

1 Tuusulanjärven vesitase ja ravinnetaseet vuosina 1990–2009

Paula Muukkonen
Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä

1.1 Johdanto

Tuusulanjärvi on Keski-Uudellamaalla sijaitseva rehevä järvi. Sen pinta-ala on 6 km², suurin syvyys 10 m ja keskisyvyys 3,2 m (Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto 1984). Järvi on luonnostaan savisamea, sillä noin puolet sen valuma-alueesta (92 km²) on savea. Järveen johdettiin 1950–1970-luvuilla Järvenpään kaupungin ja Tuusulan kirkonkylän käsittelemättömiä jätevesiä, mikä johti järven voimakkaaseen rehevöitymiseen. Järveen tuleva pistekuormitus loppui vuonna 1979, jolloin aloitettiin jätevesien johtaminen meriviemäriin. Nykyään merkittävimmät järveä kuormittavat tekijät ovat maatalous ja haja-asutus. Järven valuma-alueesta noin 28 % on peltoja ja 1990-luvun lopulla viemäriverkoston ulkopuolella asui 2 400 ihmistä (Maa ja Vesi Oy 1999).

Tuusulanjärven veden laatua ja ravinnekuormitusta on seurattu pitkään ja ensimmäiset järven vesi- ja ravinnetaseet laskettiin vuonna 1974 (Ojanen 1979). Myöhemmin taseita on päivitetty tasaisin väliajoin (Turunen 1981, Kylmälä 1996, 1998, Marttila 2004, Marttila 2005). Vuosittaisen kuormituksen seuranta on tärkeää, jotta saadaan kuva järveen päätyvistä ravinneistä. Tulosten perusteella voidaan edelleen suunnitella ja arvioida kuormituksen vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden tehokkuutta.

1.2 Laskennan toteuttaminen

Vesitase laskettiin vuosille 2003–2009 ja ravinnekuormitus vuosille 2005–2009. Vedenlaatu-, virtaama- ja haihduntatiedot kerättiin ympäristöhallinnon Herttajärjestelmästä (11.1.2010), laskeuma- ja aluesadantatiedot saatiin Suomen ympäristökeskuksesta. Laskennoissa käytettiin Jokioisten observatorion haihdunta-arvoja kertoimella korjattuina, kun aiemmissa laskelmissa (Marttila 2004, 2005) on käytetty Vihdin sääaseman haihduntatietoja. Jokioisten haihdunta vastaa paremmin Tuusulanjärven valuma-alueen haihduntaa (Marttila, suullinen tiedonanto 9.10.2009). Vuosien 1990–2004 laskennat korjattiin Jokioisten arvojen mukaisiksi. Taseiden tarkat laskentaperusteet on esitetty Marttilan (2004) julkaisussa.

Tuusulanjärveen tulevaa fosfori-, typpi- ja kiintoainekuormitusta tarkasteltiin myös Suomen ympäristökeskuksen vedenlaatumallilla (VEMALA, laskentapäivä 20.1.2009). Malli laskee valuma-alueen pelloilta ja muulta alueelta tulevan kuormituksen käyttämällä hyväksi alueelta mitattuja virtaama- ja pitoisuusarvoja. Mallissa huomioidaan mm. peltojen pinta-ala, kaltevuus ja maalaji. Malli ottaa huomioon myös haja-asutuksen ja pistekuormituksen, järvessä tapahtuva sedimentaatio oletetaan vakioksi. Mallilla voi laskea kuormitusarvioita elokuusta 1990 lähtien.

I.3 Tuusulanjärven vesitase

I.3.1 Sadanta ja järveen tuleva vesimäärä

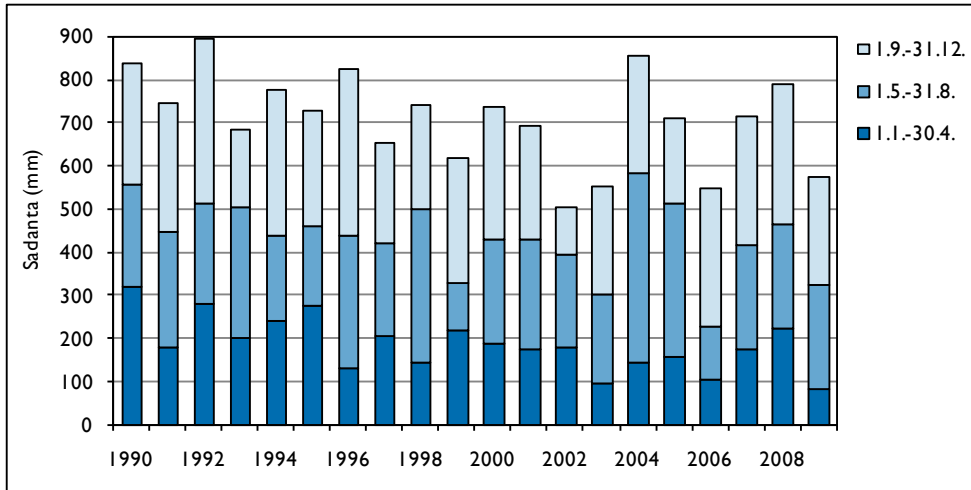
Hydrologiset tekijät eli vuotuinen sadanta ja valunta vaikuttavat järveen tulevan kuormituksen määrään. Suuri sadanta lisää yleensä valuma-alueelta järveen huuhtoutuvien maa-aineksen, fosforin ja typen määriä. Alkuvuodesta valunta on yleensä vähäistä, mikäli maa on lumen peitossa. Ensimmäinen kuormitushuippu ajoittuu maaliskuulle, jolloin laimeat lumensulamisvedet huuhtovat maa-ainesta pelloilta ja pientareilta ojiin ja jokiin.

Kesällä valunta ja kuormitus ovat yleensä vähäisiä, sillä haihdunta on voimakasta ja maaperä on kasvien peitossa. Kasvit sitovat ja käyttävät ravinteita tehokkaasti, jolloin ravinteiden huuhtoutumisriski pysyy pienenä. Vuoden toinen kuormitushuippu ajoittuu yleensä syksyyn, jolloin haihdunta vähenee ja suurempi osa sadannasta huuhtoo maaperää. Syksyllä pellot ovat usein myös kynnettyinä ja kasvipeitteettöminä, jolloin sade voi irrottaa pelloilta maa-ainesta ja ravinteita. Jos maaperässä on kasveilta käyttämättä jäänyttä typpeä, se huuhtoutuu valumavesien mukana ojiin. Kuormitus vähenee yleensä talvella maan routaantuessa ja jäädessä lumen alle, mutta tulevaisuudessa ilmastonmuutos ja vesisateiden lisääntyminen leutojen talvien aikana voivat lisätä talviaikaista kuormitusta. Toistuvat maan jäätymis- ja sulamisjaksot lisäävät eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumisriskiä.

Aluesadanta Tuusulanjärven valuma-alueella sekä tulovirtaama järveen vuosina 2005–2009 laskettiin kolmasosavuosittain edellisen raportin tapaan (Marttila 2005). Tammi-elokuun sademäärät olivat hieman pienempiä kuin vuosina 1990–2004. Vuosina 1990–2004 tammi-huhtikuun yhteenlaskettu sadanta Tuusulanjärven alueella oli keskimäärin 195 mm ja touko-elokuussa 252 mm. Vastaavat arvot vuosijaksolla 2005–2009 olivat 145 mm ja 242 mm. Syys-joulukuun sademäärä (278 mm) puolestaan oli hieman korkeampi kuin vuosien 1990–2004 keskiarvo (274 mm). Suurempaan sademäärään olivat syynä lähinnä vuosien 2006–2008 märät syksyt, jolloin syys-lokakuun aikana satoi yli 300 mm.

