

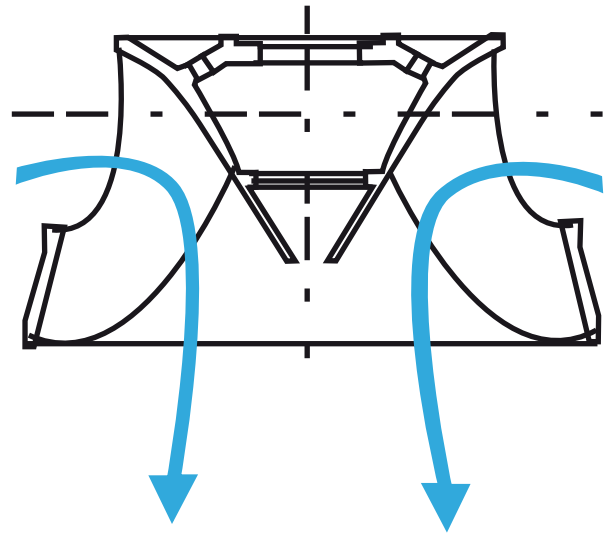
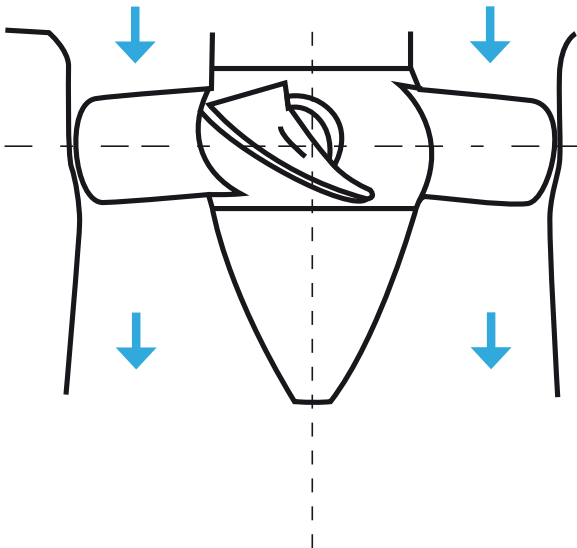
PIENVESIVOIMALAOPAS

Oppaan tarkoitus on edesauttaa pienvesivoiman käyttöönottoa ja tuotannon tehostamista Suomessa



Molemmat kuvat esittävät pienvesivoimalaitosta:
84 kW Eurakosken voimalaitos
ja sata kertaa suurempi
8,4 MW Tammerkosken
Keskiputouksen voimalaitos.





Tällä pienvesivoimalaoppaalla ei pyritä korvaamaan suunnittelua tai ympäristöselvitysten tekoa, mikä aina vaatii asiantuntijan käyttöä. Neuvoja vesirakentamisesta tai turbiinien hankinnasta on parasta pyytää alan yrityksiltä. Oppaassa pyritään selvittämään, mitä kaikkea on otettava huomioon, kun voimalan tai kosken vesivoiman omistaja ryhtyy miettimään seuraavanlaisia kysymyksiä:

- Kannattaako minun ryhtyä pienvesivoiman tuottajaksi ja onko se yleensä kannattavaa?
- Kannattaako minun parantaa laitoksen tuotantoa uusimalla laitteistoa ja automatisoimalla?
- Mihin ryhmään tulen kuulumaan ja mikä tulee olemaan yhteiskunnallinen arvostukseni?
- Voinko yleensä saada luvan voimalaitokseni rakentamiseen tai kunnostamiseen?
- Mitkä ovat hankkeeni toteutuksen kompastuskivet sen jälkeen, kun olen nostanut ensimmäisen kiven koskestani?
- Pystynkö yleensä oppimaan vesivoimatekniikasta niin paljon, että kykenen hoitamaan laitostani? Mistä saan apua siihen ja mitä se maksaa?
- Puhutaan avustuksista, sähkön myynti- ja verkkosopimuksista, veronpalautuksista ym! Kaikki tämä vaatii paperisodan ja millä tavalla selviän siitä?

On hyvä muistaa että:

Vesivoima ei ole aineen polttamiseen perustuva energiantuotantomuoto (NCEP).
Vesivoiman polttoaineet ovat uusiutuva VESI ja ikuinen PAINOVOIMA

- EI KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJÄ ENERGIATUOTANTOPROSESSISSA
- EI KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJÄ POLTTOAINEEN VALMISTUKSESSA
- EI KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJÄ POLTTOAINEEN KULJETUKSESSA
- EI JÄTTEITÄ
- KORKEIN ASEMA ELINKAARIANALYYSISSÄ (Life Cycle Analysis)

Pienvesivoimalaitoksen yhteiskunnallinen arvo:

EU:n tukeman ESHA:n (European Small Hydro Association) mukaan yksi GWh täyttää 220 eurooppalaisen kodin sähköntarpeet vuodessa. Euroopan keskitasoisen kodin vuotuinen sähkönkulutus on noin 4550 kWh. Suomessa on pientalon keskimääräisen kotitaloussähkön kulutus 6000 kWh ja kerrostalohuoneiston kulutus 3500 kWh. Yksi 1000 kW pienvesivoimalaitos tuottaa keskimäärin 5 GWh/vuosi ja palvelee tällöin vuositasolla noin 800 suomalaista pientaloa.

OPPAAN SISÄLTÖ

Tiivistelmä	4
Pienvesivoima on uusiutuvaa energiaa	5
Vesivoiman historia, kehitys ja nykytilanne	6
Vesivoima jaetaan laitokseen mukaan eri sektoreihin (EU)	7
Pienvesivoimalaitos ja sen liitännäisosat	8
Pienvesivoimalatyypit	9
Katsaus pienvesivoimalatekniikkaan	10
Pienvesivoiman lisäpotentiaaleista	11
Suomen pienvesivoiman kustannukset ja kustannustekijät	12
Suomen pienvesivoiman investointikustannukset	13
Investointikustannustiedon hyödyntäminen päätöksenteossa ja kannattavuuden arvioinnissa	14
Pienvesivoimalainvestointien kannattavuutta parantavia tekijöitä	15
Rakentamiseen ja energian tuottamiseen tarvittavat edellytykset ja luvat	16-17
Pienvesivoima on ympäristöystävällinen energiantuotantomuoto	18
Asiantuntijoita ja suunnittelijoita tarvitaan	19
Esimerkkejä pienvesivoimalaitoksen ja sen liitännäisosien sijoituksesta	
• Tirvan voimalaitos	20
• Virtaankosken voimalat	21
• Tjusterbynkosken vesivoimala	22
• Vakkolankosken vesivoimala	23
• Eurakosken vesivoimala	24
• Tammerkosken vesivoimalaitokset	25
Pienvesivoimatekniikkaan liittyvät perustiedot ja selosteet	26-27

PIENVESIVOIMALAOPAS - TIIVISTELMÄ

Pienvesivoimayhdistys ry:n laatima opas on tarkoitettu edistämään pienvesivoiman käyttöönottoa ja tehostamista Suomessa. Oppaaseen on tiivistetty keskeisimmät tekniset ja taloudelliset tekijät liittyen pienvesivoimaan. Tällä pyritään ensisijaisesti helpottamaan nykyisiä ja potentiaalisia uusia tuottajia, arvioimaan omien hankkeiden teknisiä toteutusmahdollisuuksia ja taloudellista kannattavuutta. Teos on tarkoitettu myös viranomaisille, poliittisille päättäjille ja muille tahoille, jotka ovat tekemisissä pienvesivoiman kanssa esimerkiksi lupa- ja tukiasioissa.

Pienvesivoimaa on hyödynnetty Suomessa jo pitkään. Noin puolet laitoksista on yli 50 vuotta vanhoja, mikä asettaa omat haasteensa laitosten käytölle ja huollolle. Tämä on samalla myös mahdollisuus, koska vanhojen laitosten tehonnostolla ja parannuksilla voidaan lisätä kotimaista sähköntuotantoa. EU:n käyttämän määrittelyn mukaan kaikki laitokset joiden nimellisteho on pienempi kuin 10 MW kuuluvat pienvesivoimaan. Suomessa on pienvesivoimalaitoksia noin 150, joiden yhteenlaskettu keskimääräinen sähköntuotanto on noin 1100 gigawattituntia vuodessa. Pienvesivoimasektorilla on vielä olemassa vapaata (ei suojeltua) vuosittaista energiapotentiaalia yli 1400 gigawattituntia.

Eurooppalainen pienvesivoimasektori sisältää hyvin erilaisia laitoksia. Vuoristossa, kuten Alpeilla, putoamiskorkeudet ovat suuret ja vettä on usein mahdollista varastoida altaisiin. Tällöin voidaan päästä erittäin hyvin sähkön tuotantomääriin ja kannattavuuteen jo suhteellisen pienilläkin virtausmäärillä. Tyypillinen suomalainen pienvesivoimalaitos on rakennettu jokien koskipaikkoihin, joissa on jo pitkään hyödynnetty virtaavan veden energiaa. Suomessa putoamiskorkeudet ovat alhaisempia ja vesimassoja ei voi varastoida samassa mittakaavassa kuin joissakin muissa maissa. Nämä reunaehdot ovat aikanaan vaikuttaneet laitosten suunnitteluun ja mitoittamiseen. Nykytekniikalla ja järkevällä suunnittelulla voidaan kuitenkin saada enemmän irti myös tyypillisistä suomalaisista jokivoimalaitoksista.

Vesivoimatekniikka on kehittynyt edelleen, vaikka ulkoisesti pienvesivoimalaitokset näyttävät hyvin samalta kuin puoli vuosisataa sitten. Uudella tekniikalla voidaan parantaa laitoksen hyötysuhdetta monella eri tavalla. Pienilläkin muutoksilla voidaan nostaa sähkön kokonaistuotantoa. Laajemmilla investoinneilla, kuten uusien turbiinien asennuksella, voidaan parantaa sähköntuotantoa merkittävästi. Tämä on luonnollisesti myös kalliimpaa. Sektorin isompien laitosten osalta potentiaalia on tarjolla tehonnostojen ja kunnostusten kautta. Pienempien laitosten osalta huomattava osa potentiaalista on käyttämättömien laitosten palauttamisessa tuotantoon, patojen ohivirtausenergian hyödyntämisessä ja uusissa hankkeissa. Laitosta tulee tarkastella laajempina kokonaisuutena. Eri osien yhteenliittäminen tai joidenkin osien poisjättäminen tarjoaa monia mahdollisuuksia kehittää laitoksen toimintaa. Veden virtaamasta voi olla iso osa vielä hyödyntämättä etenkin vanhoissa laitoksissa.

Pienvesivoimalan rakentamisen tai kehittämisen investointikustannuksia vertailtaessa on huomioitava pienvesivoimasektorin sisäiset erot. Suurimmat lähes kymmenen megawatin ja pienimmät muutaman sadan kilowatin laitok-

set poikkeavat paljon toisistaan. Investointikustannukset ja investoinnista saatavat hyödyt ovat hyvin tapauskohtaisia. Suomen pienvesivoimayhdistyksen selvitykseen on kerätty investointitietoja eri hankkeista. Nämä luvut antavat suuntaa euromääräisistä kustannuksista tehoyksikköä kohden. Esimerkeistä voi myös arvioida laitokseen ja putoamiskorkeuden vaikutusta investointikustannuksiin. Laitosesimerkkien lisäksi voi arvioinnin tehdä myös Euroopan pienvesivoimayhdistyksen (ESHA) kustannuskäyristä.

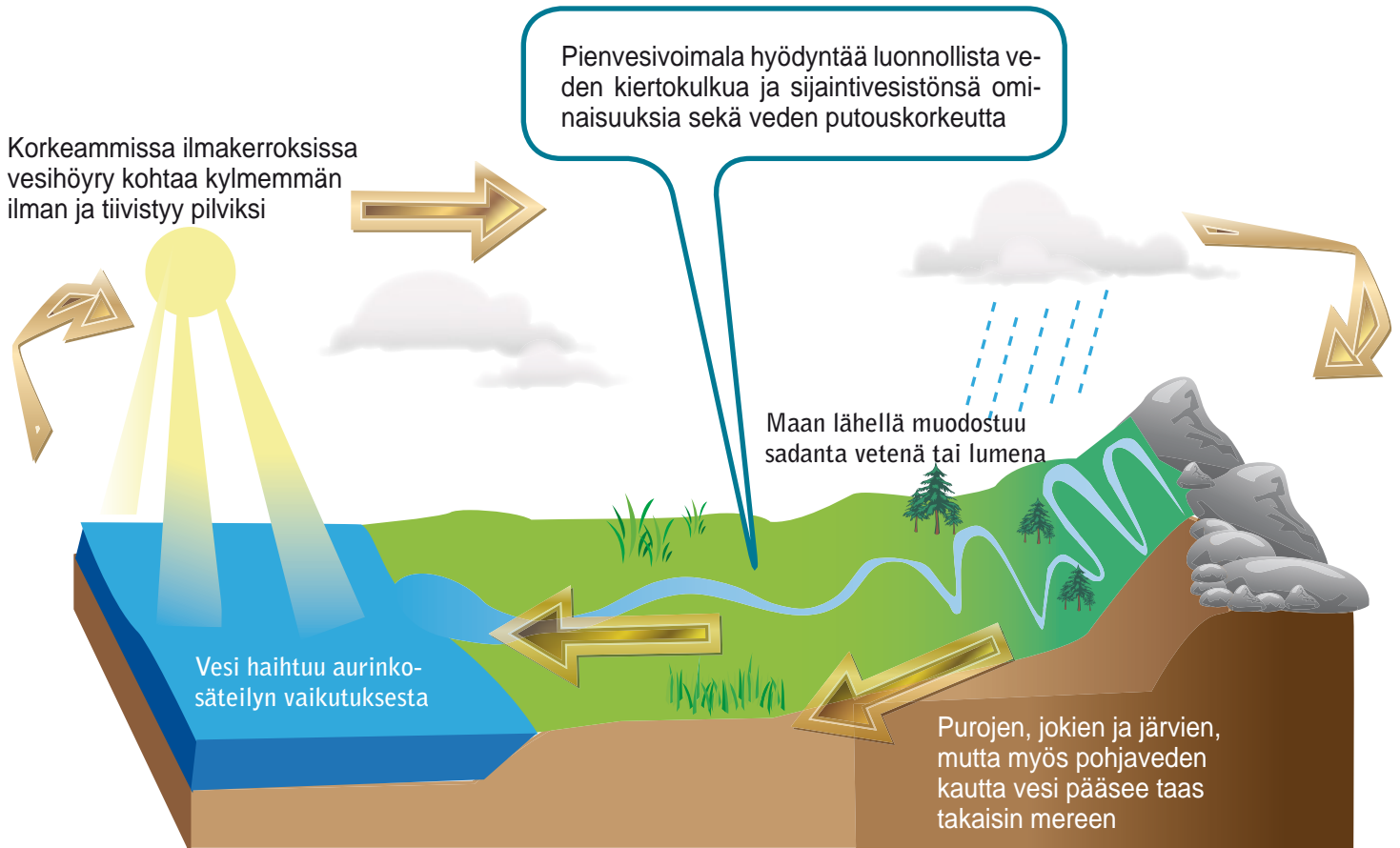
Oppaassa on myös esitetty pienvesivoimalan kustannusrakenne, mikä helpottaa ymmärtämään laitoksen eri osien osuutta laitoksen kokonaiskustannuksista. Lopulliset kustannukset ovat kuitenkin tapauskohtaisia, joten varsinaisen investointipäätöksen tukena tulisi myös käyttää ammattilaisen tekemää investointilaskelmaa.

