



Konneveden kunta

# PYHÄJÄRVEN VALUMA-ALUEEN KUNNOSTUSSUUNNITELMA

31.10.2022

Konneveden kunta

Johanna Mykkänen

Envineer Oy

Lasse Varis

Eeva Kauppinen

Janne Nuutinen

Saara-Maria Muurinen

[etunimi.sukunimi@envineer.fi](mailto:etunimi.sukunimi@envineer.fi)

[www.envineer.fi](http://www.envineer.fi)

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinnumero: 11186-001

# SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto .....	4
2	Pyhäjärvi .....	4
2.1	Pyhäjärven sijainti ja ympäristö.....	4
2.2	Pyhäjärven nykytila ja historia.....	5
2.3	Kunnostuksen tavoitteet ja suunnittelun periaatteet .....	6
3	Maastokartoitukset ja tutkimukset.....	7
3.1	Maastokartoitukset ja tupailta .....	7
3.2	Virtaama ja vedenlaatu .....	7
3.3	Kuormitus .....	10
3.3.1	Vedenlaatuun ja virtaamiin perustuva kuormitusarvio.....	10
3.3.2	Maankäyttöön perustuva kuormitusarvio .....	11
3.3.3	Ulkoisen fosforikuormituksen sietokyky ja vähentämistarve .....	14
4	Suunnitellut toimenpiteet .....	15
4.1	Vesiensuojelurakenteiden kuvaukset .....	15
4.1.1	Kosteikko .....	15
4.1.2	Laskeutusallas.....	16
4.1.3	Uomakunnostus.....	16
4.2	Yleistä vesiensuojelurakenteiden toteuttamisesta .....	17
4.3	Valitut kunnostuskohteet.....	17
4.3.1	Kohde 1 - uomakunnostus .....	18
4.3.2	Kohde 2 - laskeutusallas.....	19
4.3.3	Kohde 14 - kosteikko.....	20
4.3.4	Kohde 16 - laskeutusallas .....	22
4.3.5	Kohde 24 - kosteikko.....	23
4.3.6	Kohde 25 - laskeutusallas .....	24
4.4	Arvio vesiensuojelurakenteilla saatavasta kuormitusvähennyksestä .....	26
5	Johtopäätökset.....	28

# 1 JOHDANTO

Pyhäjärvi on Konneveden ja Äänekosken rajalla sijaitseva Natura 2000 -verkostoon kuuluva matala humusjärvi. Pyhäjärvi on linnustollisesti arvokas järvi. Järvi on matala ja sen suurimpana uhkana on umpeenkasvu, joka on saanut alkunsa, kun järven pintaa on laskettu peltojen ja metsien kuivattamiseksi vuonna 1959.

Pyhäjärven kunnostuksen tavoitteena on umpeenkasvun estäminen ja monipuolisen kasvillisuuden olemassaolon turvaaminen. Suunnitellut toimenpiteet tähtäävät erityisesti kiintoaineksen ja ravinteiden kulkeutumisen vähentämiseen ja niiden pidättymiseen valuma-alueelle.

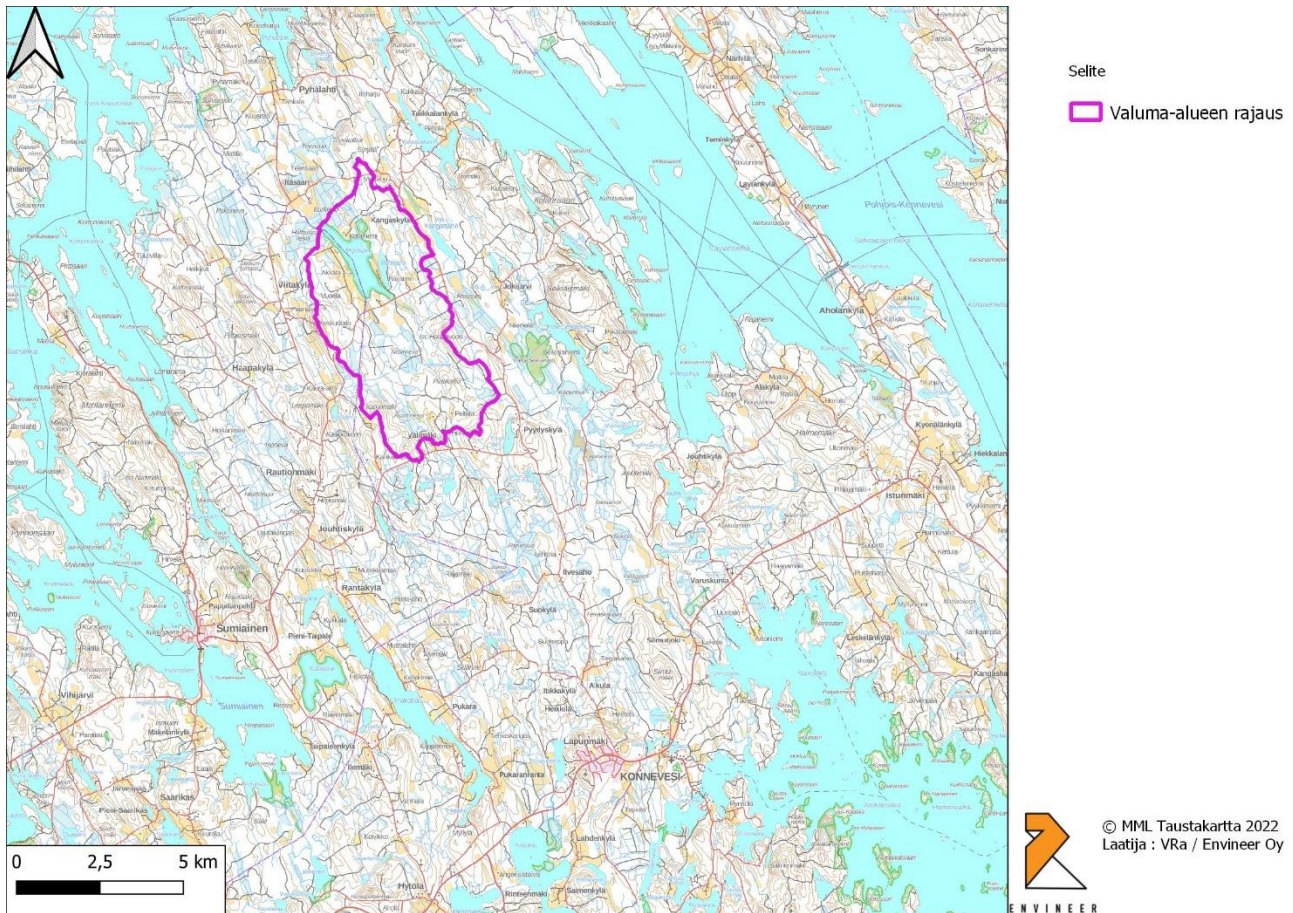
Hankkeen aikana laadittiin valuma-alueen kunnostussuunnitelma. Kunnostuskohteet valittiin siten, että ne olisivat helposti saavutettavissa koneilla ja pyrittiin valitsemaan kustannustehokkaimmat ratkaisut. Suunnittelussa otettiin myös huomioon maastonmuodot ja ympäröivä maisema siten, että kukin toimenpide istuisi maaston muotoihin ja maisemaan mahdollisimman hyvin.

## 2 PYHÄJÄRVI

### 2.1 Pyhäjärven sijainti ja ympäristö

Pyhäjärvi (n.140 ha) on Konneveden ja Äänekosken rajalla sijaitseva Natura 2000 -verkostoon kuuluva matala humusjärvi. Se sijaitsee noin 16 km päässä Konneveden keskustasta kaakkoon haja-asutusalueella (kuva 1). Järvi kuuluu Kymijoen valuma-alueen (14) Pyhäjoen osavaluma-alueeseen (14.429). Järven ympäristössä on ojitettuja soita ja metsiä sekä peltoja. Eteläpuolella järveen laskee Palamaoja, joka saa vetensä soilta ja metsistä, sekä Pyhänen-lammesta lähtevä oja. Järvi on yhteydessä länsipuolella sijaitsevaan pieneen, mutta noin 14 m syvään Pirttijärveen. Pirttijärven ja Pyhäjärven välinen oja on kaivettu. Pyhäjärvestä vedet laskevat Pyhäjokea pitkin Keiteleeseen.





Kuva 1. Pyhäjärvi (14.429.1.002) ja sen valuma-alue.

## 2.2 Pyhäjärven nykytila ja historia

Pyhäjärvi on linnustollisesti arvokas järvi. Järvi on matala (80–100 cm) ja sen viipymä on lyhyt, noin 64 vrk (Vesistömallijärjestelmä, Vemala, Järvikohtaiset tiedot).

Pyhäjärven vedenlaadusta on seurantatuloksia vuosilta 1984–2021 (n=10) (Ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta). Vuoden 2021 tulosten (n=4) perusteella Pyhäjärvi on rehevä (Kok.P 26–52 µg/l, ka. 38,25 µg/l). Typen keskipitoisuus on korkea (ka. 1740 µg/l, vaihteluväli 960–3100 µg/l), ilmentäen veden humuksisuutta (väriluku 140–230 mgPt/l, ka. 175 mgPt/l). Kokonaisravinnesuhteen perusteella Pyhäjärvi on fosforirajoitteinen (N/P ka. 27). Veden klorofyllipitoisuus on ollut ka. 27,5 µg/l, ilmentäen erittäin reheviä (20–50 µg/l) olosuhteita. Veden pH on vaihdellut välillä 6–6,6 (ka. 6,3), ollen lievästi hapanta. Pyhäjärven vesi on pääosin lievästi sameaa (2,2–5,8 FNU, ka. 4,2 FNU).

Pyhäjärven rannoilla kasvaa matala luhtavyöhyke. Suojellun alueen koko on 176 ha. Tästä alasta suurin osa, 121 ha, on vaihettumissoita ja luhtia. Muita suojelun perusteena olevia luontotyyppisiä ovat humuspitoiset järvet ja lammet (50 ha) ja puustoiset suot (2 ha). Suojelun perusteina olevia lintulajeja on alueella 29 ja lisäksi alueella elää kaksi uhanalaista lajia. Alue on yksi Keski-Suomen arvokkaimpia lintuvesikohteita, ja se toimii sekä levähdys- että pesimisalueena.

Järven rantoja reunustavat rantaluhdut ovat lajistoltaan monipuolisia. Aikaisempien selvitysten perusteella vallitsevin luhtakasvustotyyppi on saraluhka, ja muita tyyppisiä ovat pajuluhta ja korteluhta. Alueella on myös osmankäämi- ja palpakkokasvustoja sekä vesikuusi ja

vesiruttokasvustoja. Järven syvempiäkin osia peittää laaja ja paikoin tiheä kelluslehtisten kasvien kasvusto. Erityisesti järven kaakkoiskärki on hyvin umpeenkasvanut.

Rehevästä kasvillisuudestaan ja mataluudestaan huolimatta järven kalasto on rakenteeltaan terve. Osasyynä tähän saattaa olla se, että kalat liikkuvat Pyhäjärvestä Pirttijärveen tai Keiteleeseen ja palaavat takaisin. Järvellä harjoitetaan ainakin jonkin verran kalastusta. Muita virkistyskäyttömuotoja ovat lintujen metsästys sekä lintubongaus. Tätä tarkoitusta varten järven länsilaidalla on lintutorni.

Järven suurimpana uhkana on umpeenkasvu, joka on saanut alkunsa, kun järven pintaa on laskettu peltojen ja metsien kuivattamiseksi vuonna 1959. Pinnan laskemista yritettiin myöhemmin estää pohjapadolla, mutta se ei auttanut umpeenkasvuun. Umppeenkasvua kiihdyttävät lisäksi alueen metsä- ja suo-ojat, joiden kautta järveen päätyy kiintoainesta. Järveä on sittemmin ruopattu 2000-luvulla umpeenkasvun estämiseksi.

