

Joni-Matti Järvistö

Vesivoimaturbiinin suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikka

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Joni-Matti Järvistö

Työn nimi: Vesivoimaturbiinin suunnittelu

Ohjaaja: Marko Hietamäki

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 33

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella purjeveneeseen vesivoimaturbiini. Vuosien ajan purjeveneiden sähkönkulutus on noussut. Työn tavoitteena oli löytää tarpeeksi suuritehoinen tapa tuottaa sähköä purjeveneeseen. Työ eteni selvittämällä generaattorien ja turbiinien toiminta. Lisäksi laskettiin tarvittavan turbiinin halkaisija sekä käsiteltiin tuotetun sähkön käyttöä ja varastointia.

Vesivoimaturbiini koostuu rungosta, generaattorista, turbiinista ja oheislaitteista. Tässä työssä keskityttiin generaattorien toimintaperiaatteisiin ja eroihin, turbiinityyppeihin ja niiden erilaisiin käyttökohteisiin, akullisiin sähköjärjestelmiin sekä akkujen lataamiseen. Työssä käsiteltiin myös ympäristön vaikutuksia materiaalien valintaan.

Lopputulokseksi saatiin laskelma, jolla on mahdollista suunnitella turbiinin koko. Generaattorityypin valintaan esitettiin myös eri vaihtoehtoja. Pohdinnassa on kannanotto generaattorityypin valintaan.

Avainsanat: vesivoima, vesiturbiini, turbiini, generaattori, kavitaatio, standardi, sähköntuotanto

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Joni-Matti Järvistö

Title of thesis: Designing a Water Turbine

Supervisor(s): Marko Hietamäki

Year: 2019

Number of pages: 33

The purpose of this final thesis project was to design a water turbine for a sailing boat. Because of the growing consumption of electricity in sailing boats, the goal of this thesis was to find a way that is powerful enough to produce electricity. The project was started by solving how generators and turbines work. Also a suitable diameter for the turbine was calculated, and the use and the storage of the produced electricity were studied.

A water turbine is composed of a fuselage, a generator, a turbine and peripheral devices. This thesis project focused on the operational principles and differences of the generators, the types and different uses of the turbines, electric systems that work with batteries and charging the batteries. This project also concentrated on the importance of paying attention to the environment when choosing the materials.

The result was a calculation, which can be used when designing the size of the turbine. Also different options for the possible types of generators were introduced. Finally there is a statement on the selection of the generator type.

Keywords: hydroelectric, water turbine, turbine, generator, cavitation, standard, electricity production

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvaluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rakenne	8
2 GENERAATTORI.....	9
2.1 Generaattorin toiminta.....	9
2.2 Sähkömagneettinen induktio	10
2.3 Sähköntuotannossa käytettävät generaattoryypit.....	11
2.3.1 Epätahtigeneraattori.....	12
2.3.2 Tahtigeneraattori	13
3 TURBIINI	15
3.1 Vaikuttava voima ja teho	15
3.2 Kavitaatio	17
3.3 Turbiinityypit.....	19
3.3.1 Francis-turbiini	20
3.3.2 Kaplan-turbiini	22
3.3.3 Putkiturbiini	23
4 TUOTETUN SÄHKÖN KÄYTTÖ.....	24
4.1 Akkusähköjärjestelmä	24
4.2 Lyijyakku	25
4.3 Akun lataaminen	27
5 RAKENNE	28
5.1 Materiaalit merellä.....	28
5.2 Liitokset.....	28
5.3 Turbiininityypin valinta.....	29

6 TULOKSET	30
7 POHDINTAA	31
LÄHTEET.....	32

Kuvaluettelo

Kuva 1. Johdin magneettikentässä	10
Kuva 2. Generaattoreita voimalaitoksessa.....	12
Kuva 3. Staattoriin muodostuva jännite kierroksen aikana.....	14
Kuva 4. Vesiturbiinin periaatekuva	15
Kuva 5. Kavitaatio nesteessä	18
Kuva 6. Erilaisia turbiinityyppejä	19
Kuva 7. Francis-turbiini yläpuolelta kuvattuna.....	20
Kuva 8. Halkileikkauskuva Francis-turbiinista	21
Kuva 9. Kaplan-turbiinin periaatekuva	22
Kuva 10. Putkiturbiini havainnekuva	23
Kuva 11. Havainnekuva purjevereen sähköjärjestelmästä.....	25
Kuva 12. Lyijyakun rakenne.....	26
Kuva 13. Latauskuvaajat.....	27
Kuva 14. Galvaanista korroosiota	29