Sähkön tuotanto vesivoimalla, kuten energiantuotanto yleensä, edellyttää viranomaisten myöntämiä lupia. Pienvesivoimalan toiminta edellyttää vesilain mukaista lupaa, jonka myöntää alueen ympäristölupavirasto (huomioon: muuttuu vuodesta 2010 alkaen valtion hallintouudistuksen yhteydessä). Vanhemmilla laitoksilla on usein voimassa lupa, jossa sovelletaan vesilakia ilman sen viimeisimpiä lisäyksiä. Tästä johtuen vanhojen laitosten kehittäminen edellyttää usein vesiluvan uusimista ja toimimista vesilain nykyisten säädösten mukaisesti. Oppaassa on esitetty vesiluvan hankintaprosessi kaaviomuodossa. Kaavio helpottaa toimijoita hahmottamaan lupaprosessin kulku heidän omista lähtökohdistaan.

Pienvesivoiman lisäämisessä on myös monia haasteita. Koskiensuojelulaisissa on tarkkaan määritelty ne vesistöt tai jokijaksot, joihin ei saa rakentaa lisää vesivoimaa. Uusien laitosten rakentaminen on muutenkin erittäin haastavaa nykypäivänä. Muutokset vanhoissa laitoksissa edellyttää useimmiten vesiluvan uusimista, mikä voi tuoda laitokselle uusia velvoitteita, kuten kalatien rakentamisen. Investoinnit edellyttävät usein pitkää sitoutumista, koska takaisinmaksuaika voi olla hyvinkin pitkä. Nykyiset valtiovoimien tuet eivät välttämättä aina riitä kannustamaan laitosten omistajia tekemään pitkän aikavälin investointeja laitoksiinsa.

Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään ja lisäämään uusiutuvan energian osuutta yhdessä muiden EU-maiden kanssa. Suomen tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian osuus 38 prosenttiin energian loppukäytöstä vuoteen 2020 mennessä. Pienvesivoiman lisääminen auttaisi ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Sillä tuotetun sähkön määrä olisi mahdollista lähes kaksinkertaistaa vuoteen 2020 mennessä. Lisäys vastaisi yli 300 000 suomalaisen pientalon vuotuista sähkötarvetta. Samalla Suomen hiilidioksidipäästöjä vähennettäisiin noin miljoonalla tonnilla ja rikkidioksidipäästöjä viidellä tuhannella tonnilla. Pienvesivoiman pitkäikäisyys takaa myös päästövähennykset useiden vuosikymmenten ajalle. Vanhat voimalaitokset ovat usein myös osa kulttuurimaisemaa ja monella paikkakunnalla ne ovat olleet keskeisessä asemassa paikallisen teollisuuden kehityksessä. Tämän kulttuuriperinnön säilyttäminen tulisi myös pitää mielessä päätettäessä laitosten jatkosta.

PIENVESIVOIMA ON UUSIUTUVAA ENERGIAA



Veden ikuinen kiertokulku on vesivoiman taie

Tämän lisäksi pienvesivoiman tärkeitä ympäristönsuojelua tukevia ominaisuuksia ovat:

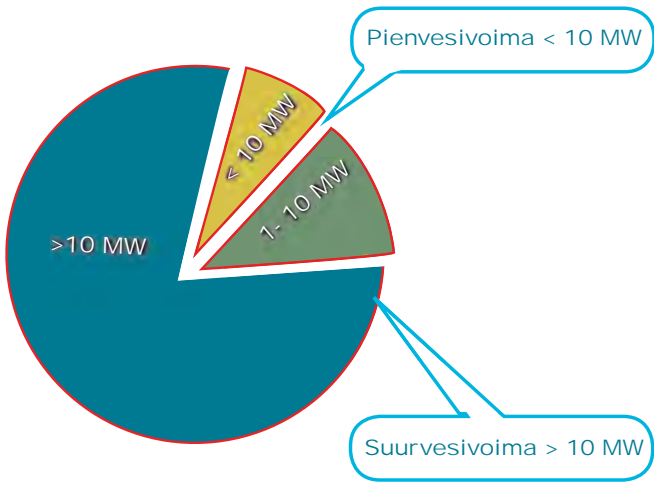
- kulumaton luonnonvara, joka uusiutuu veden kiertokulun mukana eikä tuota ilmastolle haitallisia kaasuja
- sillä on erittäin korkea energian takaisinmaksusuhde, mikä tarkoittaa pienempää rasitetta ilmastolle suhteessa muihin energiantuotantomuotoihin
- on vesistön moninaishyötyjen kehittämistavoitteiden täyttämisen kannalta keskeisessä asemassa
- vesivoimalaitosten väläpuhdistuslaitteet vähentävät vesistöjen roskaantumista
- tarvittaessa voidaan turbiineja käyttää jokiveden ilmastuksessa ja näin parantaa veden happipitoisuutta

Vesivoiman mittayksiköt ovat:

Teho	W	1000W=1 kW	1000 kW=1 MW	1000 MW = 1 GW	
Energia	kWh		1000kW=1MWh	1000 MWh=1GWh	1000 GWh=1 TWh

Tapana on ilmoittaa vesivoiman energia vuodessa tuotettuna määränä esim. GWh/a

VESIVOIMA JAETAAN LAITOSKOON MUKAAN ERI SEKTOREIHIN (EU:N KÄYTTÄMÄ MÄÄRITTELY):



Suomen vesivoiman eri sektorien teoreettiset potentiaalit

VESIVOIMASEKTORI	TEHO(MW)	ENERGIA (TWh/a)
SUURVESIVOIMA	2 489	21,205
PIENVESIVOIMA 1-10MW	600	5,860
PIENVESIVOIMA <1MW	443	3,800
PIENVESIVOIMA YHT.	1 043	9,660
VESIVOIMA YHTEENSÄ	3 532	30,865

Teoreettinen potentiaali on määritelty virtaamien pitkäaikaisen keskiarvojen, keskimääräisen putouskorkeuden, häviöttömien tuotantoehtojen ja vuoden täysimääräisten käyttötuntien mukaan. Se on luonnon tarjoamaa vesivoimaa, katsomatta rajoittavia tekijöitä. Myös teoreettinen potentiaali, niinkuin todellinen tuotanto vaihtelevat kuivien vuosien (-25%) ja märkien vuosien (+18%) välillä.

Teoreettista potentiaalia ei voida saavuttaa, koska vesivoimalaitteistojen hyötysuhteet ja ohjuokset aiheuttavat hävikkejä ja taloudelliset valinnat jättävät osan potentiaalisia kohteita kannattamattomina pois kehityskelpoisesta potentiaalista. Tämän takia teknillistaloudellinen potentiaali on aina selvästi pienempi kuin teoreettinen potentiaali.

SUURVESIVOIMAAN kuuluu kaikki vesivoimalaitokset, joiden nimellisteho on isompi kuin 10 MW

Luokka	Ea(GWh/a)	%
nykytuotanto*) 57 voimalaitosta	11 626	55
suojeltu	4 387	21
vapaa potentiaali ja tehonnostoja	939	4
ero teoreett.- teknistaloudell.pot.	4 253	20
teoreettinen potentiaali	21 205	100

Suurvesivoimalaitosesimerkki:



Pohjois-Karjalan Sähkö Oy (PKS) Kuurnan voimalaitos
P= 18 MW,
E= 115 GWh/a

PIENVESIVOIMAAN kuuluu kaikki vesivoimalaitokset, joiden nimellisteho on pienempi kuin 10 MW

Luokka	Ea(GWh/a)	%
nykytuotanto*) 152 voimalaitosta	1089	11
suojeltu	2890	30
vapaa potentiaali ja tehonnostoja	1413	15
ero teoreett.- teknistaloudell.pot.	4 268	44
teoreettinen potentiaali	9660	100

Pienvesivoimalaitosesimerkki:



Pohjois-Karjalan Sähkö Oy (PKS) Ruskeakosken voimalaitos
P= 3,2 MW,
E= 15 GWh/a

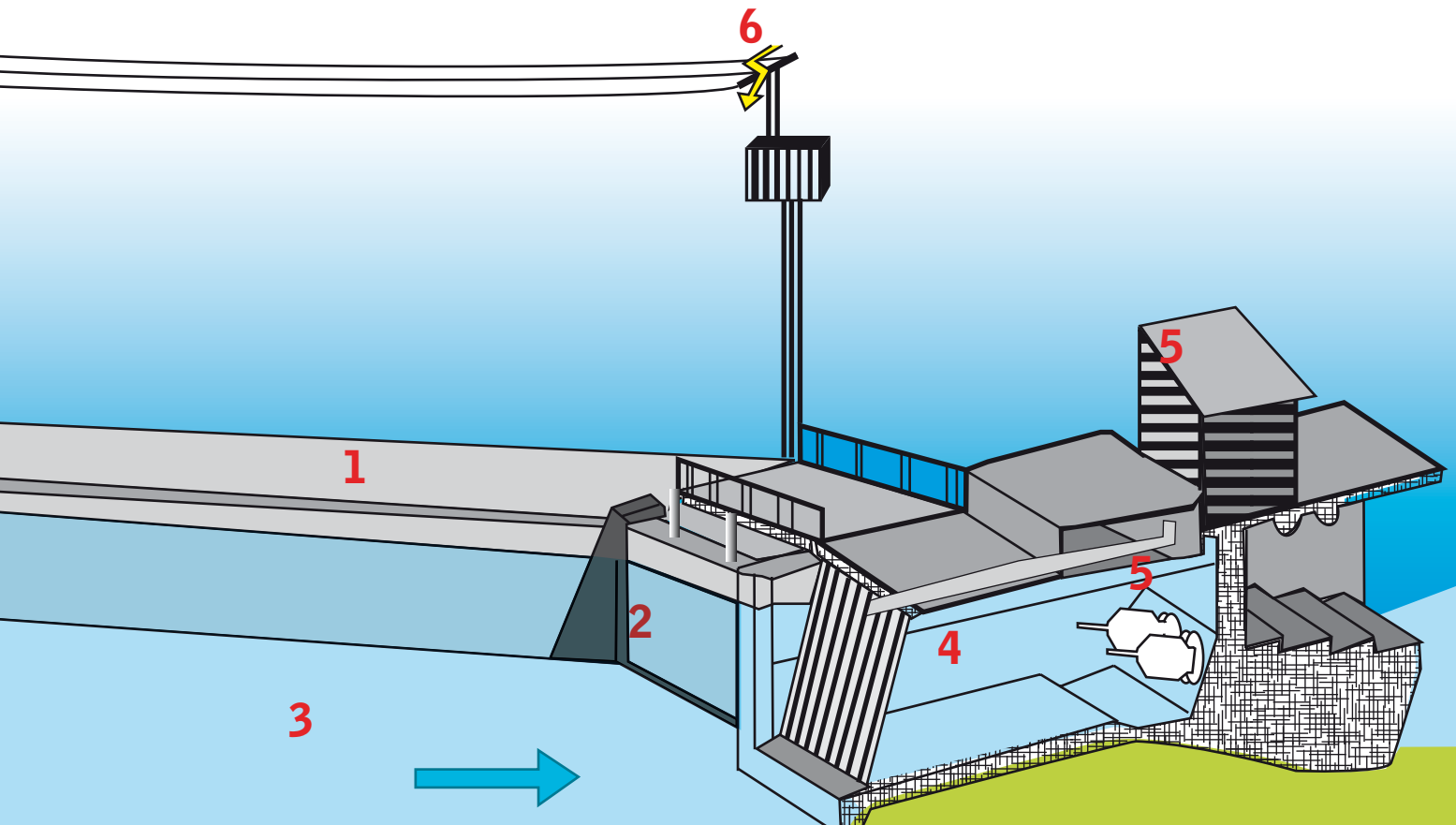
Taulukoista voidaan nähdä, että suurvesivoima hyödyntää nykyään jo oman sektorin teoreettisesta potentiaalistaan 55% ja vapaata potentiaalia on enää 4% käytettävissä. Pienvesivoimalla on taas nykyinen käyttöaste heikompi, mutta vapaata potentiaalia on taas enemmän kuin suurvesivoimalla!

Nykyinen vesivoimatuotannon osuus sähköntuotannosta vaihtelee Suomessa 10-20% välillä riippuen vesitilanteesta. Sähkön kokonaistuotanto, nettotuonti mukaanlukien oli esimerkiksi vuonna 2007 90,4 TWh/a, josta vesivoiman osuus oli 15,5%.

PIENVESIVOIMALAITOS JA SEN LIITÄNNÄISOSAT

Pienvoimalalla ei tarkoiteta ainoastaan voimalarakennusta koneistoinen, vaan myös kaikkea toimintaa mahdollistavia muita osioita.

