

# VIHREÄN SIIRTYMÄN TUOTEKEHITYS



# Sisällys

Osaamistavoitteet.....	1
Historia ja nykytila.....	1
Vesivoimateknologia.....	2
Miten veden virtaus muutetaan energiaksi? .....	2
Säätövoima .....	5
Suomen vesivoimalaitokset.....	5
Ympäristövaikutukset .....	7
Vesivoimaloiden vaikutus luontoon .....	7
Pienvesivoima.....	12
Energiaa aaltoliikkeestä.....	14
Vesivoiman tulevaisuus .....	16
Yhteenveto.....	17
Lähteet .....	18

## Osaamistavoitteet

Tämän osion jälkeen sinun pitäisi:

- Ymmärtää vesivoimalan toimintaperiaate.
- Tunnistaa, miksi vesivoimaa käytetään säätövoimana.
- Tunnistaa kuinka vesivoima vaikuttaa ympäristöön.
- Hahmottaa kuinka paljon vesivoimaa on Suomessa ja miten se vaikuttaa sähköjärjestelmäämme.
- Hahmottaa vesivoiman tulevaisuuden näkymät.

Tämän osion jälkeen sinulla tulisi ymmärtää vesivoiman toimintaperiaate. Ja ymmärtää kuinka vesivoimaa käytetään sähkön säätövoimana. Ymmärtää vesivoiman ympäristövaikutukset. Hahmottaa kuinka paljon vesivoimaa on Suomessa ja miten se vaikuttaa sähköjärjestelmäämme. Hahmottaa vesivoiman tulevaisuuden näkymät.

## Historia ja nykytila

Vesivoimaa on hyödynnetty jo satoja vuosia. Koskia ja jokia on valjastettu pyörittämään myllyjen jauhinkiviä, sahojen leikkuuteriä, sittemmin voimalaitoksien sähkögeneraattoreita. Vesivoimarakentamisella on pitkät perinteet Suomen historiassa.

Vesimyllyt tulivat Suomeen 1300-luvulla. Vanhin asiakirjatieto on vuodelta 1352, jolloin piispa Hemming sai myllyoikeudet Aurajoen Halistenkoskeen. Myllyjen määrä kasvoi nopeasti ja niitä tunnetaankin 1400-luvulta yli sata kappaletta. Valtakunnan myllyveroluettelossa oli seuraavan vuosisadan lopulla jo yli 1700 myllyä. Kehitys oli nopeaa ja niinpä Suomessa olikin 1800-luvun puolivälissä noin neljätuhatta vesimyllyä ja vajaat kaksisataa vesisaha. [Vesivoiman historiaa].

Ensimmäisen kerran puinen vesipyörä korvattiin Suomessa rautaisella vuonna 1837 Finlaysonin tehtaalla Tampereella. Samalla tehtaalla otettiin käyttöön myös Suomen ensimmäinen vesiturbiini kaksitoista vuotta myöhemmin. Vesimyllyjen ja -turbiinien tuottamaa voimaa opittiin muuttamaan sähköksi ja siirtämään taloudellisesti matkan päähän vasta 1800- ja 1900-luvun taitteessa. Siihen asti voima välitettiin väkipyörien, hammasrattaiden ja hihnojen avulla sahojen ja tehtaiden laitteisiin. Tämän vuoksi tehtaot rakennettiin koskien ääreen. [Vesivoiman historiaa].

Ensimmäinen sähköä tuottava voimalamme avattiin 22. syyskuuta 1891 Tampereella, Tammerkoskeen, laitoksen teho oli 240 kilowattia (kW). Rakentamisen tahti kiihtyi edelleen 1900-luvulle tultaessa. Yli sata vuotta myöhemmin vesivoimasähkön tuotantoon on padottu lähes kaikki

Suomen suuret joet. Suomen arviolta noin 159 000 joki- ja purokilometristä noin 90 prosenttia on ihmisen muuttamia. Vesivoimaloiden rakentamisella on muutoksessa merkittävä rooli. Pääsyyinä vesivoiman laajamittaiseen rakentamiseen oli tuolloin voimakkaasti lisääntyvä teollisuuden energiantarve, sekä kasvava yhteiskunta. 1950- ja 60-luvuilla jopa 90 % Suomen tarvitsemasta sähköstä tuotettiin vesivoimalla. [Vesiputoukset ja vesivoima Suomessa]. Sitten osuus on hiljalleen laskenut muiden energiamuotojen yleistyessä, ja nykypäivänä vesisähkön osuus on arviolta 10-20 % vesitilanteesta riippuen. Yhteensä Suomessa on tällä hetkellä yli 220 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on n. 3100 MW. Säättöön kykenevää vesivoimaa on n. 2100 MW. [Vesivoiman merkitys Suomen energia järjestelmälle].