Käytetyt termit ja lyhenteet

Generaattori	Mekaanista energiaa sähköksi muuttava kone.
Turbiini	Voimakone jota pyörittää akseliin kiinnitettyihin siipiin kohdistuva neste- tai kaasuvirtaus.
Korroosio	Metallien kemiallista syöpymistä
Roottori	Pyörivä koneen osa
Staattori	Kiinteä, paikallaan oleva koneen osa
Akku	Sähköä varaava laite ja sähkön lähde
Hybridi	Nimitys useamman laitteen tai tapahtuman yhdistelmästä

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän työn taustalla oli, miten tuulella liikkuvan veneen liike-energiaa voi hyödyntää. Tässä työssä vesivoimaturbiinin rakenne poikkeaa markkinoilla saatavista turbiineista, joissa teholuokka on pieni verrattuna valmistuksessa oleviin. Markkinoilla olevat turbiinit ovat rakenteeltaan sopimattomia suoraan purjeveneeseen asennettavaksi. Kehitettävää vesivoimaturbiinia olisi tarkoitus käyttää purjeveneissä yhtenä sähköntuottajana. Vesivoimaturbiini tuottaisi sähköä aina liikuttaessa. Purjeveneiden sähkönkulutus on lisääntynyt sähkölaitteiden lisääntyessä. Vesivoimaturbiini takaisi sähkönsaannin tärkeille laitteille, kuten tutkalle, navigointilaitteistolle, autopilotille ja VHF-radiolle.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on suunnitella ja tutkia purjeveneeseen soveltuvia vesivoimaturbiiniratkaisuja. Lisäksi tavoitteena on teoreettisesti tarkastella vesivoimaturbiinien kokoa ja tehontuottoa ja selvittää akku- ja sähköjärjestelmän kokonaisuus ja tarpeet.

1.3 Työn rakenne

Tämän opinnäytetyön ensimmäisessä luvussa on johdanto, jossa esitellään työn taustaa ja tavoitteita. Työn toisessa luvussa kerrotaan generaattoreiden teoriaa ja magnetismin periaatteita. Kolmannessa luvussa tarkastellaan erilaisia turbiinityyppejä ja niiden käyttökohteita. Neljännessä luvussa tutustutaan tuotetun sähkön käyttöön, akkuun ja sen lataamiseen. Työn viidennessä luvussa käsitellään turbiinin rakennetta, materiaaleja ja niiden liittämistä toisiinsa. Kuudennessa luvussa tutkitaan työn tuloksia. Lopuksi, seitsemännessä luvussa on pohdintaa.

2 GENERAATTORI

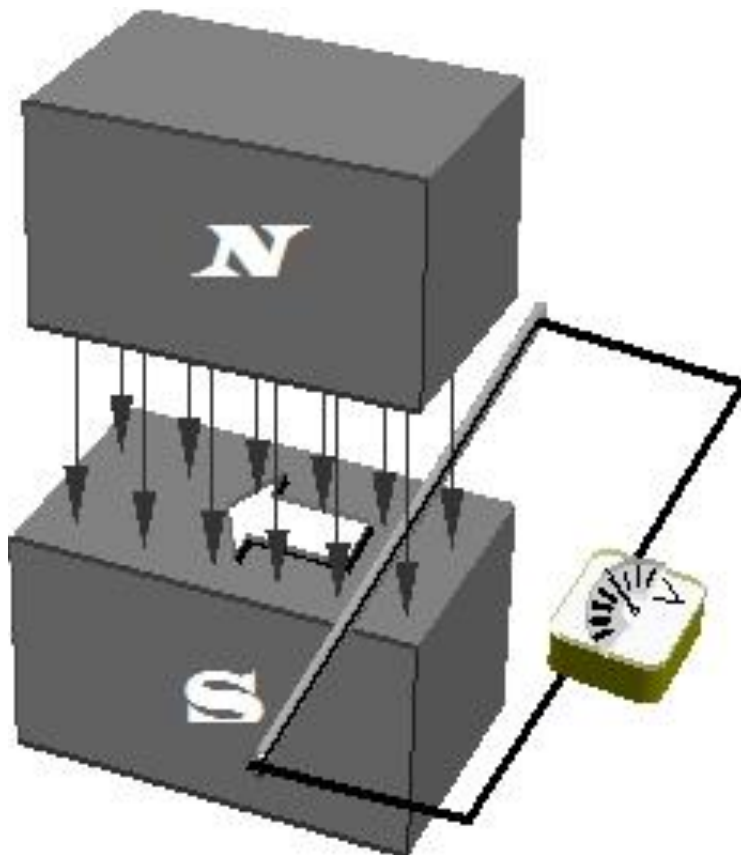
2.1 Generaattorin toiminta

Generaattorin toimintaperiaate on muuttaa liike-energia sähköenergiaksi. Generaattorin toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Esimerkiksi polttomoottorissa osa pyörimisenergiasta muutetaan sähköksi. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 29.)