<https://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Luonto/Suojelualueet/Natura\\_2000\\_alueet/Pyhajarven\\_lintuvesi\(5393\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Pyhajarven_lintuvesi(5393))

## 2.3 Kunnostuksen tavoitteet ja suunnittelun periaatteet

Pyhäjärven kunnostuksen tavoitteena on umpeenkasvun estäminen ja monipuolisen kasvillisuuden olemassaolon turvaaminen. Järven umpeen kasvaessa myös sen kyky pidättää ravinteita heikkenee, jolloin kuormitus Keiteleeseen lisääntyy. Kunnostuksella pyritään myös säilyttämään Natura-alueen linnusto-olosuhteiden ominaispiirteet. Jo nyt tehtyjen selvitysten perusteella linnuston tila on heikentynyt. Kunnostustoimilla voidaan myös parantaa järven virkistyskäyttöä.

Pyhäjärven kunnostamiseksi on esitetty sekä järven sisäisiä toimia sekä valuma-alueen kunnostusta (Pihlaja, 2021). Järven sisäisillä toimilla, kuten ruoppauksella ja vesikasvien niitolla, pyritään parantamaan eliöstön elinolosuhteita ja järven virkistyskäyttömahdollisuuksia lyhyellä aikavälillä. Sisäisten toimenpiteiden tavoitteena on kasvattaa järven vesisyvyyttä sekä poistaa ravinteita järvestä.

Tässä hankkeessa keskityttiin valuma-aluekunnostukseen, tavoitteena vähentää järveen päätyvää kuormitusta pitkällä aikavälillä. Kunnostustoimenpiteitä ovat mm. laskeutusaltaiden ja kosteikkojen rakentaminen sekä uomakunnostus. Toimenpiteet tähtäävät erityisesti kiintoaineiden ja ravinteiden kulkeutumisen vähentämiseen ja niiden pidättymiseen valuma-alueelle. Toimenpiteiden etuna on myös kustannustehokkuus: yhden ruoppauksen hinnalla pystytään rakentamaan useita laskeutusaltaita, jotka toimivat pitkään.

Tämä suunnitelma käsittää valuma-alueen kunnostussuunnitelman. Kohteet valittiin siten, että ne olisivat helposti saavutettavissa koneilla. Valituille kohteille pyrittiin valitsemaan kustannustehokkaimmat ratkaisut. Suunnittelussa otettiin myös huomioon maastonmuodot ja ympäröivä maisema siten, että kukin toimenpide istuisi maaston muotoihin ja maisemaan mahdollisimman hyvin.

## 3 MAASTOKARTOITUKSET JA TUTKIMUKSET

### 3.1 Maastokartoitukset ja tupailta

Kartta- ja valuma-aluearajaustarkastelun perusteella valittiin alueita, joille maastokäynnit kohdistettiin. Jonkin verran vinkkejä kohteista saatiin myös paikallisilta maanomistajilta. Edellisten perusteella valittiin 25 kohdetta, jotka käytiin tarkastamassa maastokäynneillä. Toukokuun puolivälin maastokäynnillä otettiin myös vesinäytteet ja mitattiin virtaamat suurimmista Pyhäjärveen laskevista uomista.

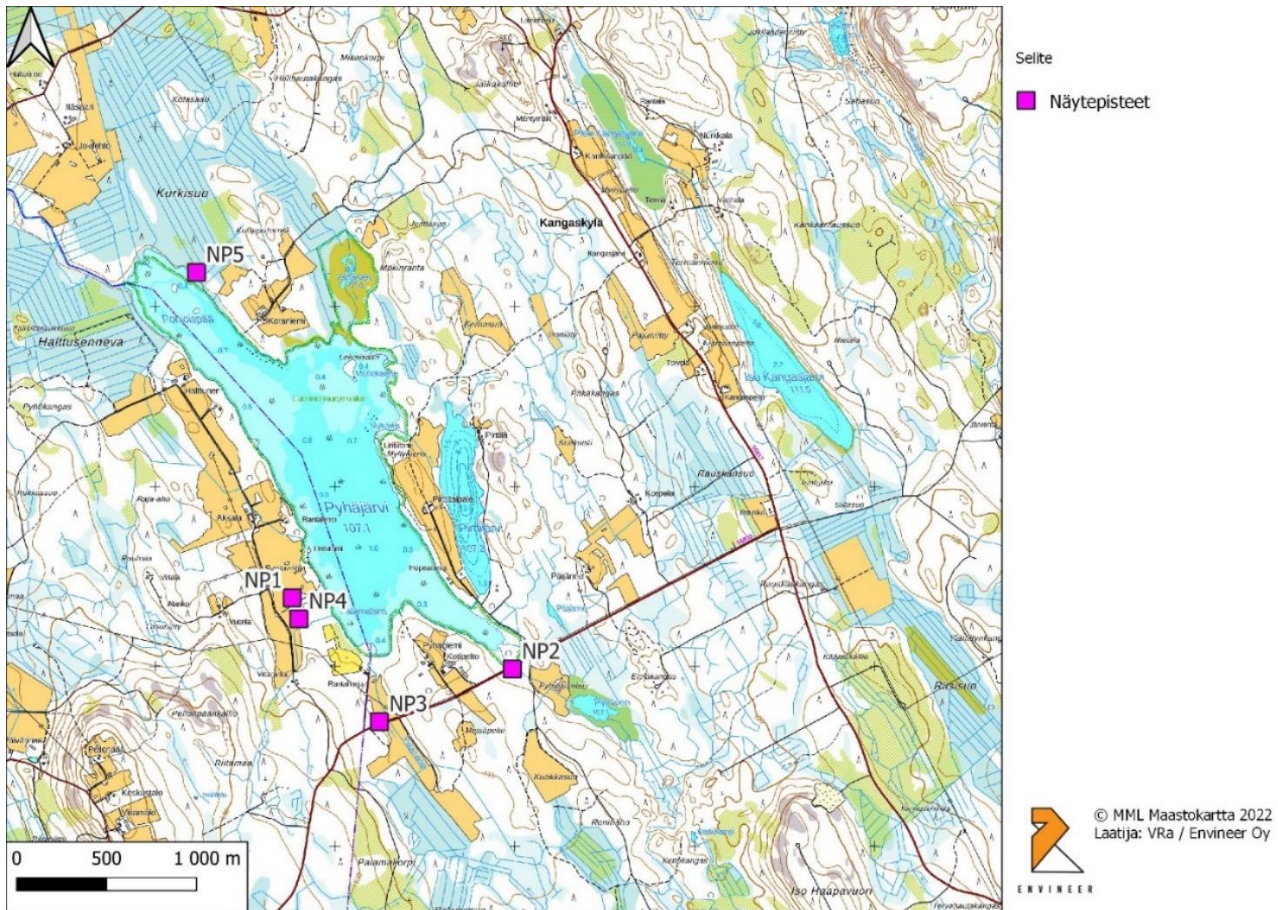
Alueen maanomistajille pidettiin tupailta 7.6.2022, jossa hanketta ja sen peruseriaatteita esiteltiin yleisölle. Tupaillassa nousi esiin myös muutamia uusia mahdollisia kunnostuskohteita. Tupailan yhteydessä tutustuttiin myös mahdolliseen kosteikkokohteeseen.

Ennen kolmatta maastokäyntiä kunta kokosi maanomistajien suostumukset alustavan kohdeluettelon perusteella. Kolmas maastokäynti tehtiin 31.8.2022, jolloin halukkaille maanomistajille varattiin mahdollisuus tutustua kohteille sopiviksi katsottuihin menetelmiin, sekä esittää ajatuksia ja mielipiteitä hankkeeseen liittyen. Lopullinen kohteiden rajaus tehtiin maanomistajien suostumusten perusteella.

### 3.2 Virtaama ja vedenlaatu

Pyhäjärveen laskevien suurimpien ojien virtaama mitattiin toukokuun maastokäynnin yhteydessä. Ojista otettiin samassa yhteydessä myös vesinäytteet. Havaintohetkellä kevään tulvahuippu oli jo laskenut, mutta vettä oli vielä runsaasti liikkeellä. Näytepisteet on esitetty kuvassa 2 ja virtaamamittausten tulokset taulukossa 1.





Kuva 2. Vesi- ja virtaamanäytepisteet 17.5.2022 havaintokerralla.

**Taulukko 1. Pyhäjärveen laskevien tarkasteltujen ojien virtaamat 17.5.2022.**

Paikka	Nopeus (m/s)	Leveys (m)	Syvyys (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (l/s)
Kohde 16 (NP1)	0,1	3,5	0,3–0,8	2,2531	225,31
Kohde 25 (NP2)	0,1	1,7	0,5–0,65	0,88	88
Kohteet 1 ja 2 (NP3)	0,3–0,4	1,2	0,3–0,38	0,169 – 0,193	127,69
Kohde 14 (NP4)	0,1	0,7	0,15–0,24	0,1213	12,13
Kohde 24 (NP5)	0,1	1,0	0,3–0,5	0,395	39,5

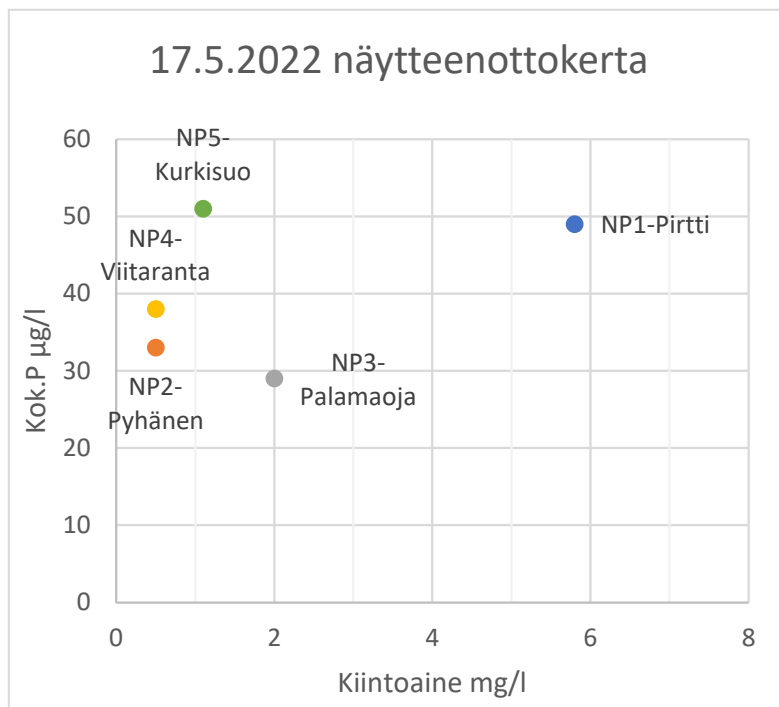
Tarkasteltujen ojien kiintoainepitoisuudet olivat Pirttijärven lähtöjoaa lukuun ottamatta pieniä toukokuun puolivälin havaintokerralla (taulukko 2), puhtaan veden kiintoainepitoisuuden ollessa alle 1 mg/l. Pirttijärven kiintoainepitoisuus oli toukokuun havaintokerralla selvästi muita korkeampi. Kiintoaineen laatua ei määritetty. Kiintoainepitoisuutta on voinut nostaa järvessä oleva biomassa (levät), mutta myös valuma-alueella tapahtunut eroosio.



**Taulukko 2. Pyhäjärveen laskevien ojien vedenlaatu 17.5.2022 havaintokerralla.**

	Kiintoaine	Kokonaistyyppi	Kokonaisfosfori
	mg/l	µg/l	µg/l
NP1-Pirttijärven lasku-uoma	5,8	1000	49
NP2-Pyhänen	<1	600	33
NP3-Palamaoja	2,0	690	29
NP4-Viitaranta	<1	610	38
NP5-Kurkisuola	1,1	1200	51

Pyhäjärveen laskevien tarkasteltujen ojien fosforipitoisuudet olivat toukokuun havaintokerralla tasolla 29-51 µg/l (ka. 40 µg/l), edustaen järvivesien rehevyysluokittelun tasoa rehevä (20-50 µg/l). Korkeimmat fosforipitoisuudet havaittiin Kurkisuolta ja Pirttijärvestä laskevissa ojissa. Pyhäjärveen laskevien ojien fosforipitoisuudet olivat lähes samalla tasolla kuin Pyhäjärven päällysveden fosforipitoisuus keskimäärin (2021: 26-52 µg/l, ka. 38 µg/l). Pirttijärvestä lähtevä fosfori korreloi selvästi kiintoaineen kanssa (kuva 3), kun taas Kurkisuon, Viitarannan ja Pyhännän osalta fosfori vaikutti olevan enemmän liukoisessa muodossa.