## Vesivoimateknologia

### Miten veden virtaus muutetaan energiaksi?

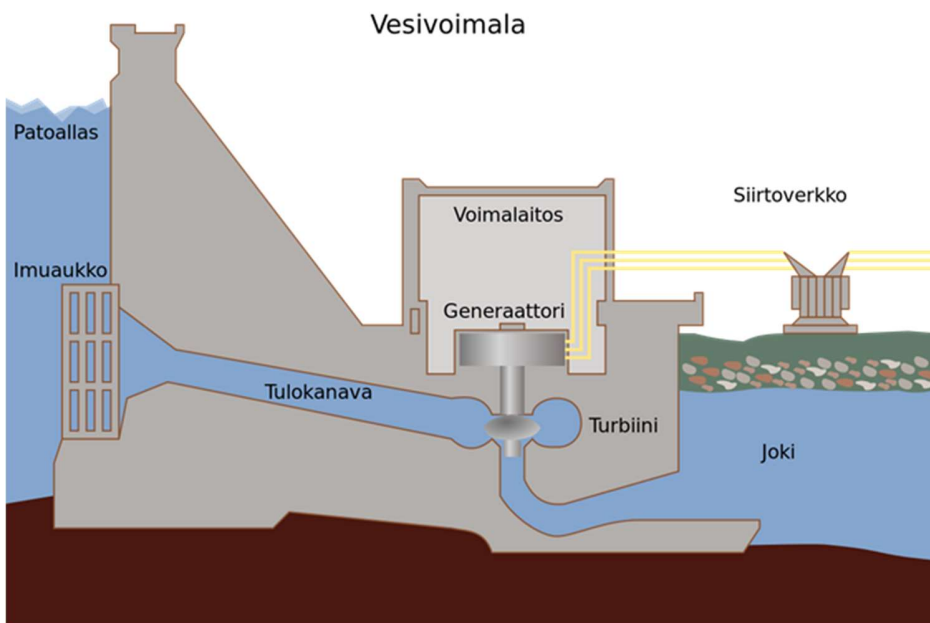
Vesivoimalan toiminta perustuu lyhykäisyydessään siihen, että joessa virtaavalla vedellä on ennen putousta potentiaalienergiaa. Tämä energia muuttuu liike-energiaksi veden syöksyessä kosken niskalta alas. Mitä enemmän vettä joessa virtaa, ja mitä suurempi on putouksen korkeus, sitä suurempi liike-energia alas virtaavalla vesimäärällä on. Voimalassa veden liike-energia muutetaan sähköksi ohjaamalla vesi luonnonputouksen sijasta voimalan turbiineihin. Turbiinien siivekkeet pyörittävät generaattoreita, jotka puolestaan tuottavat sähköä. Koska vesiputouksissa joen pudotuskorkeus jakautuu tyypillisesti lyhyelle matkalle, on potentiaalienergian talteen ottaminen tehokasta, ja voimalaitosten rakentaminen teknisesti helppoa. [Vesivoimalantoiminta].

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. Juuri padot ovatkin yleensä suurin yksittäinen syy siihen, miksi vesiputoukset ja joet kärsivät voimalarakentamisesta erityisen paljon. [Vesivoimalantoiminta].

Veden virtauksen muuttaminen energiaksi ei ole monimutkainen prosessi. Siitä huolimatta rahalliset investoinnit vesivoimaloihin ovat isoja, mutta samalla ne ovat pitkäikäisiä, turvallisia ja toimintavarmoja energiantuotantolaitoksia. Kuvassa 1. on havainnollistettu vesivoimalan toimintaperiaate:



- Vesivoimalaitos hyödyntää kahden eri vesipinnan välistä korkeuseroa
- Vesi johdetaan tulokanavaa pitkin korkeammalta tasolta alemmalle tasolle laitoksen turbiinin läpi.
- Turbiini pyörittää generaattoria.
- Muuntaja muuntaa sähköjännitteen sähköverkkoon sopivaksi.
- Sähkö jatkaa matkaansa siirtoverkossa.



Kuva 1. Tyypillisen vesivoimalan toimintaperiaate ja rakenne. [Wikipedia Commons]

Osa voimalaitoksista on rakennettu maan alle, jolloin laitoksen putouskorkeutta on pystytty kasvattamaan. Mitä suurempi putouskorkeus, sitä suurempi energiantuotanto. Suomessa isojenkin voimalaitosten putouskorkeudet ovat tyypillisesti vain joitakin kymmeniä metrejä. Suurin putouskorkeus, 96 m, on Kemijärvellä sijaitsevassa Jumiskon maanalaisessa voimalaitoksessa. Mahdollisuuksia vesivoiman lisärakentamiseen on Suomessa edelleen olemassa, vaikka suurimmat kohteet onkin jo pääosin rakennettu. Kokonaan uuden vesivoiman merkittävä lisärakentaminen on epätodennäköistä ympäristön- ja luonnonsuojelullisista syistä johtuen.

Edullisin tapa vesivoimakapasiteetin lisäykseen on, kun olemassa olevien laitosten tehoa kasvatetaan pääkoneistojen peruskorjauksen yhteydessä. Valtaosa jo rakennettujen vesistöjen lisäpotentiaalista saadaan juuri laitosten tehoa kasvattamalla.

Tuotantokustannuksiltaan vesivoimalat ovat edullisia pitkän käyttöikänsä ansiosta. Vanhojen voimalaitosten pääomakustannukset on jo kuoletettu, joten enää maksetaan vain käyttö- ja huoltokuluja. [Vesivoima].



Kuva 2. Suomen suurimpiin kuuluvan Imatrankosken vesivoimalaitoksen patovalli 18.8.2012. [tietoa Suomen-  
vesiputouksista/vesiputoukset ja vesivoima Suomessa].

## Säätövoima

Vesivoimalaitoksilla on usein kyky säädellä tuotantoaan vastaamaan sähkön kysyntää. Tätä säätövoimaa käytetään tasoittamaan sähkön tarjontaa ja kysyntää sekä reagoimaan nopeasti muuttuviin tilanteisiin sähköverkossa.

Vesivoimalaitoksissa veden virtausta voidaan säädellä eri tavoin, kuten säätämällä patoja tai turbiineja. Vesialtaat vesivoimaloiden vieressä ovat kuin suuria akkuja. Jokivoimalaitoksissa laitoksen oman padon avulla aikaansaadulla altaalla pystytään hoitamaan lyhytaikainen säätö, kun taas säännöstelyvoimalaitoksella voidaan säädellä tuotantoa jopa vuositasolla. Vesivoiman säätelyllä voidaan torjua myös kevättulvia. Tällainen säätövoima on tärkeää sähköverkon vakauden ylläpitämisessä. [Vesivoimateknologia].