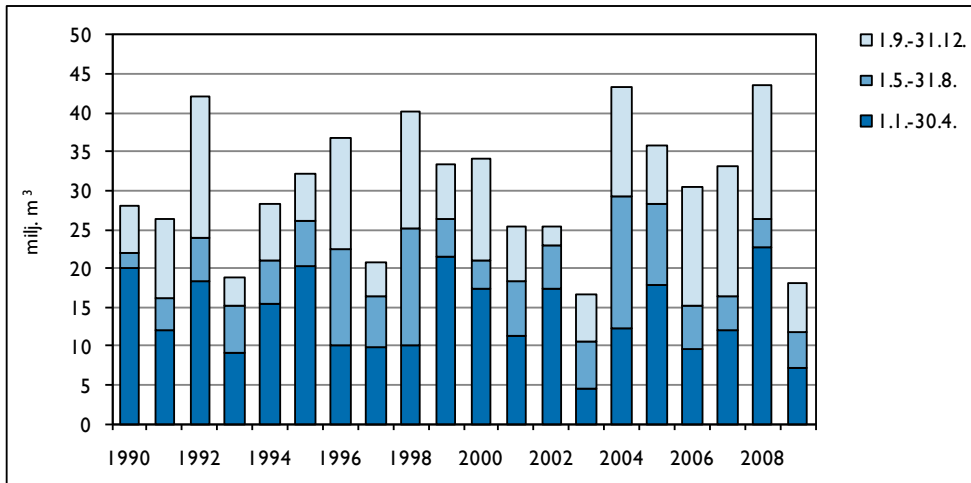
Kaudella 2005–2009 vuosisadanta vaihteli välillä 500–800 mm (kuva 1). Vuosi 2005 oli harvinaisen lämmin ja sille oli ominaista suuret kesäsateet. Touko-elokuun aikana satoi puolet (165 mm) koko vuoden sademäärästä, kun muu osa sadannasta jakautui tasaisesti muille kuukausille (kuva 1). Vuoden 2006 alku oli puolestaan melko kuiva, mutta syys-joulukuussa tuli 59 % koko vuoden sadannasta. Vuoden 2006 suuri sademäärä johtui lähes pelkästään lokakuun sadannasta, joka oli 174 mm. Syys-, marras- ja joulukuun sademäärät olivat alle 60 mm kk⁻¹. Vuosi 2007 oli hyvin samankaltainen vuoden 2005 kanssa, mutta sateet jakautuivat tasaisesti ympäri vuoden.

Vuosi 2008 oli hyvin lämmin ja sateinen, kokonaissademäärän ollessa 789 mm eli viidenneksi suurin 1990- ja 2000-lukujen aikana (kuva 1). Sateet ajoittuivat melko tasaisesti ympäri vuoden, vaikka 40 % sateista tulikin syys-joulukuun aikana. Alkuvuosi 2009 oli hyvin vähäsateinen, tammi-huhtikuun sademäärä oli vain 81 mm eli pienin seurantajakson aikana. Kesän ja syksyn sademäärät eivät poikenneet seurantajakson keskiarvosta mutta alkuvuoden kuivuuden takia koko vuoden sademäärä oli vain 578 mm.



Kuva 1. Aluesadanta (mm) Tuusulanjärven valuma-alueella vuosina 1990–2009 kolmasosavuositain.

Tuusulanjärveen tuleva vesimäärä seurasi sadantaa. Vuosina 1990–2004 järveen tuli tammi-huhtikuussa keskimäärin 14 milj. m³, touko-elokuussa 7 milj. m³ ja syys-joulukuussa 9 milj. m³ vettä. Vuosina 2005–2009 vastaavat arvot olivat 14, 6, ja 12 milj. m³, joten syyskaudella järveen tuleva vesimäärä oli suurempi kuin edellisinä vuosina. Suurin osa vedestä tuli järveen talven ja syksyn aikana, kesäkaudena järveen tuleva vesimäärä oli keskimäärin vain 17 % koko vuoden vesimäärästä (kuva 2). Tammi-elokuussa 2009 tulovirtaamat olivat erityisen pieniä. Kevät oli kuiva ja lämmin, minkä takia normaalia lumensulamishuippua ei esiintynyt. Kesällä ja syksyllä sateiden imeytyminen kuivaan maahan vähensivät järveen tulevan veden määrää.



Kuva 2. Vesitaseen perusteella laskettu Tuusulanjärven valuma-alueelta tuleva vesimäärä (milj. m³) vuosina 1990–2009 kolmasosavuositain.

Tuusulanjärven vesitaseessa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia vuosina 2003–2009 vuosiin 1991–2002 verrattuna (taulukko 1). Keskimääräinen sadanta ja haihdunta ovat olleet samaa suuruusluokkaa molempina seurantajaksoina. Myöskään kokonaistulo- ja menovirtaamissa ei ollut suuria eroja. Vuosien 2003–2009 virtaamat olivat jonkin verran kasvaneet loka-tammikuussa ja vähentyneet helmi-huhtikuussa. Tämä johtuu leudoista ja sateisista syyskuukausista sekä alkutalvista. Toisaalta helmi-huhtikuussa oli vähäsateisempaa tai kylmempää aiempaan ajan-

jaksoon nähden. Virtaamat olivat suurimmillaan lumen sulamisen aikaan huhtikuussa, haihdunnan vähentyessä elokuussa sekä leutojen talvien takia myös marras-joulukuussa.

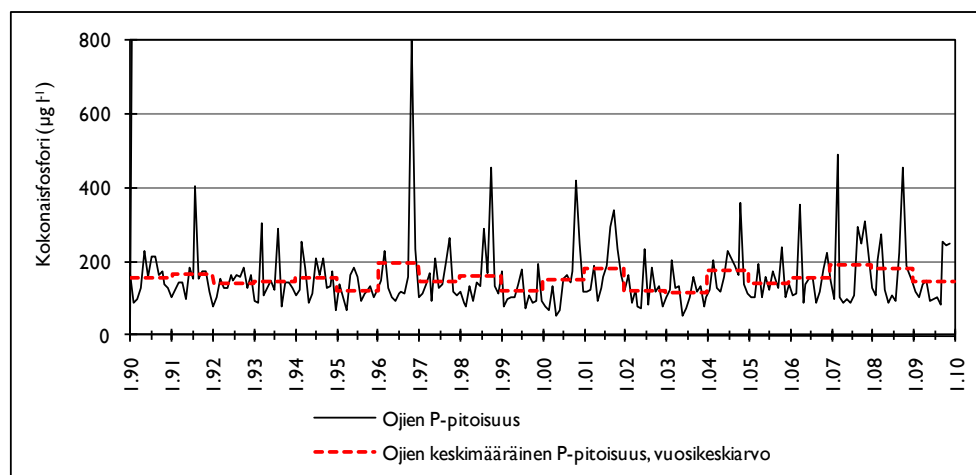
Taulukko 1. Tuusulanjärven keskimääräinen vesitase vuosina 1991–2002 ja 2003–2009.

