

Kineettisen vesivoiman soveltuvuus Lapin maakunnan alueella



Kineettisen vesivoiman soveltuvuus Lapin maakunnan alueella

Arja Kotkansalo • Aslak Siimes • Piia Ailinpieti • Mikko Rintala

Kineettisen vesivoiman soveltuvuus Lapin maakunnan alueella

Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 20/2018

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-260-0 (nid.)

ISSN 2489-2629 (painettu)

ISBN 978-952-316-261-7 (pdf)

ISSN 2489-2637 (verkkojulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja
Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset
20/2018

Rahoittajat: Euroopan unioni - Euroopan aluekehitysrahasto, Lapin Liitto, Vipuvoimaa EU:lta
2014-2020

Kirjoittajat: Arja Kotkansalo, Aslak Siimes, Piia Ailinpieti, Mikko Rintala

Kansikuva: Rodeo

Taitto: Lapin AMK, viestintäyksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu
Jokiväylä 11 C
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000
www.lapinamk.fi/julkaisut



Lapin korkeakoulukonserni LUC on yliopiston ja ammattikorkeakoulun strateginen yhteenliittymä. Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto ja Lapin ammattikorkeakoulu.
www.luc.fi

Sisällys

1. JOHDANTO	7
2. VESIVOIMAN KÄSITE	9
3. KINEETTISEN VESIVOIMAN MATEMAATTIS-FYSIKAALISET ILMIÖT	13
4. KINEETTISEEN VESIVOIMAAN LIITTYVÄ TEKNOLOGIA	15
4.1 MARKKINOILLA OLEVAT TEKNOLOGIAT	15
4.1.1 Idénergie jokiturbiini	16
4.1.2 PowerPal Low Head	19
4.1.3 SMART Monofloat	21
4.1.4 SMART Free Stream	22
4.1.5 Blue Freedom Portable	23
4.2 SUUNNITTELUVAIHEESSA OLEVAT TEKNOLOGIAT	24
4.2.1 Waterrotor	24
4.2.2 Thropton Energy Services	25
4.2.3 DDMotion jokiturbiini	26
5. LAIT, SÄÄNNÖKSET JA ASETUKSET SEKÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	27
5.1 VESILAKI (587/2011)	27
5.1.1 Vesilain käytösäännöstelyn uudistaminen	28
5.2 KOSKIENSUOJELULAKI (35/1987)	29
5.3 KALASTUSLAKI (379/2015)	30
5.4 LUONNONSUOJELULAKI (LSL) (1096/1996)	30
5.5 YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI (YSL) (527/2014)	31
5.6 YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI (YVAL) (252/2017)	32
5.7 SÄHKÖN TUOTANTOON LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ	34
5.7.1 Muita huomioitavia lakisääteisiä asioita	35
5.7.2 Sähkön laadulliset vaatimukset	35
6. KOULUTUS JA TUTKIMUS SUOMESSA, EU:N ALUEELLA JA MAAILMALLA	37

7. LAPIN MAAKUNNAN VESISTÖJEN POTENTIAALI41
8. LAPIN MAAKUNNAN TOIMIJOIDEN POTENTIAALI45
9. POTENTIAALISET UUDET TUTKIMUSAIHEET47
LÄHTEET49

1. Johdanto

Vuoteen 2030 tähtäävässä kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataan uusiutuvan energian käyttöön asetettuja tavoitteita ja niihin liittyviä tukijärjestelmiä. Strategiassa pyritään vastaamaan mm. siihen kuinka Suomi täyttää EU:n 2030 energia ja ilmastotavoitteet sekä siihen kuinka kyseiset tavoitteet saavutetaan. Hallitusohjelman mukaan eräänä kärkihankkeena on ”Hiilettömään, puhtaaseen ja uusiutuvaan energiaan kustannustehokkaasti”. Kyseisen kärkihankkeen tavoitteena on se, että 2020 käytettävästä energiasta yli 50 % olisi uusiutuvaa. (Valtioneuvoston kanslia, 2016)

Vesivoiman osuus sähköntuotannosta vaihtelee 10 – 20 % välillä. Vaihtelu riippuu merkittävästi vuotuisesta vesitilanteesta. Vesivoiman tuotannon kasvun arvellaan perustuvan lähinnä olemassa olevien laitosten tehonkorotuksista ja pienvesivoiman lisäyksestä. Esteenä ovat erilaiset rajoitukset kuten koskiensuojelulaki ja muut vesilain rajoitukset. Modernisoinneilla ei nykykäsityksen mukaan voida merkittävästi lisätä tuotantotehoa. (Energiateollisuus ry, 2018)

Yllä viitatuissa lähteissä ei mainita kineettistä vesivoimaa, joka maailmalla on saavuttanut jo jonkinlaista arvoa energiantuotannossa. Kineettisellä vesivoimalla tarkoitetaan vapaasti virtaavassa vedessä olevaa vesivoimaa eli padotonta vesivoimaa. Englanninkielinen käännös kineettiselle vesivoimalle on kinetic hydro power tai kinetic power. Tietoa kyseisestä teknologiasta löytyy näillä hakusanoilla runsaasti, teknologiaselvitysten, mitä suuremmassa määrin, koskien kuitenkin vuorovesivoimaloita. Tiedon etsintää jatkettaessa havaittiin, että yleisesti käytössä oli myös in-stream-termi. Kyseisellä hakutermillä etsittäessä löytyi vartenotettavia potentiaalisia teknologioita, joita Lapin maakunnan alueella voitaisiin soveltaa. Suomalaisia tietolähteitä löytyi varsin vähän, josta päätellen tutkimusta ja kehitystä kyseisen teknologia parissa tehdään toistaiseksi varsin rajallisesti.

Selvityksen perusteella potentiaaliset laitteet ovat verrattain yksinkertaisia ja perustamiskustannuksiltaan kohtuullisia verrattuna esimerkiksi tuulivoimalaan. Lapin arktiset olosuhteet ovat kuitenkin aika ajoin erittäin vaativat ja löydettyissä tutkimuksissa niihin viittaavia tutkimustuloksia löydettiin vähän. Suomessa ja Lapissa pienvesivoima on tavallisesti padottua vesivoimaa.

Tämän hankkeen käynnistämiseen merkittävän panoksen antoi nykyisin Ellappi Oy:ssä työskentelevä Joonas Oikkonen ja jonka lisäksi hänen asiantuntijuutta on täs-

sä rapostissa hyödynnetty. Tärkeää tietoa ja asiantuntijuutta on myös saatu ELY- keskuksen Timo Jokelaiselta sekä Kemijoki Oy:n Sakke Rantalalta.

2. Vesivoiman käsite

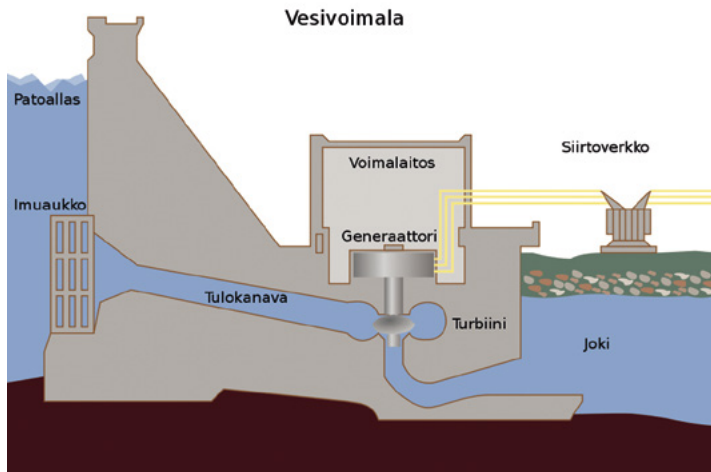
”Vesivoima on veden liikkeen muuntamista johonkin ihmiselle hyödyllisempään muotoon. Nykykielessä vesivoimalla tarkoitetaan ensisijaisesti uusiutuvan energian tuotantomuotoa, jossa veden potentiaalienergiaa hyödyntävät vesivoimalat tuottavat sähköä” (Wikipedia, 2017). Vesilaki 587/2011 3§, kohta 11 määrittelee vesivoiman olevan keskivirtaaman ja sitä vastaavan putouskorkeuden mukaan tietyllä vesistönsalle laskettavaa tehoa (Finlex, 2011).

Vesivoima jaetaan suur-, pien- ja minivesivoimaan voimalan nimellistehon perusteella. Suurvesivoimalla tarkoitetaan nimellisteholtaan yli 10 MW:n, pienvesivoimalla 1-10 MW:n ja minivesivoimalla alle 1 MW:n tehoista vesivoimaa. (Energiateollisuus ry, 2018)

Kineettinen vesivoima on vapaasti virtaavaa vettä hyödyntävä sähköntuotanto. Joki-voima, merivirtavoima ja vuorovesivoima ovat tyypillisiä voimanlähteitä. Muuta vesivoimaa on perinteinen vesivoima, ”run-of-river”, jossa vesi johdetaan putkea tai vastaavaa pitkin turbiiniin, sekä aaltovoima.

”Vesivoimala eli vesivoimalaitos on vesivoimaa tuottava voimalaitos. Vesivoimalan toiminta-ajatus perustuu veden potentiaalienergiaan, joka muuntuu korkeuseron vaikutuksesta liike-energiaksi. Veden liike-energia muunnetaan edelleen turbiinilla generaattorin pyörimisenergiaksi.” (Wikipedia, 2017)

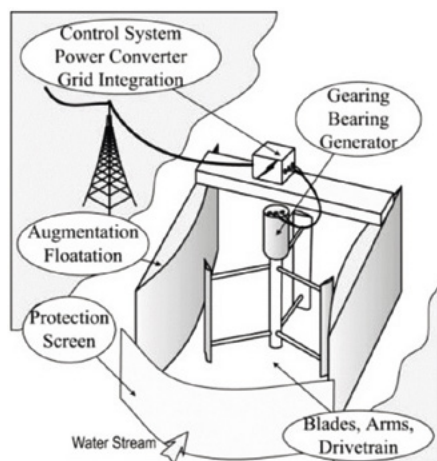
Yleisesti puhuttaessa vesivoimalaitoksesta, ymmärretään sen olevan kuvan 1 mukainen. Vesivoimalaitos hyödyntää kahden vesipinnan välistä korkeuseroa. Vesi johdetaan korkeammalta tasolta alemmalle tasolle laitoksen turbiinin läpi. Turbiini pyörittää generaattoria. Muuntaja muuntaa sähköjännitteen sähköverkkoon soveltuvaksi ja sähkö jatkaa matkaansa verkkoon. (Suomen vesiputoukset, 2017)



Kuva 1 Tyypillisen vesivoimalan toimintaperiaate. (Suomen vesiputoukset, 2017).

”Vesivoimaloihin liittyy lähes aina joen patoaminen putouksen kohdalta. Tämä tehdään tasaamaan joen luontaisia virtaamavaihteluita sekä siksi, että voimalaan pääsevän veden määrä olisi helposti kontrolloitavissa mm. sähkön kulutushuippujen mukaan. Käytännössä padon yläpuolelle syntyy suuri seisovan veden massa (tai tekojärvi), joka peittää alleen – tai vaihtoehtoisesti jättää kuivaksi – ennen vapaana virranneen jokiuoman putouksineen.” (Suomen vesiputoukset, 2017)

Vapaasti virtaavaan veteen asennettava vesivoimalaitos voi olla esimerkiksi kuvan 2 mukainen. Kuvassa on ns. in-stream vesivoimalaitos (laite), joka sisältää turbiiniosan eli vaihteiston, laakeriston ja generaattorin. Myös voimansiirto, ohjausjärjestelmä, tehomuunnin ja sähköverkkoon integroiminen ovat olennaisia osia voimalassa. (Ladokun;Ajao;& Sule, 2013)



Kuva 2 Piirros tyypillisestä hydrokineettisestä turbiinijärjestelmästä ns. in-stream pienvesivoimalasta. (Ladokun;Ajao;& Sule, 2013)