1. Padot, jotka voivat olla:
 - maapatoja
 - betonipatoja
 - muurattuja patoja
 - muista rakennusaineista tehtyjä patoja
2. Patoihin liittyvät muut rakenneosat
 - tulva-aukot
 - ohjuoksutus-, jää- ja pohja-aukot
 - erikoiset tulvajuoksutusjärjestelmät
 - laitteiden huoltosillat ja tiesillat
 - kalatiet
3. Padotusallas
 - säännötelyyn rajoitukset
 - vedenpinnan automaattiset tarkkailujärjestelmät
4. Vesitiet (koneasemalle ja sieltä pois johtavat vesitiet)
 - sisääntulorakenteet sulkuineen ja välppäämö
 - yläpuoliset vesitiet (paineputki, tunneli, kanava, ruuhi)
 - alapuoliset vesitiet
5. Koneasema
 - koneaseman vesitiet
 - vesiteiden päällä olevat rakenteet
 - koneistot ja laitteet
 - sähkökeskukset ja tuotannon ohjauslaitteet, automatiota ja kaukokäyttöä palvelevat järjestelmät ja sähkön tuotanto- ja kulutusmittausjärjestelmät
6. Muuntamo ja verkko
 - kytkinkenttä
 - muuntaja ja kytkinlaitteet
 - voimalan vastuussa olevat verkko-osuudet
7. Asuinalue ja muut kiinteistöt
8. Työnaikaiset rakenteet
9. Tiet
 - työnaikaiset tiet
 - pysyvät tiet



PIENVESIVOIMALATYYPIT

Pienvesivoimalaitosten eri osien yhteenliittyminen tai joidenkin osien poisjättäminen tarjoaa lukuisia mahdollisuuksia. Suurimmat vaikuttajat tähän ovat rakennuspaikan geologia, jokiuoman ja sen lähimaaston muoto, patotyyppi, säännöstelypadon tulvaluukkujen sijainti, voimalan käyttötarkoitus ja putouskorkeus. Laitostyyppit ovat:

LAITOSTYYPIT OVAT:

I Säännöstely- ja käyttötavan mukaan jaoteltuna:
- **Jokilaitos** (yleisin suomalainen pienvesivoimalatyyppi)

- **Säännöstelyvoimalaitos** on rakennettu suuren tekojärven tai järven luusuaan
- **Pumppuvoimalaitos** tarvitsee molemmille puolille altaan. Toiminta perustuu energian eriaikaisiin arvoihin ja säätövoiman tarpeisiin
- **Vuorovesivoimala**

II Rakennetyypin mukaan jaoteltuna:

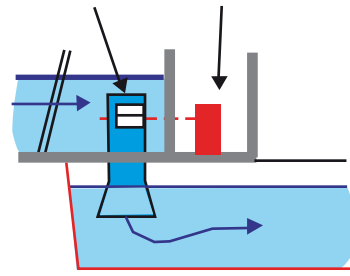
- **Patolaitos tai keskitetty rakenne** (yleisin suomalainen pienvesivoimalatyyppi), ks esimerkki Tjusterby tai Virtaankoski
- **Kanavavoimalaitos**, ks esimerkki Tirva tai Tammerkoski
- **Paineputkilaitos** sopii korkeisiin putousporkeuksiin (harvinainen suomalainen pienvesivoimalatyyppi), ks esimerkki Vakkola
- **Tunnelilaitos** on sijoitettu kallioluolaan ja sen vesitiet ovat kalliotunneleita

III Putouskorkeuden H:n mukaan jaoteltuna:

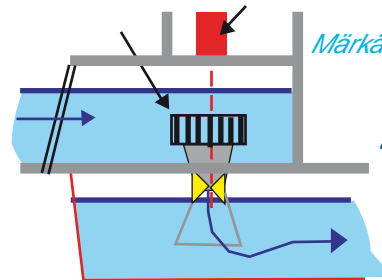
- **Pienpainevoimalaitokset** $H < 10\text{m}$ (suurin osa Suomen pienvesivoimaloista kuuluu tähän)
- **Keskipainevoimalat** $H = 10 - 35\text{m}$ (65m) (Osa Suomen isoimmista pienvesivoimaloista ja vain pieni osa minivesivoimalaitoksista kuuluu tähän, mutta suurin osa suurvoimaloista)
- **Keskikorkeapainevoimalat** $H = 35 - 250\text{m}$ (vain harvat Suomen vesivoimaloista kuuluvat tähän)
- **Korkeapainevoimalat** $H = 250 - 1800\text{m}$ (ei Suomessa)

IV Voimalaitoskoneiston asennuksen mukainen luokitus koneiston sijaintiin nähden:

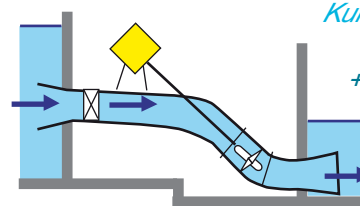
- **Märkäasennus** (turbiinin asennus veden alle, generaattori kuivassa tilassa tai suoraan kytkettynä turbiiniin veden alle uppogeneraattorina)
- **Kuiva-asennus** (sopii kaikille turbiinityypeille. Turbiinit, vaihteistot ja generaattorit asennetaan konesaliin)
- **Vaaka-akselityyppisten** turbiinien asennus
- **Vinoakselityyppisten** turbiinien asennus
- **Pystyakselityyppisten** turbiinien asennus



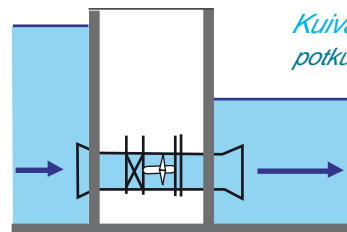
Märkäasennus, vaaka-akseli Francis- Generaattori turbiini kuivassa tilassa.



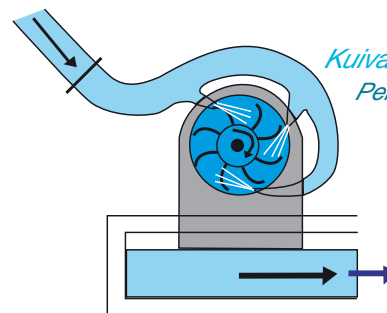
Märkäasennus, pystyakseli Kaplan- tai Francis Generaattori turbiini kuivassa tilassa.



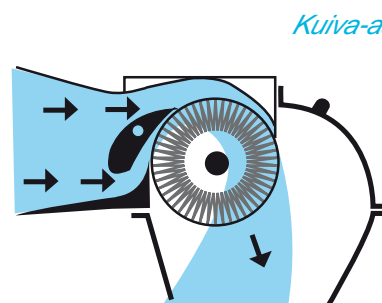
Kuiva-asennus, vinoakseli Kaplan- tai potkuriturbiini + vaihteisto ja generaattori kuivassa tilassa.



Kuiva-asennus, vaaka-akseli potkuriturbiini+uppogeneraattori kuivassa tilassa, ratkaisu sopii pienille putouskorkeuksille.



Kuiva-asennus, vaaka-akseli Peltonturbiini tai Turgoturbiini ja Generaattori kuivassa tilassa.



Kuiva-asennus, vaaka-akseli Lävivirtausturbiini tai Ossbergerturbiini ja Generaattori kuivassa tilassa.

KATSAUS PIENVESIVOIMATEKNIikkaan

Mitä on potentiaali?

Vesivoimalle sovitettuna tehopotentiaali on toistaiseksi käyttämättömänä olevan vesivaraston ja käytävissä olevan putouskorkeuden sisältämä kyky tehdä työtä. Potentiaalin käyttöönotto vaatii turbiinin läpi kulkevan virtaaman aikaansaamista ja tällöin syntyy tehopotentiaali. Kun vesi virtaa pois vesivarastosta tämä tyhjenee. Varastoa ei kannata tyhjentää hetkessä vaan tyhjennykselle asetetaan määräaika. Vesivarasto jaettuna määräajalla antaa teknillistaloudellisen virtaamapotentiaalin ja tätä käyttäen putouskorkeuden kanssa syntyy TEHO, jota voidaan ylläpitää tietyn määräajan. ENERGIA on taas TEHOLLA määräaikana tehty TYÖ.

Pienvesivoiman teho määritellään yksinkertaisella kaavalla::

$$\text{TEHO (kW)} = \text{TEHOKERROIN} \times \text{VIRTAAMA (m}^3/\text{s)} \times \text{PUTOUSKORKEUS (m)}$$

Tehokerroin sisältää painovoimakentän parametrit, veden tilavuuspainon ja voimalaitoksen kokonaishyötysuhteen.

Tehokerroin voi olla:

- heikkokuntoisella vanhalla turbiinilla- ja generaattorilaitteistolla 5
- vanhantyyppisillä, mutta hyväkuntoisilla laitteilla 6
- nykyaikaisilla, mutta teknologiatasoltaan yksinkertaisilla laitteilla 6,5 – 7
- nykyaikaisilla ja korkeateknologisilla laitteilla 7,5 – 8

Edellisestä tehokaavasta nähdään, että virtaama ja putouskorkeus ovat samanarvoisia! Toisin sanoen, putouskorkeuden kasvaessa kymmenkertaiseksi tarvitaan vain kymmenesosa virtaamasta saman tehon tuottamiseen!

Suomen pienvesivoimasektorin putouskorkeudet ovat pieniä kansainvälisen mittapuun mukaan tarkistettuna. Tämä asettaa käytetylle teknologialle ja taloudellisuudelle omia reunaehtoja. Matalia, putouskorkeuksiltaan vain 2-3 m:n kohteita, on aloitettu kehittää vesivoimataloudellisesti heikosta kannattavuudesta huolimatta, koska uusiutuvaa energiaa tuottavina on niidenkin arvostus noussut.

Energian tuotannon taustatekijät

Vesivarasto koostuu monista osista ja sen tyhjentämiseen vaikuttaa virtaaman lisäksi haihdunta. Sadannalla ja sen jakautumisella on myös merkittävä vaikutus alueelta lähtevälle virtaamalle. Vaihteluille on ominaista vuosisykli. On kuivia jaksoja, tulvia ja kaikkea siltä väliltä. Virtaamat vaihtelevat myös vuodesta toiseen.

Sopivaksi katsotun ajanjakson (esimerkiksi valitun vuoden) kaikkien virtaamien keskiarvo on valitun vuoden KESKIVIRTAAMA (MQ). Ajanjakson virtaamien vaihtelu voidaan kuvata pysyvyyssäyrällä. Virtaaman pysyvyydellä tarkoitetaan, missä valitussa ajanjaksossa virtaama on sama tai suurempi. Vesistön ALIVIRTAAMAT (NQ) ja YLIVIRTAAMAT (HQ) eli tulvat ovat keskivirtaamaa pienempiä tai suurempia. Vesistön luonne vaikuttaa suuresti virtaamien pysyvyyssäyrän muotoon ja virtaamien energiataloudellisen hyötykäytön mahdollisuuksiin.

Pääsääntöisesti voidaan todeta, että runsasjärvisillä vesistöillä on suhteellisen pienet virtaamavaihtelut ja vähäjärvillä suuret. Energiataloudellisesti voidaan siis hyödyntää runsasjärviset vesistöt paremmin. Turbiinien kyky mukautua virtaamavaihteluihin on ratkaisevan tärkeää, koska vain hyvillä säädöillä voidaan hyödyntää mahdollisimman suuri osa tarjolla olevasta potentiaalista. Tämän takia pienvesivoimalaitoksessa käytetään monesti useita turbiineja tai säädettäviä turbiineja.

Laitoksen kaikkien turbiinien käyttämää yhteenlaskettua virtaamaa nimitetään RAKENNUSVIRTAAMAKSI (QR) ja niiden yhteenlaskettua tehoa RAKENNUSTEHOKSI (PR). Valitun rakennusvirtaaman suhdetta keskivirtaamaan nimitetään RAKENNUSASTEESI (R). Suurimmalla osalla vanhoista pienvesivoimalaitoksista on rakennusaste R= 1 – 1,5, mutta nykytrendinä on käyttää myös pienvesivoimalaitoksissa näitä suurempia rakennusasteita!

ENERGIA ON LAITOKSEN TEHO KERTAA KÄYTTÖTUNTIMÄÄRÄ

$$\text{VUOSIENERGIATUOTANTO (Ea, kWh/a)} = \text{RAKENNUSTEHO(kW)} \times \text{TEHOLLISET VUOSIKÄYTTÖTUNNIT(h)}$$

Vuosienenergiatuotannon esityksessä käytetään tuotannon koosta riippuen seuraavia suureita:

$$\text{MWh/a} = 1000 \times \text{kWh/a}, \text{ GWh} = 1000 \times \text{MWh/a} \text{ ja } \text{TWh/a} = 1000 \text{ GWh/a}$$

Teholliset käyttötunnit ottavat turbiinien osittaisen käytön huomioon ja niiden keskiarvo on noin 4000 - 5000 h/a

PIENVESIVOIMAN LISÄPOTENTIALEISTA

Pienvesivoiman isompi sektori 1-10 WM

Tähän sektoriin kuuluu 73 laitosta, joista 40-60 vuoden ikäisiä on 50 % ja vanhempia kuin 60 vuotta 30 %. Eri-tyisesti vanhempien laitosten uusiminen tulee varmasti ajankohtaiseksi lähitulevaisuudessa. Joitakin uusia rakentamiskohteita saattaa syntyä tulvasuojeluhankkeiden vaatimien tekojärvien yhteydessä.

Pienvesivoiman pienempi sektori <1 MW (Minivesivoimasektori)

Minivesivoimasektorilla toimii tilaston mukaan 79 laitosta. Tilasto ei sisällä montakaan alle 100 kW kokoista laitosta. Tilastoitujen ja valtakunnalliseen verkkoon kytkettyjen laitosten lisäksi, noin 40-50 laitosta toimii tuottamalla omistajiensa kotitaloussähköä. On selvää, että käytössä olevat voimalaitokset tarvitsevat kunnostustöitä ja uusimista. Monessa kohteessa voitaisiin nostaa kannattavuutta lisäämällä turbiinien lukumääriä tai nostamalla rakennevirtaamaa. Automatisoinnin ja peruskunnostustöiden potentiaalia on laajasti olemassa.

Alla oleva kuva esittää Suomen minivesivoimasektorin kohteita jaettuna 7 eritasoiseen alasektoriin. Alasektorei-

den potentiaalisten kohteiden kehityksen kannattavuus voidaan arvioida kohteiden putouskorkeuden H (m) ja vesistön järvisyyden L (%) pohjalta.