Generaattori koostuu kahdesta pääkomponentista, roottorista (pyörijästä) ja staattorista (seisojasta). Generaattorin tyypistä riippuen sähköä tuottaa joko staattori tai roottori. Toimintaperiaate on yksinkertainen. Ulkoinen voima pyörittää roottoria ja roottorin ympärillä on staattori. Generaattorin mallista riippuen joko staattorissa on käämitys ja roottorissa magneettikenttä tai toisin päin. Magneettikentässä liikutetaan (pyöritetään) käämiä tai käämityksen sisällä liikutetaan magneettikenttää. Magneettikentän ja sähköjohtimen (käämitys) välisen liikkeen johdosta johtimeen indusoituu sähkömotorinen voima ja sitä kautta sähkövirta. Tämä tarkoittaa, että energia ei häviä mihinkään, vaan ainoastaan muuttaa muotoaan liike-energiasta sähköenergiaksi ja lämmöksi. Indusoituneen sähkövirran (jännitteen) suuruus riippuu magneettikentän voimakkuudesta, kelan johtimen pituudesta ja liikenopeudesta magneettikentässä eli magneettivuon vaihtelusta. (Ahola 1998, 273-276.)

2.2 Sähkömagneettinen induktio

Englantilainen fyysikko Michael Faraday (1791-1867) on sähkömagneettisen induktion ratkaiseva kehittäjä. Hänen havaintonsa vuonna 1831 muutti sähköntuotannon maailman. Hänen havaintonsa oli, että johtimen leikatessa magneettivuota syntyy jännitettä. Faradayllä oli olettamus havainnon pohjana. Olettamus perustui ajatukseen, että ”sähkövirralla voidaan luoda magneettikenttä, joten täytyy magneettikentällä pystyä luomaan sähkövirtaa”. Faradayn keksintö sähköntuotannon kannalta oli mullistava. Keksinnön myötä oli mahdollista muuttaa mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Tämän myötä voiman lähteenä sähkön tuottamiseen voitiin hyödyntää tuulta, virtaavaa vettä ja höyrykoneita. (Ahola 1998, 270-271.)



Kuva 1. Johdin magneettikentässä (Wikipedia Commons [2017b].)

Kuvan 1. mukaisesti liikuttaen johdinta nuolen suuntaisesti magneettikentässä havaitaan mittarin viisarin heilahtavan. Viisari heilahtaa toiseen suuntaan liikuttaessa johdinta vastasuuntaan, mitä nuoli kuvassa osoittaa. Pitäessä johdinta paikallaan ja liikuttaessa magneettia viisarit liikkuisivat samalla tavalla, kuten edeltävässä kuvauksessa. Johtimen ja magneetin ollessaan paikallansa johtimeen ei synny sähköä, joten viisarit pysyvät paikallaan. Tällaisen kokeen avustuksella voidaan kokeellisesti todeta sähkömagneettisen induktion. (Ahola 1998, 270-271.)

2.3 Sähköntuotannossa käytettävät generaattoryypit

Sähköntuotannossa käytettävät generaattoryypit voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, epätahtigeneraattorit ja tahtigeneraattorit. Epätahtigeneraattoreita ovat verkkomagnetoituva epätahtigeneraattori ja kondensaattori magnetoituva epätahtigeneraattori (itse magnetoituva). Tahtigeneraattoreita ovat kestopagneetti tahtigeneraattori ja vierasmagnetoitu tahtigeneraattori. (Aura & Tonteri 1996, 177-180, 215.)

Magnetointi tarkoittaa generaattorin roottoriin synnyttävää magneettikenttää. Magneettikenttä synnytetään roottorikäämiin syötetyn tasavirran avulla tai staattorikentän avulla. Magnetoinnin ja sen synnyttämän magneettikentän tarkoituksena on indusoida jännite staattorin käämeihin, magnetoinnin avulla voidaan säätää myös jännitettä. (Aura & Tonteri 1996, 177-180, 215.)