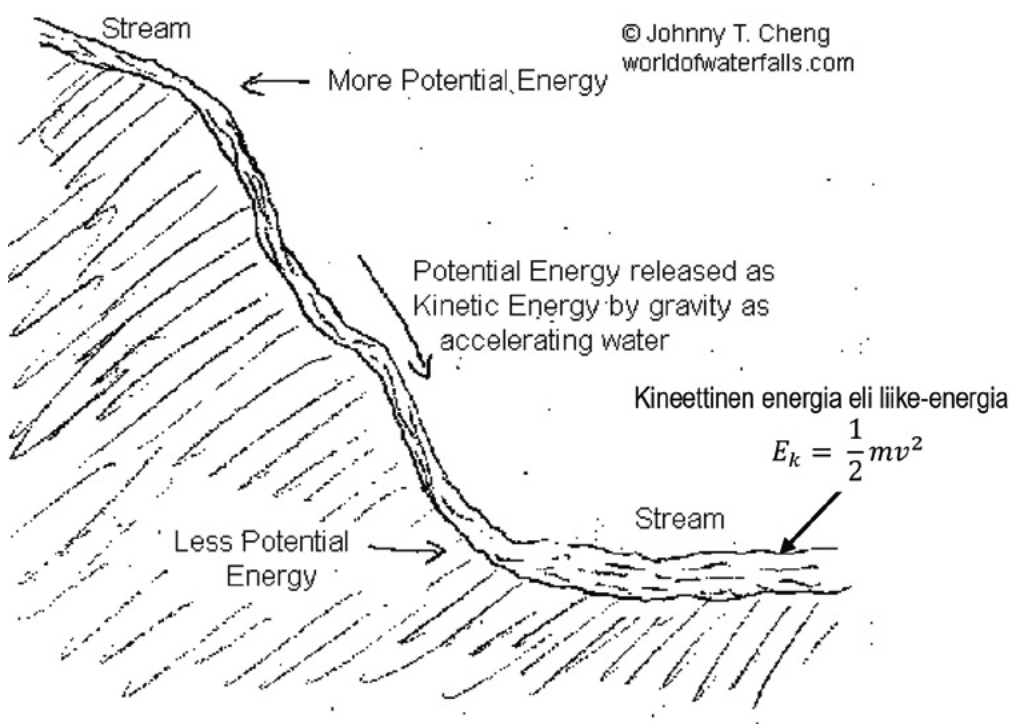
Vesivoimalaitokset luokitellaan niiden energiantuotantokapasiteetin mukaan, ilmaistuna megawatteina. Vaikka laajamittaiset vesivoimalaitokset voivat tuottaa runsaat 100 MW, pienet vesivoimalaitokset tuottavat yleensä alle 10 MW. Energiantuotantokapasiteetin perusteella pienvesivoimatuotanto jakautuu neljään eri alaluokkaan, jotka on eritelty alla olevassa taulukossa 1. Vaikka eri maissa on erilainen kriteeristö vesivoimalaitosten luokittelumiseksi, vesivoimaloiden yleinen luokittelu on taulukon 1 mukainen. (Singh, 2009) Suomessa on yli 220 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on noin 3100 MW. (Energiateollisuus ry, 2018)

Taulukko 1. Vesivoimalaitosten luokittelu (Singh, 2009)

Vesivoiman tyyppi	Kapasiteetti	Sovellettavuus
Suuri	Yli 100 MW	Yleensä syöttö suureen sähköverkkoon (suuret kaupunkikeskukset).
Keskikokoinen	15-100 MW	Yleensä verkkoon syöttö (keskikokoiset kaupunkikeskukset).
Pieni	1 - 15 MW	Pienet yhteisöt, joilla on mahdollisuus toimittaa sähköä alueelliselle verkolle.
Mini	Enintään 100 kW, mutta alle 1 MW	Joko itsenäisesti tai useammin syöttämällä verkkoon (pienet tehtaat tai eristetyt yhteisöt).
Mikro	5 kW:sta 100 kW:iin asti	Yleensä tehon syöttö pienelle yhteisölle tai maaseutualueelle, jotka sijaitsevat syrjäseuduilla ja verkon ulottumattomissa.
Piko	muutamasta sadasta watista jopa 5kW:iin	1 – 2 taloa

3. Kineettisen vesivoiman matemaattis-fysikaaliset ilmiöt

Fysiikan kannalta korkeammista nousuista tulevalla vedellä on enemmän potentiaalista energiaa kuin vedessä, joka on alhaisemmillä korkeuksilla. Kuvassa 3 on havainnollistettu, miten potentiaalinen energia muuttuu kineettiseksi energiaksi veden liikkuessa korkeammasta alempaan tasoon. (Cheng, 2008)



Kuva 3 Havainne kuva potentiaalisen energian muuttumisesta kineettiseksi. (Cheng, 2008)

”Vesivoima on tulen jälkeen vanhin tunnettu energian tuottamisen tapa. Aurinko haihduttaa ensin vettä meristä ja vesistöistä pilviin, joista se sataa alas kerääntyen siävesistöihin merenpinnan yläpuolelle. Koskissa ja putouksissa virtaavalla vedellä on potentiaalienergiaa, joka muuttuu liike-energiaksi.” (Wikipedia, 2017)

Hydrokineettiset energiansiirtojärjestelmät kuvataan sähkömekaanisiksi energiannuuntimiksi, joita voidaan käyttää, ei ainoastaan aaltoenergian ja merivirtojen muuttamiseen valtamerissä vaan myös luonnollisiin virtauksiin, kuten jokiin, jokisuiden vuorovesiin ja joihinkin rakennettuihin vesiväyliin. Käytävissä oleva teho riippuu veden tiheydestä, virtaavasta vesikanavasta tai turbiinin poikkipinta-alasta ja veden virtausnopeudesta. Vaadittu vesivirran vähimmäisnopeus on tyypillisesti välillä 1,03 m/s ja 2,06 m/s. Optimaaliset virrat ovat välillä 2,57 m/s – 3,6 m/s. Voiman laskentaan hydrokineettisessä suunnittelussa käytetään seuraavaa kaavaa: (Ladokun;Ajao;& Sule, 2013)

$$P = \frac{1}{2} \rho A U_0^3 \eta C_p \quad (1)$$

missä

P, on kokonaisvoima

ρ , on massan (veden) tilavuus 1000kg/m³

A, on turbiinin pinta-ala

U_0^3 , on veden virtausnopeus (kuutioina m/s)

η , on generaattorin tehokkuus

C_p , on tehokerroin

* vapaavirtausturbiineilla on n. 0,25

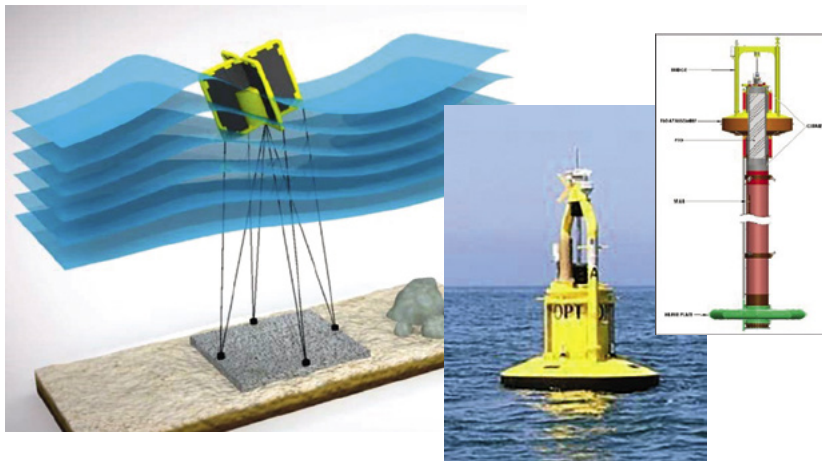
Virtaama eli tilavuusvirta on virtauskanavan (putken, uoman, vesistöalueen tms.) poikkileikkauksen läpi kulkevan nestemäärän tilavuus aikayksikössä. SI- järjestelmässä virtaaman yksikkönä on m³/s. (Ladokun;Ajao;& Sule, 2013)

4. Kineettiseen vesivoimaan liittyvä teknologia

Vesivoiman hyödyntäminen on ollut käytetyimpiä energialähteitä jo vuosituhsien ajan. Perinteisesti on hyödynnetty vesimassan potentiaalienergiaan perustuvaa tekniikkaa. Vasta viime vuosikymmenien ajan on oivallettu myös kineettisen energian hyödynnettävyys. Edellä mainitun pohjalta maailmalla on tutkittu kohteita, joissa vesimassat liikkuvat mm. vuoroveden vaikutuksesta. Tutkimuksen ja kehityksen painopisteen voidaan sanoa olevan jo mainitun vuoroveden tutkimisessa ja jonka lisäksi tutkitaan paljon myös aaltoenergiaan liittyviä mahdollisuuksia. Tässä kappaleessa on esimerkinomaisesti kuvattu muutamia kineettisen energialähteen teknologioita, luonnollisesti keskittyen niihin markkinoilla sekä kehitysvaiheessa oleviin teknologioihin, jotka voisivat soveltua Lapin maakunnan vesistöissä käytettäviksi.

4.1 MARKKINOILLA OLEVAT TEKNOLOGIAT

Selvityksen perusteella maailmalta löytyy suuri määrä eri käyttötarkoituksiin ja -oloihin liittyvää teknologiaa. Suurimmat tutkimus- ja kehityskohteet, kuten yllä mainittiin, ovat vuorovesi- ja aaltovoimalaitteet, joita on myös laajasti tuotteistettu. Esimerkinomaisesti kuvia molemmista ratkaisuksista on kuvassa 4 esitetty aaltoenergian hyödyntämiseen tarkoitettuja laitteita ja kuvassa 5 vastaavasti vuoroveden hyödyntämiseen liittyvä laitteisto.



Kuva 4 Vasemmalla Laminaria BVBA:n (Laminaria BVBA, 2018) ja oikealla Ocean Power Technologies Inc. (Ocean Power Technologies Inc., 2018) ratkaisut aaltovoiman hyödyntämiseksi.



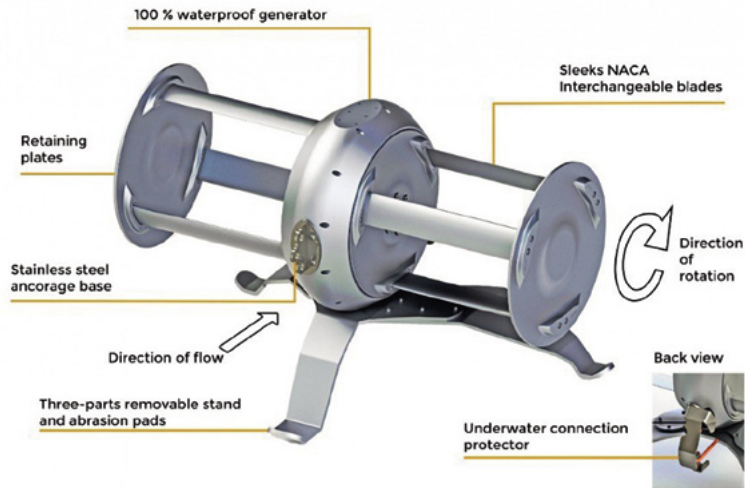
Kuva 5 Tidalys vuorovesivoimala (Tidalys, 2018)

Tässä selvityksessä on varsinaisten laite-esimerkkien valinnassa pyritty ottamaan huomioon teknologian käytettävyys ja tekniset ratkaisut huomioimalla Lapin maakunnan alueen vesistöjen keskimääräinen syvyys ja vallitsevat, paikoin ankarat, sääolosuhteet. Huomioon on otettava myös se seikka, että osa esitetyistä laitteista on prototyypivaiheessa, mikä lisää mielenkiintoa tutkia näitä laitteita Lapin maakunnan alueella hyödynnettäväksi.

4.1.1 Idénergie jokiturbiini

Idénergie on kanadalainen yritys, joka kehittää ratkaisuja uusiutuvan energian sähköntuotantoon. Yrityksen lanseeraama, kuvassa 6 esitetty jokiturbiini on pienen fyy-

sisen kokonsa (korkeus 66 cm, leveys 132 cm) ansiosta soveltuva käytettäväksi matalissa vesistöissä. Kevyen rakenteensa ansiosta (paino 131 kg) se on myös mahdollista kuljettaa helposti asennuspaikalle, esimerkiksi alueelle joihin on huonot kulkuyhteydet. (Idénergie, 2016)



Kuva 6 Jokiturbiinin kuvaus (Idénergie, 2016)

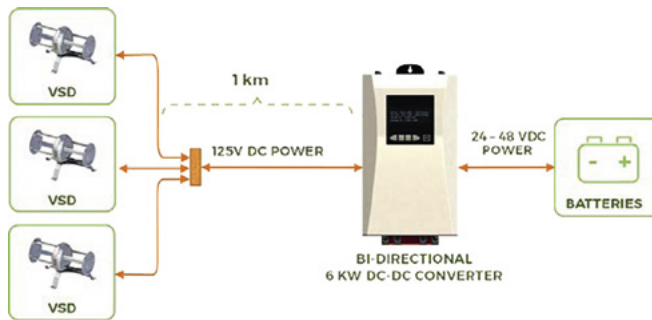
Jokiturbiini voidaan ankkuroida virtaavan vesiuoman pohjaan ja se voidaan asentaa jopa 60 cm syvyiseen veteen. Sähköenergiaa voidaan tuottaa, kun veden virtausnopeus on 1 m/s – 3,5 m/s ja kiertonopeuden ollessa 100 – 250 rpm. Yhdestä jokiturbiinista voidaan saada tehoa 100 – 500 W. Yhdellä turbiinilla on veden virtausnopeudesta riippuen mahdollista tuottaa vuositasolla 900 – 5100 kWh sähköenergiaa. (Idénergie, 2016)

Ennen turbiinien asennusta, on ensiksi otettava selvää:

- joen virtausnopeus
- veden syvyys
- joenuoman piirteet
- asennuspaikka ja etäisyys akkuihin.

