön	62,05	t/a
2013	Kok.typpekuormitus vesistöön	69,35	t/a
2012	Kok.typpekuormitus vesistöön	91,50	t/a
	Ka.	74,30	t/a
2014	Lietteen + haihtuva typpi vuodessa	51,10	t/a
2013	Lietteen + haihtuva typpi vuodessa	47,45	t/a
2012	Lietteen + haihtuva typpi vuodessa	36,60	t/a
	Ka.	45,05	t/a
	Fosfori		
2014	Fosforin tulokuormitus puhdistamolle	41,00	kg/vrk
2013	Fosforin tulokuormitus puhdistamolle	40,00	kg/vrk
2012	Fosforin tulokuormitus puhdistamolle	48,00	kg/vrk
	Ka.	43,00	kg/vrk
2014	Fosforin tulokuormitus puhdistamolle	14,97	t/a
2013	Fosforin tulokuormitus puhdistamolle	14,60	t/a
2012	Fosforin tulokuormitus puhdistamolle	17,57	t/a
	Ka.	15,71	t/a
2014	Fosforikuormitus vesistöön	1,90	kg/vrk
2013	Fosforikuormitus vesistöön	1,80	kg/vrk

2012	Fosforikuormitus vesistöön	1,60	kg/vrk
	Ka.	1,77	kg/vrk
2014	Kok.fosforikuormitus vesistöön	0,69	t/a
2013	Kok.fosforikuormitus vesistöön	0,66	t/a
2012	Kok.fosforikuormitus vesistöön	0,59	t/a
	Ka.	0,65	t/a
2014	Lietteen fosfori vuodessa	14,27	t/a
2013	Lietteen fosfori vuodessa	13,94	t/a
2012	Lietteen fosfori vuodessa	16,98	t/a
	ka.	15,07	t/a

Heinolan ulkopuolelta tulleet virrat:

<i>Tuontia</i>	Pertun- maa	yksikkö
2014	68279	m3
2014	2,94	%
<i>Alueen omaa</i>	Asikkala	
2014	2305	m3

Osuus Heinolan
jv:stä

Lietetutkimukset

<i>jvheino-1_lietetutkimuk- sentulokset-tiedostosta</i>	2015	Osuus	Yksikkö
Lietteen	Kuiva-aine	0,21	(21 %)
Kuiva-aineen	Typpi	0,045	(4,5 %)
Kuiva-aineen	Fosfori	0,025	(2,5 %)
Lietteen	Typpi	9,5	kg/m3lie- tettä
Lietteen	Fosfori	5,3	kg/m3lie- tettä

Puhdistus-
teho

N	0,38	t/a
P	0,96	t/a

Lahti + Hollola

TYPPI			
2014	Kok.typpikuormitus vesistöön	221	t/a
2013	Kok.typpikuormitus vesistöön	235	t/a
2012	Kok.typpikuormitus vesistöön	237	t/a
	Ka.	231	t/a
2014	Amm.typpikuormitus vesistöön	14,4	t/a
2013	Amm.typpikuormitus vesistöön	31,4	t/a
2012	Amm.typpikuormitus vesistöön	31,9	t/a
	Ka.	25,9	t/a
2014	Puhdistusteho (redukt.%)	76,1	%
2013	Puhdistusteho (redukt.%)	70,4	%
2012	Puhdistusteho (redukt.%)	72,2	%
	Ka.	72,9	%
2014	<i>Puhdistettu typpi</i>	924,686	t/a
2013	<i>Puhdistettu typpi</i>	793,919	t/a
2012	<i>Puhdistettu typpi</i>	852,518	t/a
	Ka.	857,04	t/a
Fosfori			
2014	Kok.fosforikuormitus vesistöön	2,6	t/a
2013	Kok.fosforikuormitus vesistöön	3,3	t/a
2012	Kok.fosforikuormitus vesistöön	3,3	t/a
	Ka.	3,07	t/a
Hollola			
2014	Käsitellyt jätevedet	1 150 000	m3
2013	Käsitellyt jätevedet	1 090 000	m3
2012	Käsitellyt jätevedet	1 280 000	m3
ka	Käsitellyt jätevedet	1 173 333,33	m3
LTI+HOL. Typpi			
2014	Tulokuormitus	924,69	t/a
2013	Tulokuormitus		t/a
2012	Tulokuormitus		t/a
	Ka.		t/a
LTI+HOL. Fosfori			
2014	Tulokuormitus	110,64	t/a
2013	Tulokuormitus		t/a
2012	Tulokuormitus		t/a
	Ka.		t/a