Perussääntönä on, että laitoksen tehon lisäksi vaikuttavat putouskorkeus H (Suomessa $H_{max} = n \cdot 20$ m) ja sijaintivesistön järvisyysprosentti L (Suomessa $L_{max} = 30\%$) laitoksen kannattavuuteen siten, että mitä isommat ovat parametrit, sitä kannattavampi on kohteen energiantuotanto. Noin 50 % käytössä olevista laitoksista (sektori 1) ja rakentamaton potentiaali (sektorit 2 ja 3) sijaitsevat edullisella putouskorkeusalueella ($H \geq 7$ m) ja edullisella runsasjärvisellä alueella ($L \geq 10\%$). Muiden kohteiden kannattavuus on em. heikompi.

Näiden sektorien suurilukuisten kohteiden takia edullisia-kin kohteita on riittävästi. Kannattavuuden lisäksi on kuitenkin otettava huomioon perinne- ja kulttuuriarvojen säilyttämisen tärkeys.

Jäljempänä esitetään minivesivoimasektorin lisäpotentiaali sektorittain ja voimalaitosten lukumäärät. Taulukosta voidaan nähdä, että mitä pienempi on sektorin keskimääräinen laitospotentiali, sitä suurempi on sektorin laitosten lukumäärä.

SEKTORIT ovat:

1. Käytössä olevien laitosten kunnostusten lisäpotentiaali
2. Käyttämättömät laitokset
3. Rakentamaton potentiaali erittäin kannattavissa laitoksissa
4. Muu rakentamaton potentiaali
5. Isot myllyt ja patojen ohjuuksutuspotentiaali
6. Pienet myllyt ja padot
7. Suojeltuja kohteita (koskensuojelulaki ym. suojelulait).

Minivesivoimasektori		Laitosten määrä (lkm)	Sektorin yht. teho (MW)	Sektorin energia (GWh/a)	Rakennusaste (Q_{laitos}/MQ)	Keskimäär. lisäteho (kW)	Keskimäär. energia (GWh/a)
No.	Nimi						
1.	Käytössä, nykyteho 54 MW	133	7	30	1.5	50	0.23
2.	Käyttämättömät	77	40	250	0.5-1.5	165	1.00
3.	Rakentamaton 1	29	38	167	1.5-2.0	1300	5.75
4.	Rakentamaton 2	227	70	250	1.3	308	1.10
5.	Isot myllyt & padot	243	40	250	0.5-1.0	165	1.00
6.	Pienet myllyt & padot	786	32	130	0.5-1.0	40	0.20
	Yht. Sektorit 1-6	1545	227	1077			
(7.)	Suojeltuja kohteita	(586)	(177)	(830)	(1,0)	(300)	(1.42)

* luku sisältää myös kotitaloussähköä tuottavat laitokset

SUOMEN PIENVESIVOIMAN KUSTANNUKSET JA KUSTANNUSTEKIJÄT

Taustatiedot

Pienvesivoimasektori kattaa laajan tehoskaalan pienistä muutaman kymmenen kilowatin kokoisista sähköistetyistä myllyistä aina kymmenen megawatin vesivoimalaituksiin. Laitoksen investoinnin kattavat kokonaiskustannukset voidaan jakaa laitoksen nimellisteholle tai vuotuiselle energiantuotannolle ja näin saadaan tehoon tai energiaan sidotut yksikköhinnat. Pienvesivoiman koon takia käytetään (mm. EU:n käytäntö) euroa/kW ja eurosenttiä/kWh tai euroa/MWh.

Pienvesivoimalan investointikustannuksiin vaikuttaa hyvin monta tekijää ja yksikertaistettuja kustannustaulukoita luettaessa on muistettava, että niissä on huomioitu vain päätekijät.

Suomessa on ollut jo viime vuosikymmenien aikana uusien pienvesivoimaloiden rakentaminen tai mittavien uusimishankkeiden toteuttaminen hyvin vähäistä. Toteutettuihin hankkeisiin pohjustuva kustannuseuranta voi tuottaa tuloksia ainoastaan käytössä olevien laitosten kunnostus- ja automatisointitöiden osalta. Kattavampi kustannusrakenne on siis haettava muualta maista, jossa kustannustaso on samaa luokkaa kuin Suomessa ja käytössä olevien voimalaitosten lukumäärät ovat eri suuruusluokkaa kuin Suomessa. Jäljempänä olevien taulukoiden ja käyrien perustiedot on haettu Euroopan pienvesivoimayhdistyksen, ESHA:n julkaisuista ja suorien kontaktien kautta EU-maiden asiantuntijoihin.

Nomogrammeissa esitetyt investointikustannusten sisältämät yleiset kustannustekijät saattavat poiketa huomattavasti todellisista kustannustekijöistä. Ennen kustannusarvion laatimista on selvitettävä kohteen lähtötiedot ja kustannustekijät. Parhaatkaan sen tasoiset selvitykset eivät voi kuitenkaan korvata suunnitteluun pohjautuvia kustannusarvioita. Kustannusarviointia sisältävien kannattavuus selvitysten tekoon on tarjolla tietokoneavusteisia työkaluja, joiden käyttö on suositeltavaa.

Pienvesivoimainvestointien kustannustekijät

Laitoskoko P: Mittana käytetään laitoksen nimellistehoa (kW tai MW) katsomatta laitoksen rakennusasteen valintakriteerejä. On selvää, että monet kokoon liittyvät tekijät kumuloituvat siihen. Pääsääntö on, että yksikkökustannukset nousevat laitostehon pienentyessä. Kustannusten nousu voimistuu teholtaan 300 kW:ia pienemmillä laitoksilla. Laitoskoko on yleisin käytetty esittelytapa.

Putouskorkeus H: Putouskorkeudella on suuri vaikutus kustannuksiin. Vesivoiman tehokaavassa on putouskorkeus ja virtaama samassa asemassa, eli mikäli 2 m putouskorkeuden sijasta on käytettävissä 20 m, teho kasvaa kymmenkertaiseksi tai saman tehon tuottamiseen tarvittaisiin vain kymmenesosa virtaamasta. Voimalaitoksen virtaustiet ja turbiinin koko vaikuttavat hyvin paljon kustannuksiin ja tämän takia onkin kallista valjastaa pienet putouskorkeudet.

Laitoksen sijaintialueen järvisyys L: Runsasjärvisien vesistöjen virtaamavaihtelut ovat vähäisiä ja ”järvettömien” vesistöjen virtaamavaihtelut ovat suuria. Tämä ilmenee myös virtaamien pysyvyyssäyrällä, joka on vesivoimalaitoksen tärkeä hydrologinen mitoitustyökalu. Pysyvyyssäyrän muodosta voidaan päätellä rakennusasteen merkitys, turbiinien lukumäärä ja säädettävyyden merkitys, sekä arvioida myös vuotuinen energiantuotanto.

Padon ja tulvaluukkujen kustannusosuus kokonaiskustannuksista: Pato on vesivoiman tuottamisen perusedellytys. Vaikka puhutaan joskus ”voimalaitoksesta ilman patoa” on tällaisellakin voimalaitoksella jokeen rakennettuja ohjauspatoelmia ja myllyruuhien tai kanavien uomanpuolisten seinien ylipurkautumiskynnyksiä, jotka toimivat yksinkertaisina patorakenteina. Varsinaisten patojen ja niiden ohijuokutusluukkujen ja tulvaluukkujen mitoitukseen vaikuttaa eritasoiset ylivirtaamat, toisin sanoen tulvat. Suomessa määrää patoturvallisuuslaki padon tulva-aukkojen purkautumiskyvyn.,

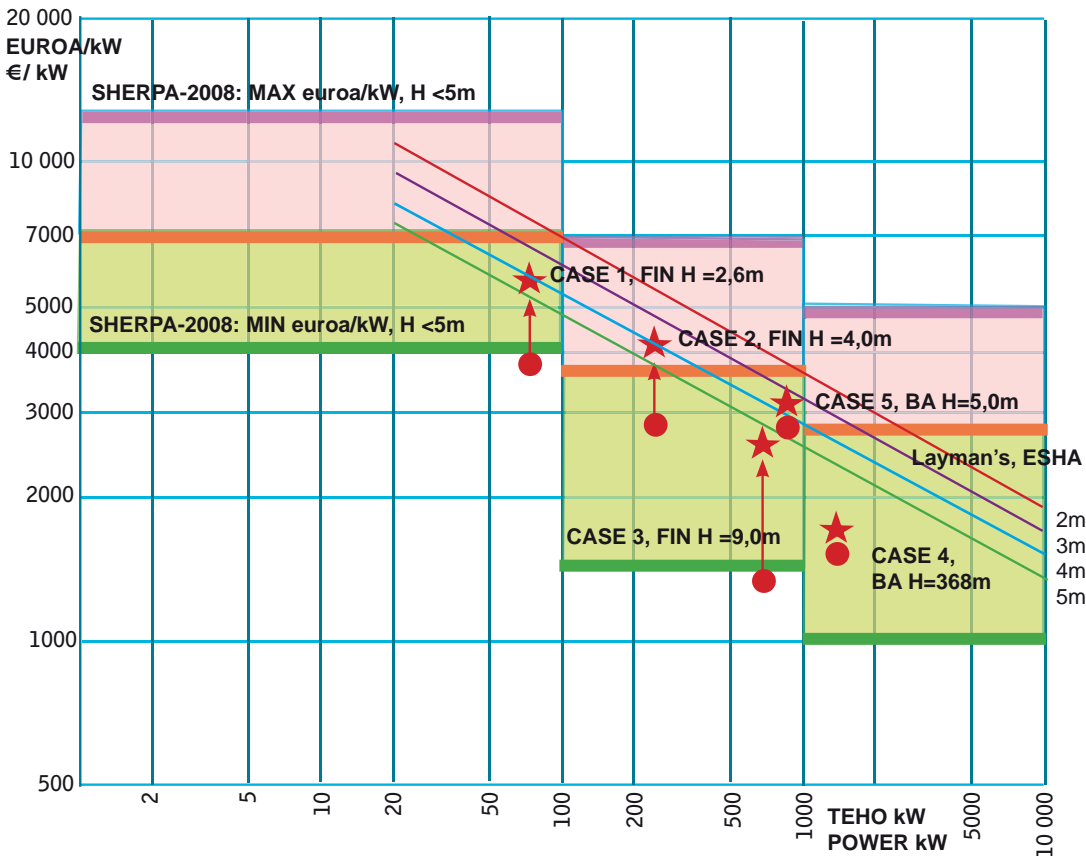
Energia Ea: Myös vuotuista energiantuotantoa voidaan käyttää vertailuna esitettäessä pienvesivoimalaitoksen investointikustannuksia. Tällöin myös käyttötuntimäärät vaikuttavat tehoon muiden vaikuttajien lisäksi.

SUOMEN PIENVESIVOIMAN INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Kustannusten uusimpana lähdeaineistona on EU:n tukema SHERPA-hanke (v.2008). Suomessa kerätyt tiedot on sijoitettu aineistoon, joten aineiston luotettavuus käyttösoveltuvuuteen Suomen kannalta on varmistettu. Laitoskohtaiset kustannukset perustuvat niiden syntymiseen, rakennus- tai kunnostusvuoteen.

Kustannustaso on Joulukuulta 2008. Kaikki kustannukset on muutettu tähän kustannustasoon tilastokeskuksen maarakennusalan kustannusindeksiä käyttäen.

Pienvesivoimaloiden investointikustannukset (€/ kW nimellisteho) Small Hydro Investment costs (cost level December 2008)



Selostus:

- ★ kokonaiskustannukset, pato ja oheiskustannukset huomioituna
- ↑ hankkeen padon ja oheiskustannusten arvio
- toteutetut voimalaitoksen osakustannukset, ilman pato ym. kustann.
- SHERPA-2008: kustannusten maksimi-arvo** EU15 (12 maata+Norja)
kannattavuudelta heikko, kallis alue
- SHERPA-2008: laskennallinen keskiarvo** EU15 (12 maata+Norja)
kannattava, kustannuksiltaan edullinen alue
- SHERPA-2008: kustannusten minimi-arvo** EU15 (12 maata+Norja)
- 2m **ESHA, Layman's** (hydrosoft 1997) pienvesivoimakustannusten
- 3m **käyräparvi**, joka on päivitetty kustannustasoon 12/2008
- 4m
- 5m

Käyrien kustannukset edustavat padon ja tulvaluukkujen kustannusvaikutusten osalta keskiarvoista sijaintipaikkaa.

SHERPA-2008 ja Layman's (hydrosoft 1997) ovat ESHA:n >www.esha.be< (Euroopan pienvesivoimayhdistyksen) julkaisuja

Kaikki kustannukset edustavat kustannustasoa 12/2008

Käyttö- ja kunnossapitokustannukset ilmoitetaan usein kokonaislukuna. Laitokseen lisäksi vaikuttaa automaation taso käyttökustannuksia alentavana, mutta taas kunnossapitokustannuksia kohentavana tekijänä. Myös laitteiston teknillinen taso, vika-alttius, kohteen sijainti ym vaikuttavat käyttö- ja kunnossapitokustannuksiin. Alle 1 MW:n kokoisilla laitoksilla on käyttö ja kunnossapitokustannusten yhteisarvo 8-12 €/ MWh, josta käyttökustannukset ovat 60% ja kunnossapitokustannukset 40%.

Tuotannolliset kokonaiskustannukset esitetään usein muodossa senttiä/kWh. Niihin sisällytetään kaikki tuotannolliset kustannukset, kuten pääomakustannukset, lisenssimaksut (joissakin maissa veden käyttölisenssi), käyttö- ja kunnossapitokustannukset, verkkomaksut, hallintokulut ja veronmaksut. Pääomakustannukset ovat niistä suurimmat. EU:ssa pidetään käyttöikänsä yleensä 10-25 vuotta ja korkotasona 5%.

INVESTOINTIKUSTANNUSTIEDON HYÖDYNTÄMINEN PÄÄTÖKSENTEOSSA JA KANNATTAVUUDEN ARVIOINNISSA

On otettava huomioon, että edellä esitettyjä pienvesivoimalaitosten kustannustietoja pitäisi käyttää vain alustavia investointipäätöksiä tehdessä. Kustannukset ovat kokonaiskustannuksia uusrakennushankkeista. Kun investointi koskee ainoastaan jotakin osiota, kuten esimerkiksi mekaanisia laitteita tai sähköä ja automatiota, voidaan karkeaa tietoa saada alla olevasta taulukosta.