Teknologiset ratkaisut jokiturbiinissa helpottavat käyttöönottoa. Turbiiniin integroitu elektroniikka takaa sähköntuotannon optimoinnin. Jokiturbiinissa on täysin vedenpitävä sähkögeneraattori, joka ei sisällä käyttöakselia turbiinin ja generaattorin välillä. Generaattorikotelon sisällä on sähkömuuntimen elektroniikkalevy, jotta sähkön optimaalinen muuntaminen ja generaattorin ohjaus saadaan aikaan. Se mahdollistaa akkujen lataamisen turbiinin optimaalisen nopeuden säätämisen yhteydessä.

Lisäksi generaattorikotelon sisällä oleva ”moottoritila” mahdollistaa mm. optimaalisen sähkön muuntamisen, optimaalisen pyörimisnopeuden säätämisen, turbiinin automaattisen käynnistyksen, jatkuvan tehon optimoinnin, kaukovalvontaominaisuuden sekä hätäjarrutuksen. (Idénergie, 2018c)



Kuva 7 Kaksisuuntainen muunnin (Idénergie, 2018c)

Kaksisuuntainen muuntotekniikka mahdollistaa (kuva 7) sähkön siirron suuremmalla jännitteellä pitkiäkin matkoja ilman merkittäviä tappioita. Muuntotekniikan avulla on myös mahdollisuus yhdistää useita turbiineja, yhteensä enintään 6 kW sähkötehon verran. Jokiturbiini pystyy siten täyttämään asunnon sähköiset tarpeet tuottamalla korkeintaan 12 kWh päivässä. (Idénergie, 2018a)

Energiantuotanto/sähköntuotanto prosessi:

- Veden virtaus mahdollistaa generaattorin aktivoivien turbiinien pyörivän liikkeen.
- Jokiturbiinit kytetään ensin joen rannalla olevaan liitäntäkoteloon.
- Energia muunnetaan sähköksi sisäänrakennetun ”älykään muuntimen” avulla.
- Muunnettu energia siirretään paristoihin sähkökaapelilla.
- Tukeva sähkökaapeli tuo sähköä akkupankkiin, jolloin jännitteen ulostulo alenee 72 V, 60 V, 48 V ja 24 V kaksisuuntaisen muunnintekniikan avulla.
- Paristot latautuvat 24 tuntia vuorokaudessa.
- Invertteri muuntaa tasavirran (24 – 48 V DC) vaihtovirtaan (120 V AC). (Idénergie, 2018b)

Taulukossa 2. on havainnollistettu jokiturbiinin päivittäinen energiantuotanto, joka on riippuvainen veden virtausnopeudesta. Jos akkujen varaustila laskee liian alhaiseksi, varmuuslaitteena joudutaan käyttämään dieselgeneraattoria tehostamaan laitteistoja ja lataamaan paristot. (Idénergie, 2018b)

Taulukko 2. Energiantuotanto (Idénergie, 2018b)

Veden virtausnopeus (m/s)	1	1,5	2	2,5
Päivittäinen tuotanto (kWh/päivä)	2,3	4,7	7,8	11,6



Kuva 8 Idénergia jokiturbiini (Idénergie, 2016)

Jokiturbiinin (kuva 8) tavoitteena on tuottaa energiaa ympäristöystävällisesti, vahingoittamatta vesistön eläimiä. Aldenin tutkimuslaboratorio Yhdysvalloissa on tehnyt tutkimuksia Darrieus-tyyppisestä turbiinista, joka on samanlainen kuin Idénergien käyttämä. Tutkimus osoitti, että vaikutukset vesistön eläimiin olivat erittäin vähäisiä. (Amaral, 2001) Myös Kanadan ”Fisheries and Oceans Canada” on arvioinut Idénergien jokiturbiinit vaarattomiksi jokien virtapaikoissa (Therrien & Bourgeois, 2000). (Idénergie, 2018d)

Veneilijöille ja muille vedessä liikkujille on turvallisuus- ja varoitustarvikkeita saatavilla; kuten rannalle merkitty huomio/tunnistemerkki ja jokiturbiinin ylä- ja alapuolelle jokeen sijoitettava varoituspoiju. Meri- tai rautapitoisiin olosuhteisiin menevät jokiturbiinit voidaan pinnoittaa suojakerroksella. Laitteen hinta on noin 18 000€ (12 000 CAD). (Idénergie, 2018e)

4.1.2 PowerPal Low Head

PowerPal on kanadalaislähtöinen yritys, joka on ollut toiminnassa vuodesta 1998. Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluu monenlaisia mikro-vesivoimajärjestelmiä. PowerPal tuotteita myydään niin pienempään kuin suurempaan sähköntuotantoon jo yli 80 maassa. (Property of Asian Phoenix Resources Ltd, 2018a)

Tuotteista pienikokoisiin kuuluvan, ”Low Head” kuvassa 9, tuoteperheen laitteistot tuottavat sähköenergian yksivaiheisella kestopinnoitettulla AC-generaattorilla, joka on akselin välityksellä kiinnitetty turbiinipyörään. Toiminta vaatii pudotuskor-

keutta, jonka yläpäästä vesi ohjataan pyörivään liikkeeseen ja ohjataan putkea pitkin turbiinille. (Property of Asian Phoenix Resources Ltd, 2018b)



Kuva 9 PowerPal Low Head (Property of Asian Phoenix Resources Ltd, 2018b)

Yksinkertaisen- ja kevyen rakenteen ansiosta PowerPal, kuvassa 10, on helposti asennettavissa. PowerPal Low Head tuotteissa ei ole juoksevia kustannuksia ja huoltokustannukset ovat erittäin alhaiset. (Property of Asian Phoenix Resources Ltd, 2018b)



Kuva 10 PowerPal Low Head turbiini asennettuna (Asian Phoenix Resources). (Piggott & Woofenden , 2016)

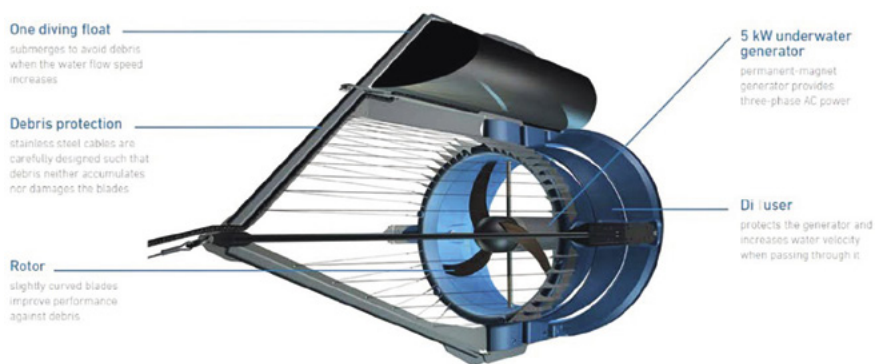
PowerPal pienikokoiset turbiinit ”Low Head” tuoteperheeseen kuuluu kolme tuotetta. Taulukossa 3. on kuvattu kaikkien kolmen tuoteperheen tuotteen tiedot. (Property of Asian Phoenix Resources Ltd, 2018b)

Taulukko 3. PowerPal Low Head tuoteperehen tiedot (Property of Asian Phoenix Resources Ltd, 2018b)

	MGH-200LH	MHG-500LH	MHG-1000LH
Putouskorkeus	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Virtausnopeus	35 l/s	70 l/s	130 l/s
Tuotettu teho	200 W	500 W	1000 W

4.1.3 SMART Monofloat

Smart Hydro Power on saksalaislähtöinen 2010 perustettu yritys, jossa kehitetään ja toteutetaan edullisia uusiutuvan energian hankkeita. Yritys käynnistyi kineettisten turbiinien kehittäjänä. Yrityksen SMART-tuotepereheeseen kuuluu SMART Monofloat kuvassa 11 ja SMART Free Stream, josta tarkemmin kappaleessa 4.1.4 sekä kehityksessä oleva SMART Slow Flow turbiinit. Nämä kaikki turbiinit kehitettiin tuottamaan sähkötehoa virtaavien vesien kineettisellä energialla. Smart Hydro Power laitteiden toiminta ei vaadi patoja tai putouskorkeutta vaan sähköenergia saadaan veden suuremman virtausnopeuden avulla. Yrityksen jokiturbiinit on rakennettu moduuleihin ja ne voidaan integroida aurinkosähkön kanssa hybridijärjestelmään. (Smart Hydro Power, 2018a)



Kuva 11 SMART Monofloat turbiini (Smart Hydro Power, 2018a)

Tuoteperehen SMART Monofloat turbiini on suunniteltu siten, että se voidaan ankkuroida joko joen pohjaan, sillan tukirakenteisiin tai rantapenkalla sijaitsevaan kiinnityselementtiin (kuva 12). Laitteen käyttö vaatii vähintään 2 m syvän ja leveän uoman sekä vedenvirtauksen, joka tulee olla 1 – 2,8 m/s. SMART Monofloat on ponttonin varassa kelluva vaaka-akseliturbiini, jonka etuosa on suojattu suojaverkolla estämään roskien kulkeutumisen 3 teräiseen roottoriin. (Smart Hydro Power, 2018a)



Kuva 12 SMART Monofloat turbiini (Smart Hydro Power, 2018b)

Alla olevassa taulukossa 4. on kuvattu SMART Monofloat tekniset tiedot.

Taulukko 4. SMART Monofloat tekniset tiedot (Smart Hydro Power, 2018a)

Teho	250 – 5000 W
Koko	Pituus 3130 mm Leveys: 1600 mm Korkeus: 2010 mm
Pyörimisnopeus	90 – 230 rpm
Paino	380 kg
Roottorin siipien lukumäärä	3
Roottorin halkaisija	1000 mm

4.1.4 SMART Free Stream

SMART Free Stream kuvassa 13 on myös saksalaisen Smart Hydro Powerin valmistama jokivesiin tarkoitettu turbiini. Laite sopii asennettavaksi joen tai kanavan pohjaan. Laitteiston etuosassa sijaitseva metallinen aita estää vedessä kulkevan roskan pääsyn turbiiniin. Smart Free Stream laitteisto on suunniteltu toimimaan veden virtauksilla välillä 1 – 3.2 m/s. Valmistajan ilmoittama asennuksen veden minimi syvyys on 1.1 m ja minimi vesiuoman leveys 1.2 m. (Smart Hydro Power, 2018a)



Kuva 13 SMART Free Stream laitteiston asennus (Smart Hydro Power, 2018b)

Taulukossa 5. on kuvattu SMART Free Stream tekniset tiedot.

Taulukko 5. SMART Free Stream tekniset tiedot (Smart Hydro Power, 2018a)

Teho	250 – 5000 W
Koko	Pituus 2640 mm Leveys: 1120 mm Korkeus: 1120 mm
Pyörimisnopeus	90 – 230 rpm
Paino	300 kg
Roottorin siipien lukumäärä	3
Roottorin halkaisija	1000 mm

4.1.5 Blue Freedom Portable

Blue Freedom on saksalaisen Aquakin GmbH -yrityksen tuoteperhe. Aquakin on erikoistunut erilaisiin vesivoiman tuotantolaitteiden kehitystyöhön. Lapin maakunnan vesistöihin, Aquakinin kehittämistä tuotteista potentiaalisin on Blue Freedom Portable kuvassa 14. Tämä mukana kannettava laite lataa 5000 mAh sisäisiä akkujaan pyörivällä turbiinilla ja syöttää tehon usb-porttien kautta halutuille laitteille. Taulukoon 6. on koottu Blue Freedom Portable tarkemmat tekniset tiedot. (Blue Freedom, 2018)

Taulukko 6. Blue Freedom Portable tekniset tiedot (Blue Freedom, 2018)

ulkohalkaisija	20 cm
sisähalkaisija	12 cm
paino	690 g
kapasiteetti	5.000 mAh
teho	5 W
verkköjännite	110-240 V



Kuva 14 Blue Freedom Portable käyttövalmiina (Gigazine, 2016)

4.2 SUUNNITTELUVAIHEESSA OLEVAT TEKNOLOGIAT

Tässä osiossa esitellään suunnitteluvaiheessa olevia kineettiseen vesivoimaan liittyviä teknologioita. Näiden teknologioiden kehitysvaiheet vaihtelevat, mutta tutkimuksen aikana ne on havaittu potentiaalisiksi käytettävyydeltään Lapin maakunnan vesistöihin.