	LAHTI+HOLLOLA		
2014	Käsitellyt jätevedet	11 400 000,00	m3
2013	Käsitellyt jätevedet	12 500 000,00	m3
2012	Käsitellyt jätevedet	14 700 000,00	m3
ka	Käsitellyt jätevedet	12 866 666,67	m3
	TYPPI		
2014	Kuormitus vesistöihin	221	t/a
2013	Kuormitus vesistöihin	235	t/a
2012	Kuormitus vesistöihin	237	t/a
	ka.	231,00	t/a
	FOSFORI		
2014	Kuormitus vesistöihin	2,6	t/a
2013	Kuormitus vesistöihin	3,3	t/a
2012	Kuormitus vesistöihin	3,3	t/a
	ka.	3,07	t/a

Puhdistusteho 2014

	Kariniemi	Ali-Juhakkala		Ka. Osuus
P	98	97,3	%	0,9765
N	77,2	75	%	0,761

Nastola

	NASTOLA						
2014	Käsittelyt jätevedet	1 024 109	m3				
2013	Käsittelyt jätevedet	1 200 007	m3				
2012	Käsittelyt jätevedet	1 125 041	m3				
ka	Käsittelyt jätevedet	1 116 385,67	m3				
	TYPPI				TYPPI		
2014	Tulokuormitus	83,59	t/a	2014	Tulokuormitus	229,00	kg/d
2013	Tulokuormitus	87,97	t/a	2013	Tulokuormitus	241,00	kg/d
2012	Tulokuormitus	87,11	t/a	2012	Tulokuormitus	238,00	kg/d
	ka.	86,22	t/a		ka.	236,00	kg/d
	FOSFORI				FOSFORI		
2014	Tulokuormitus	14,24	t/a	2014	Tulokuormitus	39,00	kg/d
2013	Tulokuormitus	16,06	t/a	2013	Tulokuormitus	44,00	kg/d
2012	Tulokuormitus	15,37	t/a	2012	Tulokuormitus	42,00	kg/d
	ka.	15,22	t/a		ka.	41,67	kg/d
	TYPPI				TYPPI		
2014	Kuormitus vesistöihin	9,13	t/a	2014	Vesistökuormitus	25,00	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	10,95	t/a	2013	Vesistökuormitus	30,00	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	13,18	t/a	2012	Vesistökuormitus	36,00	kg/d
	ka.	11,08	t/a		ka.	30,33	kg/d
	FOSFORI				FOSFORI		
2014	Kuormitus vesistöihin	0,19	t/a	2014	Vesistökuormitus	0,53	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	0,17	t/a	2013	Vesistökuormitus	0,46	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	0,16	t/a	2012	Vesistökuormitus	0,44	kg/d
	ka.	0,17	t/a		ka.	0,48	kg/d

Orimattila

ORIMATTILA			
2014	Käsitellyt jätevedet	887 540	m3
2013	Käsitellyt jätevedet	1 023 570	m3
2012	Käsitellyt jätevedet	1 221 955	m3
ka	Käsitellyt jätevedet	1 044 355	m3
TYPPI			
2014	Tulokuormitus	62,05	t/a
2013	Tulokuormitus	72,27	t/a
2012	Tulokuormitus	61,85	t/a
	ka.	65,39	t/a
FOSFORI			
2014	Tulokuormitus	9,20	t/a
2013	Tulokuormitus	9,89	t/a
2012	Tulokuormitus	9,00	t/a
	ka.	9,36	t/a
TYPPI			
2014	Kuormitus vesistöihin	15,99	t/a
2013	Kuormitus vesistöihin	18,91	t/a
2012	Kuormitus vesistöihin	19,47	t/a
	ka.	18,12	t/a
FOSFORI			
2014	Kuormitus vesistöihin	0,27	t/a
2013	Kuormitus vesistöihin	0,40	t/a
2012	Kuormitus vesistöihin	0,51	t/a
	ka.	0,39	t/a