Kuva 2. Generaattoreita voimalaitoksessa (Max Pixel [Viitattu 10.3.2019].)

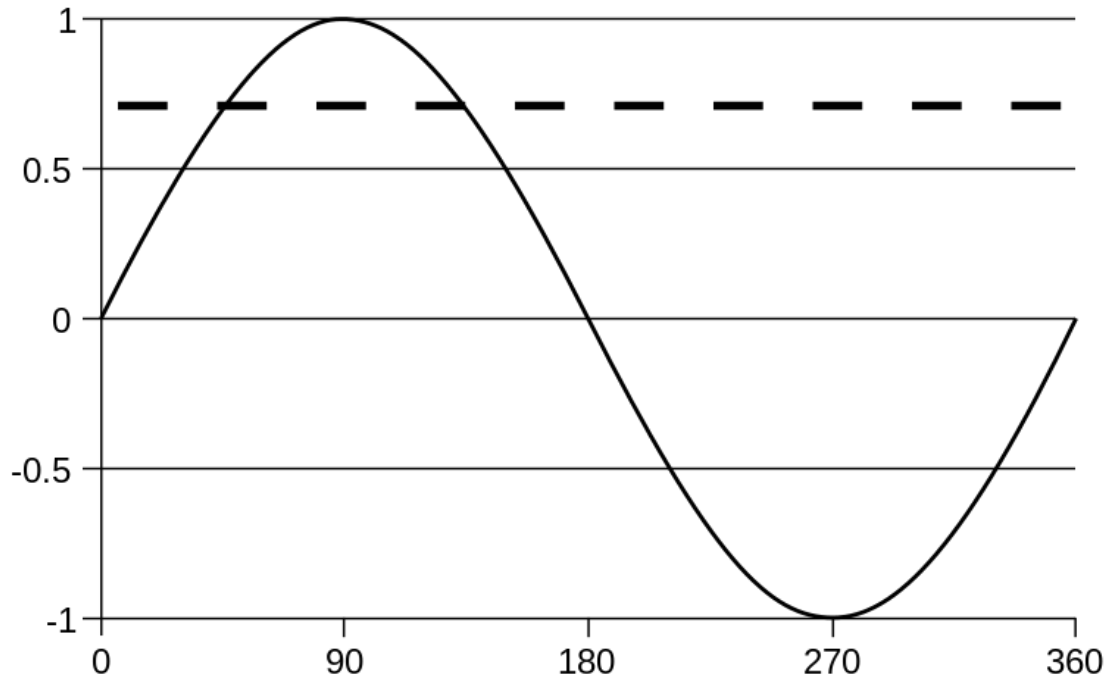
2.3.1 Epätahtigeneraattori

Epätahtinimitys tulee siitä, että roottorin pyörimisnopeus poikkeaa generaattorin sisällä pyörivän magneettikentän pyörimisnopeudesta. Toisin sanoen epätahtigeneraattori pyörii epätahdissa pyörivän magneettikenttään nähden. Epätahtigeneraattorit voidaan edelleen magnetoinnin perusteella lajitella kahteen alaryhmään: Kondensaattori magnetoituvat (Itse magnetoituva) ja verkkomagnetoitut. (Aura & Tonteri 1996, 177-180.)

Verkkomagnetoituva epätahtigeneraattorin magnetointivirta otetaan sähköverkosta. Verkkomagnetoidulla epätahtigeneraattorilla pystytään syöttämään sähköä ai-noastaan jännitteelliseen verkkoon. Kondensaattorimagnetoitu epätahtigeneraattorin magnetoimisvirta otetaan generaattorin napoihin kytketyistä magnetoimiskondensaattoreista. Kondensaattorien avulla voidaan syöttää sähköä myös jännitteet-tömään verkkoon. (Aura & Tonteri 1996, 177-180.)