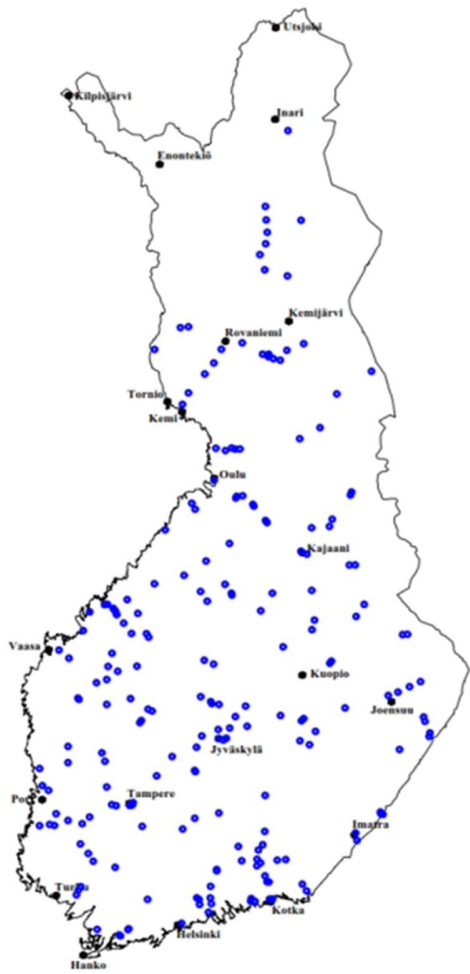
On myös muita tapoja käyttää vettä säätövoimana sähköntuotannossa, kuten pumped storage -järjestelmissä. Tässä järjestelmässä ylimääräinen sähkö tuotetaan silloin kun sitä on paljon tarjolla, ja se käytetään veden pumppaamiseen ylöspäin. Kun tarvitaan lisää sähköä, vesi lasketaan alas ja käytetään uudelleen turbiinin avulla. Tämä toimii ikään kuin suurena energian varastona, joka voi nopeasti reagoida sähköntarpeen vaihteluihin. [Pumppuvoimala on hyvä ja tehokas sähkövarasto].

## Suomen vesivoimalaitokset

Suomessa on nykyisin yli 220 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on noin 3100 MW. Säätöön kykenevää vesivoimaa on n. 2100 MW.

Vesivoiman keskimääräinen vuosituotanto on n. 13 TWh, joka 10-20 % kotimaisesta sähköntuotannosta. Nykyisellä lainsäädännöllä säätökapasiteetin lisäämismahdollisuudet ovat hyvin rajalliset.

Vesivoimalaitoksia on kattavasti ympäri Suomen. Hajautettu tuotanto parantaa sähkön toimitus- ja huoltovarmuutta. [Vesivoiman merkitys Suomen energijärjestelmälle].



Kuva 3. Vesivoimaloiden sijainnit Suomessa. [Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle].

## Ympäristövaikutukset

Monet vesivoimalaitoksista aiheutuvat vaikutukset ympäristölle ja vesiluonnolle ovat paikallisia. Vesivoimalaitos ja sen yhteyteen mahdollisesti rakennettava tekoallas vaikuttavat valjastetun vesistön ja tekoaltaan alle jäävän maa-alueen ekologiseen tasapainoon. Alueiden alkuperäinen eliöstö joko tuhoutuu tai joutuu väistymään tieltä. Usein tekoaltaiden rakentaminen aiheuttaa myös ihmisasutuksen pakkosiirtoja. Tekoaltaan alle jäävien alueiden maaperässä olevat haitalliset aineet, muun muassa raskasmetallit, liukenevat usein veteen ja kertyvät lopulta kaloihin ja muuhun eliöstöön.

Kalakantoihin vesivoimalaitoksilla voi olla raskasmetallikertymien lisäksi myös muita haitallisia vaikutuksia. Vaelluskalojen nousu kutujokiin voi estyä tai vaikeutua padotuissa vesistöissä. Hyvin toteutetuilla kalaportilla ongelmia voidaan kuitenkin vähentää. Myös säännöstelyn aiheuttamat vedenkorkeuden vaihtelut voivat vaikuttaa kalojen kudun ja poikasten selviytymiseen.

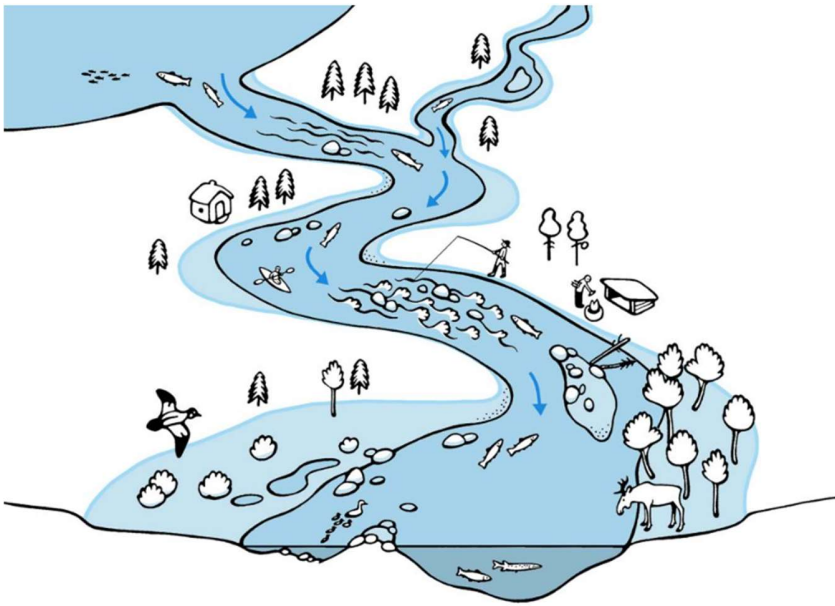
Tekoaltaan alle jääviltä alueilta voi ilmakehään vuotaa myös hiilidioksidia ja metaania erityisesti, jos veden peittämiltä alueilta ei korjata puita pois. Tällaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat isompi ongelma lämpimillä trooppisilla alueilla kuin viileämmillä pohjoisilla vyöhykkeillä. Itse vesivoiman tuotannossa kasvihuonekaasupäästöjä ei synny, joten energiantuotannosta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää, mikäli fossiilisia polttoaineita korvataan vesivoimalla. [Vesivoima].

Aalto-yliopiston tutkijatohtori Timo Räsänen laski vuonna 2018 johtamassaan tutkimuksessa, että vesivoiman kasvihuonekaasupäästöt voivat olla joissain tapauksissa yhtä suuret kuin fossiilisilla polttoaineilla. [vesivoiman kasvihuone päästöt voivat olla yhtä suuret kuin fossiilisilla polttoaineilla].

### Vesivoimaloiden vaikutus luontoon

Alla olevat kuvitteelliset kuvat havainnollistavat mitä tapahtuu, kun luonnontilainen joki padotaan sähkön tuotantoa varten. Viimeisessä esimerkissä näkyy mitä tapahtuu, kun voimalaitospato puretaan ja jokea ennallistetaan.





