

The logo for FCG, consisting of the letters 'FCG' in a bold, dark teal font, followed by a small orange dot.

Rakennettu
ympäristö

Liite 1

Marjakeitaan ja Salontaustan alueelle suunniteltujen laskeutusaltaiden 1–4 ja kosteikon toimivuuden tarkastelu

NEOEN RENEWABLES FINLAND OY

H.Verronen

14.1.2026

P42377P008

Sisällys

1	Johdanto	4
2	Menetelmät	4
3	Vesienhallintarakenteet	5
3.1	Marjakeidas	5
3.2	Allas 1 Marjakeidas (VA 2,73 km ²)	6
3.3	Allas 2 Marjakeidas (VA 4,71 km ²)	6
3.4	Allas 3 Marjakeidas (VA 2,08 km ²)	7
4	Salontausta	7
4.1	Allas 4 Salontausta (VA 2,45 km ²)	8
5	Kosteikon mitoitus altaiden 1 ja 3 alapuolella.....	8
5.1	Kosteikon hydraulinen toiminta (altaiden 1+3 virtaamalla)	8
6	Vaikutus ravinnepäästöihin	9
6.1	Altaat	9
6.2	Kosteikko ja altaat	9
7	Yhteenveto.....	10
7.1	Arvio koko suunnittelualueen ravinne- ja kiintoainevaikutuksista	10
7.2	Nettohyöty koko suunnittelualueella.....	11
8	Raudan poistuminen kosteikolla / laskeutusaltaasta (Marjakeitaan alue)	11
8.1	Raudan poistuma-arvio Marjakeitaan altaiden 1 ja 3 sekä niiden alapuolinen kosteikko .	12
8.2	Rakentamisen aikaisen rautakuormituksen arviointikriteerit	13

*FCG Finnish Consulting Group Oy ("FCG") on laatinut tämän raportin FCG:n asiakkaan ("Asiakas") toimeksianton ja ohjeiden mukaisesti. Tämä raportti on laadittu FCG:n ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtojen mukaisesti. **FCG ei ole vastuussa tästä raportista tai sen käytöstä suhteessa mihinkään muuhun tahoon kuin Asiakkaaseen.***

Tämä raportti voi perustua kokonaan tai osaksi kolmansien osapuolten FCG:lle antamiin tietoihin tai julkisiin lähteisiin ja näin ollen tietoihin, joihin FCG:llä ei ole ollut vaikutusmahdollisuuksia. FCG toteaa nimenomaisesti, ettei sillä ole vastuuta sille annettujen virheellisten tai puutteellisten tietojen perusteella.

14.1.2026

SM

Kaikki oikeudet (mukaan lukien tekijänoikeudet) tähän raporttiin kuuluvat FCG:lle, tai Asiakkaalle, mikäli niin on sovittu FCG:n ja Asiakkaan välillä. Tätä raporttia tai sen osaa ei saa muokata tai käyttää uudelleen toiseen tarkoitukseen ilman FCG:n kirjallista lupaa.

1 Johdanto

Tässä raportissa tarkastellaan Kankaanpäässä sijaitsevan Marjakeitaan tuulipuiston alueella sijaitsevien kolmen suunnitellun laskeutusaltaan ja sinne suunnitellun kosteikon sekä Salontaustan alueelle suunnitellun altaan hydraulista toimivuutta.

Tarkastelu perustuu altaiden geometriisiin mittoihin ja eri virtaamatilanteita kuvaaviin virtaamiin.

NQ = alivirtaama

MNQ = keskialivirtaama

MQ = keskivirtaama

MHQ = keskiylivirtaama

HQ 1/20 = kerran 20 vuodessa toteutuva ylivirtaama

2 Menetelmät

Altaiden toimivuutta arvioidaan viipymääjan ja pintakuormituksen perusteella. Altaan tilavuus V [m³] ja pinta-ala A_s [m²] on laskettu altaiden pituuden, leveyden ja syvyyden perusteella:

$$V = L \times B \times h$$

$$A_s = L \times B$$

Viipymäaika t [h] lasketaan kaavalla $t = (V/Q) / 3600$, missä Q on virtaama [m³/s].