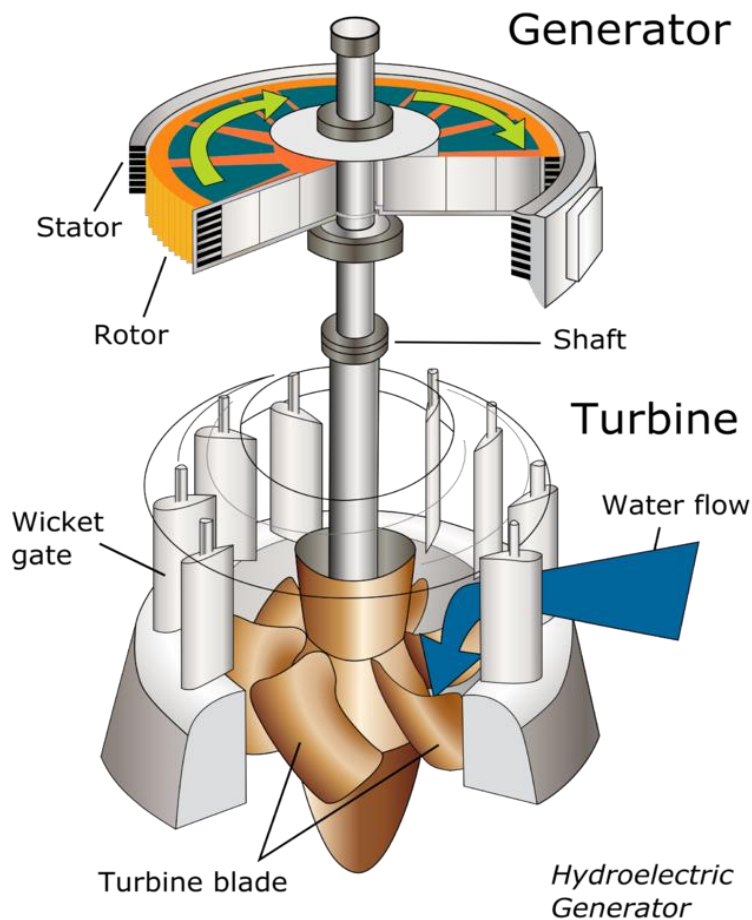
2.3.2 Tahtigeneraattori

Tahtigeneraattoria kutsutaan laitteeksi, jonka kenttäkäämeihin syötetään tasavir-taa. Tasavirralla muodostetaan kenttäkäämiin magneettikenttä. Tämä tasavirralla tuotettu magneettikenttä on ajan suhteen muuttumaton. Staattorin ja roottorin val-mistuksessa käytetään ferromagneettisia materiaaleja, kuten terästä tai rautaa. Ferromagneettista materiaalia käytetään, että saataisiin aikaiseksi mahdollisim-man tiheä magneettivuo. Nyt tasavirralla magnetoitu kenttäkäämitys roottorissa laitetaan pyörimään, tällöin muodostuu staattorin ankkurikäämeihin magneettikent-tä joka muuttuu ajan suhteen roottorin pyörimisliikkeen seurauksena. Ankkurikää-mien napojen välille syntyy yhden kierroksen aikana jännite kuvan 3 mukaisesti. (Korpela 2016, 72-74.)



Kuva 3. Staattoriin muodostuva jännite kierroksen aikana (Wikipedia Commons 2010.)

3 TURBIINI



Kuva 4. Vesiturbiinin periaatekuva (Wikipedia Commons 2004.)

3.1 Vaikuttava voima ja teho

Vesivoimaturbiiniin vaikuttava voima tulee veden liikkeestä suhteessa turbiiniin. Joko turbiini on paikallaan, ja vesi liikkuu turbiiniin nähden, tai turbiini liikkuu veden nähden. Vesivoimassa tehon laskemiseen tarvittavat tiedot saadaan pudotuskorkeudesta ja veden määrästä. (Perttula 2000, 99-101.)

Tämän työn kohdalla tilanne on hieman erilainen, koska vesi on paikallaan ja turbiini liikkuu vedessä. Tehoon vaikuttavat tekijät ovat nopeus ja turbiinin halkaisija. Halkaisijan avulla saadaan veden määrä.

Vesiturbiinin teho	$P=?$ W (Tavoite 1kw)
Hyötysuhde	$\eta=0,842$ %
Veden tiheys	$\rho=1000$ kg / m ³ (Lämpötilassa 4 C°)
Maan vetovoima kiihtyvyys	$g = 9,82$ m / s ²
Putouskorkeus	H = metriä
Virtaama	$qv=?$ m ³ / s
Veneen keskinopeus	$v= 3$ m/s

Tehon laskukaava on:

$$P=n \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot qv \quad (1)$$

Poistetaan g ja H koska pudotus korkeutta ei tässä tapauksessa ole

$$P=n \cdot \rho \cdot qv \quad (2)$$

Lasketaan virtaama tavoite teholla

$$qv=P/(n \cdot \rho) \quad (3)$$

Lasketaan pinta-ala (A) tilavuusvirrasta

$$A=qv/v \quad (4)$$

Ympyrän pinta-ala lasketaan säde (r)

$$A=\pi \cdot r^2 \quad (5)$$

$$r=\sqrt{(A/\pi)} \quad (6)$$

Kokoamalla kaavat pääsemme lopputulokseen

$$r=\sqrt{(P/(n \cdot \rho \cdot v \cdot \pi))} \quad (7)$$

Lopullisella kaavalla laskettuna kilowatin teho ympyrän pinta-alana vaatii

$$r = \sqrt{\frac{1}{(0.842 \cdot 1000 \cdot 3 \cdot \pi)}}$$

$$r \approx 35.5 \text{ cm}$$

(Perttula 2000, 103.)