4.2.1 Waterotor

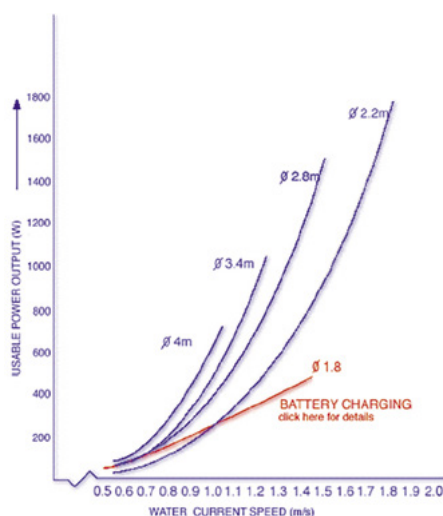
Waterotor (kuva 15) on kanadalaisen Waterotor Energy Technologies Inc. -yrityksen kehittämä vaakaturbiinilaitteisto. Laitteiston kehitystyö aloitettiin vuonna 2011 ja kehitystyö on edennyt useamman pilotoinnin kautta vaiheeseen, jossa laitteistoa pyritään lanseeraamaan markkinoille. Laitteisto on tarkoitettu toimimaan täysin upotettuna ja laitteisto pystyy tuottamaan energiaa jopa 0,9 m/s virtauksessa. (Waterotor Energy Technologies Inc., 2018)



Kuva 15 Waterotor laitteisto (Scott, 2015)

4.2.2 Thropton Energy Services

Thropton Energy Services on kehittänyt kelluvan kineettiseen vesivoimaan perustuvan laitteiston, joka on suunniteltu hyvin mataliin ja hitaasti virtaaviin vesiin. Laitteiston minimivaatimukset vesistön suhteen ovat 1,75 m veden syvyyttä ja 0,5 m/s virtausta. Laitteistoa on koekäytetty muutamissa pilottikohteissa, mutta laitteiston markkinoille tulosta ei tämän julkaisun kirjoitushetkellä ollut tietoa saatavilla. (Thropton Energy Services, 2018a)



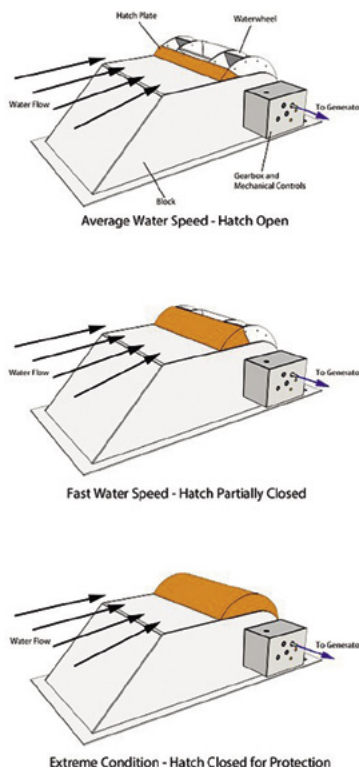
Kuva 16 Thropton Energy Services laitteiston tuotantopotentiali (Thropton Energy Services, 2018b)

Kuvassa 16 on esitettyä kaavio, miten turbiinin halkaisijan koko (4m, 3.4m, 2.8m ja 2.2m) ja veden virtaus vaikuttavat, kuinka paljon laitteisto voi tuottaa tehoa. (Throp-ton Energy Services, 2018b)

4.2.3 DDMotion jokiturbiini

DDMotion on Yhdysvaltalainen yritys, jonka pääfokuksena on kehittää mekaanisia innovaatioita eri tarkoituksiin. DDMotion on kehittämässä jokiin soveltuvaa mekaanista vaak-akseliturbiinia, jonka erityisominaisuutena on turbiinille tulevan vesivirran säädettävyys liikkuvalla ohjauslevyllä. (DDMotion, 2018)

Turbiini käyttää DDMotionilla kehitettyä mekaanista nopeusmuuttajaa ja vakionopeusgeneraattoria. Turbiinissa on patentoitu Transgear™ -vaihteistolla oleva luuku, joka ohjaa virtauksen määrää roottorille. Pyörimisnopeutta (rpm) voidaan myös säätää. Virta siirretään vakionopeusgeneraattoriin. Vedenalaiseen alustaan asennettu turbiini kerrotaan olevan ympäristöystävällinen. Kalat voivat uida vapaasti ja jokiliikenteellekään siitä ei olisi haittaa. Laitteisto ei tarvitse patoja. Kuvassa 17 on esiteltyä laitteiston toimintaperiaate. Tämän julkaisun kirjoitushetkellä DDMotion jokiturbiinista ei ollut saatavilla tarkempia teknisiä tietoja. (DDMotion, 2018)



Kuva 17 DDMotion jokiturbiinin toimintaperiaate (DDMotion, 2018)

5. Lait, säännökset ja asetukset sekä ympäristövaikutukset

Tässä kappaleessa käsitellään vesivoimaa koskevat lait, asetukset, säädökset ja erillis-sopimukset sekä vesivoiman ympäristövaikutukset Lapin maakunnassa.

5.1 VESILAKI (587/2011)

Vesilaki (587/2011) on vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä koskeva yleislaki. Se ohjaa vesien käyttöä ja rakentamista. Alkuperäinen vesilaki (264/1961) uusiutui keskeisiltä osiltaan, joista huomattavimmat ovat vesivoiman rakentamista ja käyttöä koskevat säädökset. Ajanmukaistettu laki ei muuttunut soveltamisalaltaan eikä keskeisiltä periaatteiltaan, mutta se vastaa nyt paremmin muutoksia vesivarojen käytössä, yhteisöläinsäädännössä sekä yhteiskunnassa yleisesti. (Kemijoki Oy, 2017)

Vesilain tavoitteena on:

- ”Edistää, järjestää ja sovittaa yhteen vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävää.
- Ehkäistä ja vähentää vedestä ja vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja.
- Parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa.” (Finlex, 2011)

Vesilain 2 luvussa yleiset oikeudet, velvollisuudet ja rajoitukset 1§ mukaan joessa tai purossa, joka kuuluu puoliksi kahteen eri kiinteistöön tai kahteen kiinteistöjen yhteiseen alueeseen, kummankin puolen omistajalla on oikeus yhtä suureen osaan siinä virtaavasta vedestä. (Finlex, 2011)

Vesilain 2 luvun 9 § säädetään rakennelman kunnossapito ja poistaminen. Vesistöön tehdyn rakennelman omistajan on pidettävä rakennelma sellaisessa kunnossa, ettei siitä aiheudu vaaraa taikka yleistä tai yksityistä etua loukkaavia vahingollisia tai haitallisia seurauksia. (Finlex, 2011)

”Ilman lupaviranomaisen lupaa ei saa poistaa rakennelmaa, joka vaikuttaa vedenkorkeuteen tai vedenjuoksuun. Luvan myöntämisen edellytyksenä on, että rakennelman poistaminen ei merkittävästi loukkaa yleistä tai yksityistä etua. Rakennelman poistamista koskevaan päätökseen on liitettävä yleisen tai yksityisen edun turvaamiseksi tarpeelliset määräykset. Poistamisesta johtuva edunmenetys on

korvattava. Sillä, joka ei ole osallistunut hankkeen kustannuksiin, ei kuitenkaan ole oikeutta saada korvausta poistettavasta rakennelmasta johtuneen edun menettämisestä.” (Finlex, 2011)’

Luvanvaraisia vesitaloushankkeita käsitellään lain luvussa kolme ja pykälässä 3§ on lueteltu 11 eri kohtaa, joihin vesitaloushankkeilla on aina oltava lupaviranomaisen lupa. Näistä kaksi voisi liittyä ”in-stream” laitteen lupiin:

- Valtaväylän tai yleisen kulku- tai uittoväylän sulkemiseen tai supistamiseen sekä väylän käyttämistä vaikeuttavan laitteen tai muun esteen asettamiseen.
- Vesivoimalaitoksen rakentaminen vaatii luvan. (Finlex, 2011)

Vesilain 4 luvussa käsitellään veden ottamista pinta- ja pohjavesistä. Pintaveden ottamisella tarkoitetaan veden ottamista vesistöistä sekä noroista ja ojasta. Pykälässä 3 § (8.9.2017/611) ”pintaveden ottaminen toisen vesialueelta” on seuraava:

”Kiinteistön omistaja ja haltija saa ottaa pintavettä toisen vesialueelta tavanomaista kiinteistökohtaista käyttöä varten sekä sijoittaa vesialueelle ottamisen edellyttämän laitteen ja johdon, jos ottamisesta ei aiheudu 3 luvun 2 §:n mukaisia seurauksia. Edellytyksenä on lisäksi, että ottamisesta ei aiheudu haittaa niille, jotka lupaviranomaisen luvan tai vesialueen omistuksen tai hallinnan perusteella ottavat vettä samalta vesialueelta. Lupaviranomainen voi hakemuksesta antaa oikeuden muuhun kuin 1 momentissa tarkoitettuun pintaveden ottamiseen ja sitä varten tarpeellisten laitteiden sijoittamiseen toisen alueella.” (Finlex, 2011)

Eli veden ottamista varten saisi esim. joen pintaan sijoittaa laitteen ja siitä tulevan johdon (jopa toisen alueelle). Edellä mainittua laitetta voidaan verrata kokonsa puolesta vaikkapa ”in-stream” vesivoimalaitteeseen.

5.1.1 Vesilain käyttösäännöstelyn uudistaminen

Energiateollisuus ry (ET) on maaliskuussa 2017 lähettänyt Suomen sekä ympäristövaliokunnalle että talousvaliokunnalle lausunnot hallituksen esityksestä vesilain käyttöoikeussääntelyn uudistamiseksi (HE 262/2016 vp) (nykyisen vesilain käyttöoikeussääntelyn saattamiseksi perustuslainmukaiseksi). Hallituksen esityksessä pyritään täsmentämään yleisen tarpeen käsitettä. Energiateollisuus ei näe tällä hetkellä muutostarpeita nykyisessä vesilainsäädännössä. (Energiateollisuus ry, 2017)

ET:n lausunnossa mainitaan, että todennäköisesti suuret vesivoimahankkeet ja muut suuret energiahankkeet täyttävät yleisen tarpeen kriteerit. Heidän huolena on, että pienemmät vesivoiman hyödyntämistä koskevat hankkeet voivat estyä, vaikka niitäkin tarvittaisiin hajautetussa sähköntuotantojärjestelmässä ja ne voisivat täyttää yleisen tarpeen kriteerit. Lisäksi sääntely saattaa vaikeuttaa esimerkiksi merituulivoimaloiden rakentamista sekä aaltovoimaloiden hyödyntämistä. ET pyytää ympäristö-

valiokuntaa kiinnittämään huomiota mm. siihen, että käyttöoikeussäätely ei saa vaikeuttaa uusia energiatuotantotapoja hyödyntävien hankkeiden toteuttamista. (Rytkönen, 2017)

5.2 KOSKIENSUOJELULAKI (35/1987)

Koskiensuojelulaissa (35/1987) uuden voimalaitoksen rakentamiseen ei saa myöntää vesilaissa (264/61) tarkoitettua lupaa Suomen 53 vesistöissä ja vesistön osissa (Finlex, 1987). Em. koskiensuojelulaissa mainittu vesilaki 264/61 on kumottu lailla 275.11/857. Nykyinen koskiensuojelulaki noudattaa siis kumottua vesilakia. Tämä on hieman hämmäntävää ja kysymyksiä herättävä, koska voimassa oleva vesilaki (275.2011/587) on sisällöltään osittain erilainen.

Alla koottu muutamia otteita kumotusta vesilaista 264/61. Ensimmäisessä luvussa kerrotaan yleisiä säädöksiä ja esim. 17 § pykälässä mainitaan:

”Veden vapaata juoksua sellaisessa uomassa, joka tämän luvun 2 §:n mukaan ei ole vesistö, ei saa alapuolella asuvan vahingoksi ilman asianomaisen suostumusta muuttaa tai estää, ellei uoman tai sen yläpuolisen altaan omistajan oma käyttötarve sitä vaadi. Jos alempana oleva käyttää uoman vettä talousvedeksi, ei ylempänä oleva kuitenkaan saa käyttää sitä muuhun tarkoitukseen siinä määrin, että alempana olevan talousveden saanti estyy.

Oikeudesta veden ottamiseen on lisäksi voimassa, mitä 9 luvun 17 §:ssä säädetään. Edellä 1 momentissa tarkoitettua uomaa tai veden juoksua siinä ei saa niin muuttaa, että siitä aiheutuu vahinkoa toisen maalle. Aluehallintovirasto voi kuitenkin antaa luvan rakentamiseen noudattaen soveltuvin osin, mitä vesistöön rakentamisesta säädetään.” (22.12.2009/1391) (Finlex, 1961).