TYPPI		TYPPI	
2014	Tulokuormitus	170,00	kg/d
2013	Tulokuormitus	198,00	kg/d
2012	Tulokuormitus	169,00	kg/d
	ka.	179,00	kg/d
FOSFORI			
2014	Tulokuormitus	25,20	kg/d
2013	Tulokuormitus	27,10	kg/d
2012	Tulokuormitus	24,60	kg/d
	ka.	25,63	kg/d
TYPPI			
2014	Vesistökuormitus	43,80	kg/d
2013	Vesistökuormitus	51,80	kg/d
2012	Vesistökuormitus	53,20	kg/d
	ka.	49,60	kg/d
FOSFORI			
2014	Vesistökuormitus	0,73	kg/d
2013	Vesistökuormitus	1,10	kg/d
2012	Vesistökuormitus	1,40	kg/d
	ka.	1,08	kg/d

Padasjoki

2014	Käsitellyt jätevedet	211 589,00	m3	2014	Käsitellyt jätevedet	m3/vrk
2013	Käsitellyt jätevedet	217 366,00	m3	2013	Käsitellyt jätevedet	m3/vrk
2012	Käsitellyt jätevedet	211 589,00	m3	2012	Käsitellyt jätevedet	m3/vrk
ka	Käsitellyt jätevedet	213 514,67	m3			
	TYPPI				TYPPI	
2014	Tulokuormitus	12,80	t/a	2014	Tulokuormitus	33,90 kg/d
				2013	Tulokuormitus	kg/d
				2012	Tulokuormitus	kg/d
	ka.		t/a		ka.	11,30 kg/d
	FOSFORI				FOSFORI	
2014	Tulokuormitus	1,97	t/a	2014	Tulokuormitus	9,80 kg/d
				2013	Tulokuormitus	kg/d
				2012	Tulokuormitus	kg/d
	ka.		t/a		ka.	3,27 kg/d
	TYPPI				TYPPI	
2014	Kuormitus vesistöihin	7,90	t/a	2014	Vesistökuormitus	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	7,60	t/a	2013	Vesistökuormitus	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	6,50	t/a	2012	Vesistökuormitus	kg/d
	ka.	7,33	t/a		ka.	- kg/d
	FOSFORI				FOSFORI	
2014	Kuormitus vesistöihin	0,08	t/a	2014	Vesistökuormitus	84,00 kg/a
2013	Kuormitus vesistöihin	0,13	t/a	2013	Vesistökuormitus	128,00 kg/a
2012	Kuormitus vesistöihin	0,40	t/a	2012	Vesistökuormitus	402,00 kg/a
	ka.	0,2047	t/a		ka.	204,67 kg/a