Kilowatin teholla turbiinin halkaisijaksi tulisi hieman yli 70cm.

3.2 Kavitaatio

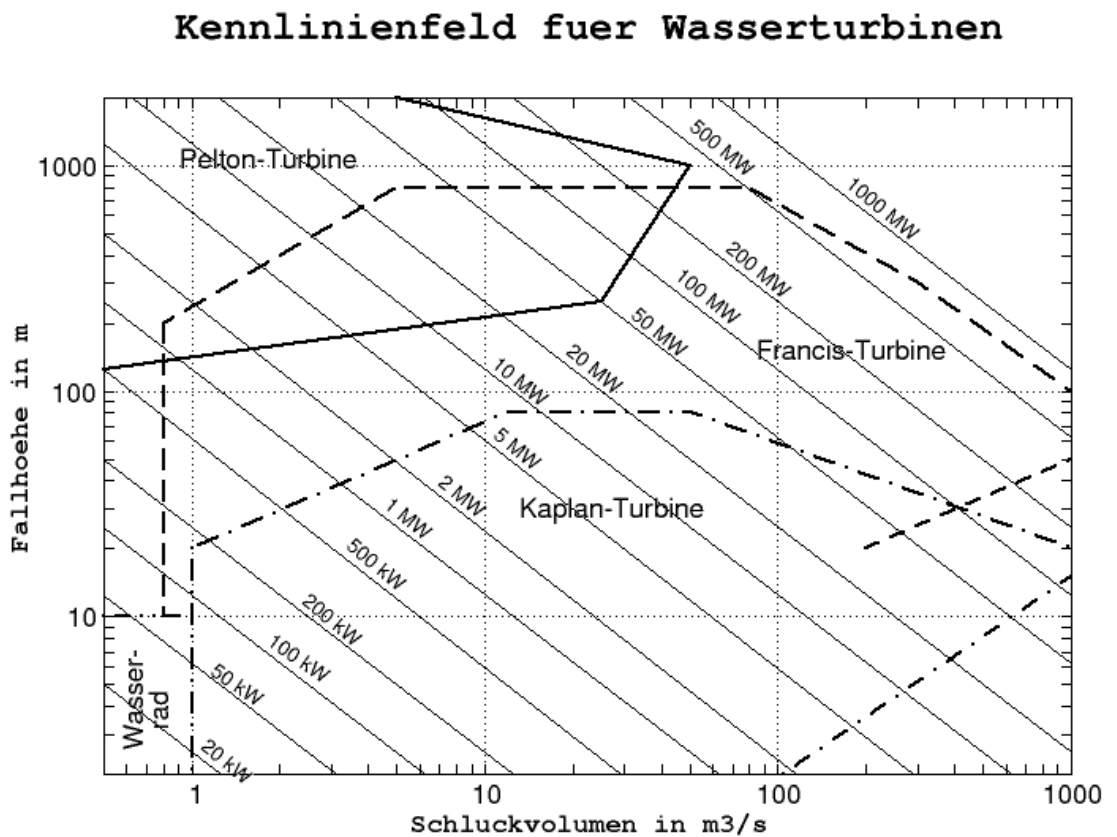
Kavitaatio esiintyy nesteen virratessa tarpeeksi nopeasti. Ilmiö tulee silloin kun virtausnopeus jossain kohdassa nestettä nousee niin suureksi, että se saavuttaa nesteen höyryyntymispaineen. Ilmiön aikana nestee kiehuu ja kiehuminen synnyttää höyrykuplia. Kuplat kulkeutuvat nesteen mukana ja siirtyessään paikkaan missä nestepaine on taas suurempi, höyry haihtuu ja kuplat luhistuvat nopeasti. Edellä kuvattu ilmiö saa aikaan erittäin suuria paikallisia painehuippuja. Painehuippujen suuruusluokka on 10 000 bar. Metallin pinta rikkoutuu näiden painehuippujen kohdalla. (Wuori 1994, 148.)