Pintakuormitus q_s [m/h] lasketaan kaavalla $q_s = (Q \times 3600) / A_s$.

Pieni pintakuormitus (alle 1–3 m/h) ja riittävän pitkä viipymäaika edistävät kiintoaineen laskeutumista.

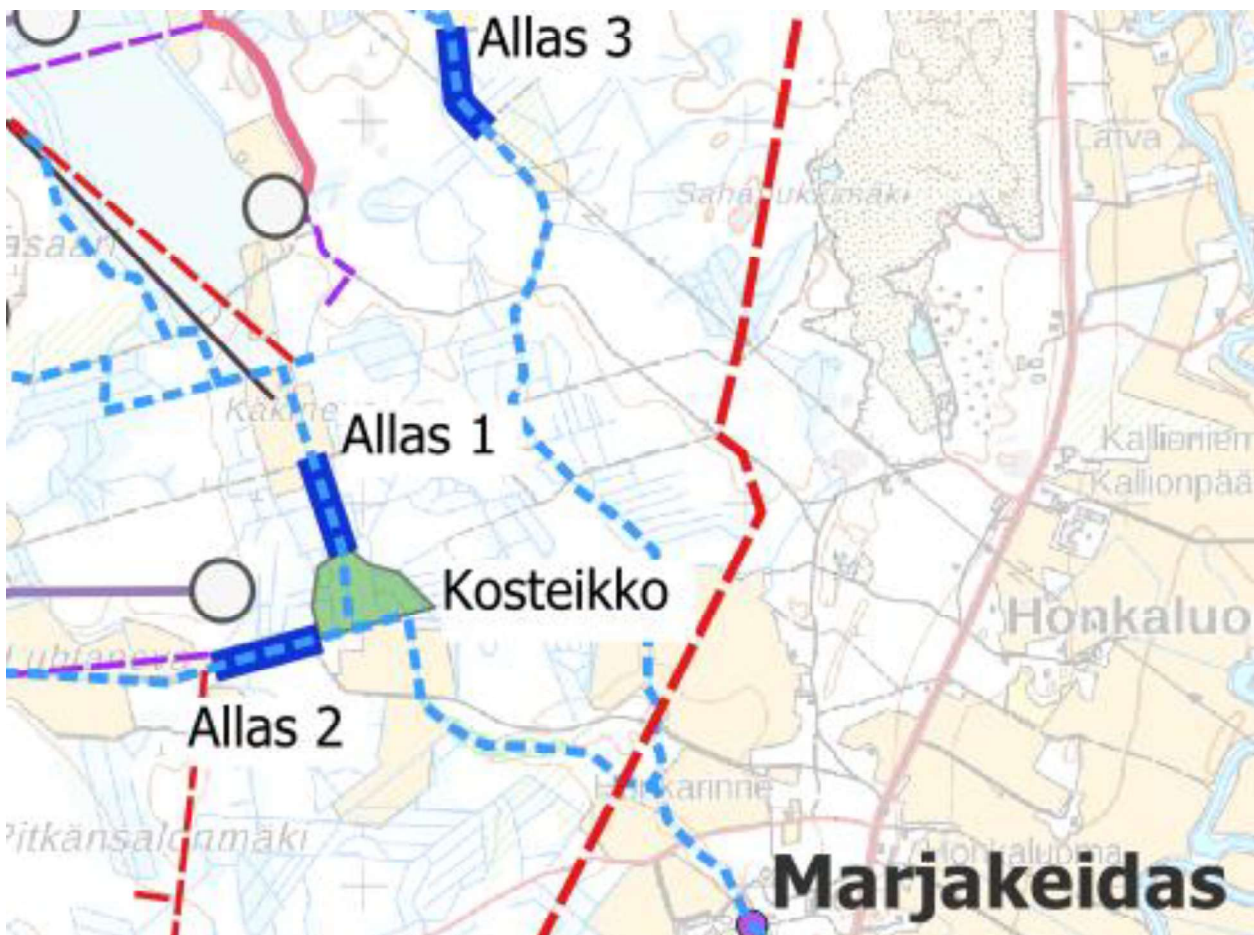
Marjakeitaan ja Salontaustan valuma-alueen valumat ja virtaamat on esitetty alla olevissa taulukoissa. Arviot perustuvat perustuen Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän valuntatietoihin. Kerran 20 vuodessa toistuva ylivirtaama on arvioitu kertomalla keskiylivirtaama kertoimella 1,87, mikä perustuu toistuvuuksista tehtyihin tutkimuksiin (Mustonen 1986).