	Vuodet 1991–2002		Vuodet 2003–2009	
	milj. m ³ v ⁻¹	1000 m ³ vrk ⁻¹	milj. m ³ v ⁻¹	1000 m ³ vrk ⁻¹
Järveen tuleva vesimäärä				
Tulovirtaama	30,100	84,2	31,524	86,4
Sadanta	4,365	12,0	4,107	11,3
Yhteensä	34,465	94,4	35,631	97,6
Järvestä poistuva vesimäärä				
Menovirtaama	31,137	85,4	31,883	87,3
Haihdunta	3,333	9,1	3,656	10,0
Yhteensä	34,500	94,5	35,539	97,4
Vesivaraston muutos	-0,035	-0,1	0,003	0,1

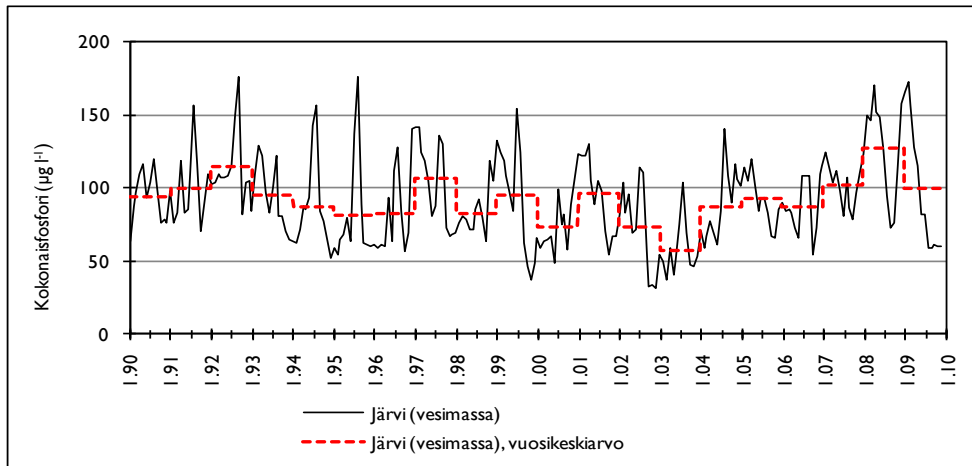
1.4 Tuusulanjärven ravinnetaset

1.4.1 Fosforitase

Valuma-alueiltaan suurimmat Tuusulanjärveen laskevat ojat ovat Sarsalanoja (valuma-alueesta 43 % peltoa) ja Mäyränoja (valuma-alueesta 35 % peltoa). Mäyrän- ja Sarsalanojen fosforipitoisuudet vaihtelivat voimakkaasti sadannan mukaan (kuva 3), vaikka ojavesien keskimääräinen fosforipitoisuus pysyikin vakaana. Myöskään Tuusulanjärven vesimassan fosforipitoisuus ei ole paljoa vaihdellut vuosina 1990–2009, vaikka se väheni vuosina 2002 ja 2003 (kuva 4).



Kuva 3. Tuusulanjärveen laskevien Mäyränojan ja Sarsalanojan fosforipitoisuuksien kuukausikeskiarvot vuosina 1990–2009.



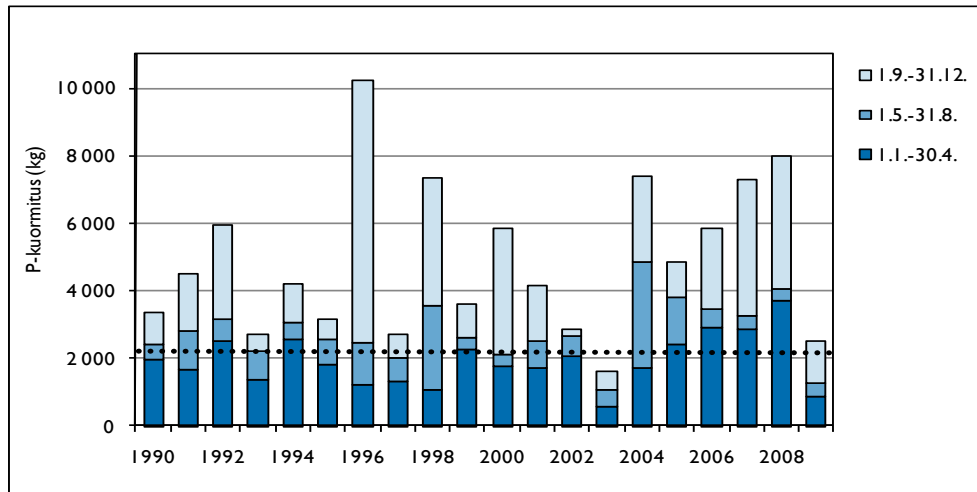
Kuva 4. Tuusulanjärven kokonaisfosforipitoisuuden kuukausikeskiarvot vuosina 1990–2009.

Tuusulanjärveen tuleva fosforikuormitus vaihteli pääsääntöisesti samalla tavoin kuin sadanta ja tulovirtaama. Vuonna 2005 fosforikuormitus jakautui suhteellisen tasaisesti koko vuodelle, tosin tammi-huhtikuun aikana järveen tuli noin puolet vuoden kokonaiskuormituksesta (kuva 5). Voimakkaista kesäsateista huolimatta touko-elokuun kuormitus jäi kuitenkin suhteellisen pieneksi. Kesäaikainen kasvipeite todennäköisesti esti eroosiota ja fosforin huuhtoutumista maaperästä. Myös syys-joulukuun kuormitus jäi pienen sademäärän takia pieneksi (noin 1 000 kg).

Vuosien 2006 ja 2007 tammi-huhtikuun fosforikuormitus oli 2 900 kg ja touko-elokuun 400–500 kg (kuva 5). Syys-joulukuun kuormitus oli vuonna 2007 kuitenkin 40 % suurempi (4 000 kg) kuin vuonna 2006 (2 400 kg). Tämä johtui vuoden 2007 syys-joulukuun sateista, joiden aiheuttama kuormitus tuli tasaisesti kaikkien kuukausien aikana. Vuonna 2006 lokakuun voimakkaat sateet aiheuttivat kuormituspikkin marraskuulle, mutta muiden kuukausien kuormitus jäi vähäiseksi.

Vuonna 2008 kuormitus (7 980 kg) oli toiseksi suurin 1990- ja 2000-lukujen aikana (kuva 5). Kuormituksesta 46 % tuli tammi-huhtikuun aikana ja 49 % syys-joulukuun aikana. Suurin syy korkeaan kuormitukseen oli sateinen ja lämmin talvi, jolloin lumipeitteinen ja aika jäi lyhyeksi. Maa-ainesta ja siihen sitoutunutta fosforia huuhtoutui paljaalta maalta runsaasti ojiin ja järveen. Touko-elokuun kuormitus puolestaan jäi hyvin alhaiseksi. Vuosina 2006–2008 kuormitus painottui alku- ja loppuvuoteen touko-elokuun kuormituksen ollessa vain 4–9 % koko vuoden kuormituksesta (kuva 5).

Vuosi 2009 alkoi suhteellisen kylmänä. Vaikka lunta ei ollut paljon, se pysyi maassa kevääseen asti ja tammi-huhtikuun fosforikuormitus (876 kg) jäi lähes yhtä alhaiseksi kuin vähäsateisena vuonna 2003 (550 kg). Tammi-huhtikuun kuormitus oli toiseksi alhaisin 1990- ja 2000-lukujen aikana (kuva 5). Kevät oli lämmin ja vähäsateinen eikä tavanomaista lumensulamishuippua esiintynyt. Sadannan ja tulovirtaaman jäädessä pieniksi myös kuormitus jäi vähäiseksi. Kesällä oli lämmintä ja suuri osa sadannasta imeytyi kuivaan maahan tai haihtui. Tämän seurauksena myös touko-elokuun kuormitus jäi alhaiseksi (391 kg). Marraskuun sateet kasvattivat kuormitusta loppuvuodesta ja puolet (1 240 kg) vuoden kokonaiskuormituksesta (2 500 kg) tuli syys-joulukuun aikana.



Kuva 5. Tuusulanjärven ulkoinen fosforikuormitus (kg) vuosina 1990–2009 kolmasosavuositain. Kuvaan on merkitty katkoviivalla Tuusulanjärven sietämä ulkoinen kuormitus (2 100 kg v⁻¹).