Lopulliset investointipäätökset on aina tehtävä suunnitelmiin perustuviin kustannusarvioihin ja/tai tarjousten pohjalta.

Jäljempänä esitetyt osakustannusprosentit perustuvat kirjallisuustietoihin ja ovat tarkistettu laitospohjaisten kustannustietojen pohjalta. On selvää, että todelliset kustannukset ovat hyvin tapauskohtaisia ja annettuja tietoja voidaan käyttää ainoastaan varsinaisten kannattavuus selvitysten tukena.

Pienvesivoimalaitoksen sisäinen kustannusrakenne prosentteina investoinnin kokonaiskustannuksista

No:	Kustannusosio	Osion kustannusosuus (%) kokonaiskustannuksista
1	Pato ja luukut	13
2	Kanava tai paineputki	10
3	Koneasema (rakennus)	13
4	Mekaaniset laitteet ja generaattori	24
5	Sähkö ja automatio	8
6	Muita investointikustannuksia	3
1-6	Investointikustannusten perusarvo (yhteensä)	70%
7	Yhteiset kustannukset, jotka eivät sisälly investointikustannuksiin (perusarvon lisäys)	10
8	Ympäristösuojelliset kustannukset, mm. kalatie	10
9	Koskivoima, maakiinteistöt ja korvaukset	7
10	Muita lisäkustannuksia	3
7-10	Lisäkustannukset perusarvon lisäyksenä laskettuna (yhteensä)	30
1-10	KOKONAISKUSTANNUKSET	100%

Huomioon: Taulukossa esitettyjen kustannusosioiden prosenttiluvut voivat vaihdella minimi- ja maksimiarvojen välillä $\pm 25\%$. Luotettava kustannusarvio vaatii aina suunnitelman!

Pienvesivoimalaitoksen kehityksen kannattavuus

Kannattavuus selvityksessä punnitaan hankkeen kaikki kustannukset ja vastapainoksi kaikki tulot koko projektin elinkaaren ajalta. Elinkaareksi (taloudellinen käyttöikä) tässä merkityksessä asetetaan yleensä pienvesivoiman pitkä elinikä (yli 50 vuotta) lyhyemmäksi, mutta kuitenkin 25 vuodeksi. (EU-keskiarvo) Kannattavuuteen vaikuttavatkin enintään jäljempänä esitetyt pienvesivoimahankkeen kustannukset ja tuotot. Investoijia ja lainoja myöntäviä pankkeja kiinnostaa myös investointeihin ja tuotantoon liittyvät riskit.

Pienvesivoimahankkeen kehityksen kustannukset ja tuotot

Kustannukset:

- Perusinvestointi (katso ed. esitettyä)
- Lisäkustannukset (katso ed. esitettyä)
- Käyttö ja ylläpitokulut
- Vakuutukset ym. maksut, rahoituskulut
- Velvoite- ja ympäristökulut (kalatalousmaksut)
- Sähkön siirtokustannukset
- Verot (energiaverot ja kiinteistövero)
- Uusintainvestoinnit (määräajan välein)

Tuotot:

- investointituki (voidaan käsitellä myös perusinvestointia pienentävänä tekijänä)
- Valtion takaamat, matalakorkoiset ja pitkäaikaiset lainat pienentävät rahoituskuluja (ei toistaiseksi Suomessa)
- Tuotetun energian arvo: nykytila Suomessa on vaihteleva tariffi = suuri riski, muualla syöttötariffi = pieni riski (ei toistaiseksi Suomessa)
- Laitoksen koosta tai muista tekijöistä riippuvat lisäyötötariffit tai bonustariffit (ei toistaiseksi Suomessa)
- Tuotetun energian määrään sidotut muut tuotot
- Vihreiden sertifikaattien tuotot (ei toistaiseksi Suomessa)

Yksinkertaisin kannattavuuden määrittely on staattisiin menetelmiin kuuluva takaisinmaksuanalyysi. Sillä määritellään ajanjakso milloin toiminnan tulee jatkua, jotta edes investointikustannukset tulevat katetuksi. Koroton takaisinmaksuaika saadaan jakamalla investointikustannukset vuosituotolla.

Takaisinmaksuaika (vuosia) = Investointikustannukset / nettovuosituotto

Tässä karkeassa määrittelyssä ei oteta huomioon rahoituskuluja eikä investoijan tulosodotuksia.

PIENVESIVOIMALAINVESTOINTIEN KANNATTAVUUTTA PARANTAVIA TEKIJÖITÄ

Kustannustekijät:

Hankkeen investointikustannusten kannalta on hyvin oleellista arvioida hankkeen lähtötaso:

- Onko kysymys uusrakentamisesta, sisältäen lupahankinnan, pato- voimala- ja ympäristöinvestoinnit vai
- Onko kysymys käyttämättömänä olevan laitoksen kunnostamisesta, jolloin investointien kokonaiskustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat. Pienvesivoimalaitoksen sisäistä kustannusrakennetta esittävästä taulukosta on nähtävissä, että padon kanavan tai paineputken ja laitoksen rakenteen kustannukset ovat yhteensä noin 1/3 osa investoinnin kokonaiskustannuksista.
- Voiko hanke saada investointiavustusta?

Norjassa harvan pienvesivoimalaitoksen putouskorkeus on pienempi kuin 15 m ja sille on asetettu kannattavuuden kustannuskatoksi 1500 euroa/kW. Suomessa on pienten putouskorkeuksien takia arvioitu, että vastaavanlainen kustannuskatko olisi noin 2500 euroa/kW. Tämä tarkoittaisi, että viisi megawattia isoimpia uusia pienvesivoimaloita olisi kannattavaa kehittää. Kaikkien pienempien osalta tarvittaisiin joitakin tukitoimenpiteitä.

Pienvesivoiman valtionavustukset Suomessa

Suomessa voi työ- ja elinkeinoministeriö hankekohtaisen harkinnan perusteella myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille energiatukea sellaisiin ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka edistävät

- uusiutuvan energian käyttöä,
- energiansäästöä,
- energiantuotannon tai käytön tehostamista
- vähentävät energian tuotannon ja käytön ympäristöhaittoja

Tukea hallinnoi työ- ja elinkeinoministeriö ja hakemukset osoitetaan alueelliselle TE-keskukselle. Lisätietoa TEM:in ja TE-keskusten internet-sivuilla.

Pienvesivoimahankkeiden kohdalla uusiutuvan energian investointituki on oppaan julkaisuhetkenä harkinnanvarainen ja tuen määrä riippuu hankkeen teknologiatasosta ja ympäristöystävällisyydestä. Tuen enimmäismäärä on 40% tuen piiriin hyväksyttävistä kustannuksista. Tavallisesti tuen osuus on 15-25% investointikustannuksista.

Uusiutuvan energiantuotannon kehitystä ja lisäämistä tuetaan EU:n ilmastostrategian puitteissa myös tukemalla energiateknologiatutkimusta. Lisätietoa TEKESin sivuilla.

Uusiutuville, pienimuotoisille energiantuottajille maksetaan verotukea, joka on pienvesivoimalle <1MW 0,042 c/kWh (v.2009). Maksamisesta vastaa tuotantolaitoksen kotipaikkakunnan tullipiiri tuki- ja palautumishakemuksen pohjalta.

Tulokseen vaikuttavat tekijät:

Suurin tekijä on tuotetusta sähköstä maksettu hinta. Pienvesivoimatuottaja ei voi vaikuttaa itsenäisillä sähkömarkkinoilla muodostuvaan sähkön tukkuhintaan. Pienvesivoimainvestointien kalleuteen nähden ovat nämä energiasta maksetut hinnat huomattavasti liian alhaisia ja hintojen vaihtelut aiheuttavat rahoitusriskejä, joilta on vaikea suojautua.

Näistä syistä on useimmissa EU-maissa käytössä energiantuotannon tukitoimenpiteet, kuten yleisin käytössä oleva tukijärjestelmä syöttötariffit, joilla taataan pienvesivoimatuottajalle kiinteä energianhinta sovitulle määräajalle. Tämän järjestelmän käyttöönotosta on käynnissä keskustelu myös Suomessa!

Kustannusten ja tuotannon kesken vaikuttavia tekijöitä

Investointikustannusten teknillinen taso vaikuttaa sekä kustannuksiin, että myös tuotantoon. Kannattavuusselvityksessä on siis punnittava miten paljon enemmän maksaa korkeampi teknologiantaso, nousisiko tällöin investointituki ja miten tämä vaikuttaa vuosittaiseen energiantuotantoon.

Osa voimalan parantamiseen liittyvistä toimenpiteistä vaatisi vesiluvan uusimista. Tällöin aiheutuvia lisäkustannuksia on verrattava syntyviin tuotannollisiin hyötyihin.

PIENVESIVOIMALAN RAKENTAMISEEN JA ENERGIAN TUOTTAMISEEN TARVITTAVAT EDELLYTYKSET JA LUVAT

Vesivoiman hyödyntämiseen liittyvä käytäntö on kehittynyt vuosisatojen aikana. Käytäntö on kehittynyt kaksijakoiseksi:

1. Vesi(koski)voiman omistukseen liittyvää käytäntöä
2. Vesi(koski)voiman käyttöä säätelevää lainsäädäntöä.

Vesivoiman omistus on jo kauan ollut perusedellytys vesioikeudellisen luvan saamiseen. Nykyään on vesilakiin perustuvan ympäristöluvan perusedellytyksenä, että vesivoimasta omistuksessa on vähimmäismäärä 20% ja loppuosasta on vesilain mukainen hankintaprosessi käynnistetty. Tämä ei aina ole ollut näin ja koskivoimaomistuksesta saatetaan kiistellä vaikka vanha voimalaitoslupa on olemassa, lainvoimainen ja ikimuistoinen.

Koskivoiman omistus ei yksin riitä! On oltava myös eri aikojen mukaisen lain ja säädösten mukainen lupa vesivoimalaitoksen rakentamiseen ja käyttämiseen.

Vesivoiman käyttöä säätelevää lainsäädäntöä kehitettiin jatkuvasti 1200-luvun puolivälistä alkaen. Vanhimmat lakiin perustuvat vesiluvat ovat vuosilta 1734-1868 ja voimassa nykyisen lain mukaan. Vesivoiman kannalta mittavimmat muutokset tapahtuivat 1930-luvulla, jolloin säädettiin tiivissä tahdissa vesioikeuslain muutoksia ja tehtiin muita toimenpiteitä vesivoiman käyttöönottamisen nopeuttamiseksi.

Vuoden 1961(1962) vesilain mukaan luvan vesivoimalaitoksen rakentamiseen ratkaisi vesioikeus. Vesioikeuden tilalle tuli 1.3.2000 alkaen ympäristölupavirasto. Nykyään voimassa olevan vesilain mukaisella luvalla ei ole määräaikaisia rajoituksia, eikä lupa raukea. Vesilakiin on tehty sen voimaantulon jälkeen usean kerran muutoksia, joista mitavampia syntyi vuoden 2000 vesi- ja ympäristösuojelulain kokonaisuudistuksen yhteydessä. Parhaillaan käynnissä oleva vesilain kokonaisuudistus tulee sisältämään pienvesivoimaa koskevia muutoksia.

Merkittävä osa pienvesivoimasektorin luvista on huomattavasti vanhempia kuin nykyisen käytännön mukaiset. Niiden voimassaolo on kuitenkin varmistettu nykyllaissa. Ongelmia syntyy vain, mikäli vanhan voimassaolevan luvan sisällön tulkinta ja nykyiset voimalaitoksen ja padon käyttötavat eroavat toisistaan. Tulkinnan tekee valvontaviranomaisena toimiva alueympäristökeskus. Viranomaisneuvo pienvesivoimalaomistajalle on yleensä se, että vesilupaa täydentävät määräykset olisi haettava sijaintialueen hallinnoivalta YMPÄRISTÖLUPAVIRASTOLTA. Sama virasto käsittelee myös uuden vesitaloushankkeen vesilupa-asioita (huomioon: virasto ja mahdollisesti käytäntö muuttuu vuodesta 2010 alkaen valtion hallintouudistuksen yhteydessä).

1. Vesilaki: www.om.fi -> Haku ->Vesilainsäädäntö
2. Vesioikeudellisen lupahakemuksen ja sen liiteaineiston sisältö: www.ymparisto.fi ->Lupa-asiat ->Vesilupa
3. Patoturvallisuudesta saa lisätietoja www.mmm.fi/etusivu/vesivarat/html/ → patoturvallisuus

Patoturvallisuuslain mukainen toiminta ja sen huomioon ottaminen vesilain mukaisessa vesiluvassa – pienvesivoimalaomistajan kannalta.

Pato on oleellisen tärkeä osa jokaista vesivoimalaitosta. Padolla säännöstellään virtaama ja sen taakse muodostuu vesitilavuus, jota käytetään energiantuotannon tasaamiseksi. Padot ovatkin tärkeä osa vesiluvasta. Padon suunnittelun, rakentamisen ja käytön on oltava niin hyvä ja turvallinen, että onnettomuusriskit jäävät hyvin pieneksi. Tässä on otettava huomioon myös poikkeuksellinen tilanne kuten esimerkiksi suuret tulvatapahtumat.

Suomessa on merkittäviä patoja noin 450. Niistä noin 380 on vesistöpatoja ja loput jätepatoja. Huomattava osa vesistöpatoista on voimalaitospatoja.

Padot pidetään turvallisina ja vesiluvan ohella niihin sovelletaan patoturvallisuuslain vaatimat toimenpiteet. Tavoitteena on ennalta ehkäistä tulva- ja patovahingot. Lakiin perustuva patoturvallisuustoiminta käynnistyi Suomessa vuonna 1984, jolloin patoturvallisuuslaki astui voimaan. Laadittiin ensiksi kaikille padoille perustarkastus ja määrettiin kullekin padolle yksi kolmesta luokasta: O-, N,- ja P-padot. Patoturvallisuuslakia sovellettiin kaikkiin patoihin, joiden korkeus oli suurempi kuin 3 metriä. Padon mitoitus- ja turvallisuustarkailuvaatimukset nousevat patoluokan mukaan (O-padolla alhaisimmat ja P-padolla korkeimmat vaatimukset).