Valuma (l/s/km ²)				
Nq	MNq	Mq	MHq	Hq _{1/20}
1,62	3,92	11,77	81,24	177,72

Marjakeitaan ja Salontaustan valuma-alueen valuma perustuen Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän valuntietoihin 2003–2024

3 Vesienhallintarakenteet

3.1 Marjakeidas



Marjakeitaan vesienhallintarakenteet

3.2 Allas 1 Marjakeidas (VA 2.73 km²)

Altaan mitat: pituus 160 m, leveys 4 m, syvyys 1 m. Valuma-alue VA = 2.73 km². Altaan laskennallinen tilavuus V = 640 m³ ja pinta-ala A_s = 640 m².

Virtaama	Q (m ³ /s)	t (h)	t (min)	q _s (m/h)
NQ	0.003	59.26	3 556	0.017
MNQ	0.011	16.16	970	0.062
MQ	0.032	5.56	333	0.180
MHQ	0.222	0.80	48	1.250
HQ1/20	0.415	0.43	26	2.330

Virtaama perustuen Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän valuntatietoihin. 2003–2024

3.3 Allas 2 Marjakeidas (VA 4,71 km²)

Altaan mitat: pituus 240 m, leveys 4 m, syvyys 1 m. Valuma-alue VA = 4.71 km². Altaan laskennallinen tilavuus V = 1040 m³ ja pinta-ala A_s = 1040 m².

Virtaama	Q (m ³ /s)	t (h)	t (min)	q _s (m/h)
NQ	0.006	48.15	2 889	0.021
MNQ	0.018	16.05	963	0.062
MQ	0.055	5.25	315	0.190
MHQ	0.383	0.75	45	1.330
HQ1/20	0.716	0.40	24	2.480

Virtaama perustuen Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän valuntatietoihin. 2003–2024

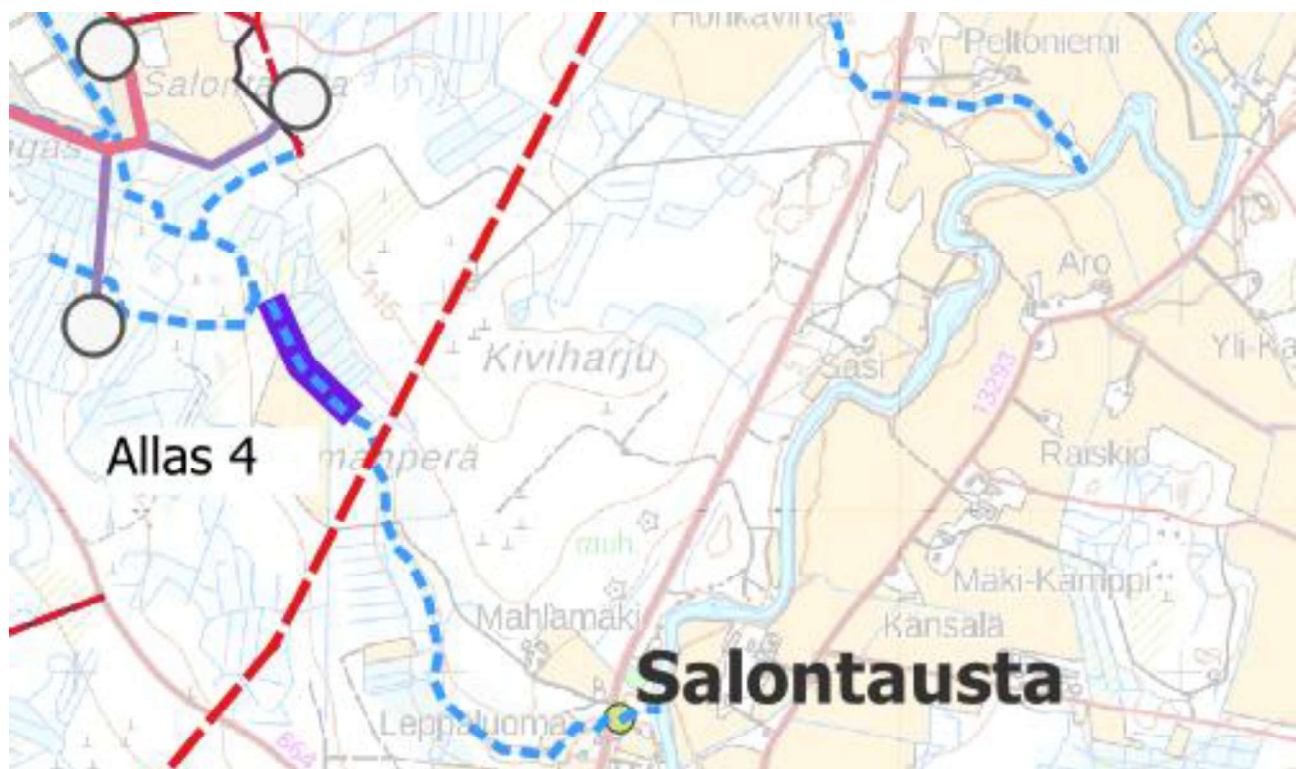
3.4 Allas 3 Marjakeidas (VA 2,08 km²)