Tuusulanjärveen tuleva fosforikuormitus oli vuosina 1990–2004 keskimäärin 4 600 kg (Marttila 2005). Leudot talvet kasvattivat fosforikuormitusta vuosina 2005–2009, jolloin ulkoista kuormitusta tuli järveen keskimäärin 5 700 kg. Luonnonhuuhtouman osuus tästä oli noin 8 % (552 kg) ja laskeuman osuus 1 % (64 kg).

Vaikka vuoden 2009 kuormitus jäi pieneksi, vuosien 2005–2009 keskimääräinen kuormitus oli lähes kolminkertainen järven sietämään fosforikuormitukseen (2 100 kg, kuva 5) nähden (Marttila 2004). Mikäli leudot talvet yleistyvät ilmastonmuutoksen seurauksena, valuma-alueelta tuleva fosforikuormitus saattaa olla tasolla 8 000 kg/a tai enemmän, kuten vuonna 2008. Vähäsateisina vuosina kuormitus sen sijaan voi pysyä hyvinkin pienenä, kuten vuosina 2003 ja 2009. Myös valuma-alueella tehdyt toimenpiteet, mm. kosteikot ja lannoituksen vähentäminen, tulevat vähentämään fosforikuormitusta vähitellen tulevina vuosina.

Ojiin ja puroihin perustettujen kosteikkojen puhdistustehosta ei ole vielä saatavilla pitkäaikaista seurantatietoa. Kosteikkojen vaikutusta ei ole huomioitu näissä laskelmissa. Ensimmäisten arvioiden mukaan Rantamon kosteikkoon olisi pidättynyt noin 15 % Sarsalanojan tuomasta fosforista vuotta kohden (Koskiahho & Puustinen 2003), jolloin järveen tuleva kuormitus olisi tässä raportissa esitettyä pienempää.

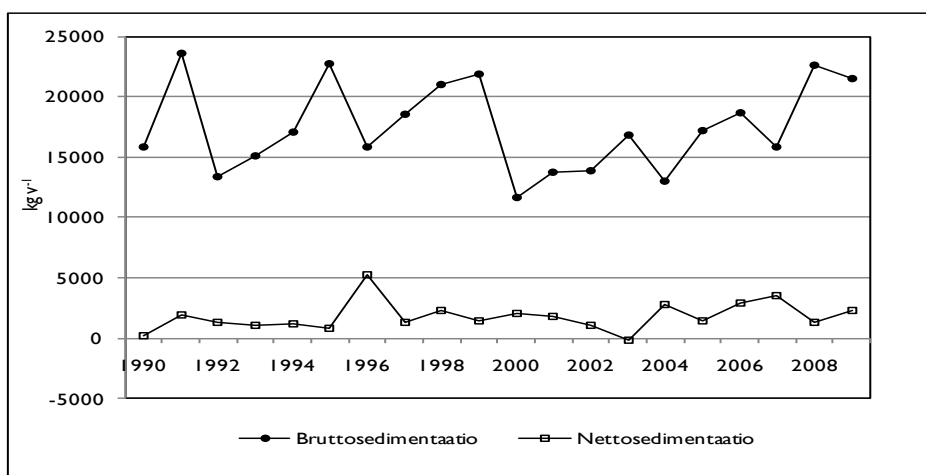
Kuormitus oli suurta etenkin leutoina vuosina 2007 ja 2008, jolloin kuormitusta tuli järveen etenkin alku- ja loppuvuodesta. Kuormitus oli yhtä suurta edellisen kerran vuosina 1996, 1998 ja 2004. Vuosina 2005–2009 järvestä poistui luusuan kautta ja hoitokalastussaaliiin sekä niitettyjen vesikasvien mukana keskimäärin 3 300 kg fosforia vuodessa ja fosforin nettosedimentaatio oli 2 300 kg vuodessa.

1.4.2 Sedimentaatio

Ojavesien mukana Tuusulanjärveen kulkeutuu runsaasti kiintoainesta valuma-alueelta. Lisäksi kuolleet levät painuvat pohjaan kasvukauden päättyessä. Tuusulanjärvestä mitataan kiintoaineen ja siihen pidättyneen fosforin sedimentaatiota vuosittain. Mitattu bruttosedimentaatio on noin kaksi kertaa suurempaa kuin perustuotannon perusteella laskettu bruttosedimentaatio, sillä se sisältää ojien mukanaan tuoman kiintoaineksen.

Bruttosedimentaation määrä oli selkeästi riippuvainen valuma-alueelta tulevasta kiintoainekuormituksesta, voimakkainta se oli vuosina 1995, 1998–1999 ja 2008 (kuva 6). Tuulien, virtausten ja kalojen aiheuttaman pohjan sekoituksen takia

suurin osa sedimentoituneesta aineksesta sekoittuu uudelleen vesimassaan ja vain noin kymmenesosa jää lopullisesti järven pohjalle. Ajoittain nettosedimentaation osuus bruttosedimentaatiosta voi olla korkeampi, esimerkiksi vuosina 2004 ja 2007 se oli noin 20 % (kuva 6). Fosforin nettosedimentaatio seurasi bruttosedimentaatiota vuoden viiveellä. Esimerkiksi vuosien 1995, 2003 ja 2006 korkeat bruttosedimentaatiot aiheuttivat nettosedimentaatiopiikit vuosille 1996, 2004 ja 2007 (kuva 6). Keskimääräinen fosforin nettosedimentaatio oli vuosina 1990–2004 noin 1 600 kg ja vuosina 2005–2009 noin 2 300 kg.

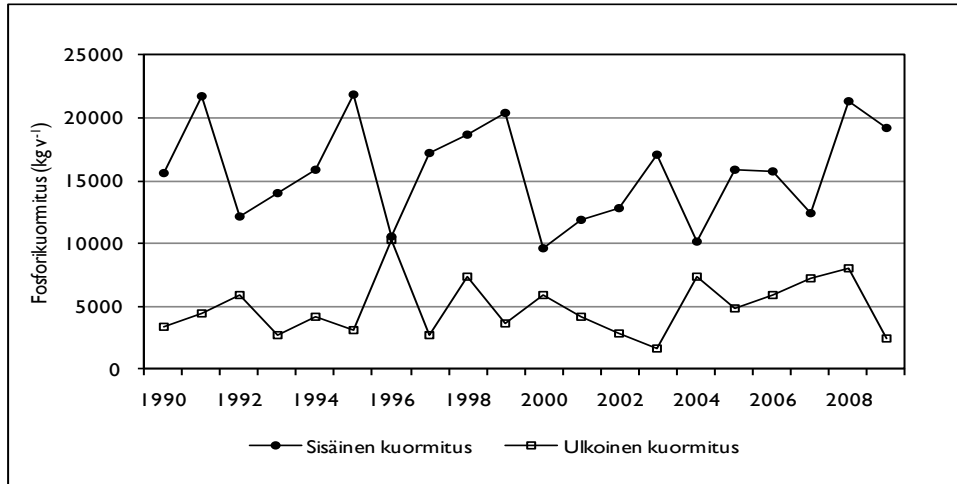


Kuva 6. Kokonaisfosforin keskimääräinen brutto- ja nettosedimentaatio (kg v⁻¹) Tuusulanjärvessä vuosina 1990–2009.