Alueelliset ympäristökeskukset vastaavat patoturvallisuuden valvonnasta maa- ja metsätalousministeriön ohjauksessa patoturvallisuuslain mukaisesti. Onnettomuuden sattuessa pelastustoimet ovat kuitenkin sisäasiainministeriön ja sen alaisten pelastusviranomaisten vastuulla. Pienvesivoimalaitoksen ja patoturvallisuuslain piiriin kuuluvan padon omistajalle on varmasti kertynyt yli 20 vuoden aikana vakiintuneesta käytännöstä kokemuksia. Elämme kuitenkin muutosten aikaa. Vesilain uusiminen on edessä ja uusi patoturvallisuuslaki 26.6.2009/494 on jo eduskunnan hyväksymä ja tulee astumaan voimaan 1.10.2009. Myös lakia täsmentävä asetus on valmisteilla.

Vanhaan lakiin perustuvaan käytäntöön nähden tulevat muutokset erikoisesti koskemaan pienten patojen ja alhaiseen luokkaan kuuluvien toimintaa. Vanhan lain mukaan korkeudeltaan pienemmät padot eivät kuuluneet lain piiriin, mutta tämä luokitus muuttuu uudessa laissa, jossa määrääväksi tulee vain padon aiheuttama vahingonvaara. Luokattomallekin padolle, joka ei aiheuta vahingonvaaraa, säädellään laissa velvollisuudet ja toimenpiteet, joita tällaisenkin padon omistajan on noudatettava.

Padon uusrakennushankkeessa velvoittaa patoturvallisuuslaki padonomistajaa selostamaan padon vahingonvaaran padon rakentamista koskevassa muun lain perusteella tehdyssä lupahakemuksessa. Rakennuslupaprosessin yhteydessä on luvan myöntävän viranomaisen pyydettävää patoturvallisuusviranomaisilta lausunto, jossa voidaan tuoda esille padon mitoitusta ja suunnittelua täydentäviä vaatimuksia.

PIENVESIVOIMA ON YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN ENERGIANTUOTANTOMUOTO

Pienvesivoimaa ja ympäristöä on katsottava kahdesta eri näkökulmasta!

1. Pienvesivoima on ilmastomyönteinen ja vanhat laitokset ovat muodostaneet huomattavia perinne- ja kulttuuriarvoja

Pienvesivoimalan ympäristöystävällisyyttä laajemmassa merkityksessä voidaan hyvin kuvata sillä, että Suomen nykyisen pienvesivoiman vuotuinen energiantuotanto on yli 1200 GWh ja tämä vähentää jo nykyään Suomen hiilidioksidipäästöjä noin 770 000 tonnilla ja rikkidioksiidipäästöjä noin 2700 tonnilla.

Suomen käytettävissä oleva pienvesivoiman lisäpotentiaali on noin 1400 GWh. Ottaen huomioon kannattavuustekijät on vuoden 2020 mennessä mahdollista hyödyntää noin 1000 GWh lisäpotentiaalia.

Suomen nykyisten laitosten käyttöä tehostamalla ja ottamalla huomattava osa lisäpotentiaalista käyttöön voitaisiin vuonna 2020 tuottaa normalisoituna yli 2000 GWh uusiutuvaa pienvesivoimaenergiaa. Suomessa on pientalon keskimääräinen kotitaloussähkön kulutus noin 6000 kWh. Koko pienvesivoimatuotannolla voitaisiin siis v. 2020 kattaa yli 330 000 pientalon sähkön tarve ja Suomen hiilidioksidipäästöjä voitaisiin vähentää n. miljoonalla tonnilla ja rikkidioksiidipäästöjä yli viidellä tuhannella tonnilla!

Pienvesivoima on ilmastomyönteinen energiantuotantomuoto

Pienvesivoimalaitokset ovat useimmissa tapauksissa muodostaneet niiden lähivesimaisemaa jo satojen vuosien ajan. Näin syntynyt perinne- ja kulttuuririkas ympäristö on riippuvainen toimivasta pienvesivoimalaitoksesta.

2. Ympäristötilan vaikutteita

Luonnonsuojelu- ja ympäristöorganisaatiot yleensä kiistävät pienvesivoiman ympäristöystävällisyyden ja korottavat sen negatiivisia vaikutuksia ympäristölle. Jäljempänä esitetyt väitteet sisältävät osittain totuuksia ja on haasteellista kehittää kaikkia vesistökäyttäjää tyydyttäviä kompromissiratkaisuja.

Pienvesivoiman vaikutteista ympäristöntilaan todetaan usein:

- Virtavesien luonne muuttuu ja sen mukaan biodiversiteetti alenee
- Voimalaitos pienentää joen matkailullisia arvoja
- Kalat eivät pääse voimalaitoksen ohi ylävirtaan, mikäli kalatie puuttuu ja alavirransuuntainen vaellus turbiinien läpi sisältää kaloille suuria riskejä, mikäli turbiinit eivät ole kalaystävällisiä.
- Ympäristösuojelullisen minimivirtaaman ylläpidon velvollisuuden puute (puuttuu vanhoista luvista)
- Turbiinien ja muiden laitteiden aiheuttamia meluhaittoja

Kalatien rakentamiseen olisi ilmastonmuutoksia estävien toimenpiteiden kannalta kehitettävä korvaavia tai vettä säästäviä vaihtoehtoja, koska kalatievaatimuksen ulottuessa koko pienvesivoimasektorille veisivät kalatiet nykyisillä mitoitusvaatimuksilla noin 10% energiantuotannosta. Rakentamiskustannusten ja energianmenetysten lisäksi kaventaisi tämä myös edellä määriteltyjen kasvihuonekaasujen kevennyksiä 10 %:lla eli kalateiden käyttö maksaisi vuodessa 180 000 tonnia hiilidioksiidipäästöjä ja 600 tonnia rikkidioksiidipäästöjä!

Uuden vesilain tarjoama periaate: Kalatalousvelvoite (esim. rakenteellinen toimenpide) ja kalatalousmaksu (esim. kalanistutusten rahoitus) samanarvoiseksi saattaa olla varteenotettava ratkaisu.



ASiantuntijoita ja suunnitelmia tarvitaan!

Tämä opas on laadittu välittämään tärkeimpiä perustietoja. Pienvesivoimalan kunnostaminen tai rakentaminen on kuitenkin niin yksilöllinen tehtävä, ettei mikään opas voi korvata kokenutta suunnittelijaa ja asiantuntijaa. Tasokkaan suunnittelun teko on itsestään selvä asia, kun kyse on isommista hankkeista. Pienvesivoimala-alan osalta pyritään usein säästämään suunnittelukustannuksissa ja maksetaan niitä moninkertaisesti kohentuneiden rakennus- ja laitekustannusten kautta. Joissakin asioissa on asiantuntijan apu välttämätön. Siihen kuuluvat lupa-asioiden hoito, laitoksen ja padon perustamistutkimukset, voimalan ja padon tulvakynnysten ja aukkojen hydrauliset mitoitukset, patojen suunnittelu ja lain vaatimat patoturvallisuustoimenpiteet.

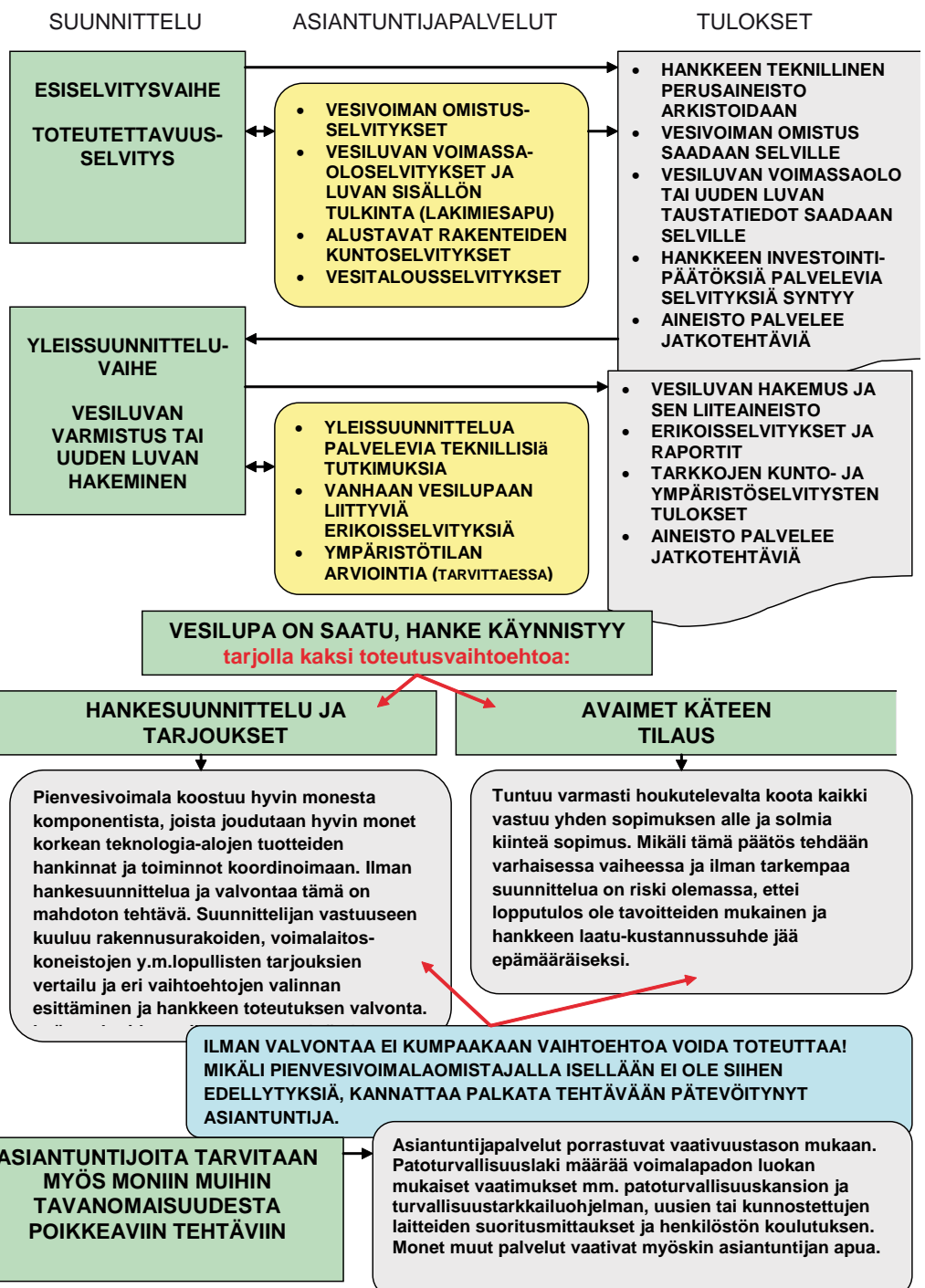
Kun rakentaa 200 000 euroa maksavan omakotitalon palkataan arkitehti!

Kun käynnistetään 300.000 euron oikeusjuttu palkataan asianajaja!

Mitä teet kun harkitset vesivoimalaitoshankettasi 100 000 – 2 000 000 euroon maksavia investointeja? Palkkaa suunnittelija ja asiantuntija!

Kysy pienvesivoimayhdistys ry:ltä referenssejä pätevistä suunnittelijoista ja asiantuntijoista:
www.pienvesivoimayhdistys.fi
info@pienvesivoimayhdistys.fi

Pienvesivoimasuunnittelu- ja asiantuntijapalvelujen hankehityksen mukainen kulkukaavio



Tärkeitä linkkejä:

Energia-alan ohjaus, ilmastonmuutoksen strategiat
 Työ- ja elinkeinoministeriö, www.tem.fi -->energia

Ympäristöalan ohjaus, ympäristölupa ym
 Ympäristöministeriö ja SYKE, www.ymparisto.fi

Maa- ja metsä-, kala- ja vesitalous, luonnonvarat
 Maa- ja metsätalousministeriö, www.mmm.fi

Lait ja säädökset, vesilaki, patoturvallisuuslaki ym.
 Oikeusministeriö, www.om.fi

Uusiutuvan energia-alan tuki
 MOTIVA Oy, www.motiva.fi

Energia-alan etujenvallonta
 Energiateollisuus ry, www.energia.fi

Pienvesivoima-alan etujenvallonta ja tekn. tuki
 Pienvesivoimayhdistys ry, www.pienvesivoimayhdistys.fi

Euroopan pienvesivoimayhdistys
 European Small Hydro Association, www.esha.fi

Tilastollinen aineisto, vesivoima, kustannusindeksit
 Tilastokeskus, www.tilastokeskus.fi

Energiasektorin tutkimus
 TEKES, www.tekes.fi

Hankerahoitus ja valtionavustukset
 Työvoima- ja elinkeinokeskus, www.te-keskus.fi

Huomioon: valtion aluehallinto uudistuu vuoden 2010 alusta lähtien. TE-keskuksen organisaatio integroidaan ELY-virastoon!

ESIMERKKEJÄ PIENVESIVOIMALAITOKSEN JA SEN LIITÄNNÄISOSIEN SIIJOITUKSESTA

Tirvan vesivoimalaitos

(Vesistöalue 14,18, Kymijoki, Valkealan reitti,
Huhmarkoski)

Valuma-alueen koko $F = 1020 \text{ km}^2$

Järvisyys: $L = 15\%$

Virtaama purkautuu kahta reittiä pitkin, joten voimalaitos
voi hyödyntää noin puolet virtaamasta, mutta joutuu hoita-
maan tulvajuoksuista kahdella padolla.

$MQ = 10/2$ reittiä $= RQ = 5 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ = 40 = 2 \times 20 \text{ m}^3/\text{s}$. $RQ/HQ = 8$

Rak.vuosi 1907, $P = 0,240 \text{ MW}$,

$H_{\text{PATO}} < 3 \text{ m}$ ei patorekisterissä, $H_{\text{VOIMALA}} = 4,5 \text{ m}$



— Pato ■ Voimala ● Muuntaja - - - Sähkölinjat



Voimalaitoskoneisto on uusittu uusinta teknologiaa
käyttäen. Patoluukut on osittain uusittu ja automatisoi-
tu. Patorakenteiden ja osa luukkujen kunnostuksesta
on kesken. Huhmarkosken toisen reitin padon yhtey-
dessä toiminutta voimalaitosta ei voitu ottaa käyttöön
kosken suojelulain suojelupäätöksen takia. Tämä vai-
kuttaa koko hankkeen kannattavuuteen.