Selvennykseksi edelliseen 2 § mukaan vesistönä tai sen osana ei pidetä:

1. ojaa, noroa ja sellaista vesiuomaa, jossa ei jatkuvasti virtaa vettä eikä runsasvetisimpänäkään aikana ole riittävästi vettä veneellä kulkua tai uiton toimittamista varten ja jota kalakaan ei voi sanottavassa määrässä kulkea; eikä
2. lähdettä sekä kaivoa ja muuta vedenottamoaa, vesisäiliötä ja tekolammikkoa. (Finlex, 1961)

Seitsemättätoista pykälää täydennetään (17 a §), joka kuuluu näin: *”Jos edellä 17 §:ssä tarkoitettu, muualla kuin Lapin maakunnassa sijaitseva, uoma on luonnontilainen, ei sitä saa muuttaa niin, että uoman säilyminen luonnontilaisena vaarantuu. Sama on koko maassa voimassa luonnontilaisesta lähteestä. Aluehallintovirasto voi yksittäistapauksessa hakemuksesta myöntää poikkeuksen 1 momentin kiellosta, jos momentissa tarkoitettujen uomien tai lähteiden suojelutavoitteet eivät huomattavasti vaarannu. Jos 1 momentissa tarkoitettu seuraus aiheutuisi hankkeesta, johon on haettu tämän lain mukaista lupaa, lupa-asian yhteydessä on viran puolesta tutkittava kysy-*

mys poikkeuksen myöntämisestä. Poikkeuksesta on muutoin soveltuvien osin voimassa, mitä aluehallintoviraston luvasta säädetään.”

Kumotussa laissa luvussa 3 käsitellään vesivoiman hyväksikäyttöä; voimalaitoksen rakentamista, yhteisen vesivoiman käyttämistä ja voimalaitoksen pystyttämiseksi annettavista oikeuksista (Finlex, 1961).

5.3 KALASTUSLAKI (379/2015)

Kalastuslain (379/2015) ensimmäisen pykälän mukaan lain tarkoituksena on parhaaseen käytettävissä olevaan tietoon perustuen järjestää kalavarojen ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä käyttö ja hoito siten, että turvataan kalavarojen kestävä ja monipuolinen tuotto, kalakantojen luontainen elinkierto sekä kalavarojen ja muun vesiluonnon monimuotoisuus ja suojelu. (Finlex, 2015)

Lakia sovelletaan kalastukseen:

- ”1) vesilain (587/2011) 1 luvun 3 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitetulla vesialueella;*
- 2) Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain (1058/2004) 1 §:ssä tarkoitetulla talousvyöhykkeellä;*
- 3) vesialueen rajan ulkopuolella olevalla tulva-alueella, kun se on veden peittämä.*

Mitä tässä laissa säädetään kalasta ja kalastuksesta, koskee myös nahkiaista ja rapua sekä niiden pyyntiä.” (Finlex, 2015)

5.4 LUONNONSUOJELULAKI (LSL) (1096/1996)

Luonnonsuojelulain (1096/1996) tärkeimpänä tavoitteena on luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen. Tämä tarkoittaa luontotyyppien, eliölajien ja geenien vaihtelevuuden ja monipuolisuuden ylläpitämistä. Myös luonnonkauneuden ja maisema-arvojen vaaliminen, luonnonvarojen ja luontoympäristön kestävä käytön tukeminen, luonnontuntemuksen ja luontoharrastuksen lisääminen sekä luonnontutkimuksen edistäminen ovat lain tavoitteina (Finlex, 1996). Luonnonsuojelulailla on saatettu Suomessa voimaan seuraava EU-lainsäädäntö:

- Luontodirektiivi (92/43/ETY), joka koskee luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelua.
- Lintudirektiivi (79/409/ETY) luonnonvaraisten lintujen suojeluun, sekä
- ympäristövastuudirektiivi (2004/35/EY) , joka käsittää ympäristövastuuta ympäristövahinkojen ehkäisemisen ja korjaamisen osalta. (Kemijoki Oy, 2017)

Luonnonsuojelulain 57 a § (22.12.2009/1587) käsittelee luontovahingon ehkäisemistä ja korjaamista:

”Jos luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, joka harjoittaa ammatillista toimintaa tai joka tosiasiallisesti määrää tästä toiminnasta (toiminnanharjoittaja), tahallaan tai huolimattomuudesta aiheuttaa tai uhkaa välittömästi aiheuttaa tämän lain tai sen nojalla annettujen säännösten tai määräysten vastaisella toimenpiteellä tai laiminlyönnillä luontovahingon, toiminnanharjoittajan on ilmoitettava luontovahingosta tai sen välittömästä uhasta viipymättä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle ja ryhdyttävä tarpeellisiin toimenpiteisiin haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi mahdollisimman vähäisiksi.”

”Saatuaan tiedon luontovahingosta tai sen välittömästä uhasta, elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen on, sen lisäksi, mitä 57 §:ssä säädetään, määrättävä haitan aiheuttanut toiminnanharjoittaja tarvittaessa ryhtymään toimenpiteisiin haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi mahdollisimman vähäisiksi sekä määrättävä toiminnanharjoittaja ryhtymään eräiden ympäristölle aiheutuneiden vahinkojen korjaamisesta annetussa laissa (383/2009) tarkoitettuihin korjaaviin toimenpiteisiin. Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus voi tehostaa määräystä uhkasakolla tai uhalla, että tekemättä jätetty toimenpide teetetään laiminlyöjän kustannuksella tai toiminta keskeytetään. Vireillepano-oikeudesta säädetään tämän lain 57 §:n 2 momentissa.”

”Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksella on oikeus salassapitosäännösten estämättä saada toiminnanharjoittajalta luontovahingon tai sen uhan ehkäisemisen taikka luontovahingon korjaamisen kannalta välttämättömät tiedot. Mitä 1 ja 2 momentissa säädetään, ei sovelleta luontovahinkoon, jonka ehkäisemisestä ja korjaamisesta säädetään ympäristönsuojelulaissa, vesilaissa tai geeniteknikkalaissa (377/1995). (275.2011/594) (Finlex, 1996)”

5.5 YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI (YSL) (527/2014)

Ympäristönsuojelulain (527/2014) ensisijainen tarkoitus on ehkäistä ympäristön pilaantumista ennalta. Tärkein työkalu tämän tavoitteen saavuttamiseen on ympäristölupa. Joissain tapauksissa vesivoimalaitoksen rakentamiseen tarvitaan vesitalouslupa lisäksi ympäristönsuojelulain mukainen lupa. (Kemijoki Oy, 2017)

Ympäristönsuojelulain (527/2014) luvun viisi pykälässä 47 käsitellään vesilainmukaisen hakemuksen ja ympäristölupahakemuksen yhteiskäsittelyä. Yhteiskäsittely pitää tehdä tapauksessa, jossa vesien pilaantumisen vaaraa aiheuttavaa toimintaa on olemassa. Yhteiskäsittely ei ole kuitenkaan tarpeen, jos toiminta edellyttää ympäristöluvan lisäksi pelkästään **vesilain 4 luvun mukaista lupaa veden ottamiseen** eikä

veden ottamisen ja sen takaisin vesistöön päästämisen välillä ole välitöntä vesitaloudellista yhteyttä.

Kuudennessa luvussa käsitellään lupaharkintaa ja lupamääräyksiä. Luvan myöntämisen edellyttää;

”Ettei toiminnasta, asetettavat lupamääräykset ja toiminnan sijoituspaikka huomioon ottaen, aiheudu yksinään tai yhdessä muiden toimintojen kanssa:

- 1. terveystahaitta;*
- 2. merkittävää muuta 5 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettua seurausta tai sen vaaraa;*
- 3. 16–18 §:ssä kiellettyä seurausta;*
- 4. erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista taikka vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista toiminnan vaikutusalueella;*
- 5. eräistä naapurisuhteista annetun lain 17 §:n 1 momentissa tarkoitettua kohtuutonta räsitystä;*
- 6. olennaista heikennystä edellytyksiin harjoittaa saamelaiden kotiseutualueella perinteisiä saamelaiselinkeinoja tai muutoin ylläpitää ja kehittää saamelaiskulttuuria taikka olennaista heikennystä kolttien elinolosuhteisiin tai mahdollisuuksiin harjoittaa kolttalaisa tarkoitettuja luontaiselinkeinoja kolta-alueella”*

Samaisen luvun pykälässä 57 kerrotaan puolestaan kalatalousmääräyksistä. *”Jos jäteveden tai muun aineen päästämistä saattaa aiheutua kalakannoille tai kalastukselle vahinkoa, ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset vesilain 3 luvun 14 §:ssä tarkoitetuista kalatalousvelvoitteista tai kalatalousmaksusta. Määräyksiin sovelletaan vesilain 3 luvun 14, 15 ja 22 §:ää. (Finlex, 2014)”*

5.6 YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI (YVAL) (252/2017)

16.5.2017 astui voimaan uudistettu YVA-laki (laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017), jossa arvioidaan tulevien laajamittaisten ja isojen hankkeiden merkittävät ympäristövaikutukset ja johon vaikutusalueen asukkaat ja viranomaiset voivat osallistua. Ympäristövaikutusten painoarvo arvioinnissa kasvaa ja itse arviointi sujuvoituu, koska mm. YVA:n ja hankearvioituksen ympäristövaikutusten arviointi sekä Natura-arviointi voidaan tehdä samassa menettelyssä. YVA on johonkin hankkeeseen kohdistuva menettely ja sen tarkoituksena on selvittää ja arvioida hankkeen ja sen vaihtoehtojen keskeiset ympäristövaikutukset ennen päätöksentekoa. Lain tavoitteena on saada suunnitellun hankkeen vaikutusalueen asukkaat osallistumaan ympäristölliseen päätöksentekoon. (Ympäristö.fi, 2017)

Toiminnanharjoittaja vastaa vaikutusten arvioinnista ja ELY-keskus ohjaa, valvoo ja toimii yhteisarvioinnissa puolueettomana arvioinnin riittävyden varmistajana ja

esittää lopuksi oman näkemyksensä YVA:n tuloksista. Lupaviranomaisen tulee osoittaa, miten se on ottanut YVA:n tulokset huomioon ja miten merkittävät vaikutukset tulevat lievennetyiksi tai kokonaan poistetuiksi. (Ympäristö.fi, 2017)

Uusituslaissa ympäristövaikutuksen käsitteeseen tapahtuneita muutoksia ovat mm:

- Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan hankkeen tai toiminnan aiheuttamia välittömiä ja välillisiä vaikutuksia Suomessa ja sen alueen ulkopuolella;
- a) väestöön sekä ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen;
- b) maahan, maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen sekä eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen, erityisesti niihin lajeihin ja luontotyyppeihin, jotka on suojeltu luontotyyppien sekä luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelusta annetun neuvoston direktiivin 92/43/ETY ja luonnonvaraisten lintujen suojelusta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/147/EY nojalla;
- c) yhdyskuntarakenteeseen, aineelliseen omaisuuteen, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön;
- d) luonnonvarojen hyödyntämiseen; sekä
- e) a–d alakohdassa mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin (Savo, 2017)

Hankkeet, joihin sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ovat mm. lain kohdassa vesistön rakentaminen ja säännöstely, jotka ovat seuraavia:

- ”a) padot ja muut rakenteet, kun padottu tai varastoitu vesimäärä tai vesimäärän lisäys on yli 10 miljoonaa kuutiometriä;*
- b) tekoaltaat, kun padottu tai varastoitu uusi vesimäärä tai vesimäärän lisäys on yli 10 miljoonaa kuutiometriä;*
- c) vesistön säännöstelyhankkeet, jos vesistön keskivirtaama on yli 20 kuutiometriä sekunnissa ja virtaama- tai vedenkorkeusolosuhteet muuttuvat olennaisesti lähtötilanteeseen nähden;*
- d) veden siirto vesistöalueelta toiselle siirrettävän vesimäärän ylittäessä 3 kuutiometriä sekunnissa;*
- e) tulvasuojeluhankkeet, joiden hyötyala on vähintään 1 000 hehtaaria; (Finlex, 2017)”*

Ympäristövaikutusten arviointi tulee tehdä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jolloin suunnittelusta vesivoimalasta saattaa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Arviointia käytetään ympäristöluvan myöntämisen pohjana.

5.7 SÄHKÖN TUOTANTOON LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä yhteydessä tarkastellaan pääsääntöisesti mikrotuotantolaitoksia, jotka ovat tarkoitettu ensisijaisesti kohteen omaan käyttöön ja verkkoon syöttö on satunnaista tai vähäistä. Tässä osiossa käsitellään sähkön mikro- ja pientuotantoon liittyviä lainsäädännöllisiä yksityiskohtia. Osion teksteissä siteerataan osin suoraan laki- ja säädöstekstiä, jottei väärinkäsityksiä syntyisi tulkinnassa.