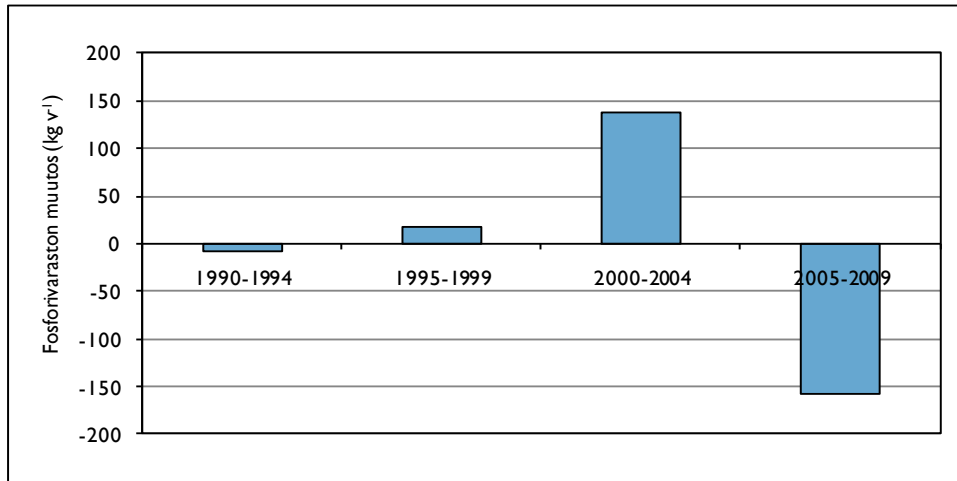
1.4.3 Sisäinen kuormitus

Kauan jatkuessaan suuri ulkoinen kuormitus aiheuttaa järvessä sisäistä kuormitusta. Sedimentaation myötä pohjalle kertynyt orgaaninen aines alkaa hajotessaan kuluttaa happea ja jos pohja muuttuu hapettomaksi, sedimentoitunut aines voi vapauttaa pidättämänsä fosforia yläpuoliseen vesimassaan. Tuusulanjärven sisäinen kuormitus on voimakasta, vuosina 1990–2004 keskimäärin 15 000 kg/a ja vuosina 2005–2009 keskimäärin 16 300 kg/a (kuva 7).

Sisäistä kuormitusta voidaan estää vähentämällä ulkoista kuormitusta sekä varmistamalla sedimentin hapellisuus mm. hapettamalla. Hapetuksessa on onnistuttu hyvin viime vuosina. Järveen tulevan suuren ulkoisen kuormituksen takia vesivaraston fosforin määrä kasvoi vuosina 2000–2004 ja väheni vuosina 2005–2009 (kuva 8). Vuosien 1990–2009 aikana vesivaraston fosforisisällön arvo oli keskimäärin 0 kg v⁻¹ eli järveen tuli vuosittain ulkoisen ja sisäisen fosforikuormituksen myötä yhtä paljon fosforia kuin sieltä poistui luusuan, kalansaaliiden, niitettyjen kasvien ja sedimentoitumisen myötä.



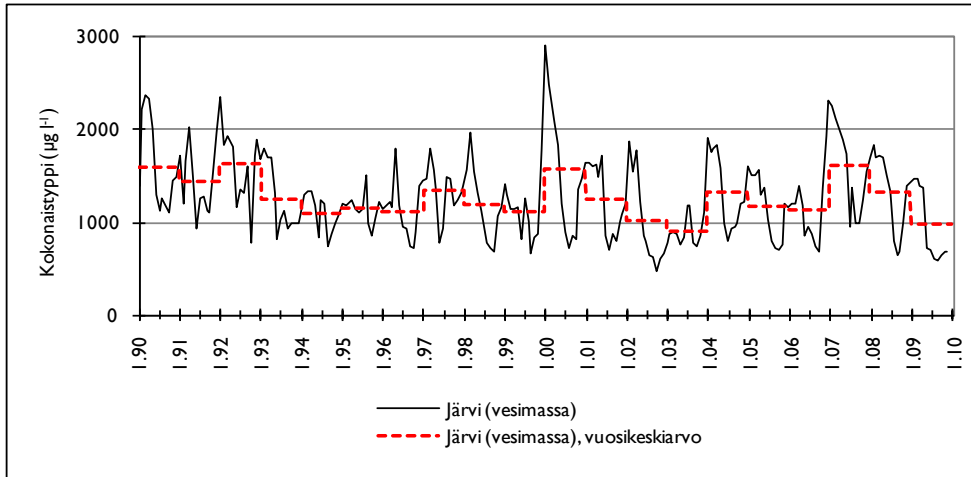
Kuva 7. Tuusulanjärven fosforikuormitus (kg v⁻¹) vuosina 1990–2009.



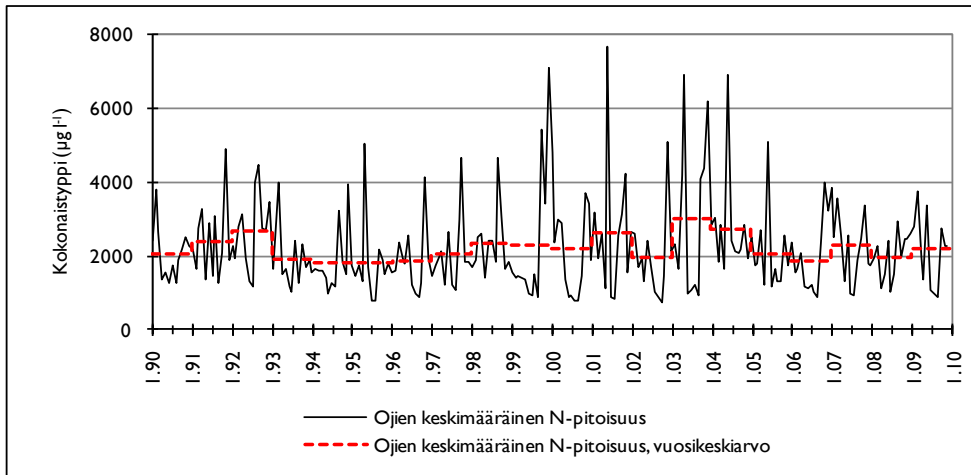
Kuva 8. Tuusulanjärven vesimassan fosforisisällön muutos vuosina 1990–2009.

1.5 Typpitase

Tuusulanjärveen laskevien Mäyränojan ja Sarsalanojan typpipitoisuus pysyi keskimäärin saman suuruisena vuosina 1990–2009 (kuva 9). Tuusulanjärven vesimassan kokonaistyppipitoisuuden kesän suurimmat arvot ovat samaan aikaan pienentyneet (kuva 10). Tämä johtuu mahdollisesti ilmakehän typpeä sitovien sinilevien vähenemisestä viime vuosina. Vesimassaan tuli näin ollen vähemmän typpeä kuin vuosina jolloin sinileviä esiintyy runsaammin.



Kuva 9. Tuusulanjärveen laskevien Mäyränojan ja Sarsalanojan keskimääräinen typpipitoisuus vuosina 1990–2009.



Kuva 10. Tuusulanjärven kokonaistyyppipitoisuus vuosina 1990–2009.