Kuva 4. Joki luonnontilassa [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].

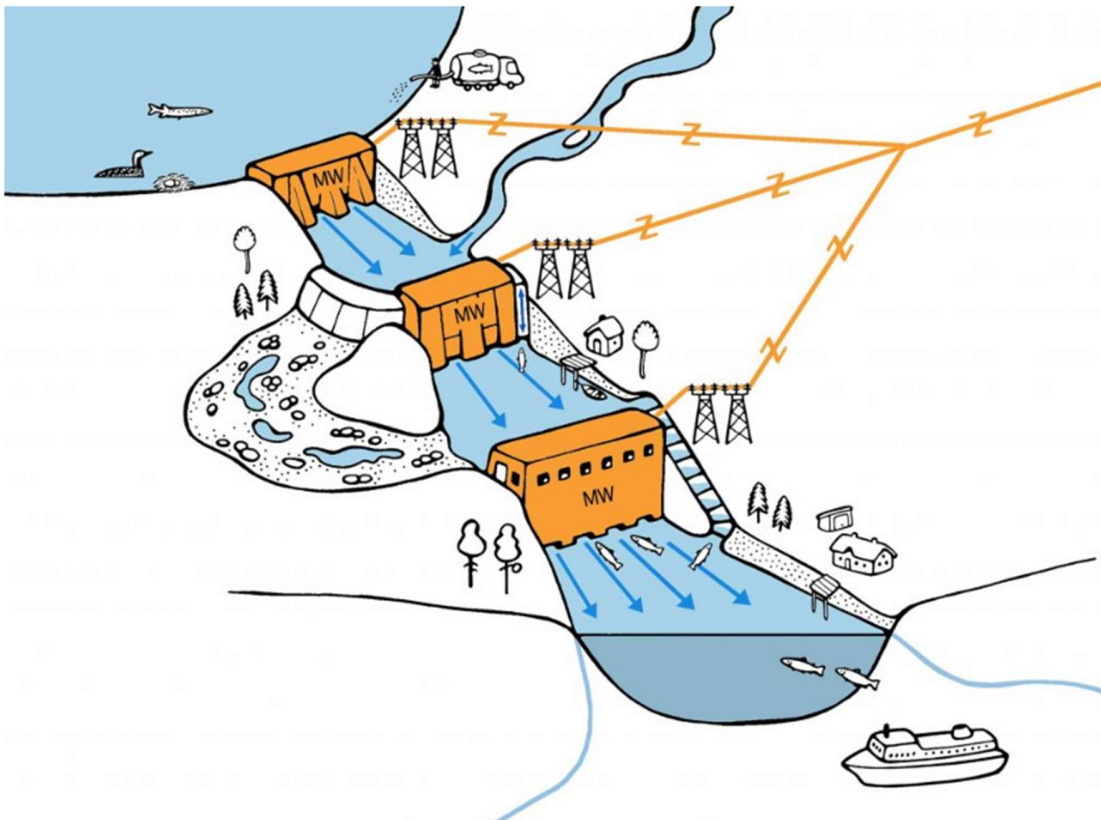
Luonnontilainen joki laskee latvavesiltä mereen maastonmuotoja mukaillen. Matkan varrella on pärskyviä koskia, voimakkaasti virtaavia nivoja ja tyyniä suvantoja. Pudotuskorkeutta on eniten koskissa, joissa vesi virtaa nopeasti pärskyen kiviä vasten, samalla hapettuen ja pitäen pohjan lietteettömänä. Suvantojen tasainen elämä muistuttaa lampia ja järviä. Joki levenee, kun pääuomaan liittyy sivu-uomia.

Virta kuluttaa, kuljettaa ja kasaa aineksia uomassa jatkuvasti. Uoma on joskus suora mutta usein se mutkittelee, haarautuu tai palmikoi.

Joki tulvii etenkin keväisin, kun lumet sulavat. Myös kovat syysateet aiheuttavat virtaamahuipun. Tulvassa veden määrä ja virtausnopeus ovat suuret ja vesi siirtää aineksia paikasta toiseen. Tulva on joen kevätsiivous.

Virtapaikoissa on karkearakenteinen pohja, jonka huokoset, lokerot ja labyrintit ovat jokieläiden elinehto. Pohjaeläimistö on runsas ja monimuotoinen. Vesisammalet tarraavat kiviin, kalat ja muut uimarit löytävät lepopaikkoja vaihtelevista pohjan muodoista.

Kalat uivat vapaasti vesistön jokien ja järvien muodostamilla reiteillä, etsiytyen sopiville syönnös- ja kutupaikoille. Jokihelmisimpukka eli raakku menestyy, kun joessa on lohikaloja, sillä raakku elää nuoruusvaiheensa lohikalojen kiduksissa. [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].



Kuva 5. Vesivoimäsähköä tuottava rakennettu joki [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].

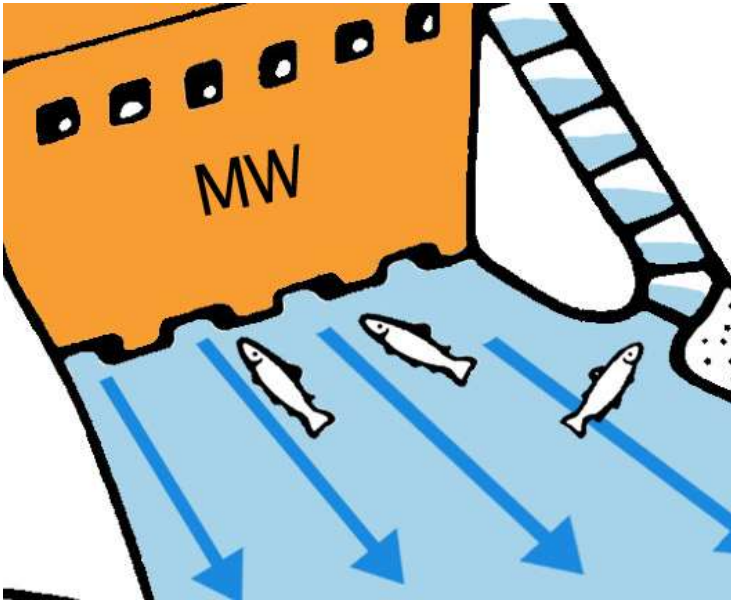
Tämä kuvan 5. joki on täysin valjastettu vesivoiman tuotantoon. Joessa on kolme voimalaitosta, joiden myötä joki on kokonaan rakennettu, padottu ja porrastettu.