Sähkön pientuotannoksi määritellään energiamarkkinalain mukaan kaikki alle 2 megavolttiampeerin (MVA) tuotantolaitokset. Tätä kokoluokkaa suuremmat voimalat voidaan katsoa kuuluvan teollisen sähköntuotannon piiriin, joita koskevat eri säännöt sähköntuotossa, kuin pienvoimaloita. Sähkön pientuotantoa voidaan kutsua myös hajautetuksi tuotannoksi. (Finlex, 2013)

Mikrotuotantolaitoksiksi luetaan laitokset, joiden nimellisteho on enintään 100 kilovolttiampeeria (kVA) (Energiateollisuus ry, 2016). Standardin EN 50438 mukaan mikrotuotannoksi katsotaan tuotantolaitos, jota suojaavan sulakkeen koko on enintään 16 A. Tällöin yhden vaiheen maksimiteho saa olla noin 3,7 kVA ja kolmivaihetehon noin 11 kVA. Mikäli sähköä tuotetaan vain yksivaiheisesti, on tästä ilmoitettava jakeluverkonhaltijalle, joka voi määrätä, mille vaiheelle tuotanto tulee kytkeä. Tällä voidaan välttää tilanne, jossa jakeluverkkoon syntyy vaiheiden välille epätasapaino. (Energiateollisuus ry, 2016)

Mikrotuottajan tulee toimittaa verkonhaltijalle tiedot tuotantolaitteiston teknisistä ominaisuuksista ennen liittämistä. Tuottajan tulee antaa seuraavat tiedot pyydettyä:

- Tuotantolaitteen, verkkoon liityntälaitteen ja mahdollisten lisälaitteiden tyyppikilpiin kirjatut tiedot sekä laitteen syöttämä suurin vikavirta.
- Testauspöytäkirja, josta selviää, että tuotantolaitos täyttää standardissa EN 50438 esitetyt suojausvaatimukset.
- Tuotantolaitoksen verkkoon kytkeytymistapa (automaattinen/manuaalinen) ja kytkeytymisaika.
- Tieto laitoksen erottamisratkaisusta ja erottimen tiedot.
- Testauspöytäkirjat, joista selviää, että laitteisto täyttää vaadittavat EMC-vaatimukset. (Energiateollisuus ry, 2016)

”Kun laite on kytketty verkkoon, tuottajan tulee toimittaa verkonhaltijalle asianmukainen käyttöönototarkastuspöytäkirja. Jos laitos on yksivaiheinen, tulee käydä ilmi, mille vaiheelle se on liitetty. Tuotantolaitosta voidaan käyttää vasta, kun käyttöönototarkastuspöytäkirja on toimitettu verkonhaltijalle ja verkonhaltija on antanut luvan laitoksen käyttöön.” (Energiateollisuus ry, 2016)

Nykyisten sopimusehtojen mukaan verkkoon syöttö tulisi estää, jos sähkölle ei löydy ostajaa. Verkonhaltija voi kuitenkin joustaa tässä asiassa niin kauan, kunnes tuottaja löytää markkinakumppanin, tai asia ratkeaa esimerkiksi lainsäädännön muutoksella. Kun tuottajan löytää itselleen markkinakumppanin, astuvat voimaan normaalit tuottajaa koskevat velvoitteet. Mikäli tuotantolaitoksen haluaa liittää verkkoon, vaik-

ka sähkölle ei ole ostajaa, on tehtävä erillinen sopimus verkkoyhtiön kanssa. (Energiateollisuus ry, 2016)

5.7.1 Muita huomioitavia lakisäätteisiä asioita

Sähkölaitteiston asentamiseen ja kytkemiseen tarvitaan riittävät oikeudet omaava sähköurakoitsija. Sähköturvallisuuden varmistamiseksi sähköurakoitsijan on myös tehtävä käyttöönottotarkastus, johon sisältyy silmämääräinen tarkastelu sekä erilaisia mittauksia ja testauksia. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan sähkötyön tilaajalle. (Tukes, 2018)

Sähkötyön tekemiseen ja turvallisuuteen liittyvistä asioista on kerrottu tarkemmin sähköturvallisuuslaissa 16.12.2016/1135. (Finlex, 2016) Yksittäisten kaupallisilla markkinoilla olevien laitteiden sähköturvallisuudesta vastaa aina pääsääntöisesti laitevalmistaja/maahantuoja. Turvallisista laitteista tulee Euroopan unionin alueella löytyä CE-merkintä. CE-merkinnällä tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja ilmoittaa viranomaisille, että tuote täyttää EU:n asetuksen 765/2008 artiklan 30 ja päätöksen 768/2008/EY oleelliset turvallisuusvaatimukset. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2017)

5.7.2 Sähkön laadulliset vaatimukset

Sähköliittymään voidaan liittää tuotantoa liittymissopimuksessa määritellyn tehon mukaisesti, jos

- tuotantolaitoksen käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta yli 4% jännitteen muutosta,
- sähkön laatu liittämiskohdassa pysyy aina SFS-EN 50160 rajoissa
- ja mikrotuotantolaitoksen käynnistysvirta ei saa ylittää liittymissopimuksen maksimitehon mukaista virran huippuarvoa.

Verkon kanssa rinnan toimiva mikrotuotanto ei saa aiheuttaa häiriöitä verkkoon eikä muihin sähköasennuksiin. Sähkön tuotantoon liittyvistä EMC suojauksista on säädetty standardit EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2 sekä EN 61000-3-3. Näitä voidaan soveltaa mikrotuotantolaitteistoille. (Energiateollisuus ry, 2016)

Energiateollisuuden tekemän ”Mikrotuotannon liittäminen sähkönjakeluverkkoon”-oppaan mukaan mikrotuotantolaitos tulee olla erotettavissa verkosta, erotuslaitteessa tulee olla näkyvä ilmaväli ja erottimen käyttömekanismiin tulee olla lukittavissa. SFS6000 pienjännitesähköasennukset standardi määrittelee, että jakeluverkon haltijalla täytyy olla joko rajoittamaton pääsy erottimelle tai kaukokytkenämahdollisuus. Verkon huolto- ja korjaustilanteissa mikrotuotantolaitos ei saa ylläpitää verkon jännitettä. Mikrotuotantolaitoksen oman suojauksen tulee huolehtia siitä, ettei laitos voi syöttää jännitteettömään verkkoon. Standardi määrää lisäerottimen käytön, jotta voidaan varmistaa asennusturvallisuus verkostotöiden aikana. (Energiateollisuus ry, 2016)

”Erottimena voidaan käyttää erillistä mikrotuotantolaitoksen yhteyteen asennettua erotinta, jossa on näkyvä ilmaväli tai luotettava mekaaninen asennonosoitus tai kohteen sähkökeskuksen pääsulakkeet voidaan irrottaa. Verkon korjaus- ja huoltotilanteissa tulee varmistua siitä, että erottimia käytetään asianmukaisesti. Erotuslaite voi olla myös verkonhaltijan verkossa ennen liittämiskohtaa oleva kytkin, esimerkiksi pylvasvarokekytkin ilmajohtoverkossa tai kaapelijakokaapissa oleva jonovarokekytkin kaapeliverkossa. Tällaisen kytkinlaitteen asentamisesta voidaan laskuttaa mikrotuotajaa vain siinä tapauksessa, ettei tällaista kytkintä olisi verkkoon muuten asennettu ja ettei mikrotuotaja ole asennuttanut asianmukaista erotinta tuotantolaitoksensa yhteyteen.” Vaihtoehto erottimien käytölle on se, että työt on tehtävä asianmukaisina jännitetöinä tai muuten yhtä turvallisella tavalla. Tuotantolaitoksen tulee aina irrota verkosta myös siinä tilanteessa, kun verkon jännite katoaa. (Energiateollisuus ry, 2016)

”Takasyöttöriskin takia on tärkeää todentaa jännitteettömyys ja maadoittaa asennuspaikka myös mahdollisen mikrotuotantolaitoksen puolelta. Myös pienjänniteverkossa maadoitus on aiheellista tehdä työkohteen molemmin puolin aina, kun on olemassa mahdollisuus, että verkkoon on liittynyt pientuotantoa, ja maadoittaminen kohteen puolelta on mahdollista.” (Energiateollisuus ry, 2016)

”Mikrotuotantolaitteisto on varustettava suojalaitteilla, jotka kytkevät laitteiston irti yleisestä verkosta, jos verkkosyöttö katkeaa, tai jos jännite tai taajuus generaattorilaitteiston navoissa poikkeaa mikrotuotantolaitoksen sallitulle toiminnalle asetelluista jännite- ja taajuusarvoista. Mikrotuotantolaitteisto ei saa koskaan kytkeytyä verkkoon, kun verkon jännite tai taajuus ei ole annetuissa rajoissa.” (Energiateollisuus ry, 2016)

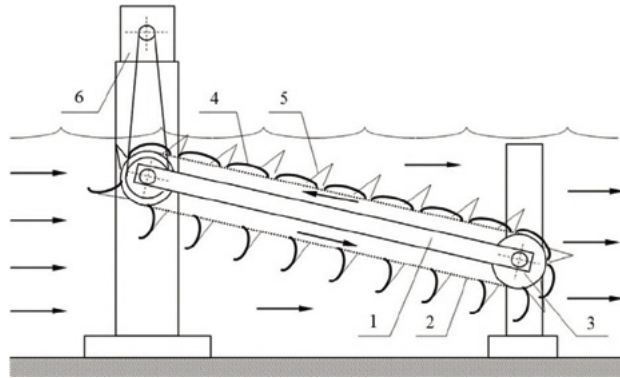
Tuotantolaitoksen suojauksen tulee varmistaa, että mikrotuotantolaitos lakkaa syöttämästä verkkoon, kun mikä tahansa standardissa EN 50438 määritellyistä sähkön laatuun liittyvistä parametreista ylittää tai alittaa asetteluarvon. Laitoksen tulee irtautua kaikissa laitevioissa. Laitos ei saa koskaan alkaa syöttää sähköä verkkoon, joka ei täytä asetteluarvojen vaatimuksia. (Energiateollisuus ry, 2016)

6. Koulutus ja tutkimus Suomessa, EU:n alueella ja maailmalla

Tässä kappaleessa kerrotaan kineettiseen vesivoimaan liittyvistä koulutuksista ja tutkimuksista Suomessa ja Euroopan alueella ja jonka lisäksi esiin tulleista tutkimuksista muualta maailmasta.

Tämän selvityksen pohjalta koulutusta suoranaisesti kineettiseen vesivoimaan liittyen ei löydetty Suomesta tai muualta Euroopan alueelta. Toki kineettistä vesivoimaa on käsitelty osin mm. tekniikan koulutuksessa, konetekniikan tai sähkötekniikan koulutusohjelmissa ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa. Suoranaista tutkimustoimintaa kineettiseen vesivoimaan liittyen ei löydetty Suomesta juurikaan. Tämän selvityksen aikana julkaistiin Oulun Yliopistossa tehty Timo Niskasen kandidaatintyö 2018, ”In-stream-pienvesivoimalat hajautetussa sähköntuotannossa”. Työ kertoo vapaavirtausturbiinien käyttömahdollisuuksista ja niiden rakenteellisista toteutuksista. Niskasen työssä on selvitetty tämän hetken Suomen pienvesivoiman tila ja mahdollinen käyttämätön potentiaali. (Niskanen, 2018)

Eurooppalaisia tutkimuksia kineettiseen vesivoimaan liittyen löytyi mm. Liettuasta ja Itävaltasta sekä Ruotsista. Liettuassa, Kaunaksen teknillisessä yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa vuodelta 2014 ”Conversion of lowland river flow kinetic energy”, käsitellään kineettisen vesivoiman mahdollisuuksia ja soveltuvuutta matalissa sekä hitaasti virtaavissa vesistöissä, joissa voi esiintyä vesikasvustoa tai kiinteitä maapartikkeleita. Tutkimuksessa etsittiin sopivaa energiamuunninta, joka mahdollistaa kineettisen energian hyödyntämisen vaikuttamatta jokeen ja ympäröivään ympäristöön. Kehityksen haasteena olivat pienet virtausnopeudet, matalat jokiuomat ja kasvikuittujen aiheuttamat mahdolliset tukkeumat muuntimissa. Testattavana oli kuljetintyyppinen laite, jonka periaate on kuvassa 18. (Zdankus;Punys;& Zdankus, 2014) Uppsalan Yliopistossa tehty tutkimus tammikuussa 2010, tutki hydrokineettistä energiaa. Energiaa esiintyy kaikissa liikkuvissa vesimassoissa, mutta taloudellista on



Kuva 18 Kuljetin tyyppinen energian muunnin (Zdankus;Punys;& Zdankus, 2014)

vain muuttaa liikkuvaa vesimassaa, joiden nopeus on noin ≤ 1 m / s. Tällaista energiaa esiintyy mm. vuorovesi-, valtameri- ja jokivirroissa. Tutkimuksessa selvitettiin Etelä-Ruotsissa Söderfors kanavassa olevan vesivoimalan alavirran muutoksia Veden virtausnopeutta ja pinnankorkeutta mallinnettiin. Tutkimus osoitti, että virtaukseen nähden poikkisuuntaan asennettu turbiini, jonka siivet ovat vaakatasossa, saavuttivat parhaimman hyötysuhteen. Tutkimuksen kohteena oli kolme erityyppistä järjestelmää, jotka koostuivat turbiinista ja generaattorista. Järjestelmien välillä ei löydetty suuria eroavaisuuksia. (Lalander, 2010)