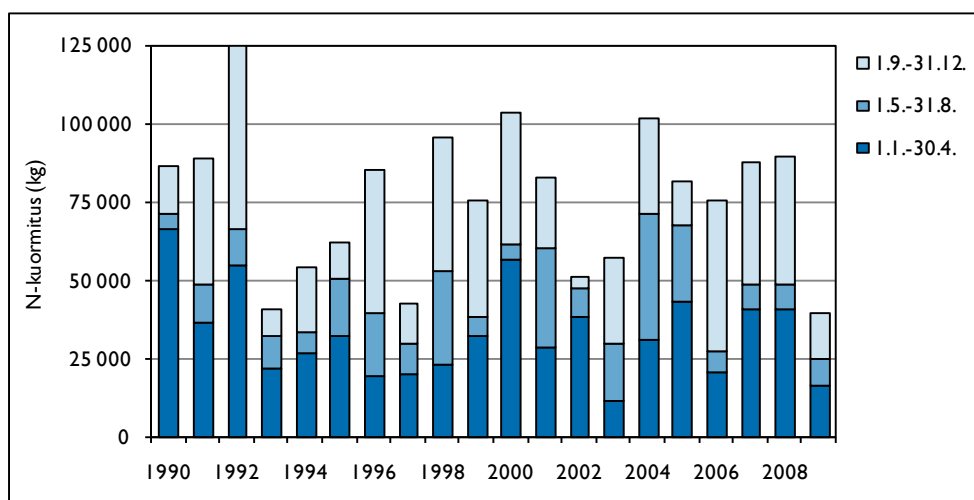
Typpikuormitus oli fosforikuormituksen tavoin vahvasti sidoksissa sadantaan ja tulovirtaamaan, mutta se ei kasvanut aiempiin vuosiin nähden samassa suhteessa kuin fosforikuormitus. Vuosina 2005–2008 typpikuormitus oli suhteellisen suurta, mutta vuoden 2009 kuormitus jäi selvästi pienemmäksi (kuva 11).

Vuosina 2005, 2007 ja 2008 typpikuormitusta tuli paljon ja vuosien kuormitusmäärät olivat tammi-huhtikuun jaksoilla lähes samansuuruiset (40 000–43 000 kg, kuva 11). Tammi-huhtikuun typpikuormitus oli noin puolet pienempää vuosina 2006 ja 2009, jolloin myös tulovirtaama järveen oli pieni.

Typhen huuhtoutuminen vesistöihin kesäaikaan on yleensä vähäistä, sillä kasvit pidättävät ja käyttävät typpeä tehokkaasti kasvukauden aikana. Vuosi 2005 oli poikkeuksellinen, sillä voimakkaat kesäsateet kasvattivat touko-elokuun kuormitusta (24 500 kg, 30 % koko vuoden typpikuormituksesta). Vuosina 2006–2009 touko-elokuun typpikuormitus oli melko alhaista (7 000–10 000 kg, 9 % koko vuoden typpikuormituksesta).

Syksyllä kasvipeitteisyyden vähentyessä typpeä voi jäädä maahan alttiiksi huuhtoutumiselle. Syys-joulukuussa 2005 tämä huuhtoutuminen oli vähäistä, koska maaperästä oli todennäköisesti jo huuhtoutunut paljon typpeä kesä-elokuun sateiden mukana. Vuosina 2006–2008 runsaat syysateet sen sijaan huuhtoivat maasta typpeä vesistöihin ja kuormitus kasvoi suureksi (39 000–48 000 kg). Vuoden

2009 aikana maassa ei todennäköisesti ollut enää suuria määriä ylimääräistä typpeä, minkä ansiosta typpikuormitus jäi alhaiseksi. Pieneen kuormitukseen vaikutti myös vähäinen sadanta.



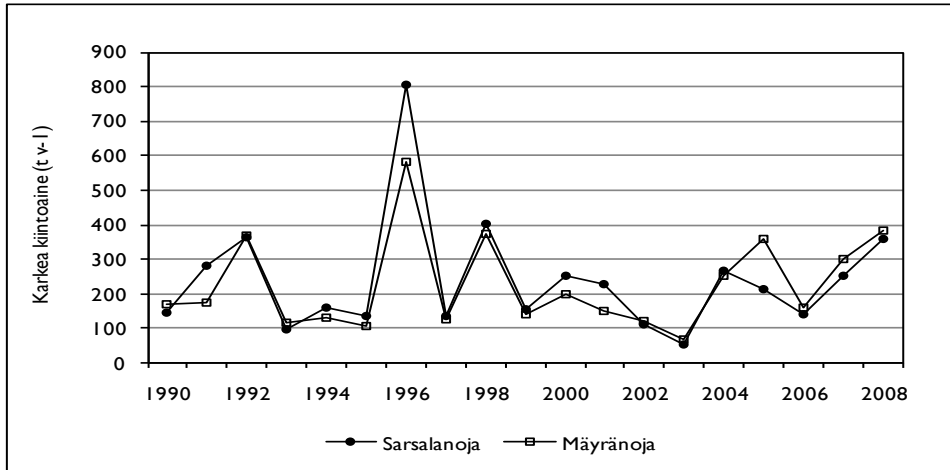
Kuva 11. Tuusulanjärven ulkoinen typpikuormitus (kg) vuosina 1990–2009 kolmasosavuosittain.

Typpeä tuli vuosina 2005–2009 Tuusulanjärveen keskimäärin 71 800 kg v⁻¹ ja sitä poistui luusuan kautta ja kalansaaliin ja niitettyjen kasvien mukana noin 43 000 kg v⁻¹. Typen nettopidättyminen Tuusulanjärveen oli keskimäärin 34 000 kg v⁻¹.

1.6 Kiintoainekuormitus Sarsalan- ja Mäyränoista

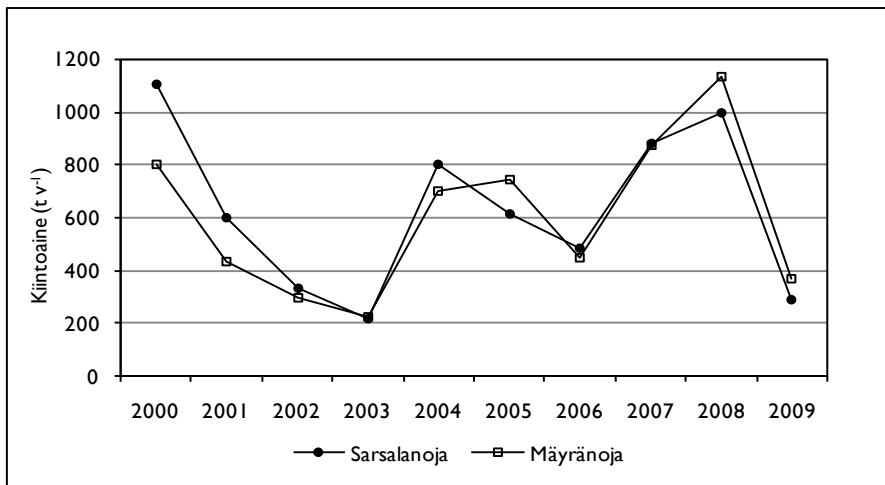
Sarsalan- ja Mäyränojen kiintoainepitoisuutta seurataan kuukausittain. Karkeajakoisen kiintoaineen kuormitusta seurattiin vuosina 1975–2008, jolloin näytevedet suodatettiin lasikuitusuodattimien läpi. Lasikuitusuodatin ei kuitenkaan kerää talteen hienojakoista saviainesta. Sen takia vuodesta 2000 lähtien näytevesiä on suodatettu myös 0,4 µm suodattimien läpi, jotka keräävät talteen myös hienojakoisemman vedessä kulkeutuvan aineksen.

Mittausten mukaan Sarsalanoja kuljetti Tuusulanjärveen vuosina 1990–2008 keskimäärin 241 t v⁻¹ karkeajakoista kiintoainesta ja Mäyränoja 225 t v⁻¹. Mäyränojan kuormitus oli alhaisempaa kuin Sarsalanojan kuormitus vuosina 1990–2004, mutta hieman suurempaa vuosina 2005–2008 (kuva 12). Suurin ero ojien kiintoainekuormituksessa oli vuonna 2005, jolloin Mäyränojan yläjuoksua ruopattiin ja irtonaista maa-ainesta kulkeutui ojassa alajuoksulle päin. Kiintoainesta tyhjennettiin Mäyränojan kosteikon alkupäästä kesäkuussa 2007, jolloin poistettava lietemäärä oli 50 m³ (Juha Kuvaja, suullinen tiedonanto 10.11.2009). Sarsalanojan varressa olevaan Rantamon kosteikkoon sedimentoitui vuosina 2002–2003 kiintoainesta keskimäärin 20 t v⁻¹ (Koskiaho & Puustinen 2003). Sarsalanojaa ruopattiin keväällä 2008, mikä saattoi kasvattaa ojaveden kiintoainepitoisuutta. Sarsalanojassa kulkeutunutta kiintoainesta tyhjennettiin Rantamon kosteikon alkupäästä ja kosteikon syvää osaa laajennettiin helmikuussa 2009, jolloin lietettä ja maa-ainesta poistettiin altaasta arviolta 2 400 m³.