Altaan mitat: pituus 120 m, leveys 4 m, syvyys 1 m. Valuma-alue VA = 2.08 km². Altaan laskennallinen tilavuus V = 480 m³ ja pinta-ala A_s = 480 m².

Virtaama	Q (m ³ /s)	t (h)	t (min)	q _s (m/h)
NQ	0.003	44.44	2 667	0.023
MNQ	0.008	16.67	1 000	0.060
MQ	0.024	5.56	333	0.180
MHQ	0.169	0.79	47	1.270
HQ1/20	0.316	0.42	25	2.370

Virtaama perustuen Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän valuntatietoihin. 2003–2024

4 Salontausta



Salontaustan vesienhallintarakenteet

4.1 Allas 4 Salontausta (VA 2,45 km²)

Altaan mitat: pituus 120 m, leveys 4 m, syvyys 1 m. Valuma-alue VA = 2.05 km². Altaan laskennallinen tilavuus V = 480 m³ ja pinta-ala A_s = 640 m².

Virtaama	Q (m ³ /s)	t (h)	t (min)	q _s (m/h)
NQ	0.004	33.33	2000	0.03
MNQ	0.012	11.11	666	0.09
MQ	0.032	4.16	250	0.24
MHQ	0.202	0.66	39.6	1.52
HQ1/20	0.378	0.35	21.16	2.835

Virtaama perustuen Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän valuntatietoihin. 2003–2024

5 Kosteikon mitoitus altaiden 1 ja 3 alapuolella

Altaiden 1 ja 3 alapuolelle suunnitellaan noin 4 ha:n kosteikko, joka sijoittuu purkureitille Marjakankaan ja Marjasaaren väliselle alueelle. Kosteikon pinta-ala on A = 4 ha (40 000 m²) ja oletettu keskimääräinen vesisyvyys noin 0,7 m. Kosteikon tilavuus on tällöin V ≈ 28 000 m³.

Altaiden 1 ja 3 yhteenlaskettu valuma-alue on noin 4,81 km² (481 ha), jolloin kosteikon pinta-alan suhde valuma-alueeseen on noin 0,8 %. Tämä vastaa yleisesti suositeltua tasoa maatalous- ja turvetuotantoalueiden kuormitusta vähentäville kosteikoille (1 % luokkaa).