Euroopan ulkopuolella tehtyjä asiayhteyteen liittyviä tutkimuksia on tehty useita. Mm. vuonna 2009 on julkaistu Kanadalainen katsaus hydrokineettisen energian muuntamistekniikan tilasta ja suuntauksista, "Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review". Raportissa kerrotaan mm. että suurin osa tekniikoista on tutkimus ja kehitys vaiheessa konseptikäsitteenä (ideana) tai osajärjestelmänä. Esiin on noussut esim. pietosähköisiä ja pyörteiden tärinää hyödyntäviä tekniikoita. Myös erilaisia vaihtoehtoja turbiinien sijoittamiselle, ovatpa ne sitten pohjassa, kelluvina tai kiinteästi asennettuja laitteita raportissa tarkasteltiin. (Khan;Bhuyan;Iqbal;& Quaicoe, 2009)

Yhdysvalloissa tehdyssä energiaministeriön meri- ja hydrokineettisten resurssien arvioinnista 2003 käy myös ilmi, että hydrokineettinen teknologia on ollut kehittyneessä viimeisten vuosikymmenten aikana. Suurin osa tutkimuksesta on liittynyt laitteiden kehittämiseen ja optimointiin, vesistöjen vaikutuksiin ja tietyn alueen kehittämiseen. Selvityksen mukaan useat julkaisut tarjoavat yleiskatsauksen in-stream hydrokineetiikasta. Artikkelin mukaan in-stream hydrokineetiikan potentiaalın tutkimista pitäisi rahoittaa jatkossa sen kehittymistä edistämään. (U.S. Department of Energy's, 2013)

Vuonna 2011 on julkaistu Alaskalaisen Fairbanks yliopiston tekemä moduuli in-stream hydrokineetiikan resurssien arviointiin. HYDROKAL on "hydrokineetiikkalas-

kuri”, jonka avulla voidaan arvioida hydrokinetiikan energiapotentiaalia. Työkalu on kehitetty Fortran 90- ohjelmointikielellä CCHE2D- sovelluksen ulkoisena moduulina. HYDROKAL-laskuria on käytetty Alaskan Tanana-joen resurssien arviointiin. Menetelmästä kerrotaan enemmän ”HYDROKAL: A module for in-stream hydrokinetic resource assessment” raportissa. (Duvoy & Toniolo, 2011)

Raportissa ”River, Tidal, and Ocean Current Hydrokinetic Energy Technologies: Status and Future Opportunities in Alaska” hahmotellaan hydrokineettisen sähköntuotantoteknologian tila vuoteen 2010, esitellään parannusehdotukset tulevaan viiteen vuoteen, joita Alaskan osavaltio voi toteuttaa teknologian nopeuttamisessa. Raportti perustuu lukuisiin lähteisiin ja ACEP:n (Alaska Center for Energy and Power) viime vuonna keräämiin tietoihin Nenanan hydrokineettisellä tutkimusalueella. (Johnson & Pride, 2010)

Alaskan alue sisältää noin 40% Yhdysvaltojen jokien energiaresurssista, 90% koko vuoroveden energiaresurssista ja 40% Yhdysvaltain mantereen aaltoenergiaresurssista. Sähkövoimatutkimuslaitoksen tutkimukset osoittavat, että hydrokineettiset turbiinit ovat elinkelpoinen tapa tuottaa voimaa Alaskassa. (Johnson & Pride, 2010)

Kansainväliseen tutkimuslaitokseen (IIASA) kuuluvat itävaltalaisutkijat tutkivat mahdollisuuksia hyödyntää potentiaali- ja kineettistä energiaa vesivoimalaitoksessa, jossa uoman leveys ja virtaus vaihtelevat suuresti. He valoittavat artikkelissaan ”Dams with head increaser effect: Harnessing potential and kinetic power from rivers with large head and flow variation” mm. tekniikkaa, jossa testattiin siirettävää Hydro- Electric Power Plant (HEPP) laitteistoa. Em. laitteistossa turbiini voidaan säätää uoman mukaisesti. (Hunt;Byers;Prenner;& Vasconcelos de Freitas, 2017)

7. Lapin maakunnan vesistöjen potentiaali

Lapin maakunnan vesistöjen todellista käyttökelpoisuutta ja potentiaalia kineettisen vesivoiman hyötykäyttöön on tämän selvityksen pohjalta vaikea arvioida. Tuntematta tarkasti vesistöjen läheisyydessä olevia asujamistoja tai vesistöjen varrella liikkuvia henkilöitä, niiden määriä ja tarkoituseriä, ei pystytä laitteiden laajan kirjon ja käyttötarkoitusten perusteella yksilöimään hyötykäytön tasoa ja taloudellisuutta.

Aiemmin mainituissa lakiesityksissä, esimerkiksi koskiensuojelulaki 23.1.1987/35, määritellään selkeästi voimalaitosten rakentamisen esteistä, kuvaamatta tarkemmin mitä itseasiassa 'rakentaminen' tarkoittaa. Lisäksi maakunnan alueen potentiaalinen tarkempaa arvioimista vaikeuttaa aluehallintoviranomaiselle myönnetty harkinnanvarainen rakentamislupa oikeus. Edellä mainitun johdosta voi löytyä potentiaalisia kohteita kineettisen vesivoiman käytölle pysyvänä tai tilapäisenä ratkaisuna sähkön tuottamiseen tiettyyn tarpeeseen. Käyttötarkoitus ja tarve voi siis olla mobiililaitteen lataamisesta vapaa-ajan asunnon energiatarpeen tyydyttämiseen tai vaikka kokonaisen asujaimiston sähköntarpeen tuottamiseen. Huomioon on myös otettava Lapin maakunnan erityispiirteet, pitkät etäisyydet ja todella haastavat, paikoin arktiset, olosuhteet.

Tunnettua kuitenkin on, että Lapin maakunnan alueella vettä virtaa useissa eri kohteissa ja sen myötä eri käyttötarkoituksiin tuotettavaa sähköenergiaa voitaisiin hyödyntää tässä selvityksessä kuvatulla teknologialla. Kuvassa 19 on esimerkinomaisesti kuvattu Kemijoen vesistö sekä jäljempänä siihen, osana Lapin maakunnan vesistöjä, liittyvät ja täsmennetyt rakentamiseen liittyvät rajoitteet. Pienellä tarkastelulla voi havaita, että virtaavaa vettä jää rajoitusten ulkopuolelle ja lisäksi kuvan mittakaava ei kerro pienten virtavien kohteiden sijaintia eikä määrää.

Lyhyesti voidaan siis todeta, että potentiaalia löytyy, kunhan vain tarve ja teknologia kohtaavat toisensa. Lait, asetukset ja säädökset tulisi päivittää tämän, yhden tulevaisuuden uusiutuvan energialähteen huomioon ottaviksi.



Kuva 19 Kemijoen vesistöalue (Valtion ympäristöhallinto, 2018)

Koskiensuojelulaissa on määritelty uuden voimalaitoksen rakentamisen säädöksiä. Koskiensuojelulaki 23.1.1987/35 mukaan uuden vesivoimalaitoksen rakentamiseen ei saa myöntää vesilaissa (264/61) tarkoitettua lupaa seuraavissa Lapin maakunnan alueen vesistöissä ja vesistön osissa:

- 41) Kuivajoen vesistössä Kuivaniemen, Ranuan ja Simon kunnissa;
- 42) Simojoen vesistössä Posion, Ranuan, Simon ja Tervolan kunnissa sekä Rovaniemen maalaiskunnassa;
- 43) Vähäjoen vesistössä Tervolan kunnassa ja Rovaniemen maalaiskunnassa;
- 44) Auttijojoen vesistössä Rovaniemen maalaiskunnassa ja Posion kunnassa;
- 45) Käsmäjoen vesistössä Sallan kunnassa ja Kemijärven kaupungissa;
- 46) Kemijoen ja Tenniöjoen yhtymäkohdan yläpuolisissa vesistöissä Savukosken ja Sallan kunnissa;
- 47) Tornionjoen – Muonionjoen sivuvesistöissä Enontekiön, Kittilän, Kolarin, Muonion, Pellon ja Ylitornion kunnissa, Rovaniemen maalaiskunnassa sekä Tornion kaupungissa;

- 48) Tenojoen sivuvesistöissä Inarin ja Utsjoen kunnissa;
- 49) Näätämöjoen vesistöissä Inarin ja Utsjoen kunnissa;
- 50) Juutuanjoessa ja sen yläpuolisissa vesistöissä Inarin ja Utsjoen kunnissa;
- 51) Ivalojoen vesistöissä Inarin, Enontekiön, Kittilän ja Sodankylän kunnissa;
- 52) Tuulomajoen vesistöissä Inarin, Sallan, Savukosken ja Sodankylän kunnissa; sekä
- 53) Koutajoen vesistöissä Kuusamon, Posion ja Sallan kunnissa. (Finlex, 1987)

8. Lapin maakunnan toimijoiden potentiaali

Lapin maakunnan alueella toimii useita potentiaalisia yrityksiä, joiden kyky kyseisten laitteiden valmistukseen on riittävä ja hyvä. Tarkempaa selvitystä ei tehty yksittäisten yritysten mahdollisuuksista johtuen esiselvityksen luonteesta ja teknologiakeskeisyydestä. Lisäksi selvityksen aikana saatu tieto suhteellisen massiivisista rajoitteista ja vesistöjen monimuotoisuudesta rajoitti vielä tässä vaiheessa käsitystä hyödynnettävyydestä ja sitä kautta keskustelu yritysten kanssa todettiin olevan liian aikaista.

Tarkemman selvityksen puuttumiseen syynä oli myös se, ettei tässä hankkeessa ollut mahdollista tehdä markkinatutkimusta, josta olisi käynyt ilmi todellinen tarve ja siitä mahdollisesti syntyvä potentiaalinen liiketoiminta. Valmistusmielessä teknologia sinällään ei ole ongelma, vaikka jotkut osat laitteessa voivat olla vaikeasti valmistettavia, ongelman kohdistuessa lähinnä roottorikonstruktioon. Toisaalta mikäli markkinat todella olisivat olemassa, pitäisi tarkemmin myös tutkia löytyisikö jo valmiita laitteita arktisiin olosuhteisiin. Edellä mainittu toisi maahantuojille mahdollisuuksia tuoda Lapin tarpeisiin soveltuvia laitekokonaisuuksia.

Valmistusta Lapin maakunnan alueella puoltaisi se havainto, ettei erityistarpeisiin löydetty ratkaisuja tämän tutkimuksen puitteissa. Erityistarpeiksi katsottiin mm. puolustusvoimien ja pelastuslaitoksen eri toiminnat normitoiminnoissa sekä kriisitilanteissa. Edellisillä toimijoilla voi olla merkittäviäkin tarpeita huomioiden Lapin maakunnan etäisyydet, laajat erämaat ja arktiset olosuhteet. Erityistarpeisiin liittyvät ongelmat kuitenkin vaativat todennäköisesti lisää tutkimusta ja kehitystyötä sekä riittävän laajuista yritys- ja yhteisökonsoortiota asian viemiseksi eteenpäin.

9. Potentiaaliset uudet tutkimusaiheet

Tehdyn esiselvityksen pohjalta, edistämään kineettisen vesivoiman tai in-stream – energialähteen, kuten eräissä dokumenteissa mainitaan, hyödyntämistä ja miksei myös laitteiden kehittämistä Lapin maakunnan erityistarpeita varten. Alla muutamia mahdollisia tutkimuskohteita, joita voidaan eri konsortioiden toimesta viedä eteenpäin.

Kineettistä vesivoimaa voidaan siis käyttää paikallisesti, edellyttäen virtaavan veden läheisyyttä. Pienten energiatarpeiden tyydyttämiseen tarvittavia laitteita (esim. mobiililaitteiden lataaminen) on jo markkinoilla, tosin niiden toimintakykyä ei ole testattu arktisissa olosuhteissa. Edellä mainittu siis voisi olla yksi tutkimuskohde. Edelleen muitakaan sähköenergian pientuotantoon, laitekannan ollessa pysyvämpiä ja kooltaan isompia luonteeltaan, ei käytännössä ole testattu todellisissa arktisissa olosuhteissa.

Toinen merkittävä tutkimuslinjaus voisi olla ns. hybridimalli, jossa hyödynnettäisiin erilaisia uusiutuvia energialähteitä yhdessä. Mielenkiintoinen yhdistelmä pienenergiatuotannossa voisi olla siis tuuli-, aurinko- ja kineettisen vesivoiman yhdistelmä. Tämän tutkimuskohteen erityisiä osatekijöitä olisivat toimintakyky arktisissa olosuhteissa, energiatuotannon liittäminen sähköverkkoon ja erityisesti toimintaan liittyvä kustannustehokkuus.

Kolmantena kohteena voisi olla matalien vesistöjen suurempitehoiset laitteet, joiden tehontuottoa käytettäisiin yksittäisen tai useamman asumuksen energiatarpeen tyydyttämiseen.

Yksi kohde, aiempien lisäksi voisi olla ja aiemmin mainitut erityistarpeen, liittyen puolustusvoimien ja pelastuslaitoksen toimiin etäalueilla.