Kuva 5. Kavitaatio nesteessä (Wikipedia Commons 2014.)

Kavitaatiossa syntyneet paineiskut voivat rikkoa metallin pintaa suojaavan passiivikalvon tai muun korroosiotuotekerroksen. Rikkoessaan pinnan paljastuu uutta puhdasta metallia korroosiolle alttiiksi. Epätoivottua ilmiötä kutsutaan kavitaatioeroosioksi. (Sorsa 2015, 46.)

3.3 Turbiinityypit

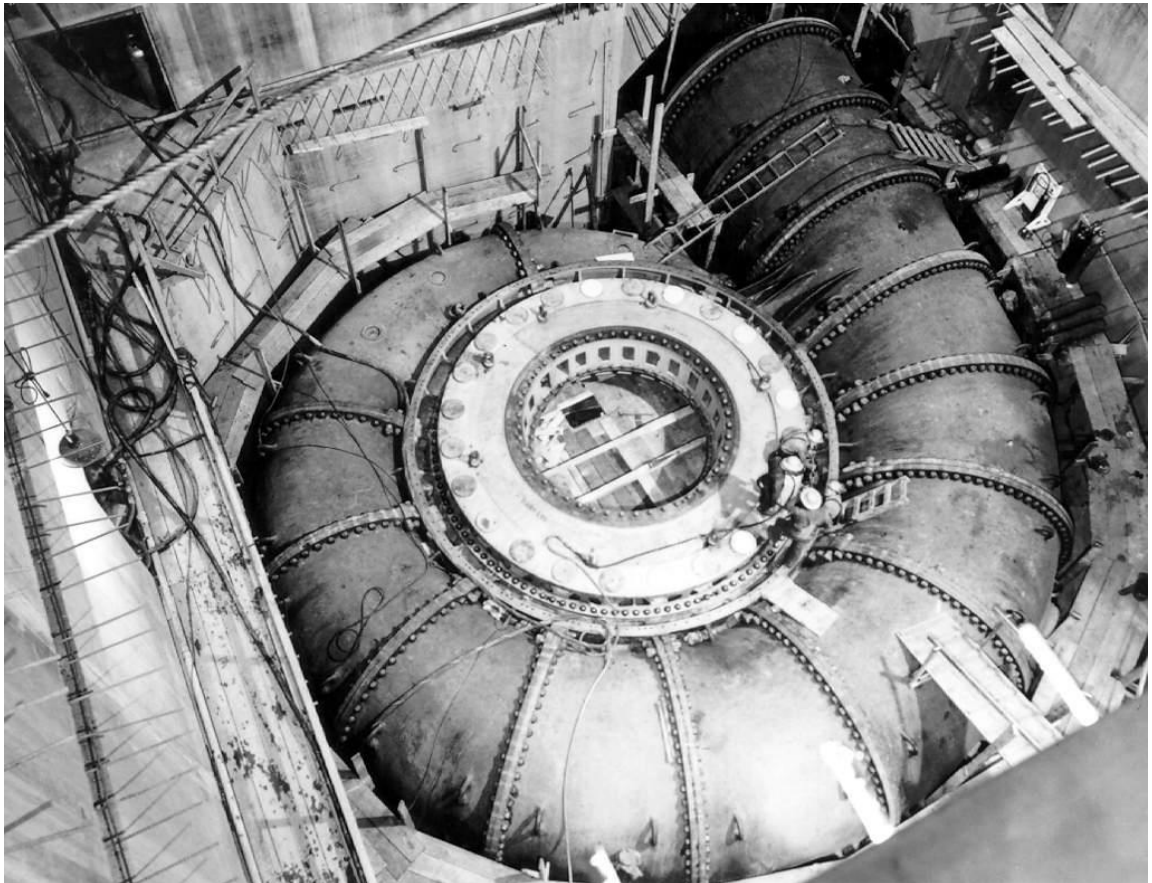


Kuva 6. Erilaisia turbiinityyppejä (Wikipedia Commons 2005c.)

Kuvassa 6 on jaettu turbiinityypit pudotuskorkeuden (paineen) ja virtaaman mukaan. Tässä työssä käsitellään ainoastaan Kaplan- ja Francis-turbiinit. Pelton-tyyppiset turbinat ovat yli 100 m korkeille pudotuskorkeuksille, purjeveneessä ei tällaista painetta saavuteta.