5.1 Kosteikon hydraulinen toiminta (altaiden 1+3 virtaamilla)

Yhteenlasketut virtaamat (Allas 1 + Allas 3):

NQ: 0,006 m³/s

MNQ: 0,019 m³/s

MQ: 0,056 m³/s

MHQ: 0,391 m³/s

HQ1/20: 0,731 m³/s

Näillä:

Viipymä MQ:lla ≈ 139 h ≈ 6 vuorokautta

Viipymä MHQ:lla ≈ 20 h

Viipymä HQ1/20:lla ≈ 11 h

Pintakuormitus kosteikossa jää erittäin pieneksi (luokkaa 0,005–0,07 m/h), eli hydraulisesti kosteikko on todella hyvä ravinteiden poistoon.

Virtaama	Q (m ³ /s)	t (h)	t (min)	q _s (m/h)
NQ	0.006	1296.3	77778	0.001
MNQ	0.019	409.4	24561	0.002
MQ	0.056	138.9	8333	0.005
MHQ	0.391	19.9	1194	0.035
HQ1/20	0.731	10.6	638	0.066

6 Vaikutus ravinnepäästöihin

6.1 Altaat

Kirjallisuuden ja kokemusten perusteella laskeutusaltaat poistavat erityisesti kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia tehokkaasti. Tässä tarkastelussa voidaan karkeasti olettaa, että Salontaustan allas pidättää noin 20 % kokonaisfosforikuormasta ja noin 15 % kokonaistyyppikuormasta. Marjakeitaan altaat 1 ja 3 yhdessä poistavat vuositason noin 40–50 % kokonaisfosforikuormasta ja noin 10–20 % kokonaistyyppikuormasta ennen pääsyä alapuoliseen uomaan.

6.2 Kosteikko ja altaat

Suunniteltu 4 ha:n kosteikko, jonka pinta-alan suhde valuma-alueeseen on noin 0,8 %, voi tyypillisesti pidättää vuositason noin 20–30 % kosteikkoon tulevästä kokonaisfosforista ja noin 20–30 % kokonaistyyppistä, kun hydrauliset olosuhteet ovat suotuisat. Tässä tapauksessa kosteikon hydraulinen toiminta on hyvin edullinen: viipymäajat ovat keskivirtaamalla useita vuorokausia ja pintakuormitus jää selvästi alle 0,1 m/h myös suurilla virtaamilla.

Yhdistämällä laskeutusaltaiden ja kosteikon vaikutukset voidaan karkean arvioon perusteella olettaa, että kokonaisfosforikuormituksen pieneneminen Altaiden 1 ja 3 yläpuoliselta valuma-alueelta on luokkaa 60–80 % ja kokonaistyyppi-kuormituksen pieneneminen noin 30–50 %. Tarkempi arvio edellyttäisi pitoisuus- ja virtaamamittauksia sekä tietoa kiintoaineen ja liuenneiden ravinnefraktioiden suhteesta, mutta edellä esitetty arvio on käyttökelpoinen suunnittelutason tarkastelussa.

7 Yhteenveto

Marjakeitaan laskeutusaltaat 1–3 ovat hydraulisesti toimivia erityisesti normaalivirtaamatilanteissa, ja niiden alapuolelle suunniteltu 4 ha:n kosteikko parantaa järjestelmän ravinteiden pidätyskykyä merkittävästi. Kosteikon suuri pinta-ala suhteessa valuma-alueeseen sekä pitkät viipymääjat tukevat sekä kiintoaineeseen sitoutuneen että liuenneen fosforin ja typen pidättymistä ennen vesien purkautumista alapuoliseen vesistöön.

7.1 Arvio koko suunnittelualueen ravinne- ja kiintoainevaikutuksista

Suunnittelualueelta tulevan Karvianjokeen kohdistuvan pintavalunnan kuormituksen, joka kohdistuu Kodesjoen, Marjakeitaan ja Salontaustan valuma-alueisiin ennen–jälkeen-vertailu. Tiedot perustuvat SYKE Vemala -malliin sekä Marjakeitaan ja Salontaustan vesiensuojelurakenteiden laskennallisiin pidätysprosentteihin. Kodesjoen valuma-alueen kohdalla ei maaston kaltevuuden vuoksi ole tuulivoima-alueella hyviä paikkoja vesiensuojelurakenteille, vaan niiden rakentaminen pitäisi kohdistaa esim. Hautaperkiön alueelle.

Lähtötilanne (SYKE Vemala) ennen toimenpiteitä.