Kuva 3. Fosforin ja kiintoaineen suhde ojahavaintopaikoilla 17.5.2022.

Luonnontilaisten kirkkaiden vesien typpipitoisuudet ovat 200-500 µg/l, mutta humusvesissä hieman korkeampia (400-800 µg/l). Hyvin ruskeissa vesissä typpipitoisuudet voivat olla luonnostaankin yli 1000 µg/l. Pyhäjärveen laskevien ojien veden värilukua ei määritetty, mutta vastaanottavan Pyhäjärven havaintojen (2021: 140-230 mg/l Pt) perusteella siihen tulee erittäin humuspitoisia vesiä, joka selittää ojissa havaittuja typpipitoisuuksia. Korkeimmat typpipitoisuudet havaittiin Kurkisuolta ja Pirttijärvestä laskevissa ojissa.

## 3.3 Kuormitus

### 3.3.1 Vedenlaatuun ja virtaamiin perustuva kuormitusarvio

Tässä kappaleessa on tarkasteltu toukokuun havaintokerralla (17.5.2022) mitattujen virtaamien ja vedenlaadun perusteella laskettua hetkellistä Pyhäjärveen tarkastelluista ojista kohdistuvaa kuormitusta kiintoaineen, typen ja fosforin osalta. Tulokset on esitetty taulukossa 3.

Tarkasteluhetkellä, joka edustaa kevätylivirtaamakauden loppupuolta, suurin hetkellinen kiintoaineen, typen ja fosforin ainevirtaama havaittiin Pirttijärvestä laskevassa ojassa (taulukko 3). Valuma-alueen kokoon suhteutettuna ( $\text{kg}/\text{km}^2/\text{d}$ ) Kurkisuo oli kuitenkin ravinteiden osalta tarkastelluista ojista kuormittavin (taulukko 4 ja kuva 4). Myös Kurkisuo suunnalta tuleva kiintoainekuormitus oli havaintohetkellä valuma-alueen kokoon suhteutettuna suuri.

Vertailun vuoksi Pirttijärven suunnasta Pyhäjärveen siirtyvä fosforikuormitus laskettiin myös Pirttijärven päälysveden vuosien 1984, 1997 ja 2002 havaintotulosten (1 m ka.  $21,5 \mu\text{gKok.P}/\text{l}$ ,  $n=4$ ), sekä Pirttijärven vuosien 2012-2021 keskivirtaaman perusteella (lähtövirtaama ka.  $0,021 \text{ m}^3/\text{s}$ , eli  $21 \text{ l}/\text{s}$ ) (SYKE, Vesistömallijärjestelmä, Vemala-kuormitusmalli, järvikohtaiset tiedot, ladattu 11.10.2022). Pirttijärvestä lähteväksi kuormitukseksi saatiin em. arvoilla laskien  $0,04 \text{ kgP}/\text{d}$  ( $14 \text{ kgP}/\text{a}$ ). Tulos on hyvin lähellä Vesistömallijärjestelmän Vemala-kuormitusmallissa esitettyä arviota Pirttijärvestä lähtevästä kuormituksesta (ka.  $0,03 \text{ kgP}/\text{d}$ ,  $12 \text{ kgP}/\text{a}$ ). Vemala-kuormitusmallin mukaan Pirttijärvi pidättää noin 60 % tulevasta fosforikuormituksesta (tulokuormitus  $31,5 \text{ kgP}/\text{a}$  ( $0,086 \text{ kgP}/\text{d}$ )).

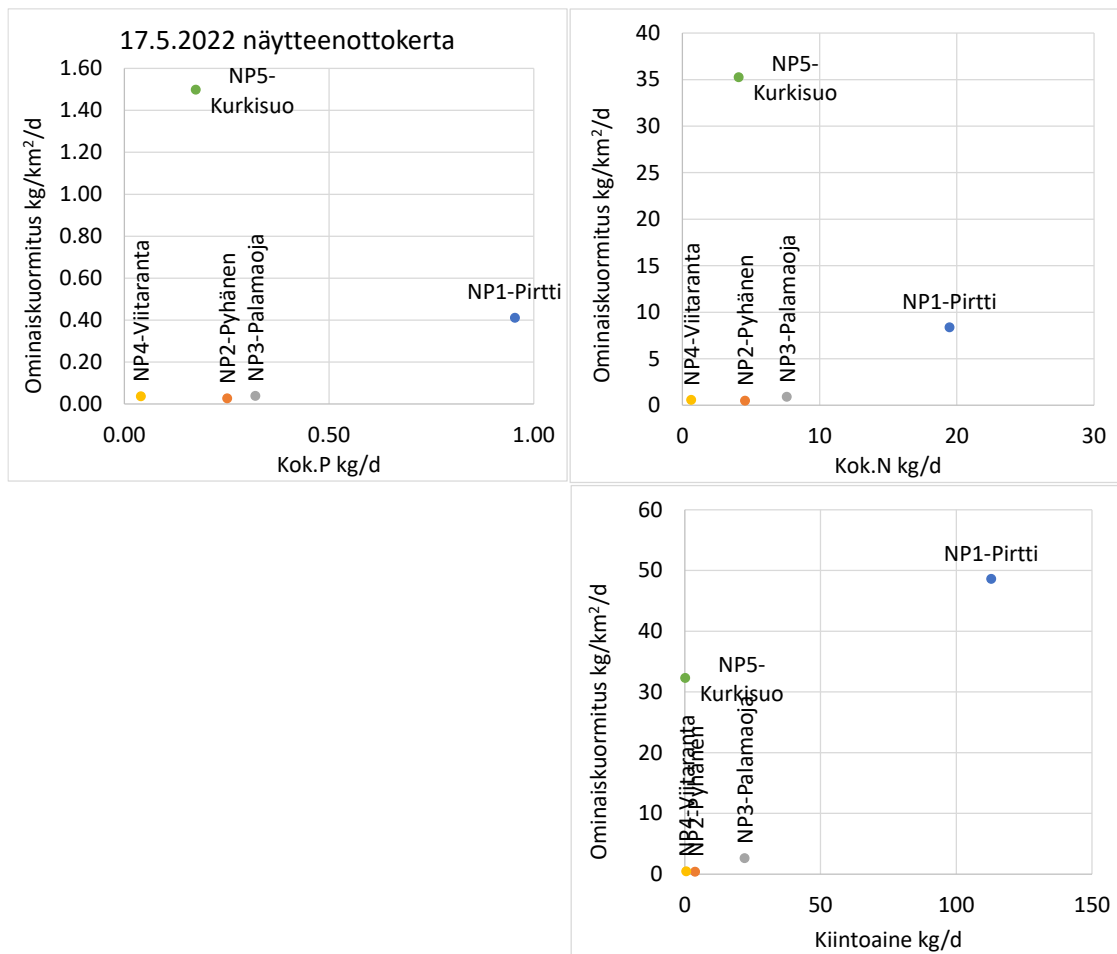
**Taulukko 3. Tarkasteltujen ojien ainevirtaama (kg/d) 17.5.2022 havaintokerralla.**

Havaintopaikka	Mitattu virtaama l/s	Kiinto-aine mg/l	Kok.N $\mu\text{g}/\text{l}$	Kok.P $\mu\text{g}/\text{l}$	K-aine kg/d	Kok.N kg/d	Kok.P kg/d	K-aine kg/a	Kok.N kg/a	Kok.P kg/a
NP1-Pirttijärven lasku-uoma	225.31	5.8	1000	49	112.9	19.5	0.95	41 211	7 105	348
NP2-Pyhänen	88	0.5	600	33	3.8	4.6	0.25	1 388	1 665	92
NP3-Palamaoja	127.69	2	690	29	22.1	7.6	0.32	8 054	2 779	117
NP4-Viitaranta	12.13	0.5	610	38	0.5	0.6	0.04	191	233	15
NP5-Kurkisuo	39.5	1.1	1200	51	3.8	4.1	0.17	1 370	1 495	64

**Taulukko 4. Tarkasteltujen ojien kuormitus suhteutettuna valuma-alueen kokoon, eli ominaiskuormitus ( $\text{kg}/\text{km}^2/\text{d}$ ) 17.5.2022 havaintokerralla (sisältää luonnon taustakuormituksen).**

Havaintopaikka	Valuma-alueen koko, $\text{km}^2$	Kiintoaine $\text{kg}/\text{km}^2/\text{d}$	Kok.N $\text{kg}/\text{km}^2/\text{d}$	Kok.P $\text{kg}/\text{km}^2/\text{d}$
NP1-Pirttijärven lasku-uoma	2.32	48.60	8.38	0.41
NP2-Pyhänen	9.27	0.41	0.49	0.03
NP3-Palamaoja	8.36	2.64	0.91	0.04
NP4-Viitaranta	1.09	0.48	0.58	0.04
NP5-Kurkisuo	0.12	32.31	35.25	1.50

Kaikkien tarkasteltujen valuma-alueiden fosforikuormitus oli toukokuun havaintokerralla luonnon taustakuormitusta suurempi (luonnon taustakuormitus 5 kgP/km<sup>2</sup>/a, eli 0,014 kgP/km<sup>2</sup>/d). Kiintoaineen osalta taustakuormitus on 1,4 kg/km<sup>2</sup>/d. Typen osalta vastaavaa taustakuormitusarvoa ei ole esitetty.



Kuva 4. Tarkasteltujen oijen kuormitus toukokuun havaintokerralla valuma-alueen pinta-alaan suhteutettuna (kg/km<sup>2</sup>/d).

### 3.3.2 Maankäyttöön perustuva kuormitusarvio

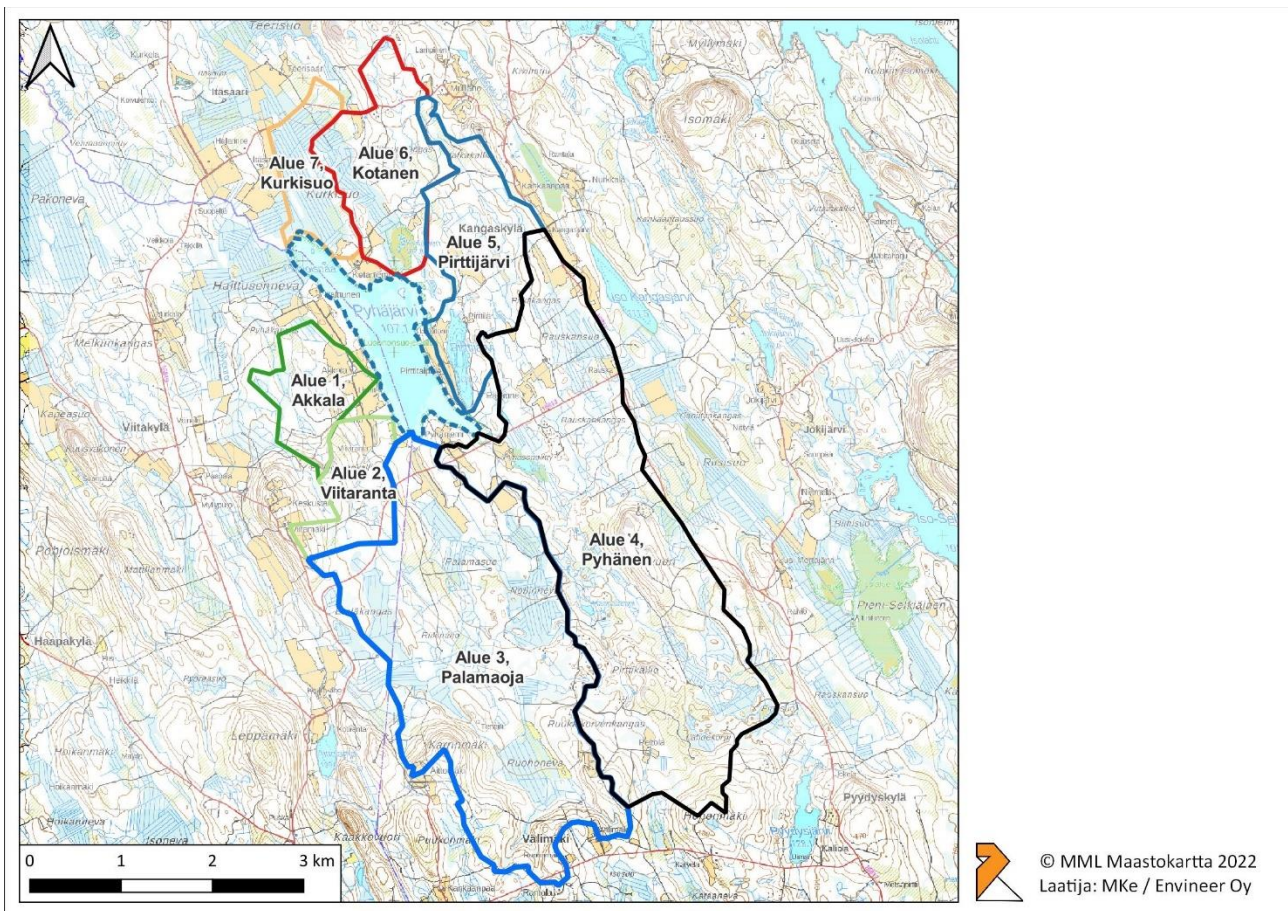
Pyhjärveen oijen kautta ja lähivaluma-alueelta tulevaa kokonaisfosfori- ja kiintoainekuormitusta arvioitiin myös maankäytön perusteella, käyttäen kirjallisuudesta löytyviä ominaiskuormitusarvoja. Laskennassa käytetyt ominaiskuormitusarvot on esitetty taulukossa 5. Pyhjärveen laskevien oijen valuma-alueiden koot, maankäyttö ja kuormitusarviot on esitetty taulukossa 6. Ravinteiden osalta laskenta tehtiin vain fosforille, joka on Pyhjärven perustuotantoa rajoittava minimiravinne (ks kappale 1.2).