*Pato alavirran puolelta katsottuna. Kiinteä padonosa on vain lyhyt.
Pääosaa leveydestä hallitsevat ohjjuoksu- ja tulvaluukut.*

Yläkanavan muurattu koskenpuolinen patoseinä toimii ylisyyökykynnäksenä



Virtaankosken voimalat

(Vesistöalue 14.81 Kymijoki, Sysmän reitti, Tainionvirta, Virtaankoski)

Valuma-alueen koko $F = 1820 \text{ km}^2$

Järvisyys: $L = 24\%$

$MQ = 14,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $RQ = 19 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ = 40 \text{ m}^3/\text{s}$. $HQ/RQ = 2,10$

Rakennusajat: vanha mylly sähköä tuottavaksi v. 1913

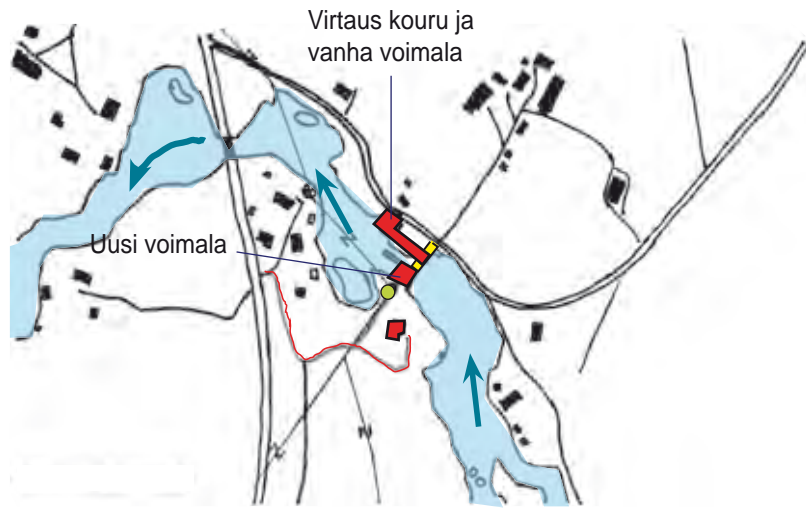
uusi voimalaitos 1. vaihe v. 1930, 2. vaihe 1956

Muurattu pato vuodelta 1930, puiset tasoluukut ja setit.

Kunnostettu vuonna 1956 ja vuonna 2007.

$H_{\text{PATO}} < 3,7 \text{ m}$ (O-pato), $H_{\text{VOIMALA}} = 4,5 \text{ m}$

Teho: Uusi voimalaitos n. 450 kW, Vanha mylly n. 100 kW



— Pato — Voimala — Muuntaja — Sähkölinja



Voimalaitoksissa toimivat alkuperäiset vesivoimakoneistot, uudessa voimalaitoksessa Francisturbiini v. 1956 ja vanhassa myllyssä Radiaalifrancisturbiini vuodelta 1913.
KUNNOSTUSTARVE

Padolta alavirran suuntaan katsottuna, vasemmalla uusi voimala, keskellä tulva-aukot ja oikealla vanha mylly

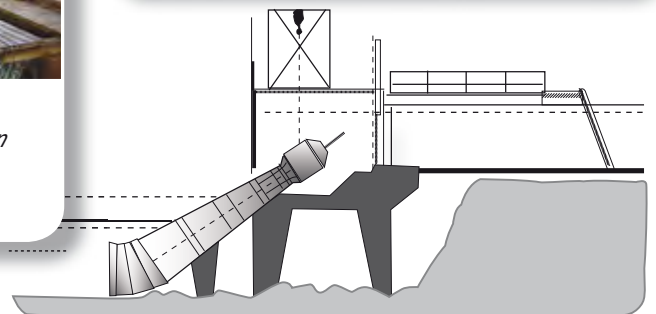


Vanha mylly n. 100 kW suunniteltu korvattavaksi uudella virtauskourun pienvesivoimala on päähän asennettavalla laitoksella. Vanha mylly kunnostetaan museoksi.

Suunnitella oleva kunnostus Padon puisten luukkujen uusiminen teräsraenteiseksi ja niiden käytön automatisointi.



Yksinkertainen kunnostus Turbiinin johtosipien mekaaninen säätäjä korvattiin hydraulimäntällä, pumpulla ja ohjausautomaatiikalla.

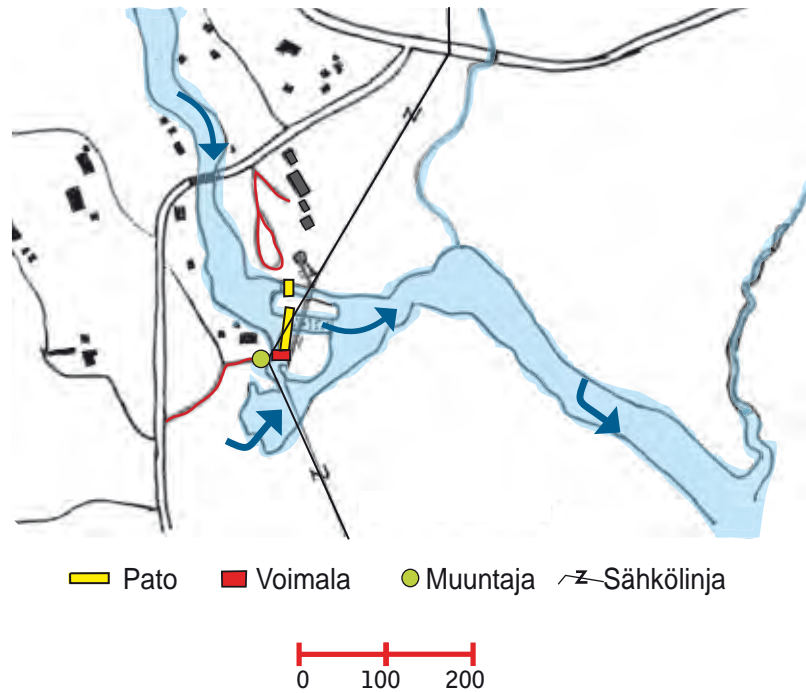


Tjusterbykosken vesivoimala

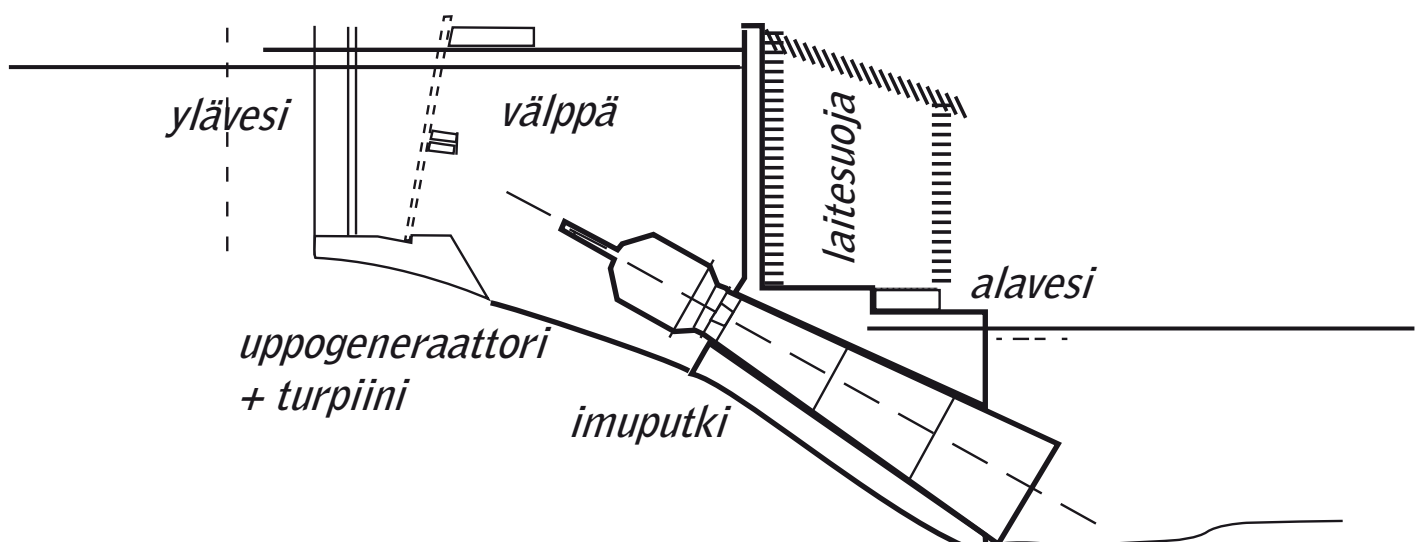
(Vesistöalue 19, Mäntsälänjoki
(Mustijoki), Tjusterbykoski)

Valuma-alueen koko $F = 739 \text{ km}^2$, Järvisyys: $L = 3\%$
 $MQ = 7 \text{ m}^3/\text{s}$, $RQ = 9 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ = 145 \text{ m}^3/\text{s}$. $HQ/RQ = 16,1$
Rakennusajat: Säännöstelypadot v.1970,
pienvesivoimalaitos v. 2002, Teho: $3 \times 80 = 240 \text{ kW}$

Betoninen vedenjohtamismuuri ja siihen integroitu voimalarakenne. Voimalaitos on rakennettu kokonaan uudestaan 1970 luvulla vanhan tuhoutuneen myllyrakennuksen tilalle. Nykyiset kolme koneistoa ovat turbiinigeneraattorilaitteistoja. Laitos on automatisoitu. Noin 40 vuotta ennen voimalaitoksen rakentamista, koskessa on vesihallinnon toimesta toteutettu mittavat säännöstelypadot maatalouden vesistö-hankkeena. Hankkeen seurauksena vanha voimalaitos jäi kuiville ja toiminta jouduttiin lopettamaan. Nykyaikaisella tekniikalla merkittävästi pienempi putouskorkeus on nyt saatu hyödynnettyä. Mustijoen säännöstely-yhtiö omistaa säännöstelypadot mutta voimalaitosyhtiö vastaa säännöstelyn toteuttamisesta.



Keskitetty vesivoimalaitosrakenne, patovoimala

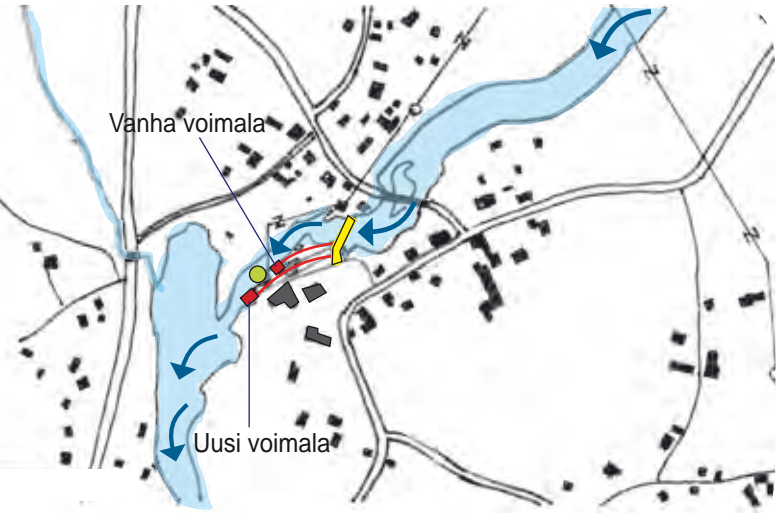


Vakkolankosken vesivoimala

(Vesistöalue 18.2, Porvoonjoki, Vakkolankoski)

Valuma-alueen koko $F = 1115 \text{ km}^2$, Järvisyys: $L = 2\%$
 $MQ = 10.3 \text{ m}^3/\text{s}$, $RQ = 13 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ = 220 \text{ m}^3/\text{s}$. $HQ/RQ = 16,9$
 Rakennusajat: Säännöstelypato ja vanha voimala v.1930,
 Uusi voimalaitos v. 1990, Teho: $3 \times 200 = 600 \text{ kW}$
 Vanha voimalaitos: Teho $2 \times 150 = 300 \text{ kW}$ (vanhoja Francist.)

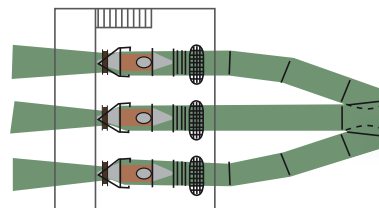
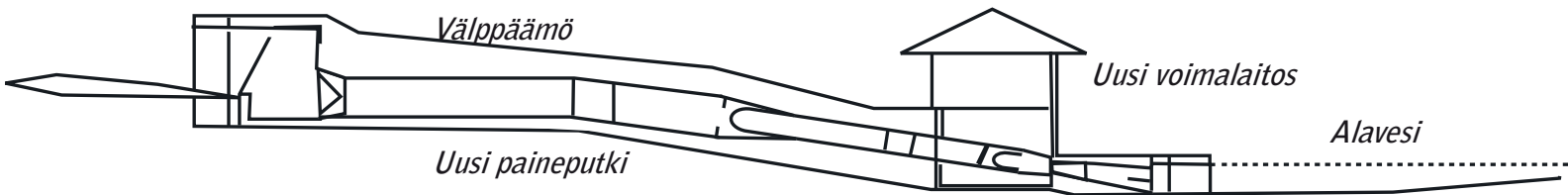
Uuden voimalaitoksen kolme koneistoa ovat kuiva-aseteiset turbiiniuppogeneraattorilaitteistoja (kiinteäsiipiset potkuriturbiinit). Laitos ja pääpatoluukku on automatisoitu. Suunnitteilla olevat kunnostustyöt ovat uuden laitoksen yhden turbiinin varustaminen säädettävällä kaplanjuoksupyörällä ja vanhojen voimalaitoskoneistojen modernisointi. Tulevaisuudessa saattaa tulla myös neulapadon korvaaminen tasoluukulla ajankohtaiseksi. Vakkolankoskeen rakennetaan kalatie TE-keskuksen toimesta!