Osa-alue	TP (kg/a)	TN (kg/a)	SS (tn/a)
Kodesjoki	117.95	2.48	44.16
Salontausta	192.2	8.8	178.2
Marjakeidas	169.30	4.12	63.57
Yhteensä	509.73	15.4	172.07

Rakentamisen ja vesiensuojelurakenteiden jälkeinen kuormitus

Osa-alue	TP (kg/a)	TN (kg/a)	SS (tn/a)
Kodesjoki (ei rakenteita)	119.60	2.58	45.2
Salontausta (allas)	82.99	7.48	11.2
Marjakeidas (altaat + kosteikko)	36.86	2.68	14.38
Yhteensä	239.45	12.74	70.78

7.2 Nettohyöty koko suunnittelualueella

Alueelta lähtevien kuormitusarvojen perusteella kokonaisfosforikuormitus on nykytilassa noin 510 kg/a, kokonaistypikuormitus noin 15 kg/a ja kiintoainekuormitus noin 172 tn/a. Marjakeitaan laskeutusaltaiden ja 4 ha:n kosteikon sekä Salontaustan laskeutusaltaan toteuttamisen jälkeen kokonaisfosforikuormitus ko. valuma-alueilta pienenee arviolta noin 270 kg/a ($\approx 53\%$), kokonaistypikuormitus noin 2,7 kg/a ($\approx 18\%$) ja kiintoainekuormitus noin 102 tn/a ($\approx 59\%$). Kuormituksen väheneminen kohdistuu erityisesti Marjakeitaan ja Salontaustan osa-alueille, kun taas Kodesjoen osuus korostuu rakenteiden jälkeen, toivottavaa olisi, että ko. valuma-alueelle toteutettaisiin myös vesienhallintatoimenpiteitä.

Tulokset osoittavat, että suunnitellut vesiensuojelurakenteet lieventävät hankkeen vesistövaikutuksia merkittävästi.

8 Raudan poistuminen kosteikolla / laskeutusaltaasta (Marjakeitaan alue)

Marjakeitaan alueelle suunnitellun kosteikon sekä laskeutusaltaiden tarkoituksena on vähentää valumavesien kiintoaine- ja ravinnekuormitusta sekä niihin sitoutuneen raudan kulkeutumista alapuolisiin vesistöihin. Raudan poistuminen perustuu pääosin kiintoainekseen sitoutuneen raudan laskeutumiseen sekä liukoisen raudan hapettumiseen ja saostumiseen hapellisissa olosuhteissa.

Turvetuotanto- ja suoalueilta tulevissa valumavesissä rauta esiintyy tyypillisesti sekä liukoisena että kiintoainekseen sitoutuneena. Kosteikossa virtausnopeus hidastuu ja veden viipymä pitenee, mikä edistää kiintoaineen laskeutumista ja raudan pidättymistä pohjasedimenttiin. Lisäksi matalat ja

kasvillisuutta sisältävät alueet (kosteikko) parantavat veden hapettumista ja tukevat raudan saostumista.

Kirjallisuusarvojen ja vastaavien kohteiden perusteella kosteikkojen ja laskeutusaltaiden raudan poistoteho on tyypillisesti noin 30–50 %, kun tarkastellaan kokonaisrautaa. Poistoteho vaihtelee virtaamien, veden viipymän, veden laadun sekä vuodenaikaisen kuormituksen mukaan. Suunnittelussa on käytetty varovaista arviota, joka edustaa keskimääräisiä olosuhteita.

Raudan poistuman arviointi perustuu valumaveden kokonaisrautakuormitukseen ja oletettuun poistoprosenttiin. Todellinen poistuma voi poiketa laskennallisesta arvosta erityisesti suurilla virtaamilla ja tulvatilanteissa, jolloin viipymä kosteikossa lyhenee. Tämän vuoksi kosteikon toimivuutta suositellaan seurattavaksi vesinäyttein kosteikon ylä- ja alapuolelta toiminnan alkuvaiheessa.

Kokonaisuutena kosteikon arvioidaan vähentävän Marjakeitaan alueelta alapuolisiin vesistöihin kohdistuvaa rautakuormitusta merkittävästi ja tukevan samalla kiintoaine- ja muun ainekuormituksen hallintaa.