Kuvassa 5 esitetyt valuma-alerajaukset perustuvat pääosin karttatarkasteluun. Maastossa tehtyjen havaintojen perusteella vesien kulku ojitetuilla alueella ei kuitenkaan vastaa täysin maastokartassa esitettyä, joten valuma-alueiden rajaukset eivät todennäköisesti kaikilta osin vastaa todellista.

**Taulukko 5. Maankäyttöön perustuvassa kuormitusarviossa käytetyt ominaiskuormitusluvut.**

	Ominaiskuormitus, fosfori kg/ha/a_ kg/hlö/a	Ominaiskuormitus, kiintoaine kg/ha/a_ kg/hlö/a
Maatalous (viljelyalueet)	0.9	610
Metsätalous	0.1	97
Haja-asutus (viemäröimätön, 50 % puhd.teho, 2 hlö/as.rak.)	0.4	5.2
Luonnonhuuhtouma (koko valuma-alueen maapinta-alalta)	0.05	5.1
Laskeuma (vesipinta-alalle)	0.1	0

Lähteet: Mattila, 2005. Seppälä, 2013. Tattari ym, 2015.



Kuva 5. Pyhäjärven laskevien ojien valuma-alueajaukset.

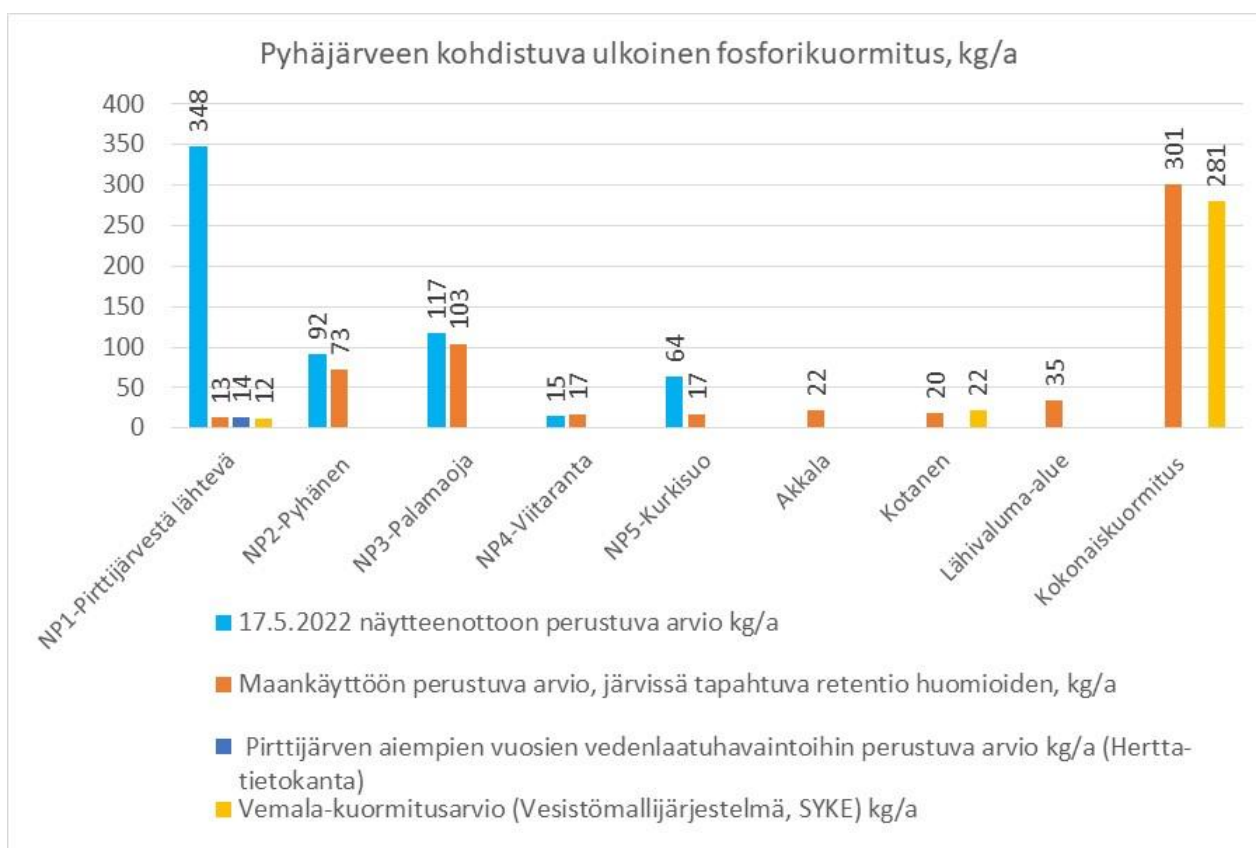
Vesistöt pidättävät valuma-alueelta tulevaa kuormitusta. Pirttijärven fosforinpidätyskyky on Vemala-kuormitusmallin mukaan 61 %. Kotasen ja Pyhäsen pinta-alat ovat pieniä suhteessa yläpuolisen valuma-alueen kokoon (0,4-1 %), joten niiden ravinteidenpidätyskyvyn (retention) arvioitiin olevan lyhyemmästä viipymästä johtuen Pirttijärveä pienempi, noin 30 %. Tällöin Pyhäsestä Pyhäjärveen siirtyvä fosforikuorma olisi 73 kg/a, ja Kotasesta siirtyvä 20 kg/a.

Taulukossa 6 esitettyä maankäyttöön perustuvaa kuormitusarviota voidaan pitää oikeantasoisena, sillä tulokset vastaavat Pirttijärven ja Pyhäjärven kokonaiskuormituksen osalta Suomen ympäristökeskuksen Vemala-kuormitusmallissa esitettyjä arvioita (281 kg/a, ka. 2012-2021, ladattu 11.10.2022) (kuva 6).



**Taulukko 6. Pyhäjärveen laskevien ojien valuma-alueet, maankäyttö ja maankäytön perusteella laskettu fosforikuormitusarvio, kaukovaluma-alueilla tapahtuva retentio (\*) huomioiden (Pirttijärvi -61 %, Pyhänen ja Kotanen -30%).**

	Akkala, Alue 1		Viitaranta, Alue 2		Palamaoja, Alue 3		Pyhänen, Alue 4		Pirttijärvi, Alue 5		Kotanen, Alue 6		Kurkisuo, Alue 7		lähivaluma-alue	
	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a	ha/ kpl	kg/a
<b>Valuma-alue, ha</b>	114		109		836		927		232		207		100		94	
Metsä/suo	93		92		462		677		181		94				63	
Maatalous	18	16	11	10	28	25	34	30	18	16	8	7	3	2	31	28
Metsätalous	3	0	7	1	346	35	214	21	16	2	103	10	97	10		
Haja-as. (hlö)	6	2	2	1	4	2	14	6	6	2					12	2
Luonnon taustakuorm. (sis. metsä/suo)	114	6	109	6	836	42	927	46	232	11	207	10	100	5	94	5
Laskeuma							3	0,4	17	2	2	0				
kg/a		24		17		103		104		32		28		17		35
<b>Kuormitus Pyhäjärveen kg/a*</b>		<b>24</b>		<b>17</b>		<b>103</b>		<b>*73</b>		<b>*13</b>		<b>*19,5</b>		<b>17</b>		<b>35</b>
<b>kg/km<sup>2</sup>/a</b>		<b>22</b>		<b>15</b>		<b>12</b>		<b>8</b>		<b>5</b>		<b>9</b>		<b>17</b>		<b>37</b>
<b>Kokonaiskuormitus Pyhäjärveen fosfori 301 kg/a</b>																



Kuva 6. Pyhäjärven ulkoinen fosforikuormitus eri menetelmin arvioituna (kgP/a).

Maankäyttöön perustuva kiintoainekuormitusarvio 147 t/a (taulukko 6) on suurempi kuin Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän Vemala-kuormitusmallissa (ladattu 11.10.2022), jonka mukaan Pyhäjärveen tuleva kuormitus on keskimäärin 122 t/a. Vemalan mukaan Kotasesta Pyhäjärveen tuleva kiintoainekuormitus on 10,4 t/a, ja Pirttijärvestä Pyhäjärveen siirtyvä 2,13 t/a, ollen samaa tasoa taulukossa 7 esitettyjen, maankäyttöön perustuvien arvioiden kanssa (retentio huomioiden).

**Taulukko 7. Pyhäjärveen laskevien ojien valuma-alueet, maankäyttö ja maankäytön perusteella laskettu kiintoainekuormituksen arvio, kaukovaluma-alueilla tapahtuva retentio (\*) huomioiden (Pirttijärvi -86 %, Pyhänen ja Kotanen -35%)(Vesistömallijärjestelmä, Vemala, järviokohtaiset tiedot).**

	Akkala, Alue 1		Viitaranta, Alue 2		Palamaoja, Alue 3		Pyhänen, Alue 4		Pirttijärvi, Alue 5		Kotanen, Alue 6		Kurkisuon, Alue 7		lähivaluma-alue	
	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a	ha/ kpl	t/a
<b>Valuma-alue, ha</b>	114		109		836		927		232		207		100		94	
Metsä/suo	93		92		462		677		181		94				63	
Pelto	18	10,9	11	6,5	28	17,2	34	20,5	18	10,75	8	4,8	3	1,5	31	18,8
Metsätalous	3	0,3	7	0,7	346	33,5	214	20,7	16	1,6	103	10,0	97	9,4		
Haja-asutus (hlö)	6	0,03	2	0,01	4	0,02	14	0,07	6	0,03					12	0,03
Luonnon taustakuorm. (sis. metsä/suo)	114	0,6	109	0,6	836	0,4	927	4,7	232	1,1	207	1,0	100	0,51	94	0,48
<b>t/a</b>		11,8		7,7		55		46		13,5		15,9		11,4		19,3
<b>Pyhäjärveen siirtyvä kuormitus t/a (*)</b>		11,8		7,7		55		29,9*		1,9*		10,3*		11,4		19,3
<b>t/km<sup>2</sup>/a</b>		10,4		7,0		6,6		3,2		0,8		5,0		11,5		20,6
<b>Kokonaiskuormitus Pyhäjärveen kiintoaine 147 t/a</b>																

Valuma-alueen pinta-alalle suhteutetun ravinnekuormituksen (kg/km<sup>2</sup>/a) perusteella suurin osa fosforikuormituksesta on peräisin Pyhäjärven lähivaluma-alueelta, Akkalan, Kurkisuon, Viitarannan sekä Palamaojan valuma-alueilta. Kiintoainekuormituksesta pääosa on peräisin lähivaluma-alueelta, sekä Kurkisuon että Akkalan alueilta.