Kokonaan rakennettu joki on kuin portaikko, jossa tasainen askelma ja jyrkkä pudotus vuorottelevat. Portaikon askelmana on allastunutta vesipintaa ja pudotuksen kohdalla pato ja voimala. Vesi saadaan putoamaan turbiiniin läpi mahdollisimman korkealta, suoraan patoaltaasta toiseen ilman virtaushäviötä.

Veden pinnan noston vuoksi joen alkuperäinen ranta on osittain tai kokonaan veden alla. Kosket ja muut virtapaikat ovat peittyneet altaisiin, ja vaelluskalojen kutu- ja poikastuotantoalueet ovat kadonneet. Myös muut virtaukseen sopeutuneet eliöt ovat laajalti kadonneet ja korvautuneet seisovan veden lajeilla.

Kahdessa muussa voimalassa luonnonuomat ovat kelvanneet alakanavaksi, mutta niitä on ruopattu ja pengerrytetty, sillä luonnonuoma on ollut mutkainen ja pudotukseltaan loiva.

Virtaaman säännöstelyn ja yläveden noston vuoksi tulvatasangot tulvaniittyneen ja -metsineen ovat hävinneet rannoilta. Joen vuosittainen keväsiivous jää väliin. Sedimenttiä kertyy patojen yläpuolelle, ja sitä ei kulkeudu jokivarsiin ja suistoon. [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].



Kuva 6. Vesivoimalan pato. [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].

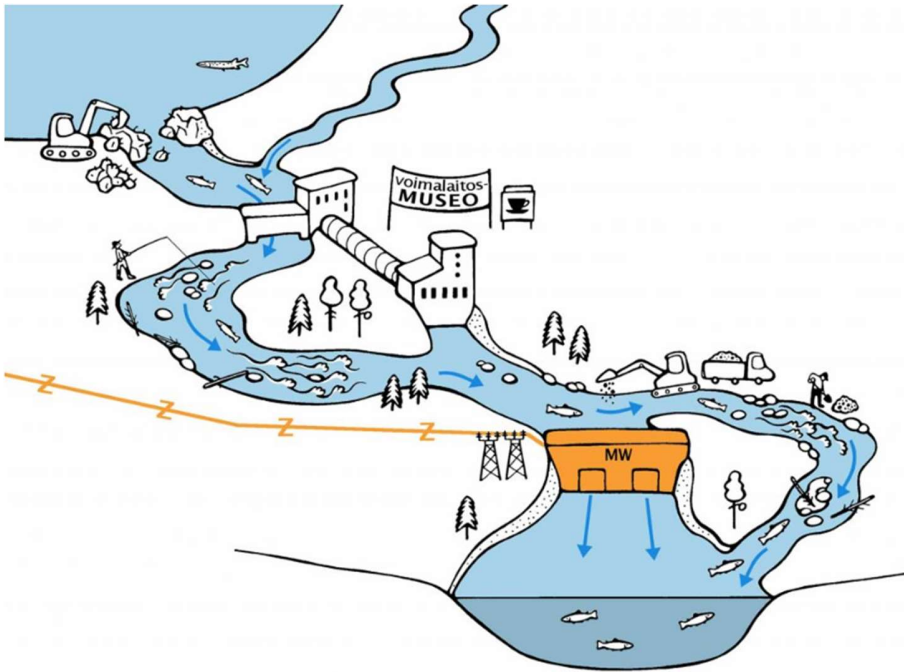
Vesivoimalat patoineen estävät kalojen ja muiden virtavesieliöiden liikkumisen joessa ylä- ja alavirtaan. Tässä joessa kalankulku on pyritty järjestämään teknisen kalatien (alin voimala) ja kalahissin (keskimmäinen voimala) avulla. Ylimmän voimalapadon läpi ei ole järjestetty kalankulkua toistaiseksi lainkaan.

Alimman voimalan (Kuva6.) tekninen kalatie täyttää tehtävänsä vain osittain. Voimayhtiö päästää tekniseen kalatiehen vettä toukokuusta marraskuuhun. Talvella kalatie jää ilman vettä, eivätkä virtavesieliöt voi elää tai lisääntyä siellä. Riippuu myös kalalajista ja kalan koosta, osaako se nousta kalatietä pitkin. Jokea ylävirtaan pyrkiessään kalat suunnistavat voimakkainta virtausta kohti. Monesti ne eivät löydä kalatien suuaukkoa, kun virtauksen tuntu on pieni verrattuna turbiinivirtaan.

Jokea alavirtaan merta kohti pyrkivät kalat eivät voi suunnistaa, vaan ne ajautuvat myötävirrassa. Kaloja joutuu kalatien sijaan myös voimalan sisään ja kaloja menehtyy tai haavoittuu turbiineissa. Alasvaeltavia kalanpoikasia kuolee paljon myös patoaltaissa, sillä alaspääsyreittiä etsivät kalanpoikaset ovat haukien, lокkien ja muiden petojen helppo saalis.

Toisessa voimalassa on kalahissi. Kaloja houkutetaan padon alla valojen ja seinämien avulla hissikoriin, joka nousee yläveden tasalle veden valuessa korista painon keventämiseksi. Myöskään kalahissi ei ratkaise virtavesieliöstön tarvetta liikkua kuin pieneltä osin.

Virtakutuiset vaelluskalat eivät lisääny tässä joessa. Kaikki virtapaikat ovat hävinneet joen pääuomasta eikä sopivia kutu- ja poikastuotantoalueita ole. [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].



Kuva 7. Vapautettu ja kunnostettu joki. [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].

Tämä joki kuvassa 7. on ollut valjastettuna vesivoiman tuotantoon, mutta nyt se on palautettu takaisin kohti luonnontilaa. Palauttamisessa on otettu huomioon vesivoimatuotannosta saatavan tehon menetys verrattuna saavutettaviin hyötyihin luonnolle ja ihmisille.