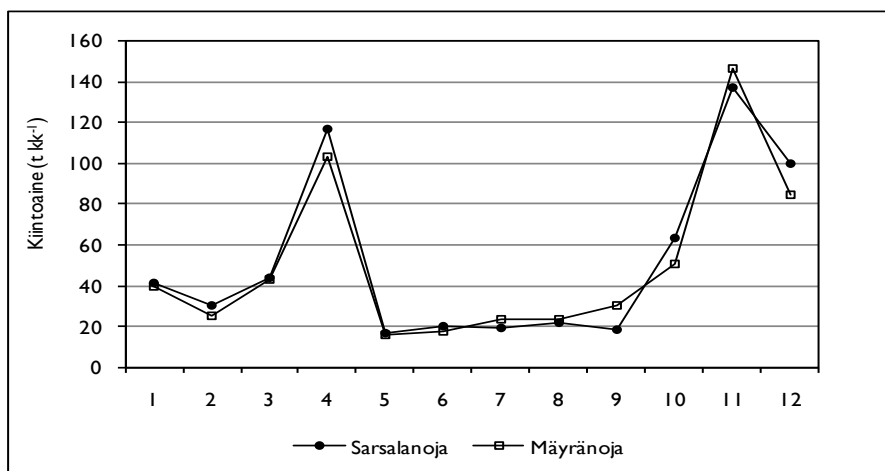
Kuva 12. Sarsalanojan ja Mäyränojan kuljettama karkeajakoinen kiintoainekuormitus ($t v^{-1}$) Tuusulanjärveen vuosina 1990–2008.

Kuivina vuosina 2006 ja 2009 ojavesissä kulkeutui vain vähän kiintoainesta, kun taas vuosien 2007 ja 2008 leutojen talvien aikana kiintoainekuormitus oli suurta (kuva 13). Muiden Tuusulanjärveen laskevien ojien kiintoainekuormitusta ei ole seurattu, mutta ojien valuma-alueiden pienemmän peltoprosentin takia voidaan olettaa, että niiden mukanaan tuoma kiintoainekuormitus on vähäisempää kuin Mäyränojan ja Sarsalanojan.



Kuva 13. Sarsalanojan ja Mäyränojan kuljettama kiintoainekuormitus ($t v^{-1}$) vuosina 2000–2009. Käyrät kuvaavat kiintoainetta, jotka suodatetaan vedestä $0,4 \mu m$ suodattimen läpi.

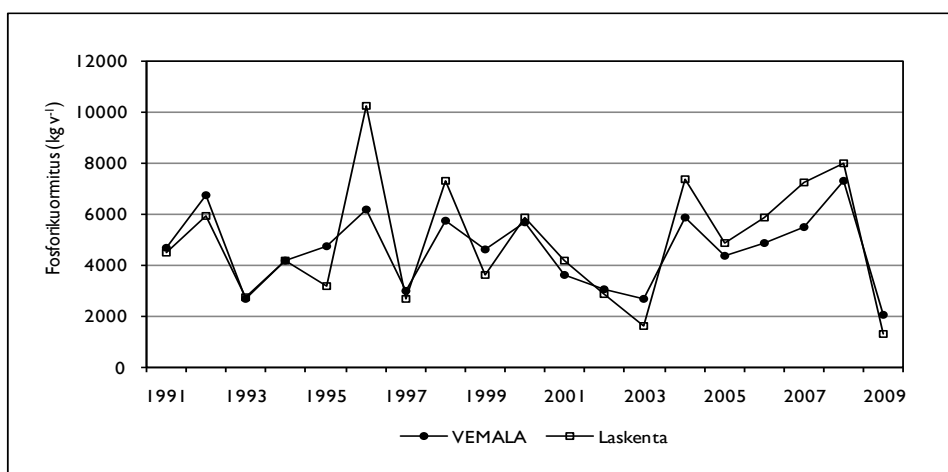
Ojissa kulkeutuvasta kiintoaineksestä noin 60 % on hienojakoista saviainesta ja loput karkeampaa ainesta. Sarsalanoja kuljetti Tuusulanjärveen ajanjaksolla 2000–2008 keskimäärin $669 t v^{-1}$ hieno- ja karkeajakoista kiintoainesta ja Mäyränoja $629 t v^{-1}$ (kuvat 12 ja 13). Eroosio Sarsalanojan valuma-alueen pelloilta oli keskimäärin $800 kg ha^{-1}$ ja Mäyränojan valuma-alueen pelloilta $1100 kg ha^{-1}$. Eroosio suomalaisilta pelloilta on noin $600 kg ha^{-1}$ (Puustinen ym. 2007), joten eroosio ojien valuma-alueilta oli keskimääräistä suurempaa. Vuosina 2000–2009 keskimääräinen kiintoainekuormitus oli korkeimmillaan huhtikuussa ($100\text{--}120 t kk^{-1}$) sekä marraskuussa (noin $150 t kk^{-1}$) (kuva 14).



Kuva 14. Keskimääräinen kiintoaineen kuormitus (t kk⁻¹) eri kuukausina Sarsalan- ja Mäyränoista Tuusulanjärveen vuosina 2000–2009. Käyrät kuvaavat kiintoainetta, joka suodatetaan vedestä 0,4 µm suodattimen läpi.

I.7 Kuormituksen arviointi vedenlaatumalleilla

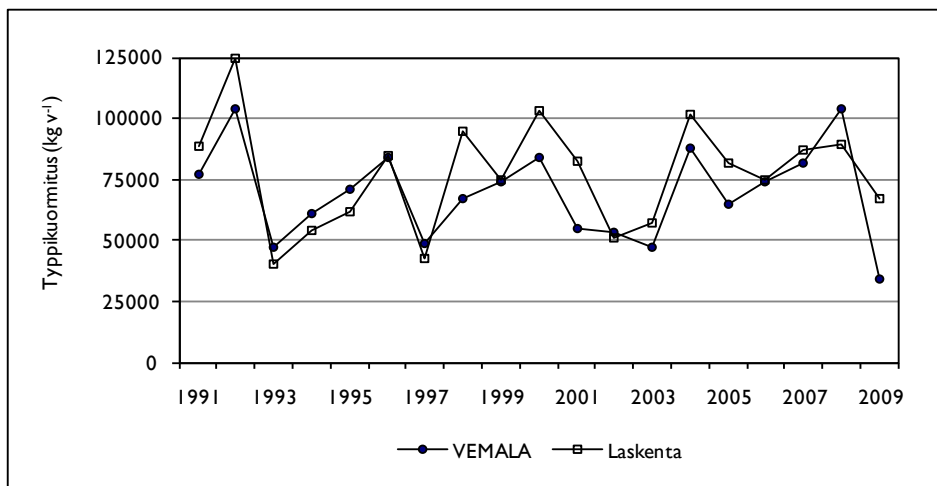
Taselaskentaan perustuvat fosforikuormitusarviot olivat hieman korkeampia kuin vedenlaatumallin fosforikuormitusarviot, mutta tulokset vastasivat toisiaan melko hyvin (kuva 15). Tämä voi johtua siitä, että vesinäytteitä otetaan yleensä kerran kuukaudessa ja näytteiden pitoisuudet yleistetään koskemaan koko kuukautta. Virtaamahuippuihin ajoittuvat suuret pitoisuudet voivat johtaa kuormituksen yliarviointiin laskentaan perustuvassa arvioinnissa. Ojavesien fosforipitoisuuksia mitataan Haukkalanojasta sekä Mäyrän- ja Sarsalanojasta. Haukkalanojan pitoisuus käsitellään erikseen, mutta Mäyrän- ja Sarsalanojan pitoisuudet yleistetään koskemaan koko Tuusulanjärven valuma-alueetta. Näiden ojien valuma-alueella on suhteellisesti enemmän peltoja kuin muulla valuma-alueella ja siten suurempi kuormituspotentiaali. Tämä voi kasvattaa laskentaan perustuvaa kuormitusarviota.