### 3.3.3 Ulkoisen fosforikuormituksen sietokyky ja vähentämistarve

Fosfori on Pyhäjärven tuotantoa rajoittava ravinnekuormitustekijä, jolloin sen määrää vähentämällä voidaan vaikuttaa järven tilaan, mm. levämääriin ja veden sameuteen, orgaanisen aineksen aiheuttamaan hapenkulutukseen, ja edelleen eliöstön elinolosuhteisiin ja vesistön virkistyskäyttöarvoon, joka Pyhäjärven tapauksessa liittyy metsästyksen ja kalastukseen.

Järvien ulkoisen kuormituksen sietokyky tarkoittaa ravinne määrää, jonka järvet pystyvät ottamaan vastaan ilman että järvi rehevöityy. Sietokyky vaihtelee ja se riippuu muun muassa järven pinta-alasta, tilavuudesta, viipymästä ja vallitsevasta rehevyyssasteesta. (Eloranta, 2005, s 24.)

Ulkoisen fosforikuormituksen merkitystä järven sietokyvyn kannalta arvioitiin Vollenweiderin (1976) menetelmällä. (Tossavainen 2015, Hagman 2010 s. 9-10).

$$P_a \text{ (sallittava fosforikuormitus, alempi sietoraja) } g/m^2/a = 0,055 X^{0,635}.$$

$$P_d \text{ (vaarallinen kuormitus, ylempi sietoraja) } g/m^2/a = 0,174 X^{0,469},$$

jossa X on järven hydraulinen pintakuorma, eli järveen yhden vuoden aikana virtaava vesimäärä ( $m^3/a$ ) suhteutettuna järven pinta-alaan ( $m^2$ ).

Pyhäjärven tulovirtaama (olettaen että lähtövirtaama=tulovirtaama) on  $0,243 m^3/s$ , eli  $7\,663\,248 m^3/a$ . Pyhäjärven pinta-ala on  $1,362 km^2$ , eli  $1\,362\,000 m^2$ , jolloin hydraulinen pintakuorma on  $5,63 m^3/m^2/a$ ,

sallittava pintakuorma =  $P_a = 0,055 * 5,63^{0,635} = 0,165 gP/m^2/a$ , eli  $224 kgP/a$  (enintään),

vaarallinen pintakuorma =  $P_d = 0,174 * 5,63^{0,469} = 0,391 gP/m^2/a$ , eli  $533 kgP/a$ .

Pyhäjärven ulkoinen fosforikuormitus ( $301 kg/a$ ) ylittää sallittavan, mutta jää alle vaarallisen kuormitustason. Kuormitusvähennystarve olisi näin tarkastellen  $77 kgP/a$ , jolloin saavutettaisiin Vollenweiderin mallin mukainen sallittava kuormitustaso.

## 4 SUUNNITELLUT TOIMENPITEET

### 4.1 Vesiensuojelurakenteiden kuvaukset

Seuraavassa on kuvattu hankkeessa yleissuunniteltuja vesienkäsittelyrakenteita ja niiden toimintaperiaatteita.

#### 4.1.1 Kosteikko

Vesiensuojelurakenteina toimivien kosteikkojen tarkoituksena on pidättää kiintoainesta ja ravinteita. Kosteikoksi määritellään alue, joka on suurimman osan vuodesta veden pinnan alapuolella ja jossa kasvaa kosteikkokasvillisuutta. Koska kosteikot tarjoavat monipuolisia elinolosuhteita, lisäävät ne alueen monimuotoisuutta ja tukevat näin myös virkistyskäyttömahdollisuuksia, kuten metsästystä ja lintuharrastusta. Lisäksi kosteikot tasaavat virtaamaa vähentäen uoman eroosiota. Kosteikot sijoitetaan usein luontaisiin painanteisiin, notkoihin tai tulva-alueille. Ne rakennetaan pääosin patoamalla tai kaivamalla.

Kosteikot pyritään suunnittelemaan syvyydeltään vaihteleviksi. Syvän veden alueelle laskeutuu tällöin kiintoainesta, joka voidaan tarvittaessa poistaa. Laskeutuneen kiintoaineksen mukana pohjalle päätyy myös ravinteita. Ravinteita pidättyy myös kasvistoon, ja niittämällä osa sitoutuneista ravinteista voidaan poistaa. Mikäli kosteikko on tarpeeksi syvä, voi näihin alueille muodostua hapettomia kohtia. Hapettomissa oloissa tietyt bakteerit kykenevät muuttamaan vedessä liukoisessa muodossa olevan nitraatin ja nitriitin typpikaasuksi, jolloin typen poistuminen tehostuu. On kuitenkin tärkeää, että kosteikko ei ole kauttaaltaan hapeton, sillä hapettomissa oloissa pohjasta voi liueta fosforia. Syvyysvaihtelut mahdollistavatkin sen, että olosuhteet ovat otolliset ravinteiden ja kiintoaineksen pidättymiselle ja poistolle. Lisäksi alueen kasvisto monipuolistuu.

## 4.1.2 Laskeutusaltaat

Laskeutusaltaat ovat uomaan pitkittäissuunnassa rakennettavia altaita, joihin pidättyy kiintoainesta. Pituudeltaan ne ovat usein 10–20 m ja leveydeltään muutaman metrin muuta uomaa leveämpiä. Ne ovat myös muuta uomaa syvempiä. Mahdollisuuksien mukaan laskeutusallas pyritään toteuttamaan siten, että allas olisi alkuosastaan syvempi. Veden kulku hidastuu, kun se virtaa syvempään ja leveämpään uomaan. Kun virtaus on matalampi, voi uoman pohjalle laskeutua entistä pienempiä hiukkasia, jolloin kiintoaineen pidättyminen uomaan tehostuu.

## 4.1.3 Uomakunnostus

Uomakunnostus kattaa toimenpiteitä, joilla pyritään palauttamaan uoman virtaus- ja elinolosuhteita luonnonmukaiseksi. Kunnostusta sovelletaan useimmiten uomiin, jotka ihminen on joko itse tehnyt, esimerkiksi kuivatusojat, tai joita ihminen on muokannut suoristamalla tai perkaamalla. Kohteet ovatkin usein suorja ja muodoltaan tasaisia ja monin paikoin erodoituneita. Kunnostettavien uomien monimuotoisuus on usein pieni, sillä tasaiset pohjanmuodot eivät tarjoa erilaisia pienelinympäristöjä erilaisille lajeille. Myös kalojen kulku voi olla vaikeutunut sopivien ja suojaisten levähdyspaikkojen puuttuessa. Hyvin toteutetulla uomakunnostuksella voidaan lisätä uoman monimuotoisuutta sekä lisätä kiintoaineiden pidättymistä uomaan ja vähentää uoman eroosiota.

Uomakunnostusta voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Yksinkertaisimmillaan uoman pohjalle voidaan laittaa kiviä joko käsin tai kaivuutyönä. Kivet luovat alueelle syvyysvaihteluja ja lisäksi kivien taakse muodostuu matalamman virtauksen vuoksi kaloille levähdyspaikkoja. Vesisammaleet ja levät saavat kivistä uuden kasvupaikan. Kivien avulla voidaan myös tehdä uomaan pieniä mutkia. Tällöin virtausolosuhteet muuttuvat niin, että mutkan sisäreunassa virtaus on pienempi ja ulkoreunassa suurempi, jolloin eroosio voimistuu ulkoreunassa. Vähitellen ulkoreuna kuluu ja ainekset kasaantuvat sisäreunaan, jolloin mutka syvenee. Mutkittelua on mahdollista luoda myös kaivuutyönä. Lisäksi kivistä on myös mahdollista koota pohjakynnys, jonka tarkoituksena on syventää uomaa toisaalla. Soran käyttäminen rakennusmateriaalina luo kutupaikkoja kaloille.

Toinen vaihtoehto mutkittelun lisäämiseksi ja virtausolosuhteiden monipuolistamiseksi on puusuistekunnostus. Puisia rakenteita käytetään erityisesti hiekoittuneiden ja liettyneiden uomien kunnostamisessa. Puusuisteet laitetaan uomaan poikittain halutulta leveydeltä, jolloin virtaus uomassa muuttuu. Puun lisääminen uomaan myös kasvattaa lahoppuun määrää, mikä parantaa siitä riippuvaisten lajien elinolosuhteita. Puiset rakenteet tarjoavat myös uudenlaisia kiinnittymispaikkoja sekä ravintoa eri lajeille.

[https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen\\_kunnostus/pienvesien\\_kunnostus/purojen\\_kunnostus/kunnostuksen\\_toteutus/toimenpiteita\\_purojen\\_kunnostamiseen](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/pienvesien_kunnostus/purojen_kunnostus/kunnostuksen_toteutus/toimenpiteita_purojen_kunnostamiseen)



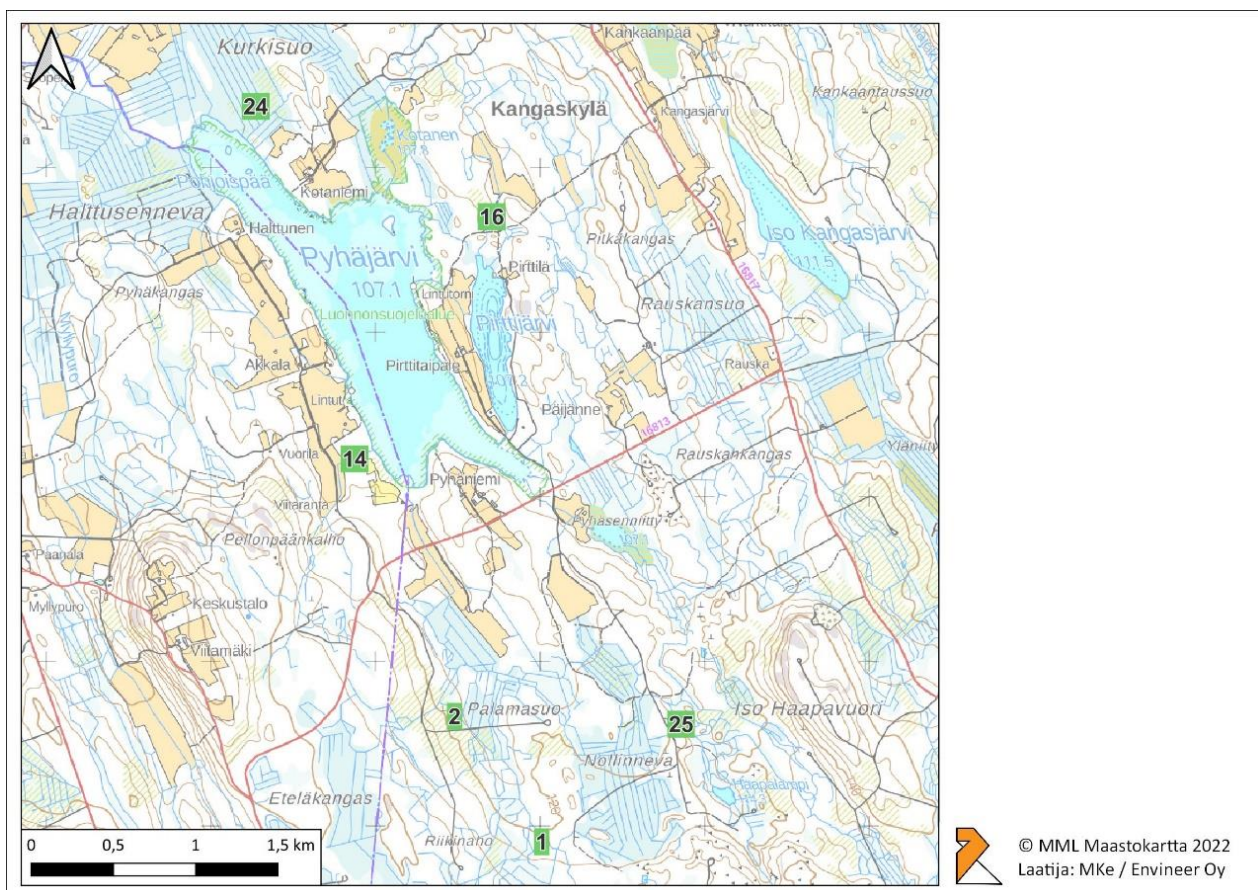
## 4.2 Yleistä vesiensuojelurakenteiden toteuttamisesta

Vesiensuojelurakenteet toteutetaan pääsääntöisesti alivirtaama-aikaan, kun vettä on liikkeellä mahdollisimman vähän. Kohteet pyritään toteuttamaan mahdollisuuksien mukaan kuivatyönä, jolloin vältytään veden pumppaamiselta. Kohteiden toteutusaika- ja tapa tulee suunnitella yhteistyössä koneurakoitsijan kanssa, jotta saavutetaan paras lopputulos.