Vanha minivoimalaitos on museoitu. Minivesivoimalaitos tuotti vain vähän sähköä verrattuna sen jokiluonnolle aiheuttamaan haittaan. Vanha voimalapato on avattu ja toimii nyt siltana.

Alempi vesivoimalaitos toimii ja tuottaa sähköä. Siihen on rakennettu luonnonmukainen ohitusuoma, jota pitkin kalat ja muut vesieliöt voivat liikkua voimalapadon ohi. Luonnonmukainen ohitusuoma on tehty kaivinkoneella sopivan loivaksi ja mutkittelevaksi. Ohitusuomaan on lisätty sopivasti kiviä ja pohjamateriaalia, jotka hidastavat ja monipuolistavat virtausta. Eroa luonnonpuroon ei enää huomaa. [Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista].



Kuva 8. Virtaava vesi. [Arffman 2022].

## Pienvesivoima

Pienvesivoimalaitokset jaetaan tehonsa puolesta kahteen kokoluokkaan;

- **pienvesivoimalaitoksiin**, joiden teho on 1-10 MW
- **minivesivoimalaitoksiin**, joiden teho on alle 1 MW.

Putouskorkeudet vaihtelevat paljon laitoksen tehosta riippuen. Pienvesivoimalaitosten tyypillinen putouskorkeus on vain 2–6 metriä. Suomessa oli vuonna 2013 käytössä 151 pienvesivoimalaa.

- 68 laitosta on teholtaan alle 1 MW:n kokoisia
- 83 laitosta 1-10 MW:n kokoisia

Laitosten yhteenlaskettu vuosienergiantuotanto on noin 1 000-1 100 GWh vesivuodesta riippuen. Pienvesivoimalaitosten keskiteho on Suomessa noin 2 MW ja keskimääräinen vuosituotanto noin 8 GWh. Kaikesta vesivoimalla tuotetusta energiasta minivesivoiman osuus on noin yksi prosentti ja pienvesivoiman osuus noin kahdeksan prosenttia. (Pienvesivoimayhdistys 2015). Pienvesivoimalaitosten käyttöikä on pitkä, tyypillisesti 60-100 vuotta.

Pienvesivoimalla voi olla alueellista merkitystä, sillä se voi parantaa muun muassa paikallista sähkön saantivarmuutta. Kiinnostusta pienvesivoimaan lisää se, että ilmastonmuutoksen torjumiseksi fossiilisten polttoaineiden tilalle tarvitaan korvaavia energialähteitä. Myös hajautetun energiantuotannon näkökulmasta pienvesivoima on myönteistä. Pienvesivoiman huonona puolena on sen erityisesti virtavesiluontotyypeille aiheuttamat haitalliset vaikutukset.

Suomen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti pienvesivoiman potentiaali perustuu lähinnä käytöstä poistettujen sekä nykyisten voimalaitosten modernisointi- ja tehonkorotushankkeisiin. Erityisesti pienvesivoiman huono taloudellinen kannattavuus ja hankkeiden työläs toteutus hidastavat lisärakentamista. [Pienvesivoima].

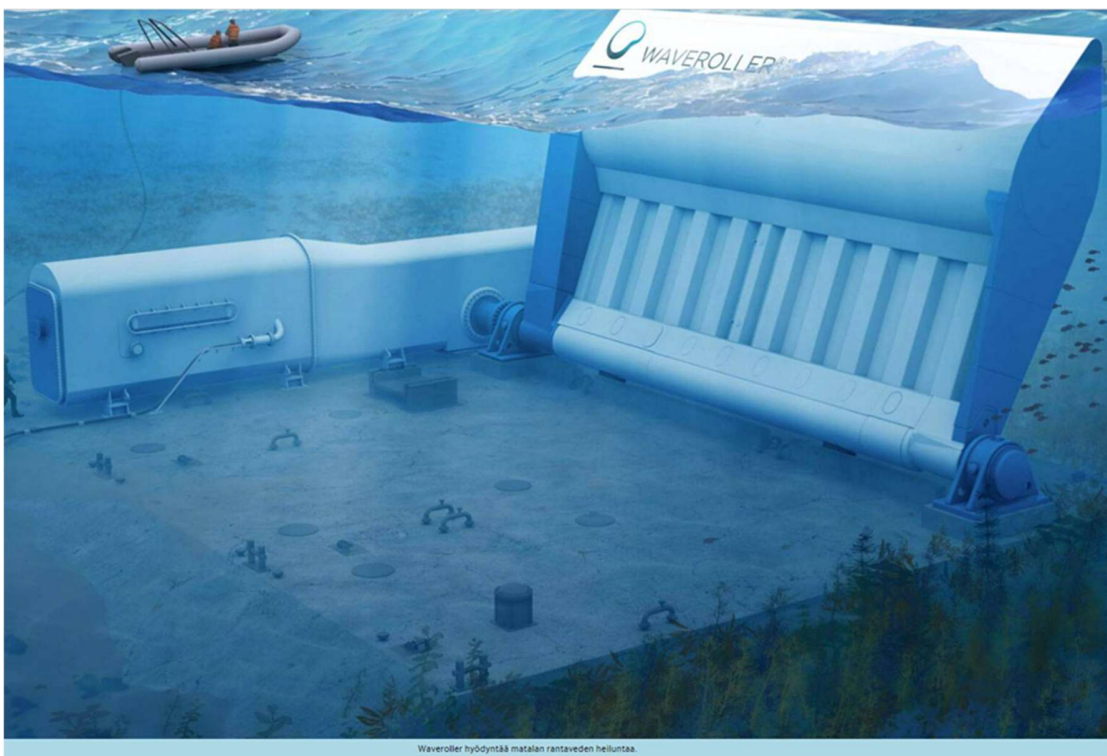


Kuva 9. Vanhankaupunginkosken voimalamuseo Helsingissä. [Arffman 2023]

## Energiaa aaltoliikkeestä

Tulevina vuosikymmeninä vesivoimaloita rakennetaan jokien sijaan yhä enemmän merelle. Puhutaan aaltoenergiasta. Maailman energianeuvosto on arvioinut, että sen potentiaali voisi olla tulevaisuudessa jopa yli 30 000 terawattituntia vuodessa – siis enemmän kuin koko maailman sähkönkulutus yhteensä. IEA puolestaan arvioi, vuosisadan puolivälissä aaltoenergialla voitaisiin tuottaa maailman sähköntarpeesta kymmenys. Aaltoenergialla on muihin uusiutuviin energiamuotoihin verrattuna monia etuja. Ensinnäkin sitä on saatavilla rutkasti, onhan kaksi kolmasosaa maapallon pinta-alasta veden peitossa. Toisin kuin aurinko- ja tuulivoima, aaltoenergia on myös verrattain tasaista: valtamerissä syntyy aaltoja jatkuvasti ilman puhureita ja paistetta.