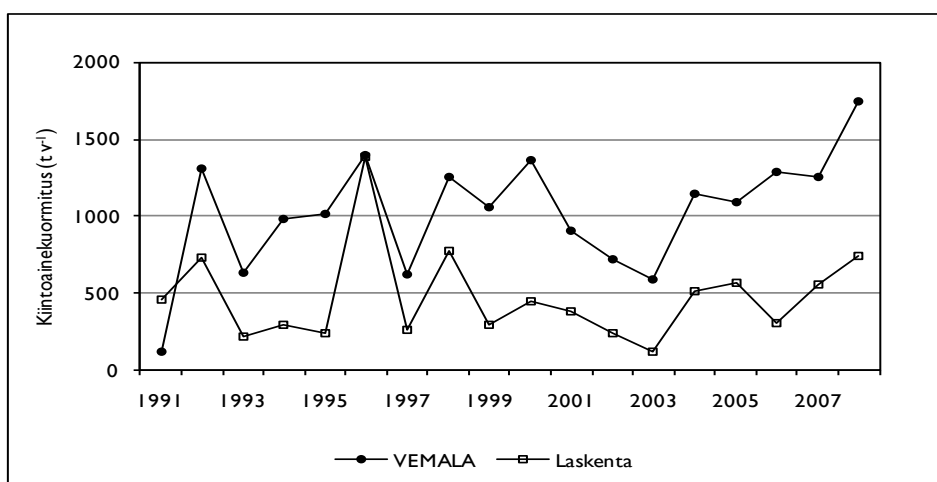
Kuva 15. Tuusulanjärveen tuleva fosforikuormitus (kg v⁻¹) vuosina 1991–2009. Laskentaan perustuvat arviot sekä vedenlaatumallilla (VEMALA) tehdyt arviot.

Vedenlaatumallin antama typpikuormitusarvio vastasi suhteellisen hyvin mitauksiin perustuvaa arviota (kuva 16). Laskenta antoi vähän korkeampia arvoja.

Kiintoainekuormitus kehittyi samankaltaisesti sekä vedenlaatumallissa että mittauksiin perustuvassa laskennassa (kuva 17). Vedenlaatumalli antaa kuitenkin arvi-
on koko Tuusulanjärveen tulevasta kiintoainekuormituksesta, kun mittaukset puo-
lestaan kuvaavat vain Mäyrän- ja Sarsalanojasta tulevaa kiintoainekuormitusta.
Näin ollen täysin yhdenvertainen vertailu ei ole mahdollista.



Kuva 16. Tuusulanjärveen tuleva typpikuormitus (kg v⁻¹) vuosina 1991–2009. Vedenlaatumallilla (VEMALA) tehdyt arviot ja taselaskentaan perustuvat arviot sekä



Kuva 17. Tuusulanjärveen tuleva kiintoainekuormitus (t v⁻¹) koko Tuusulanjärven valuma-alueelta vedenlaatumallilla (VEMALA) laskettuna sekä Mäyrän- ja Sarsalanojista tullut kiintoainekuormitus (laskenta) vuosina 1991–2009. Kiintoaineuella tarkoitetaan kiintoainesta, joka suodatetaan vedestä GF/C-lasikuitusuodattimen läpi.

1.8 Lopuksi

2000-luku on näyttänyt, että Tuusulanjärveen tulevan kuormituksen määrää säätelee voimakkaasti vuotuinen sadanta. Järven tuleva fosforikuormitus väheni vuoteen 2003 asti, mutta vuosina 2004–2008 se lisääntyi jälleen. Myös typpikuormitus oli suhteellisen suurta, mutta se ei lisääntynyt samassa suhteessa fosforikuormituksen kanssa. Vuoden 2009 vähäisten sateiden takia tammi-elokuun ravinnekuormitus valuma-alueelta oli toiseksi alhaisinta 1990–2000-lukujen aikana. Järven tulevan ulkoisen kuormituksen kehittyminen tulevaisuudessa riippuu pitkälti

ilmastonmuutoksen etenemisestä. Mikäli leudot talvet yleistyvät, on todennäköistä että kuormitus valuma-alueelta muodostuu jatkossa korkeaksi.

Tulevina vuosina valuma-alueella tehdyt toimenpiteet, kosteikot ja lannoituksen vähentäminen, tulevat vähentämään järveen tulevaa kuormitusta. Vaikka niiden vaikutus kuormitukseen on pienempi kuin hydrologisten tekijöiden, jokainen kuormituksen vähentämiseen tähtäävä toimenpide on tärkeä. Vain ulkoista kuormitusta pysyvästi pienentämällä järven tila saadaan kohenemaan.

LÄHTEET

- Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto. 1984. Tuusulanjärven kunnostussuunnitelma. Vantaa, Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto. 214 s.
- Kylmälä, P. 1996. Tuusulanjärven vesi- ja ainetaseet 1991–1995. [Kerava, Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto]. 6 s.
- Kylmälä, P. 1998. Tuusulanjärven vesi- ja ainetaseet 1991–1997. [Kerava, Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä]. 5 s.
- Maa ja Vesi Oy. 1999. Tuusulanjärven valuma-alueella sijaitsevan haja-asutusalueen vesihuollon yleissuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskus, Tuusulan kunta, Järvenpään kaupunki. 34 s.
- Marttila, J. 2004. Tuusulanjärven vesi-, fosfori- ja typpitaseet 1991–2002. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskus – monisteita 141. 74 s. ISBN 952-463-060-5 (nid.).
- Marttila, J. 2005. Maatalouden typpi- ja fosforitaseet Tuusulanjärven valuma-alueella 1990–2004. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskus – monisteita 170. 74 s. ISBN 952-463-112-1 (nid.).
- Ojanen, T. 1979. Tuusulanjärven typpi- ja fosforitase 1974–1979. Helsinki, Helsingin yliopisto, Limnologian laitos. Pro gradu-työ. 54 s.
- Koskiaho, J. & Puustinen, M. 2003. Rantamon kosteikko, Tuusula. Kiintoaineen ja ravinteiden pidättyminen 2002–2003. Suomen ympäristökeskus, kirjallinen tiedonanto 26.5.2004. 7 s.
- Puustinen, M., Tattari, S., Koskiaho, J. & Linjama, J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. *Soil & Tillage Research* 93, 44–55.
- Suomen ympäristökeskus 2009. Viiden vuorokauden aluesadanta Tuusulanjärven alueella 1.1.2005–30.9.2009. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. [Kirjallisia tiedonantoja.]
- Turunen, R. 1981. Tuusulanjärven typpi- ja fosforitase 1978–1980. Helsinki, Vesihallitus. Vesihallituksen monistesarja 88. 42 s. ISSN 0358-7169.