Lähteet

- Amaral, S. V. (2001). Turbine Passage survival estimates for the Dunvegan hydroelectric project. Holden: ALDEN Research Laboratory Environmental Services. Haettu 20. 2. 2018 osoitteesta <https://open.alberta.ca/dataset/42bba1b2-5726-4920-bb04-96e2c20929e1/resource/130644ed-8db5-4489-8b85-49e5a9af47fb/download/gp-loo03alden2001.pdf>
- Blue Freedom. (2018). Blue Freedom Portable. Haettu 28. 3. 2018 osoitteesta <https://blue-freedom.net/product/blue-freedom-portable/?add-to-cart=1004>
- Cheng, J. T. (2008). World of waterfalls. Haettu 29. 1. 2018 osoitteesta Waterfalls 101: Why Do We Care About Waterfalls?: <https://www.world-of-waterfalls.com/featured-articles-waterfalls-101-why-do-we-care-about-waterfalls.html#3>
- DDMotion. (2018). The turbine's technological advantages. Haettu 24. 1. 2018 osoitteesta <http://www.ddmotion.com/river-turbine/>
- Duvoy, P.;& Toniolo, H. (2011). Hydrokal: A module for in-stream hydrokinetic resource assessment. Haettu 15. 3 2018 osoitteesta <http://acep.uaf.edu/media/172141/1-s20-S009830041100207X-main.pdf>
- Energiateollisuus ry. (2016). Mikrotuotannon liittäminen sähkönjakeluverkkoon Verkostosuositus YA9:13. Helsinki: Energiateollisuus ry. Haettu 10. 1. 2018 osoitteesta https://energia.fi/files/762/Mikrotuotannon_liittaminen_sahkonjakeluverkko_on_YA9_13_verkostosuositus_paivitetty_20160427.pdf
- Energiateollisuus ry. (2017). Vesivoima on kotimaista, uusiutuvaa ja vähäpäästöistä sähköntuotantoa. Haettu 21. 8. 2017 osoitteesta https://energia.fi/energiateollisuuden_edunvalvonta/energiapolitiikka/uusiutuva_energia/vesivoima
- Energiateollisuus ry. (2018). Vesivoimalla eniten uusiutuvaa sähköntuotantoa. Haettu 14. 3. 2018 osoitteesta https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/vesivoima
- Finlex. (1961). Vesilaki (kumottu) 19.5.1961/264. Haettu 23. 8. 2017 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1961/19610264>
- Finlex. (1987). Koskiensuojelulaki 23.1.1987/35. Haettu 22. 8. 2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1987/19870035>
- Finlex. (1996). Luonnonsuojelulaki 20.12.1996/1096. Haettu 23. 8. 2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

- Finlex. (2011). Vesilaki 275.2011/587. Haettu 22. 8. 2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>
- Finlex. (2013). Sähkömarkkinalaki 588/2013. Haettu 27. 1. 2018 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>
- Finlex. (2014). Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. Haettu 23. 8. 2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527#L6P57>
- Finlex. (2015). Kalastuslaki 10.4.2015/379. Haettu 23. 8. 2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150379>
- Finlex. (2016). Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Haettu 29. 1. 2018 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>
- Finlex. (2017). Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. Haettu 23. 8. 2017 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170252>
- Gigazine. (2016). Propeller Hydropower Generator "Blue Freedom" that can charge mobile equipment in the world's smallest river side Review. Haettu 29. 1. 2018 osoitteesta https://gigazine.net/gsc_news/en/20160418-blue-freedom/
- Hunt, J.;Byers, E.;Prenner, R.;& Vasconcelos de Freitas, M. (2017). Dams with head increaser effect: Harnessing potential and kinetic power from rivers with large head and flow variation. Haettu 22. 2. 2018 osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890417311846>
- Idénergie. (2016). The power of the river within your reach. Haettu 24. 1. 2018 osoitteesta <http://idenergie.ca/wp-content/uploads/2016/11/Brochure-Id%C3%A9nergie-Riverlution-Turbine-2016-EN.pdf>
- Idénergie. (2018a). A constant source of power. Haettu 24. 1. 2018 osoitteesta <http://idenergie.ca/en/features/>
- Idénergie. (2018b). Water velocity. Haettu 24. 1. 2018 osoitteesta <http://idenergie.ca/en/power-production/>
- Idénergie. (2018c). River turbine advanced technologies. Haettu 20. 2. 2018 osoitteesta <http://idenergie.ca/en/technologie-2/>
- Idénergie. (2018d). Frequently asked questions. Haettu 20. 2. 2018 osoitteesta <http://idenergie.ca/en/frequently-asked-questions/>
- Idénergie. (2018e). River Turbines and Spare Parts. Haettu 24. 1. 2018 osoitteesta <http://idenergie.ca/en/product-category/river-turbines-spare/>
- Johnson, J.;& Pride, D. J. (2010). River, Tidal, and Ocean Current Hydrokinetic Energy Technologies: Status and Future Opportunities in Alaska. Haettu 20. 3. 2018 osoitteesta http://www.uaf.edu/files/acep/2010_11_1_State_of_the_Art_Hydrokinetic_Final.pdf
- Kemijoki Oy. (2017). Sääntely ja velvoitteet. Haettu 23. 8. 2017 osoitteesta <https://www.kemijoki.fi/vesivoima/saantely-ja-velvoitteet.html>
- Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T., & Quaiocoe, J. E. (2009). Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. Retrieved 4. 9, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261909000713>

- Ladokun, L. L.; Ajao, K. R.; & Sule, B. F. (2013). Hydrokinetic energy conversion systems: Prospects and challenges in Nigerian hydrological settings. University of Ilorin, National centre for hydropower research and development. Faculty of Engineering, University of Nigeria. Haettu 19. 3. 2018 osoitteesta <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/viewFile/123631/113160>
- Lalander, E. (1 2010). Uppsala Universitet. Uppsala Universitet, Department of Engineering Sciences, Uppsala. Haettu 19. 4. 2018 osoitteesta Modelling Hydrokinetic Energy: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:291348/FULLTEXT02.pdf>
- Laminaria BVBA. (2018). Undeep water version. Haettu 28. 5. 2018 osoitteesta <http://www.laminaria.be/technology.html>
- Niskanen, T. (2018). In-stream-pienvesivoimat hajautetussa sähköntuotannossa. Oulun yliopisto. Haettu 8. 5. 2018 osoitteesta <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201804171490.pdf>
- Ocean Power Technologies Inc. (2018). Powerbuoy technology. Haettu 11. 4. 2018 osoitteesta <https://www.oceanpowertechnologies.com/product>
- Piggott, H.; & Woofenden, I. (2016). Microhydro Turbine Buyer's Guide. Haettu 29.1. 2018 osoitteesta <https://www.homepower.com/articles/microhydro-power/equipment-products/microhydro-turbine-buyer%E2%80%99s-guide>
- Property of Asian Phoenix Resources Ltd. (2018a). About Our Company at PowerPal. Haettu 29. 1. 2018 osoitteesta <http://www.powerpal.com/aboutus.html>
- Property of Asian Phoenix Resources Ltd. (2018b). PowerPal Low Head. Haettu 29.1. 2018 osoitteesta <http://www.powerpal.com/lowhead.html>
- Rytkönen, T. (2017). Lausunto hallituksen esityksestä vesilain käyttöoikeussääntelyn uudistamiseksi. Energiateollisuus ry. Haettu 21. 8. 2017 osoitteesta https://energia.fi/files/1524/YmV_lausunto_vesilain_kayttoikeussaan_telyn_uudistamista_koskevasta_hallituksen_esityksesta.pdf
- Savo, S. (2017). YVA-lain muutokset. Elinkeino, liikenne- ja ympäristökeskus. Haettu 20. 2. 2018 osoitteesta https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/27653726/SAVO_YVA-lain+muutokset.pdf/3c6b753d-325f-4896-81d2-e0aca7bdd26b
- Scott, N. (2015). Could sea-current generator be used here? Haettu 23. 1. 2018 osoitteesta The Royal Gazette: <http://www.royalgazette.com/article/20150722/BUSINESS/150729918&template=mobileart>
- Singh, D. (2009). Micro Hydro Power, Resource Assessment Handbook. New Delhi: Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology Of the United Nations – APCTT. Haettu 13. 2. 2018 osoitteesta <http://apctt.org/recap/sites/all/themes/recap/pdf/MicroHydro.pdf>
- Smart Hydro Power. (2018a). SMART TURBINES. Haettu 27. 2. 2018 osoitteesta <https://www.smart-hydro.de/renewable-energy-systems/hydrokinetic-turbines-river-canal/#monofloat>
- Smart Hydro Power. (2018b). SMART Monofloat: Grid-connected Project in Rosenheim, Germany. Haettu 27. 2. 2018 osoitteesta <https://www.smart-hydro.de/decentralized-rural-electrification-projects-worldwide/germany-grid-connected-turbine/#project>

- Suomen standardisoimisliitto SFS ry. (2017). CE-merkintä. Haettu 7. 3. 2018 osoitteesta http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta
- Suomen vesiputoukset. (2017). Vesiputoukset ja vesivoima Suomessa. Haettu 22. 8.2017 osoitteesta <https://www.suomenvesiputoukset.fi/tietoa-suomen-vesiputouksista/vesiputoukset-ja-vesivoima-suomessa/>
- Therrien, J.;& Bourgeois, G. (2000). Fish Passage at Small Hydro Sites. Genivar Consulting Group Inc. Québec City: The International Energy Agency. Haettu 20. 2.2018 osoitteesta <https://www.ieahydro.org/media/42697113/Fish%20Passage%20at%20Small-hydro%20Sites.pdf>
- Thropton Energy Services. (2018a). 20 years experience with water current turbines. Haettu 23. 1. 2018 osoitteesta <http://www.throptonenergy.co.uk/>
- Thropton Energy Services. (2018b). Thropton Energy Services electric graph. Haettu 23. 1. 2018 osoitteesta <http://www.throptonenergy.co.uk/lecgraph.html>
- Tidalys. (2018). Simplicity is the ultimate sophistication. Haettu 12. 4. 2018 osoitteesta <http://www.tidalys.com/en/technology-gc39.html>
- Tukes. (2018). Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset. Retrieved 3. 7. 2018, from <https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoonottovaiheen-tarkastukset>
- U.S. Department of Energy's. (2013). An Evaluation of the U.S. Department of Energy's Marine and Hydrokinetic Resource Assessments. Haettu 13. 3. 2018 osoitteesta <https://www.nap.edu/read/18278/chapter/1>
- Valtion ympäristöhallinto. (2018). Vesistöennusteet: Kemijoen vesistöalue. Haettu 20. 2. 2018 osoitteesta <http://www.w2.ymparisto.fi/i2/65/index.html>
- Valtioneuvoston kanslia. (2016). Toimintasuunnitelma strategisen hallitusohjelman kärkihankkeiden ja reformien toimeenpanemiseksi 2015–2019. Haettu 14. 3.2018 osoitteesta <https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/321857/Toimintasuunnitelma+strategisen+hallitusohjelman+k%C3%A4rkkihankkeiden+ja+reformien+toimeenpanemiseksi+2015%E2%80%932019%2C+p%C3%A4ivitys+2016/305dc-b6c-c9f8-4aca-bbbb-1018cd7a1fd8>
- Waterrotor Energy Technologies Inc. (2018). Waterrotor energy technologies. Haettu 23. 1. 2018 osoitteesta <http://waterrotor.com/>
- Wikipedia. (2017). Vesivoima. Haettu 22. 8. 2017 osoitteesta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesivoima>
- Wikipedia. (2017). Vesivoimala. Haettu 22. 8. 2017 osoitteesta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesivoimala>
- Ympäristö.fi. (2017). Uusi YVA-laki voimaan. Haettu 12. 9. 2017 osoitteesta [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Uusi_YVAlaki_voiman\(43087\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Uusi_YVAlaki_voiman(43087))
- Zdankus, N.;& Punys, P.;& Zdankus, T. (2014). Conversion of lowland river flow kinetic energy. Elsevier Ltd. Haettu 12. 3. 2018

Kineettinen vesivoima mahdollistaa sille soveltuviissa kohteissa ympäristöystävällisen tavan hyödyntää veden virtausta energiantuotannossa. Sen käytettävyyden ja hyödynnettävyyden selvittäminen tukee uusiutuvan energian kokonaisuuden suunnittelemista ja pienimuotoista energiantuotantoa nykyisten energiantuotantotapojen lisäksi.

Tämä julkaisu liittyy Lapin ammattikorkeakoulun käynnissäpidon tutkimusryhmän toteuttamaan Kineettinen vesivoima -hankkeeseen, joka toteutettiin 1.8.2017–31.5.2018. Hanketta rahoitti Lapin liitto ja Lapin ammattikorkeakoulu.

Hankkeessa selvitettiin kineettisen vesivoiman käyttöönoton edellytyksiä Lapin maakunnassa. Samalla etsittiin teknologiaan liittyviä uusia liiketoiminnan avauksia.



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

www.lapinamk.fi

ISBN 978-952-316-261-7