Rakennussuunnitteluvaiheessa tulee varmistua kunkin rakenteen lupatarpeesta (lähinnä vesilain mukainen lupa). Lisäksi tulee huomioida, ettei rakenne saa haitata ylä- tai alapuolisen valuma-alueen kuivatusta.

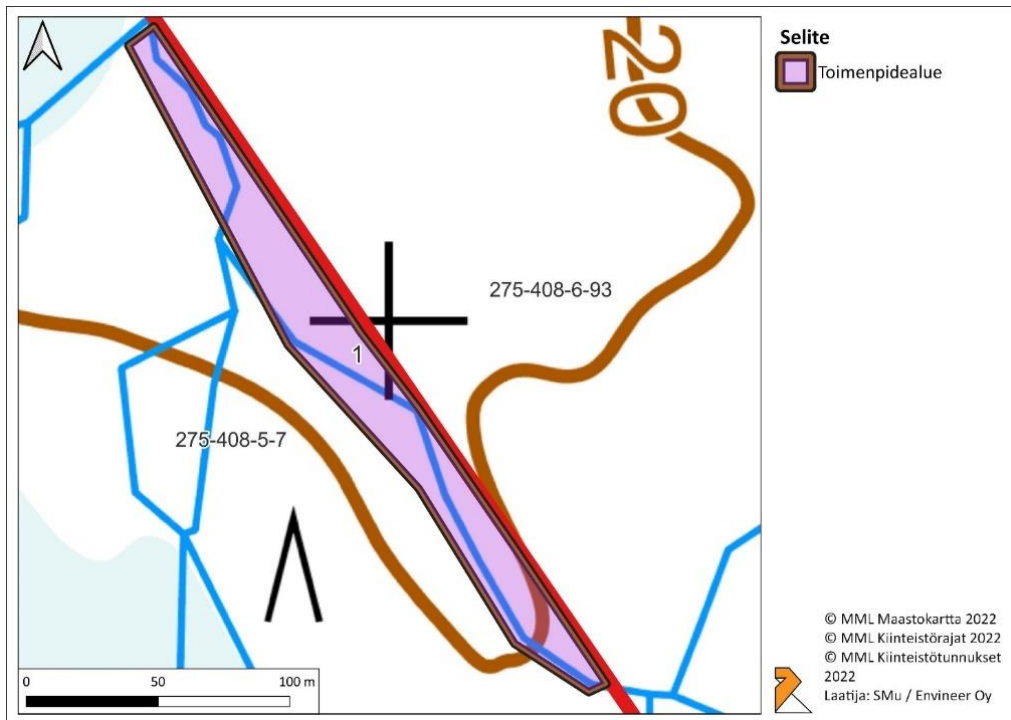
## 4.3 Valitut kunnostuskohteet

Kuvan 7 karttapohjalla on esitetty kohteet, jotka valikoituivat kunnostuskohteiksi. Kohteet on numeroitu alkuperäisen karsimattoman aineiston mukaan, joten ne eivät ole peräkkäisiä.



Kuva 7. Kohteiden sijoittuminen kartalla.

### 4.3.1 Kohde 1 - uomakunnostus



Kuva 8. Kohde 1. Uomakunnostuksen sijoittuminen kartalle

Kohteessa on noin 300 metriä pitkä uoman osuus, joka on paikoin voimakkaasti syöpynyt eroosion vaikutuksesta. Maastokatselmuksen perusteella on todennäköistä, että uomaa on ainakin osittain perattu.

Kohteeseen sopisi miestyönä tehtävä uomakunnostus, joka toteutetaan kivien palauttamisena uomaan sekä puusuistekunnostuksena. Uomakunnostuksella voidaan vähentää uomaerosiota ja näin pienentää kiintoaineen huuhtoutumista alapuoliseen vesistöön.



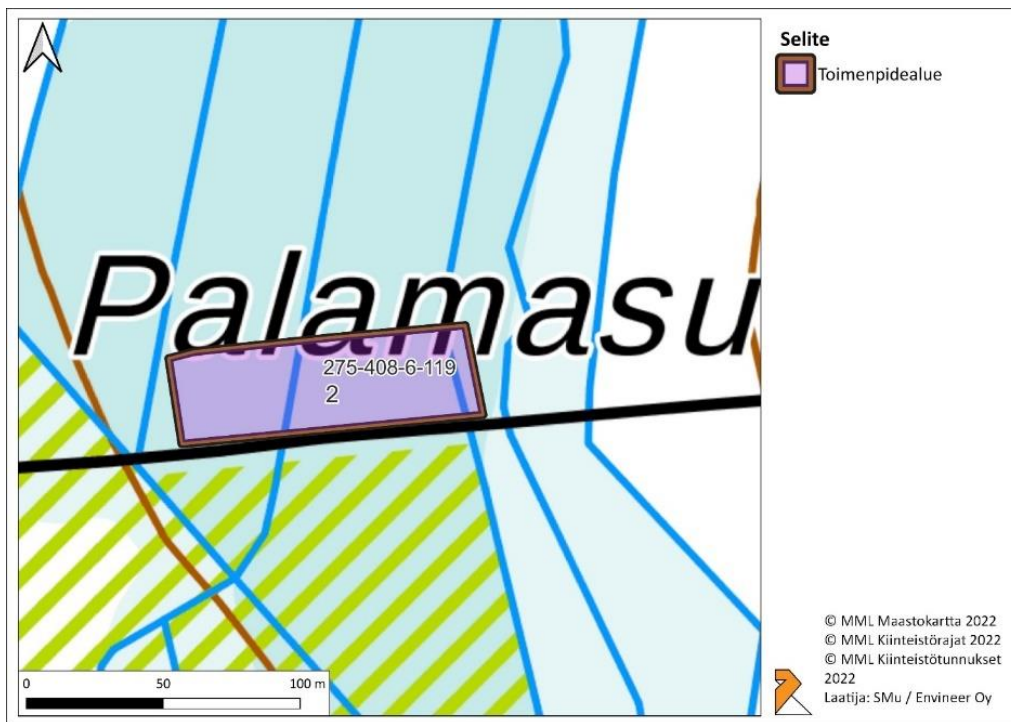
Kuva 9. Kohde 1. Uomakunnostukseen soveltuvaa uomaa.



Kuva 10. Kohde 1. Uomakunnostukseen soveltuvaa uomaa



### 4.3.2 Kohde 2 - laskeutusallas



Kuva 11. Kohde 2. Laskeutusallaskunnostuksen sijainti

Kohteessa tien pohjoispuolella olevaa nykyistä laskeutusallasta laajennetaan ja siihen ohjataan pohjoisen suunnasta tuleva oja. Samalla kaivetaan tien toiselle puolelle rummun jälkeen pienempi laskeutusallas. Olemassa oleva laskeutusallas myös ruopataan sinne kertyneestä kiintoaineksesta. Kohteessa ei ole merkittäviä määriä poistettavia puita. Kohde toteutetaan kaivinkonetyönä.



Kuva 12. Laskeutusaltaan kunnostuksen vesien ohjaaminen



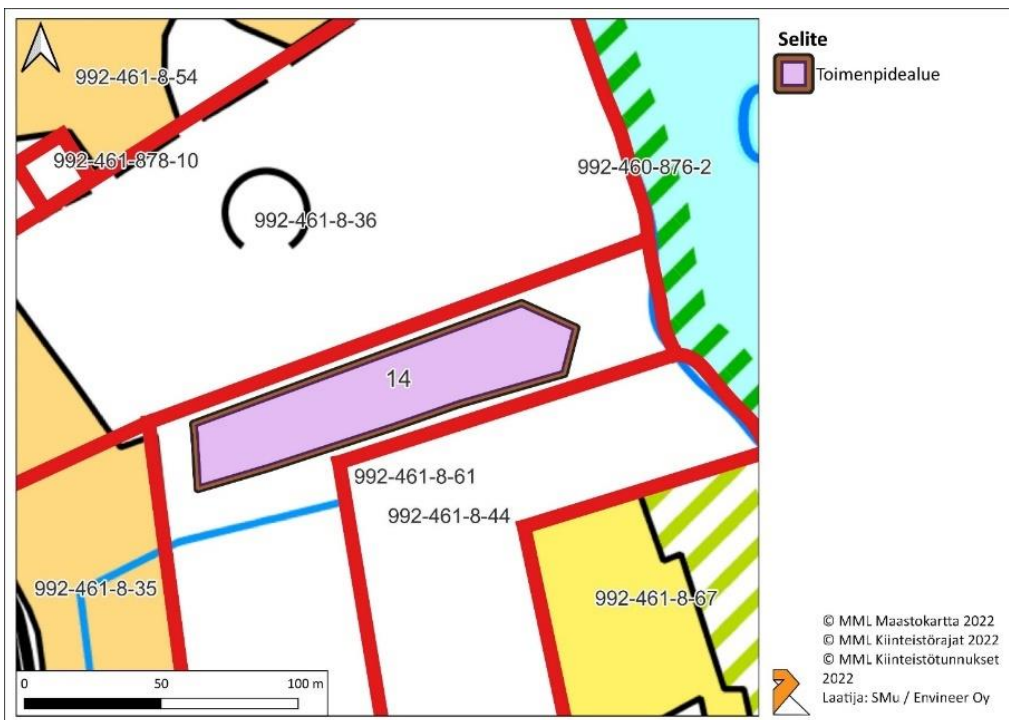
Kuva 13. Tien eteläpuolella oleva alue, jolle rakennetaan allas leventämällä ja syventämällä nykyistä uomaa

#### 4.3.2.1 Kohteen mitoitustiedot

Valuma-alueen kokoa on erittäin vaikea määrittää ojitusjärjestelyistä johtuen. Karttatarkastelun perusteella laskeutusaltaan yläpuolelle jäävän valuma-alueen kooksi arvioitiin 567 ha, joka vastaisi 68 % Palamojan koko valuma-alueesta (kuvat 5 ja 7), mutta tätä voidaan pitää vain arviona. Laskeutusaltaan yläpuolisen valuma-alueella peltojen osuus pinta-alasta on 2 %.

Silmämääräisesti uoman virtaama ei keväälläkään muodostu erityisen suureksi (arviolta < 80 l/s.). Altaan nykyinen tilavuus on arviolta 40-50 m<sup>3</sup>, jota voisi laajentaa sekä päältäan- että tien toisen puolen osalta siten, että yhteenlaskettu tilavuus olisi n. 100-150 m<sup>3</sup>. Näin uomassa liikkuva karkeampi kiintoaines saataisiin laskeutettua kohteessa. Tarvittaessa purkupäähän rakennetaan pohjapato.

#### 4.3.3 Kohde 14 - kosteikko



Kuva 14. Kohde 14. Kosteikon sijoittuminen kartalle

Kohde 14 sijaitsee hakkuuaukealla. Aukealle on mahdollista rakentaa kosteikko kaivamalla kosteikkoalue sekä ohjaamalla viereinen oja kosteikolle. Kosteikkoalueen vedet puretaan rantaluhtaan, joka toimii luonnollisena pintavalutuskenttänä. Kohde toteutetaan kaivinkonetyönä.