8.1 Raudan poistuma-arvio Marjakeitaan altaiden 1 ja 3 sekä niiden alapuolinen kosteikko

Tarkastelussa käytetty kokonaisrautapitoisuus 1,756 mg/l edustaa Marjakeitaan alueen pitkäaikaista keskiarvoa (2007–2019). Pitoisuus on Suomen oloissa tyypillinen soistuneille ja turvevaltaisille valuma-alueille eikä sitä voida pitää poikkeuksellisen korkeana. Rautapitoisuus vastaa useissa suomalaisissa seuranta-aineistoissa havaittuja taustatasoja vastaavilla alueilla.

Marjakeitaan rakenteisiin tuleva kokonaisrautakuorma olisi edellä mainitulla kokonaisrautapitoisuudella keskimäärin noin 3,1 t/a. Kun altaiden poistotehoksi oletetaan 30 % ja kosteikon poistotehoksi 40 %, rakenteiden yhteispoistuma on noin 1,8 t/a (≈ 58 %) ja lopullinen lähtevä kuorma noin 1,3 t/a.

Rakentamisaikainen kokonaisrautakuorman lisäys koko tuulivoima-alueella on n. 0,65 tn/a, josta Marjakeitaan altaisiin kohdistuva lisäkuormitus olisi n. 0,28 tn/a. Jo Marjakeitaan vesiensuojelurakenteiden kokonaisrautakuorman poistuma on huomattavasti suurempi kuin sinne tuulivoima-alueen rakentamisen aiheuttama lisäkuormitus. (1.8 tn/a versus 0.65 tn/a)

8.2 Rakentamisen aikaisen rautakuormituksen arviointikriteerit

Rakentamisaikainen kokonaisrautakuormitus on arvioitu maalajikohtaisilla ominaiskuormituskertoimilla (kg/ha/a), jotka edustavat rakentamisvaiheen keskimääräistä rautakuormitusta. Laskelmissa huomioitu rakentamisalueiden maalajit. Kertoimet perustuvat suomalaisiin ojitus- ja rakentamishankkeiden seurantahavaintoihin sekä rautakuormituksen hienoainekseen ja kiintoainekuormitukseen. Arvot ovat keskiarvoja ja ne on suhteutettu vastaavien laskentamallien käyttämiin kiintoaineen ominaiskuormiin eri maalajeilla. Tarkastelu koskee rakentamisvaihetta.

Maalaji	Fe-peruskerroin (kg/ha/a)	Perustelu
Hienojakoinen maalaji	16,5	Runsas hienoaines + korkea Fe-sidonta
Karkearakeinen maalaji	7,0	Vähemmän hienoainesta, Fe kulkeutuu huo- nommin
Ohut turvekerros	4,5	Orgaaninen sitoo Fe:tä, mutta määrä rajalli- nen
Paksu turvekerros	3,2	Hidas virtaus, Fe saostuu jo alueella
Sekalajitteinen maalaji	8,4	Väliarvo hienon ja karkean välillä
Soistuma	5,0	Orgaaninen, usein hapeton → Fe vapautuu mutta sitoutuu nopeasti

Rakentamisvaiheessa (esim. uusien ojien kaivu, kunnostusojitus tai muut kaivutyöt) valumavesien rautapitoisuus voi tilapäisesti nousta. Rakentamisen aikaiset pitoisuushuiput painottuvat työvaiheisiin sekä rankkasadetilanteisiin. Kuormituslisäys voi olla 3–4 kertainen verrattuna keskimääräiseen kokonaisrautapitoisuuteen.

Rakentamisvaiheen kuormituksen hallinta perustuu vesiensuojelurakenteiden käyttöön koko työnaikaisen valunanjakson ajan sekä tarvittaessa työnaikaisiin lisätoimiin (mm. laskeutusaltaat, virtaamansäätö ja samentumisen seuranta). Suositellaan, että työnaikainen vaikutus varmistetaan näytteenotolla (ylä- ja alapuoli) erityisesti suurimpien työvaiheiden aikana.