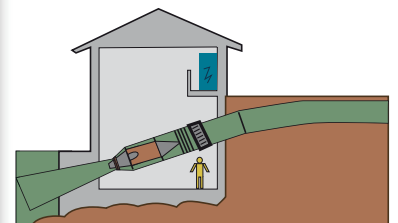
■ Pato
 ■ Voimala
 ● Muuntaja
 Sähkolinja



Hajoitettu vesivoimalaitosrakenne, paineputkivoimala



- Laitesuoja
- Sähkökaapit
- Sulkuventtiilit
- Uppogeneraattorit + turbiinit
- Imuputket



Eurakosken vesivoimala

Vesistö: Eurajoki, no: 34.02
Kunta: Eura-Kiukainen
Yläpuol.järvi: Pyhäjärvi, 154 km²
Joki: Eurajoki
Koski: Eurakoski
Valuma-alueen A 765 km²
Järvisyys L 21%
Virtaama MQ: 7,6 m³/s
Virtaama HQ: 66 m³/s
Putouskorkeus H: 2.7 m

Esimerkki kuvaa hyvin pienen voimalakohteen yleistilaa:

Mylly oli raunioitunut ja sen maanpäälliset puiset rakenteet olivat tuhoutuneet tulipalossa.

Omistaja oli kuitenkin vesioikeuden lupansa mukaan ylläpitänyt patoa ja hoitanut säännöstelyvelvoitteensa.

Vuonna 2005 tulkitsi alueympäristökeskus luvan voimassa-

oloa niin, että vaikka myllyn vesivoima on ollut käyttämättä 34 vuotta, ympäristölupaa ei tarvitse hakea, mikäli vesimäärät ja myllyn muut käyttöehdot pysyvät vanhan luvan mukaisena. Tällaista tulkintaa pitäisi soveltaa kaikissa vastaavallisissa tapauksissa, mutta valitettavasti vanhojen lupien voimassaolon tulkinta on nykyään hyvin erilaista!

Lupa-asian positiivisella tulkinnalla oli suuri merkitys, koska uuden luvan hankinnan kustannukset ja aikatauluviiveet olisivat mahdollisesti kaataneet hankkeen jo alkuvaiheessa.

Huomattavaa on myös, että hankkeen toteuttaminen oli nopeaa. Toteuttamisselvityksen valmistumisen jälkeen kesti kunnotustyöt vain n. 11 kk ja saman vuoden loppupuolella oli laitos jo otettu käyttöön!

Kannattavuuteen vaikuttaneet seikat olivat:

- Pato ja ohitus/tulvaluukut olivat kunnossa
- Laitos sai KTM:n (TEM) investointiavustuksen
- Omistaja osallistui huomattavassa määrin kunnostukseen ja teki mm. toteutettavuusselvityksen ja yleissuunnitelmat itse.
- Em. lupa-asiat saatiin järjestykseen ilman viivettä



Mylly raunioituu v. 1971 ja oli käyttämättömänä vielä v. 2005, jolloin selvitettiin lupa-asiat ja hanke käynnistettiin.



Turpiinasennukset suoritettiin v. 2006 loppupuolella



Rakennustyöt tapahtuivat vuonna 2006



Voimalaitos oli valmis joulukuun 2006

Tammerkosken vesivoimalaitokset

(Vesistöalue 35.31, Kokemäenjoki, Tammerkoski)

MQ= 70 m³/s, HQ= 240 m³/s HHQ_{PATO}= 382 m³/s
 Alakoski, (Alakoski Oy) Rak.vuosi 1939,
 P= 3,9 MW, H_{VOIMALA}=3,5 m, P-pato

Keskiputous, (Tampereen Sähkölaitos),
 Rak.Vuosi 1932, P= 8,4 MW, H_{VOIMALA} = n.7m, P-pato
 Yläputous, Finlayson, (Tampereen Sähkölaitos),
 Rak.Vuosi 1916, P= 4,1 MW, H_{VOIMALA} = n.7,5m, P-pato
 Yläputous, Tampella, (Tampereen Sähkölaitos),
 Rak.Vuosi 1923, P= 3,3 MW, H_{VOIMALA} = n.7,5m, P-pato

- Alakoski
- Keskiputous
- Yläputous Tampella
- Yläputous Finlayson
- Vapriikki, yläkanavan ja patomuurien päälle rakennettu
- Tampellan ja Finlaysonin yläkanavien hätäsulut
- Tulvauoman vanha neulapato



Tammerkosken kunnostustöihin kuuluu, että havainnevalokuvassa näytetyin kevytliikennesillan kannen alle tullaan sijoittamaan tulvauoman uudet säännöstelyluukut ja voimalaitosten yläkanavien uudet sulkulaitteet. Virtaussuuntaiset tulvauoman ja kanavien väliset patomuurit tullaan uusimaan.

Yläputous

Keskiputous

Alaputous



Finlayson

Tampella

Keskiputous



Alakoski

Valokuivissa esitetään voimalaitokset alavedenpuolelta katsottuna.

PIENVESIVOIMALATEKNIikkaan LIITTYVÄT PERUSTIEDOT, MÄÄRITTELYT JA SELOSTEET

Alavesi	on voimalaitoksen alapuolisen vedenpinnan korkeus
Energia	on kyky tehdä työtä ja sen yksikkö on joule (J). Vesivoima-alalla käytetään energian yksikkönä kWh ja sen kerronaisuudet ovat MWh, GWh tai TWh. $1 \text{ MJ} \approx 0,277778 \text{ kWh}$ tai $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}(10^6 \text{ J})$
Generaattori	on sähkötekninen kone, jossa turbiiniakseliin kytkettynä mekaaninen energia muunnetaan sähköenergiaksi.
Hyötysuhde	Energian hyödyntämisen tehokkuutta mitataan hyötysuhteella. Vesivoima-alalla voidaan hyötysuhde määrittellä jakamalla turbiinin akselilla tuottama teho tai sähköteho kosken teoreettisella teholla. Vesivoimaturbiineilla on tunnetusti korkein hyötysuhde, joka suurilla ja laadukkailla turbiineilla on yli 90% ja generaattorin ja muun laitteiston kanssa 80%.
Imuputki	on turbiinin alapuolelta alaveteen johtava kaareva tai suora putkiosa, jolla pienennetään veden virtausnopeuksia.
Juoksupyörä	on akseliin kytkettynä ja sen ympäri pyörivä turbiininosa, jossa vedenliike-energia muunnetaan mekaaniseksi energiaksi
Johtosiipirengas	on turbiininosa, jossa osa energiasta otetaan talteen suuntaamalla virtaus juoksupyörään.
Kavitaatio	on turbiineissa, pumpuissa, venttiileissä ja harvemmin muiden vesirakenteiden virtausteissä syntyvä alipaineilmiö, jonka aikaansaamat kaasukuplat rikkoontuvat korkeamman paineen alueella. Ilmiö aiheuttaa sen esiintymispaikan pintamateriaalin rikkoutumista ja se ilmenee värähtelynä, terävän äänen ja tuotannon vähenemisen kautta .
Keskivirtaama (MQ)	on tietyn ajanjakson (kuukausi, vuosi tai useita vuosia) virtaamien keskiarvo
Luukku	on padon avattava osa, joka voi olla monentyyppinen ja monista materiaaleista tehty.
Muuntaja	on sähkötekninen laite, jossa muunnetaan generaattorissa tuotetun sähkön verkkojännite sopivaksi.
Paineputki, ruuhi, kanava tai tunneli	ovat erityyppisiä rakenteita veden voimalaitoksen turbiineihin johtamista varten.
Pato	on voimalaitokseen kuuluva rakenne. Rakennusmateriaalina voi olla betoni, kivimuuraus, maa, louhe, puu ja muu erikoismateriaali. Voimalatalouden kannalta tärkeät patotyyppit palvelevat pääasiallisesti vedenpintojen säännöstelyä tai vesivaraston muodostamista. Patojen rakentaminen, käyttö ja niiden turvallisuuden ylläpito on Suomessa säädelty patoturvallisuuslaissa.
Putouskorkeus	on vesivoimalaitoksen ylavedenpinnan ja alavedenpinnan ero H [m]
Rakennusteho	on voimalaitoksen rakennusvirtaaman (RQ) ja keskimääräisen putouskorkeuden (H_m) pohjalta laskettu teho.
Rakennusvirtaama ja rakennusaste	Rakennusvirtaama on voimalaitokselle valittu virtaama (RQ) ja rakennusaste on suhdeluku rakennusvirtama/keskivirtaama ($R = RQ/MQ$)
Spiraali	on joidenkin turbiinien rakenneosa (teräs tai betoni), jossa tulovirtaama ohjataan tasaisesti turbiinien tulopuolen kehälle.
Teho	Fysiikassa TEHO on tehdyn työn tai käytetyn energian määrä jossakin aikamäärässä. Tehon yksikkö on SI-järjestelmässä Watti (W) joka vastaa joulen (J) energiamäärää sekunnissa. Vesivoima-alalla käytetään laitokoosta tai potentiaalikoosta riippuen kW(10^3 W), MW(10^6 W) tai GW(10^9 W)
Teho hevosvoiman	loi James Watt vuonna 1782. Tehoyksikkö oli käytössä vesivoimakoneissa vielä 1950 luvulla. Metrinen hevosvoima (horsepower) tarkoittaa, että yhdellä hevosvoimalla nostetaan 1 sekunnissa 75 kg 1m korkeuteen (tarkka: hp ($M=735,49 \text{ W}$)).
Teholliset vuotuiset käyttötunnit	määritellään jakamalla vuotuinen energiatuotanto rakennusteholla. Tällöin tulevat myös todelliset hyötysuhdevaihtelut otettua huomioon. Suomalaisen pienvesivoimalaitosten keskimääräisiä vuotuisia tehollisia käyttötunteja on n.4500-5000 h/a
Tulvakynnys, tulva-aukko	ovat tulvaveden johtamista palvelevia padon osia.

- Tulvavirtaama** on kohteessa tietyllä toistuvuudella esiintyvä virtaama HQ. Hydrologian määritelmien mukaan on HQ= tulvavirtaaman yleisnimeke , HHQ = suurin kohteella havaittu tulva ja MHQ= tietyn havaintojakson tulvavirtaamien keskiarvo. Tulvien suuruutta voi myös johtaa toistuvuusanalyysin avulla ja esimerkiksi HQ_{100} ($HQ_{1/100}$) on kerran sadassa vuodessa toistuva tulva. Suomessa säädellään patojen tulvamotoitusta patoturvallisuuslaissa. Lähtökohdanna on padon alapuolella oleva vahinkopotentiaali. Jos ihmishenki on vaarassa on padon mitoitustulvan oltava $HQ_{5000} - HQ_{10000}$. Mikäli vahingonvaarassa ovat vain aineelliset arvot, mitoitustulva on HQ_{500} !
- Vaihteisto** on kone- tai sähköteknillien laitteisto, jonka avulla muutetaan turbiinin pyörimisnopeus generaattorille sopivaksi.
- Vesivoima** käyttää jatkuvasti globaalissa kierrossa olevaa vettä. Veden kiertokulku on loppumaton ja auringon ylläpitämää. Tämän takia voidaan vesivoima luokitella uusiutuvaksi energiaksi. Vesivoimaa voidaan tuottaa lukuisissa erityyppisissä teknillisissä laitteissa, joille kaikille on ominaista, että niissä muutetaan virtaavan veden liike-energiaa mekaaniseksi energiaksi ja sitä edelleen generaattorien avulla sähköenergiaksi.

Vesivoiman mittayksiköt ovat:

Teho	W	1000W=1 kW	1000 kW=1 MW	1000 MW = 1 GW	
Energia	kWh		1000kW=1MWh	1000 MWh=1GWh	1000 GWh=1 TWh

Tapana on ilmoittaa vesivoiman energia vuodessa tuotettuna määränä esim. GWh/a

- Virtaama** on uoman tai vesivoimalaitoksen virtaustien poikkileikkauksen läpi kulkevan vesimäärän tilavuus aikayksikössä , Q [m^3/s]
- Virtaaman pysyvyys** kuvaa virtaaman vaihtelua hydrologisen kierron mukaan. Virtaaman pysyvyydellä tarkoitetaan sitä kun valitussa ajanjaksossa virtaama on sama tai suurempi. Ajanjaksoksi valitaan usein vuosi ja tiedot kootaan pysyvyysskäyräksi. Virtaamien pysyvyyteen vaikuttavat vuosien väliset erot (kuiva/märkä) ja vesistön ominaisuudet.
- Vuotuiset käyttötunnit (h/a)** eivät koskaan voi saada teoreettista arvoa 8760 h/a. Käyttötunnit riippuvat laitoksen sijaintipaikan virtaamien pysyvyydestä. Runsajärvisissä vesistöissä ovat virtaamavaihtelut keskivirtaamaan nähden huomattavasti vähäisempiä kuin vähäjärvisissä vesistöissä. Tämän lisäksi vaikuttaa voimalaitoksessa käytettyjen turbiinien kyky soveltua hyvin virtaamavaihteluihin. Ohijuoksutuksia ei kuitenkaan voida koskaan välttää! Käyttötuntimäärät voivat olla hyvässä vesistössä ja hyvin säädettävillä turpiineilla: $RQ = MQ$ ($ra=1$) 5000 – 6500 h/a ja $RQ = 2 * MQ$ ($ra = 2$) 4500 – 5500 h/a
- Välppä** on voimalaitoksen ylävedenpuolelle rakennettuun sisääntulorakenteeseen asennettu teräsrilä, jolla estetään roskien pääsy turbiineihin. Välppä voidaan puhdistaa käsin, mutta on kehitetty lukuisia erilaisia välppäpuhdistuslaitteita.
- Ylävesi** on voimalaitoksen yläpuolisen vedenpinnan korkeus

Tämän oppaan on laatinut



PIENVESIVOIMAYHDISTYS ry
www.pienvesivoimayhdistys.fi

yhteistyössä

PR Vesisuunnittelu Oy:n kanssa

**vuosina 2008-2009
ja se julkaistiin elokuussa 2009**

Motiva ja työ- ja elinkeinoministeriö

ovat tukeneet oppaan tekoa