Sysmä

2014	Käsitellyt jätevedet	256 960,00	m3	2014	Käsitellyt jätevedet	704,00	m3/vrk
2013	Käsitellyt jätevedet	274 845,00	m3	2013	Käsitellyt jätevedet	753,00	m3/vrk
2012	Käsitellyt jätevedet	283 284,00	m3	2012	Käsitellyt jätevedet	774,00	m3/vrk
ka	Käsitellyt jätevedet	271 696,33	m3				
	TYPPI				TYPPI		
2014	Tulokuormitus	15,33	t/a	2014	Tulokuormitus	42,00	kg/d
2013	Tulokuormitus	14,24	t/a	2013	Tulokuormitus	39,00	kg/d
2012	Tulokuormitus	15,74	t/a	2012	Tulokuormitus	43,00	kg/d
	ka.	15,10	t/a		ka.	41,33	kg/d
	FOSFORI				FOSFORI		
2014	Tulokuormitus	2,15	t/a	2014	Tulokuormitus	5,90	kg/d
2013	Tulokuormitus	1,93	t/a	2013	Tulokuormitus	5,30	kg/d
2012	Tulokuormitus	2,27	t/a	2012	Tulokuormitus	6,20	kg/d
	ka.	2,12	t/a		ka.	5,80	kg/d
	TYPPI				TYPPI		
2014	Kuormitus vesistöihin	9,13	t/a	2014	Vesistökuormitus	25,00	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	14,24	t/a	2013	Vesistökuormitus	39,00	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	10,25	t/a	2012	Vesistökuormitus	28,00	kg/d
	ka.	11,20	t/a		ka.	30,67	kg/d
	FOSFORI				FOSFORI		
2014	Kuormitus vesistöihin	0,08	t/a	2014	Vesistökuormitus	0,21	kg/d
2013	Kuormitus vesistöihin	0,13	t/a	2013	Vesistökuormitus	0,36	kg/d
2012	Kuormitus vesistöihin	0,12	t/a	2012	Vesistökuormitus	0,33	kg/d
	ka.	0,11	t/a		ka.	0,30	kg/d

Päijät-Häme

Alue	Jätevesi puhdistamolle (m ³ /a)	Typpi puhdistamolle (t/a)	Typpi vesistöön (t/a)	Fosfori puhdistamolle (t/a)	Fosfori vesistöön (t/a)	Typpi lietteissä ja ilmaan (t/a)	Fosfori lietteissä (t/a)	Purkupaikka
Asikkala	390 000	30,80	17,80	4,30	0,06	13,00	4,24	Päijänteen Asikkalanselkä
Hartola	194 304	12,97	5,52	1,98	0,08	7,45	1,90	
Heinola	2 560 000	119,40	74,30	15,70	0,65	45,10	15,05	Jyrängönvirta / Konnivesi
Hämeenkoski	135 193	9,02	3,84	1,38	0,06	5,18	1,32	
Kärkölä	295 301	19,71	8,39	3,02	0,12	11,32	2,89	
Lahti (sis. Hollolan)	12 870 000	924,70	231,00	110,60	3,07	693,70	107,53	Porvoonjoki
Nastola	1 120 000	86,20	11,10	15,20	0,17	75,10	15,03	Palojoki (yhtyy Porvoonjokeen)
Ori-mattila	1 040 000	65,40	18,10	9,40	0,39	47,30	9,01	Porvoonjoki
Padasjoki	210 000	12,80	7,30	1,97	0,20	5,50	1,77	Päijänteen Padasjoenselkä
Sysmä	270 000	15,10	11,20	2,10	0,11	3,90	1,99	Avo-oja, johtaa Majutveden Kirkkolahteen
PÄIJÄT-HÄME	1 494 798	1 296,1	388,54	165,65	4,91	907,55	160,74	

Puuttuvien kuntien tietojen laskemista varten käytetty taulukko (edeltävän sivun Päijät-Häme-taulukon oikeaan reunaan jatkaen)

Asukasluvut [hlö]	Jätevesi puhdistamolle (m ³ /a/hlö)	Typpi puhdistamolle (t/a/hlö)	Typpi vesistöön (t/a/hlö)	Fosfori puhdistamolle (t/a/hlö)	Fosfori vesistöön (t/a/hlö)
8 338	46,77380667	0,00369393	0,0021348	0,000516	7,19597E-06
3 057					
19 638	130,36	0,00608005	0,00378348	0,000799	3,30991E-05
2 127					
4 646					
125 564	102,50	0,00736437	0,0018397	0,000881	2,44497E-05
14 904	75,15	0,00578368	0,00074477	0,00102	1,14063E-05
16 308	63,77	0,0040103	0,00110988	0,000576	2,39146E-05
3 175	66,14173228	0,0040315	0,00229921	0,00062	6,29921E-05
4 093	65,9662839	0,00368923	0,00273638	0,000513	2,68752E-05
KESKIARVOT	63,560363	0,004242	0,001805	0,000649	0,000026