Kuva 15. Kohde 14. Etualalla oleva uoma ohjataan taka-alalla näkyvälle hakkuuaukolle, jonne toteutetaan kosteikko.

#### 4.3.3.1 Kohteen mitoitustiedot

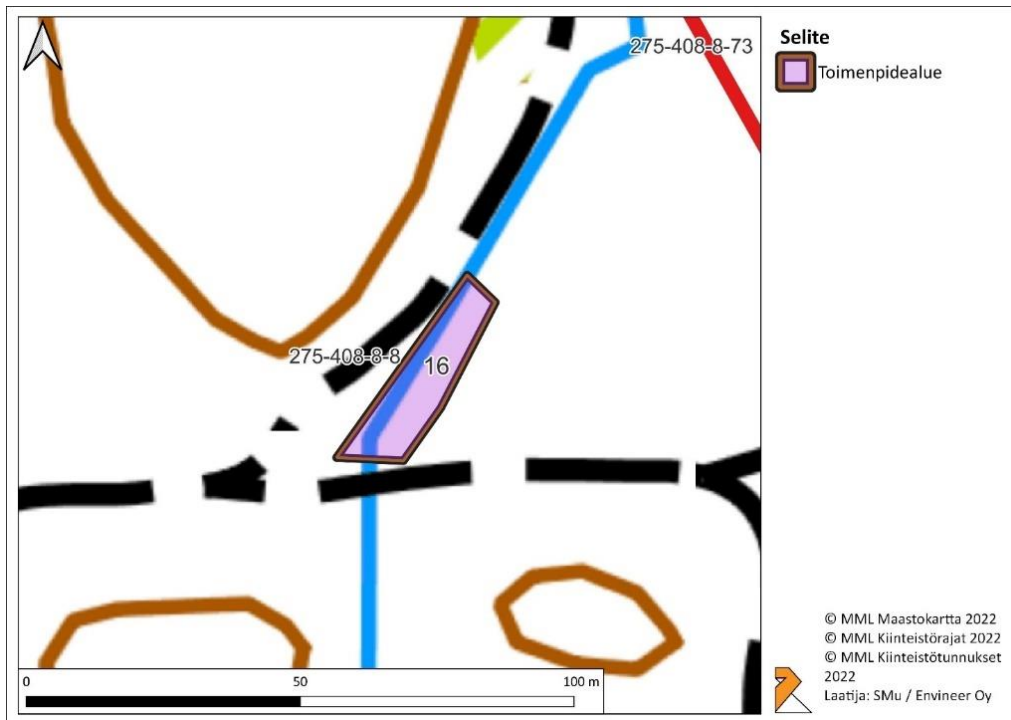
**Valuma-alue:** 75 ha (mitoituksessa käytetty). Kuormituslaskennan yhteydessä tehdyn karttatarkastelun perusteella valuma-alue on 109 ha, peltojen osuuden ollessa 10 %.

**Tavoiteviipymä:** 16 h (suositus on 24 h, mutta tästä joudutaan alueen pienuuden vuoksi tinkimään).

**Tavoitetilavuus:** kosteikon valuma-alueen pinta-ala on 75 ha ja MHq on 120 l/s/km<sup>2</sup>, kosteikon tilavuuden tulisi laskennallisesti olla vähintään  $16 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 0,75 \text{ km}^2 \cdot 0,12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 = 5 \text{ 184 m}^3$

Kohteessa on käytettävissä vain noin 0,4-0,6 ha, johtuen tilan kapeudesta. Kosteikon toimintaa voidaan kuitenkin tehostamaan rakentamalla ennen kosteikkoa laskeutusallas, sekä purkamalla kosteikon vedet rantaluhtaan, joka toimii pintavalutuskenttänä. Tarvittaessa voidaan myös rakentaa ohitusuoma joka ohjaa huippuvirtaamatilanteessa osan valumaavesistä kosteikon ohi. Kosteikolle saapuva liiallinen vesimäärä voi aiheuttaa kosteikolle laskeutuneen kiintoaineksen liikkeellelähtöä.

#### 4.3.4 Kohde 16 - laskeutusallas



Kuva 16. Kohde 16. Laskeutusaltaan sijoittuminen

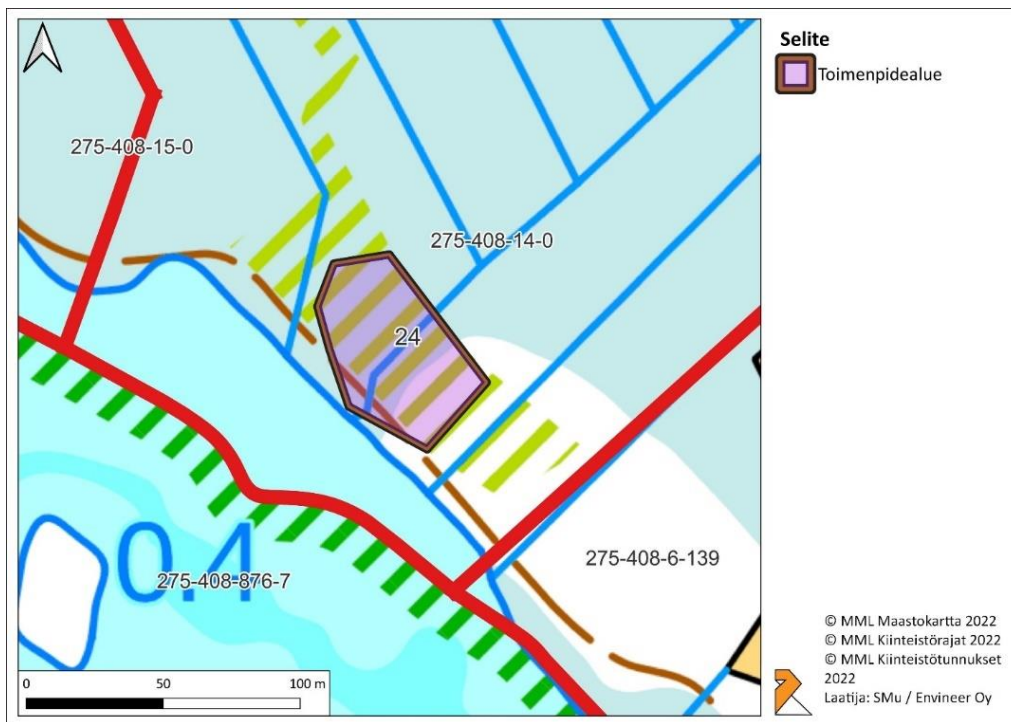
Kohteessa 16 metsäautotien viereiseen omaan soveltuva vesiensuojelurakenne on laskeutusallas. Kohde toteutetaan kaivinkonetyönä

##### 4.3.4.1 Kohteen mitoitustiedot

**Valuma-alue:** n. 40 ha (mitoituksessa käytetty). Karttatarkastelun perusteella valuma-alue on 68 ha, peltojen osuuden ollessa 9 %.

**Tavoitetilavuus:** 2-5 m<sup>3</sup> lietetilavuutta per valuma-aluehehtaari (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ohjeistus) eli lietetilavuutta tulisi olla 80 - 200m<sup>3</sup>.

### 4.3.5 Kohde 24 - kosteikko



Kuva 17. Kohde 24. Kosteikolle soveltuvan alueen sijainti

Kohteessa 24 sijaitsevalle hakatulle ranta-alueelle on mahdollista rakentaa kosteikko, jonne ohjataan Kurkisuon suunnasta tulevien uomien vesi. Kosteikko rakennetaan siten, että kaivuu kohdistuu hakatulle alueelle. Kohde toteutetaan kaivinkonetyönä.



Kuva 18. Pääuoma, ympärillä näkyvä hakkuuaukea soveltuu kosteikolle



Kuva 19. Pääuoma järvelle päin.

#### 4.3.5.1 Kohteen mitoitustiedot

**Valuma-alue:** n. 117 ha (mitoituksessa käytetty). Karttatarkastelun perusteella valuma-alue on 100 ha, peltojen osuuden ollessa 2 %.

**Tavoiteviipymä:** 12 h (suositus on 24 h, mutta tästä joudutaan alueen pienuuden vuoksi tinkimään).

**Tavoitetilavuus:** kosteikon valuma-alueen pinta-ala on 117 ha ja MHq on 120 l/s/km<sup>2</sup>, kosteikon tilavuuden tulisi laskennallisesti olla vähintään  $12 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 1,17 \text{ km}^2 \cdot 0,12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 = 6 \text{ 169 m}^3$

Kohteessa on rakennusala käytettävissä vain noin 0,4–0,5 ha, johtuen ympäröivän hakkuualueen pienuudesta. Kosteikon toimintaa voidaan kuitenkin tehostaa rakentamalla ennen kosteikkoa mahdollinen laskeutusallas, ja/tai rakentaa ohitusväylä huippuvirtaamien osittaiseen ohiohjaukseen, jolloin huippuvirtaamat eivät pääse ”huuhtomaan” kosteikkoa, ja siellä oleva laskeutunut kiintoaines ei pääse liikkeelle. Lisäksi purkamalla kosteikon vedet rantaluhtaan vesi puhdistuu suodattamalla, sillä rantaluhta toimii pintavalutuskentän tavoin.

#### 4.3.6 Kohde 25 - laskeutusallas



Kuva 20. Kohde 25. Kunnostettavan laskeutusaltaan sijainti

Kohteessa sijaitsee kaksiosainen vanha laskeutusallas, jota kunnostetaan ruoppaamalla ja laajentamalla allasta kaivinkonetyönä. Molempien altaiden purkupäähän sijoitetaan kivinen pohjapato. Alemman altaan pohjapato tehdään niin suureksi, että siitä voi ajaa yli esim. kaivinkoneella.





Kuva 21. Kohde 25. Kunnostettavien laskeutusaltaiden osat

#### 4.3.6.1 Kohteen mitoitustiedot

Kohteen yläpuolisen valuma-alueen kokoa on vaikea määrittää ojitusjärjestelyistä johtuen. Karttatarkastelun perusteella alueen kooksi on määritetty 378,5 ha, joka on 41 % koko Pyhäsen valuma-alueen koosta (kuvat 5 ja 7), mutta tätä voidaan pitää vain arviona. Peltojen osuus yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta on 1 %.

Ennen kohdetta sijaitseva Haapalampi tasaa uoman virtaamaa. Altaiden kunnostaminen ja laajennus on kuitenkin perusteltua, sillä Haapalammen itäpuolelta tuleva lasku-uoma ohjautuu myös altaille. Altaiden nykyinen tilavuus on yhteensä arviolta 60-70 m<sup>3</sup>, jota voisi laajentaa sekä päältäan- että tien toisen puolen osalta siten, että yhteenlaskettu tilavuus olisi n. 100-150 m<sup>3</sup>. Näin uomassa liikkuva karkeampi kiintoaines saataisiin laskeutettua kohteessa.

## 4.4 Arvio vesiensuojelurakenteilla saatavasta kuormitusvähennyksestä

Kosteikon hyvän toimivuuden ja vesiensuojelullisen hyödyn varmistamiseksi valuma-alueen peltojen osuuden tulisi olla yli 20 %, ja pinta-alan vähintään 0,5 % valuma-alueen pinta-alasta, jolloin ne voivat toimia kohtuullisen tehokkaasti kiintoaineen ja fosforin pidättäjinä, pidättäen keskimäärin 15 % kokonaisfosforista (Hagman, 2012). Puustinen ym. (2001) ovat esittäneet kosteikon pinta-alan alarajaksi 2 % valuma-alueen pinta-alasta, jolloin niiden on arvoitu voivan pidättää 30 % fosforista (Mattila, 2005). Kunnostusojitusten yhteydessä rakennettujen laskeutusaltaiden osalta Ahti ym. (1995) havaitsivat viidenneksen pidättävän kiintoainesta merkittävästi (yli 50 %), yli puolen pidättävän vain 20 %, ja neljänneksen toiminnalla ei havaittu olevan vaikutusta.