Miinuspuolena on aaltoliikkeen epäsäännöllisyys, jota tutkijoiden on ollut vaikeaa valjastaa energiaksi. Valtameren kuohuissa keikkuvat voimalat myös kuluvat nopeasti ja menevät myrskyissä helposti rikki.



Kuva 10. Waveroller voimala [Viljanen & Rantanen 2023].

Vuosikymmenten kehitystyö on alkanut tuottaa viime vuosina myös tulosta. Suomalainen AW-Energy on esitellyt Waverolleriksi kutsumansa voimalan (Kuva10.), joka tuottaa jo nyt pieniä

määriä sähköä Portugalin rannikolla. Laitos hyödyntää matalaan rantaveteen lyöviä aaltoja, jotka tuottavat sähköä heiluttamalla paneelia edestakaisin. Kymmenen metriä korkea paneeli kiinnitetään merenpohjaan tuhansia kiloja painavan perustuksen avulla. Helposti katkeilevien vaijereiden sijaan kiinnityksessä käytetään saranoita.

Läpimurtoja on tehnyt myös toinen suomalaisyhtiö, kelluvaa voimalaa kehittävä Wello. Sen voimala perustuu paikalleen ankkuroituun runkoon, joka kelluu vapaasti aaltojen päällä. Keinuva liike muuttuu generaattorissa sähköksi. Yhtiön mukaan laitos kestää kovemmatkin kuohut, koska sen liikkuvat osat ovat suojassa aluksen rungon sisällä eivätkä siten lainkaan kosketuksissa meriveden kanssa. Yhtiön ensimmäinen voimala aloitti toimintansa Espanjassa vuonna 2021. Voimala ankkuroitiin 60 metrin syvyyteen, noin kilometrin päähän rannasta. Teholtaan voimala vastaa pientä tuulivoimalaa.



Kuva 11. Wello Penguin kelluva voimala. [Wello.eu]

Edistyksestä huolimatta kaupallisesti menestyvään aaltoenergiaan on vielä matkaa. Wello ilmoitti alkuvuodesta hakeutuvansa konkurssiin rahoitusvaikeuksien vuoksi. Myös AW-Energyn liiketoiminta on ollut toistaiseksi raskaasti tappiollista. [Viljanen, Miina & Rantanen, Kalevi. 2023].

## Vesivoiman tulevaisuus

Suomessa vuonna 2030 vesivoiman tilanne on edelleen nykyisen kaltainen: vesivoima on kustannustehokkain ja ympäristöystävällisin tapa sähköjärjestelmän vaatiman jouston tuottamiseen Suomessa saman aikaisesti, kun jouston tarve vielä tämän päiväisestä kasvaa säästä riippuvan tuotannon lisääntyessä. Siirtoyhteyksien kasvu parantaa tuontisähkön saatavuutta. Sen hintatasoon ja hinnan vaihteluun liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia. [Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle].

Vanhojen vesivoimalaitosten modernisointi ja uudistaminen ovat tärkeitä keinoja lisätä niiden tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Tämä voi sisältää esimerkiksi turbiinien ja generaattorien päivittämisen sekä ympäristövaikutusten hallinnan parantamisen. Kokonaan uusia vesivoimaloita ei juurikaan enää rakenneta.

Maailmanlaajuisesti vesivoima on uusiutuvista energianlähteistä nykyisin ylivoimaisesti merkittävin: sen osuus maailman sähköntuotannosta on suurempi kuin tuuli- ja aurinkovoimalla yhteensä. Vuoteen 2040 mennessä vesivoiman tuotannon odotetaan kasvavan yli 40 prosentilla. Kokoluokastaan huolimatta vesivoima on jäänyt viime vuosina muiden uusiutuvien energianlähteiden jalkoihin. Siinä missä tuuli- ja aurinkovoiman tuotanto kasvaa kaksinumeroista vuositahtia, vesivoiman tuotanto on viime vuosina jopa hieman laskenut. Syynä on ilmastonmuutos, joka on kuivattanut jokia esimerkiksi Kiinassa ja Yhdysvalloissa. Ilmaston lämmitessä kuivuuden odotetaan pahenevan entisestään.

Kuivuus ei ole ainoa syy investointien hiipumiseen. Varsinainen vesivoimabuumi alkoi hyytyä jo vuosikymmeniä sitten, kun tutkimukset paljastivat voimaloihin liittyviä ympäristöhaittoja. Padot ovat tuhonneet jokiluontoa ympäri maailmaa, häätäneet miljoonia ihmisiä asuinalueiltaan ja estäneet uhanalaisia vaelluskaloja kulkemasta kutupaikoilleen. Sittemmin perinteistä vesivoimaa on purettu urakalla etenkin länsimaissa: vuoteen 2020 mennessä Yhdysvalloissa oli purettu yli 1 700 patoa ja Euroopassa lähes 5 000. [Viljanen, Miina & Rantanen, Kalevi. 2023].

## Yhteenveto

Vesivoiman rooli Suomen sähköjärjestelmässä on merkittävä. Vesivoima on päästötön tuotantomuoto ja se mahdollistaa osaltaan säästä riippuvan uusiutuvan energian merkittävän lisäämisen sähköjärjestelmässämme.

Vesivoima vastaa huomattavasta osasta kulutuksen vuorokausivaihtelun vaatimasta säädöstä sekä taajuudensäädöstä. Se on ainoa tuotanto- ja varastointimuoto, joka pystyy tarjoamaan joustoa kaikilla aikajäniteillä. Vesivoimalla tarvittava säätö voidaan tehdä kotimaisesti ja varmasti päästöjä minimoiden.