Hammarin ym. (2006) metsätalousalueiden kosteikkojen ja laskeutusaltaiden toimivuutta käsittelevässä selvityksessä vesiensuojelurakenteiden pienen pinta-alan (0,05-0,7 % valuma-alueen pinta-alasta) ja valuma-alueelta tulevien vesien matalien ravinnepitoisuuksien havaittiin heikentävän kosteikkojen toimivuutta. Tutkimuksessa Lähdekorven laskeutusallas vähensi fosforikuormitusta vuositasolla 10 %, ja Ukonpuron kosteikon laskentatavasta riippuen 25 % tai 10 %. Kohteiden toiminnassa oli vuosien välistä ja vuodenaikaisvaihtelua, mutta puhdistustehon havaittiin paranevan vuosi vuodelta. Valuma-alueen mittakaavassa kuormituksen potentiaalinen 10-15 % väheneminen yhden menetelmän avulla on kuitenkin merkittävä asia (Puustinen ym., 2001).

Pyhäjärven valuma-alueelle esitettyjen vesiensuojelurakenteiden koko suhteessa yläpuolisten valuma-alueiden kokoon jää rakentamista rajoittavien tekijöiden vuoksi tavoitetta pienemmiksi, heikentäen todennäköisesti fosforin ja hitaasti laskeutuvan hienoaineksen pidättymistä viipymän lyhentyessä. Pienikin allas voi kuitenkin olla hyvä vesiensuojelukeino valuma-alueella, jossa on karkeita maalajeja, ja eroosio on ongelmana (Koskiahho & Puustinen, 2005). Kosteikkojen fosforinpuhdistustehoa heikentää myös valuma-alueiden pienehkö peltoprosentti (Viitaranta 10 %, Kurkisuo 2 %). Laskeutusaltaiden osalta peltoprosentin merkitys on vähäisempi, sillä ne soveltuvat etenkin kiintoaineskuormituksen vähentämiseen, ja niiden fosforinsidontakyky on suhteellisen vähäinen (Hagman, 2012).

Edellä mainitut huomioiden, kiintoaineen pidättymisprosenttina suunniteltujen rakenteiden kuormitusvähennysvaikutuksen arvioinnissa käytettiin laskeutusaltaiden osalta 15 % ja kosteikkojen osalta 25 %. Fosforin pidättymisen arvioitiin olevan laskeutusaltaissa 10 % ja kosteikoissa 20 %. Kuormitusvähennystä arvioitiin vesiensuojelurakenteiden yläpuolisen maankäytön perusteella, ominaiskuormitusarvoja käyttäen.

Maankäyttöön perustuvan kuormituslaskelman perusteella suunnitelluilla kosteikoilla ja laskeutusaltailla voidaan vähentää Pyhäjärven ulkoista kuormitusta fosforin osalta noin 17 kg/a ja kiintoaineen osalta noin 12 t/a, jolloin fosforin vuosikuormitus pienenesi noin 6 % ja kiintoaineen 8 % (taulukot 8 ja 9).

**Taulukko 8. Pyhäjärven valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojelurakenteiden kuormitusvähennysarvio kokonaisfosforin osalta.**

Fosfori	Viitaranta, Alue 2 Kohde 14 kosteikko, (R -20 %)		Kurkisuo, Alue 7, Kohde 24, kosteikko (R -20 %)		Palamaoja, Alue 3 Kohde 2 laskeutusallas (R -10 %)		Pyhänen, Alue 4 Kohde 25 laskeutusallas (R -10 %)		Pirttijärvi, Alue 5 Kohde 16 laskeutusallas (R -10 %)	
	ha	kg/a	ha	kg/a	ha	kg/a	ha	kg/a	ha	kg/a
Vesiensuojelurakenteen yläpuolinen valuma-alue	109	17	100	17	567	61	378	32	68	9
Retentio R vesiensuojelurakenteeseen		-3,3		-3,4		-6,1		-3,2		-0,9
kuormitusvähennys kg/a	-17									

**Taulukko 9. Pyhäjärven valuma-alueelle suunniteltujen vesiensuojelurakenteiden kuormitusvähennysarvio kiintoaineen osalta.**

Kiintoaine	Viitaranta, Alue 2 Kohde 14 kosteikko, (R -25 %)		Kurkisuo, Alue 7, Kohde 24, kosteikko (R -25 %)		Palamaoja, Alue 3 Kohde 2 laskeutusallas (R -15 %)		Pyhänen, Alue 4 Kohde 25 laskeutusallas (R -15 %)		Pirttijärvi, Alue 5 Kohde 16 laskeutusallas (R -15 %)	
	ha	t/a	ha	t/a	ha	t/a	ha	t/a	ha	t/a
Vesiensuojelurakenteen yläpuolinen valuma-alue	109	7,7	100	11,4	567	31,9	378	14,0	68	4,3
Retentio R vesiensuojelurakenteeseen		1,9		2,9		4,8		2,1		0,7
kuormitusvähennys t/a	-12,3									

Fosforin osalta vähennys olisi noin 25 % arvioidusta ulkoisen kuormituksen vähentämistarpeesta. Kuormitusvähennysvaikutus ei kohdistu kokonaisuudessaan Pyhäjärveen, koska Pyhäsen ja Pirttijärven kautta tulevasta kuormituksesta osa pidättyy niihin. 17 kg/a fosforikuormitusvähennys laskisi Pyhäjärven veden fosforipitoisuutta 2 µg/l, eli tasolta 38 µg/l tasolle 36 µg/l. Päälysveden keskimääräinen fosforipitoisuus olisi edelleen rehevien vesistöjen tasolla.

Veden fosforipitoisuuden lasku heikentää kasviplanktonin kasvua (levät), sekä vedestä ravinteensa suoraan ottavien irtokellujien ja pohjaan löyhästi kiinnittyneiden uposkasvien kasvua, vähentäen siten veden sisäistä umpeenkasvua, ja happea kuluttavan orgaanisen aineen määrää. Kiintoaineen väheneminen vähentää ojien sualueiden liettymistä ja mataloitumista, hidastaen järven umpeenkasvua.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pyhjärven valuma-aluekunnostuksen tavoitteena on vähentää runsaasti ojitetulta valuma-alueelta tulevan, liettymistä ja mataloitumista aiheuttavan kiintoaineen määrää sekä ravinteita, turvaten ja parantaen näin linnustollisesti ja myös kasvistollisesti tärkeän Pyhjärven arvoa. Valuma-alueella tehtävien toimenpiteiden lisäksi suunnitteilla on järvessä tehtäviä toimenpiteitä, jotka yhdessä tukevat asetettuja tavoitteita.

Suunnitelmassa esitetyt valuma-aluekunnostuskohteet rajattiin ja valittiin kartta- ja maastotarkastelujen perusteella, sekä maanomistajien suostumusten perusteella. Noin 25 kohteesta kuusi valikoitui esisuunnitteluvaiheeseen. Määrää rajoitti maanomistajien halukkuus toimenpiteisiin sekä valuma-alueisiin tehtyjen muutosten vuoksi. Kohteista kaksi on kosteikkoja, kolme laskeutusaltaita ja yksi uomakunnostuskohde.

Rajallisten tilankäyttöön liittyvien mahdollisuuksien vuoksia esitetyt kosteikot ja laskeutusaltaat ovat suosituksia pienempiä, mikä voi vaikuttaa etenkin kosteikkojen kykyyn pidättää liukoista fosforia, mutta myös hienoainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Tämä ei kuitenkaan vähennä vesiensuojelurakenteiden merkitystä ja toimivuutta karkeamman kiintoaineen (mineraaliaineen) pidättäjänä. Toimenpiteillä arvioidaan voivan vähentää noin 25 % Pyhjärven ulkoisen kuormituksen sallittavan tason ylittävästä 77 kg/a fosforimäärästä. Kiintoainesta arvioidaan pidättyvän noin 12 t/a, joka on noin 8 % Pyhjärveen kohdistuvasta kiintoaineen vuosikuormituksesta.

Vesiensuojelurakenteilla poistettavan fosforimäärän arvioidaan laskevan Pyhjärven veden keskimääräistä fosforipitoisuutta 2 µg/l, jolloin keskipitoisuus laskisi tasolta 38 µg/l tasolle 36 µg/l. Järven vedenlaatu olisi fosforin perusteella edelleen reheväksi luokitettava, mutta fosforipitoisuuden lasku heikentää vedestä ravinteensa suoraan ottavien levien, irtokellujien ja uposkasvillisuuden kasvua, vähentäen sameutta ja happea kuluttavan sekä liettymistä aiheuttavan orgaanisen aineen määrää. Kiintoaineskuormituksen vähentyminen hidastaa ojien suistoalueiden liettymistä ja mataloitumista.

# LIITTEET

## Liite 1. Kustannusarvio



ENVIINEER

**TYÖNRO :** 11186-001  
**TILAAJA :** Konneveden ja Äänekosken kunnat  
**KOHDE :** Pyhäjärven valuma-aluekunnostus

26.9.2022

### KUSTANNUSARVIO

Hinnat eivät sisällä rakennussuunnittelukustannuksia.

Kohde nro	Rakenne	Työlaji	Lisätiedot	Arvioitu tuntimenekki	Kustannus (€)
1	Uomakunnostus	henkilötyö	2 hlö + materiaalit	38 h	3 000
2	Laskeutusaltaiden kunnostus ja laajennus	kaivinkonetyö	sis. Materiaalit	32 h	3 500
14	Kosteikko	kaivinkonetyö	sis. Materiaalit	112 h	12 000
16	Laskeutusallas	kaivinkonetyö	sis. Materiaalit, ei sisällä puuston poistoa	24 h	2 000
24	Kosteikko	kaivinkonetyö	sis. Materiaalit	115 h	13 000
25	Laskeutusaltaiden kunnostus ja laajennus	kaivinkonetyö	sis. Materiaalit	32 h	3 500
				Yhteensä	37 000



# LÄHTEET

- Eloranta, P., 2005. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Julkaisussa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.), 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Hagman, A.-M., 2012. Hiidenveden kunnostus 2012-2015 -hanke. Kunnostus- ja hoitosuunnitelma. Ramboll
- Hagman, A.-M., 2010. Kalljärven kuormitusselvitys ja kunnostussuunnitelma. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 7/2010.
- Hammar, T., Haapala, A., Eronen, P. ja Hämäläinen, J., 2006. Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden vesiensuojelullisesta merkityksestä metsätalouskuormitteisilla alueilla. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportteja 5 / 2006.
- Mattila, H., 2005. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Julkaisussa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.), 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Pihlaja, M. 2021. Pyhäjärven luontoselvitykset ja kunnostusvaihtoehtojen vertailu. Loppuraportti 2021. Latvasilmu osk.
- Puustinen M., Koskiaho J., Jormola. J., Järvenpää L., Karhunen A., Mikkola-Roos M., Pitkänen J., Riihimäki J., Svensberg M. ja Vikberg P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 21/2007. ISBN 978-952-11-2719-9.
- Puustinen, M., Koskiaho, J., Gran, V., Jormola, J., Maijala, T., Mikkola-Roos, M., Puumala, M., Riihimäki, J., Rätty, M., Sammalkorpi, I. 2001. Maatalouden vesiensuojelukosteikot VESIKOT-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 499. 61 s. taul.
- Seppälä, T., 2013. Kankaistenjärven ravinnekuormitus. Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Tattari, S., Puustinen, M., Koskiaho, J., Röman, E. ja Riihimäki, J., 2015. Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2015. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Tossavainen, T., 2015. Puruveden ristilahden alustava fosforimallitarkastelu. Karelia-ammattikorkeakoulu 18.12.2015. <https://propuruvesi.fi/asiakirjoja.php>. Ladattu 11.10.2022.
- Eloranta, P., 2005. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Julkaisussa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.), 2005. Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. s. 24.
- Vesistömallijärjestelmä, Suomen ympäristökeskus. Vemala-kuormitusmalli. Aineisto ladattu 11.10.2022.
- Vollenweider R. A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Memorie dell'istituto italiano di idrobiologia 33 (2): 53 – 83. Viitattu julkaisussa: Hagman, A.-M., 2010. Kalljärven kuormitusselvitys ja kunnostussuunnitelma. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 7/2010.

Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötietojärjestelmät. Hertta-tietokanta. Avoimet ympäristötietojärjestelmät - syke.fi.

envineer.fi

 **E N V I N E E R**