Vesivoiman tuomaa eri aikajäniteillä tapahtuvaa joustoa ei voida korvata muilla tekniikoilla yhtä kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. [Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle].

### Vesivoiman plussat

- Ympäristölleen 100 % puhdas uusiutuva energiamuoto
- Luotettava, varma ja uusiutuva energia
- Vesivoiman tuotannossa ei synny hiilidioksidia
- Vesivoimasta ei aiheudu kiinteitä jätteitä eikä päästöjä ilmaan, veteen tai maaperään
- Voi tuottaa suuria määriä sähköä ja energiantuotanto on vakaata
- Vesi ei vähene eikä pilaannu virratessaan voimalaitoksen läpi
- Voimalat toimivat lähes automaattisesti, polttoainetta ei tarvitse hankkia ja kunnossapitokustannukset ovat matalia
- Voidaan käyttää sekä perusenergian tuottamiseen että säätövoimaksi (sähköntuotantoon, jolla voidaan nopeasti vastata kysynnän muutoksiin)
- Pystytään tuottamaan suuria määriä sähköä heti, kun vesi vapautetaan, eikä se ole riippuvaista säästä, tuulesta tai pitkistä ja monimutkaisista käynnistysprosesseista
- Vesialtaat vesivoimaloiden vieressä ovat kuin suuria akkuja. Energiaa voidaan varastoida niinä vuodenaikoina, jolloin veden virtaus on suurta ja sähkönkulutus matalalla, ja käyttää sitten, kun sen kulutus on korkeimmillaan.
- Vesivoimatuotannon säädettävyyden mahdollisella rajoittamisella olisi monia vaikutuksia sähköjärjestelmässä, mutta myös esimerkiksi tulvasuojelussa.

### Vesivoiman miinukset

- Vesivoimalla on ympäristövaikutuksia, mutta ei ilmastovaikutuksia

- Ympäristövaikutukset ovat paikallisia ja merkittävimmät syntyvät rakennettaessa patoja ja säännöstelyaltaita
- Padot estävät kalan liikkumista, mikä vaikuttaa kalakantoihin ja kalastukseen
- Vaikutuksia lievennetään kalanistutuksin, kalateillä ja muilla kalanhoitotoimenpiteillä
- Vesistöjen säännöstely aiheuttaa vaihtelua veden pintoihin ja virtaamiin

[Vesivoima, Vattenfall].

## Lähteet

Miksi Vesivoima? Verkkoaineisto. Energia.fi <[https://energia.fi/energiasta/vastuullisuus/miksi\\_vesivoima](https://energia.fi/energiasta/vastuullisuus/miksi_vesivoima)>. Luettu 16.10.2023

Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista. Verkkoaineisto. Suomen luonnonsuojeluliitto. <Tietoa vesivoiman luontovaikutuksista – Suomen luonnonsuojeluliitto (sll.fi)>. Luettu 16.10.2023

Pienvesivoima. Verkkoaineisto. Motiva.fi <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/vesivoima/pienvesivoima](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/vesivoima/pienvesivoima)>. Luettu 16.10.2023

Pumppuvoimala on hyvä ja tehokas sähkövarasto. Verkkoaineisto. Energiatalous.fi <<https://www.energiatalous.fi/?p=2210>>. Luettu 16.10.2023

Vesiputoukset ja vesivoima Suomessa. Verkkoaineisto. Suomen vesiputoukset.fi <<https://www.suomenvesiputoukset.fi/tietoa-suomen-vesiputouksista/vesiputoukset-ja-vesivoima-suomessa/#vesivoimalantoiminta>>. Luettu 16.10.2023

Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle. Verkkoaineisto. Kemijoki.fi <[https://www.kemijoki.fi/media/vesivoiman-merkitys-suomen-energiajarjestelmalle\\_lyhyt.pdf](https://www.kemijoki.fi/media/vesivoiman-merkitys-suomen-energiajarjestelmalle_lyhyt.pdf)>. Luettu 26.10.2023

Vesivoima. Verkkoaineisto. Energiamaailma.fi <<https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/vesivoima/>>. Luettu 16.10.2023

Vesivoima. Verkkoaineisto. Motiva.fi <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/vesivoima](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/vesivoima)>. Luettu 16.10.2023

Vesivoima. Verkkoaineisto. Vattenfall.fi <<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/vesivoima/>>. Luettu 16.10.2023

Vesivoima. Verkkoaineisto Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesivoimala>>. Luettu 16.10.2023



Vesivoimalantoiminta. Verkkoaineisto. Suomen vesiputoukset.fi <<https://www.suomenvesiputoukset.fi/tietoa-suomen-vesiputouksista/vesiputoukset-ja-vesivoima-suomessa/#vesivoimalantoiminta>>. Luettu 16.10.2023

Vesivoiman historiaa. Verkkoaineisto. Kemijoki.fi <<https://www.kemijoki.fi/vesivoima/vesivoiman-historiaa.html>>. Luettu 16.10.2023

Vesivoiman kasvihuone päästöt voivat olla-yhtä suuret kuin fossiilisilla polttoaineilla. Verkkoaineisto. Aalto.fi <<https://www.aalto.fi/fi/uutiset/vesivoiman-kasvihuonepaastot-voivat-olla-yhta-suuret-kuin-fossiilisilla-polttoaineilla>>. Luettu 16.10.2023

Vesivoimateknologia. Verkkoaineisto. Motiva.fi <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/vesivoima/vesivoimateknologia](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/vesivoima/vesivoimateknologia)>. Luettu 16.10.2023

Viljanen, Miina & Rantanen, Kalevi. 2023. Saksalaiset rekat ovat merkki siitä, miten aurinkoenergia valtaa maailman — Näin energiatuotanto mullistuu vuoteen 2040 mennessä. Verkko-aineisto. Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/tiede/art-2000009312863.html>>. Päivitetty 19.4.2023. Luettu 1.6.2023.

Wello. Verkkoaineisto. Wello.eu <<https://wello.eu/the-penguin-2/>>. Luettu 16.10.2023