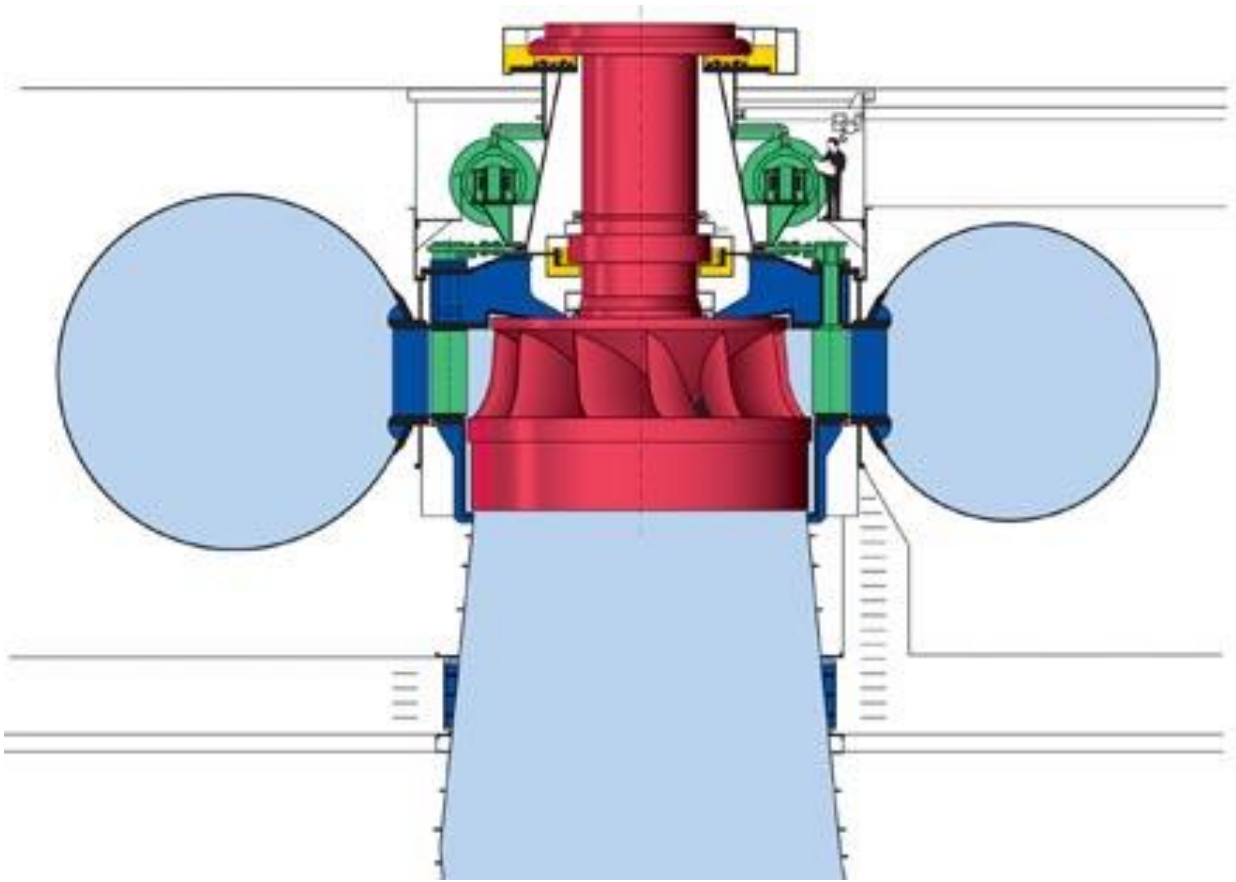
3.3.1 Francis-turbiini

Insinööri James Bicheno Francis (1815–1892) on kehittänyt Francis-turbiinin. Englannissa syntynyt ja myöhemmin USA:han muuttanut Francis alkoi USA:ssa tutkia vesivoimaa. Francis paranteli Samuel Downin kehittämää keskihakujuoksupyörää. Francis ei koskaan hakenut patenttia turbiinilleen, koska Samuel Down oli jo sen hakenut vuonna 1838. Francis teki turbiiniin kokonaisuudessaan niin paljon parannuksia, että turbiinityyppi patentista huolimatta nimettiin myöhemmin hänen mukaansa. (Perttula 2000, 107-108.)



Kuva 7. Francis-turbiini yläpuolelta kuvattuna (Wikipedia Commons 2005a.)

Kuvassa 7. on päältäpäin kuvattuna Francis-turbiini. Siitä voidaan hahmottaa, kuinka vesi johdetaan kaventuvalle kanavalle turbiinin ympärille.



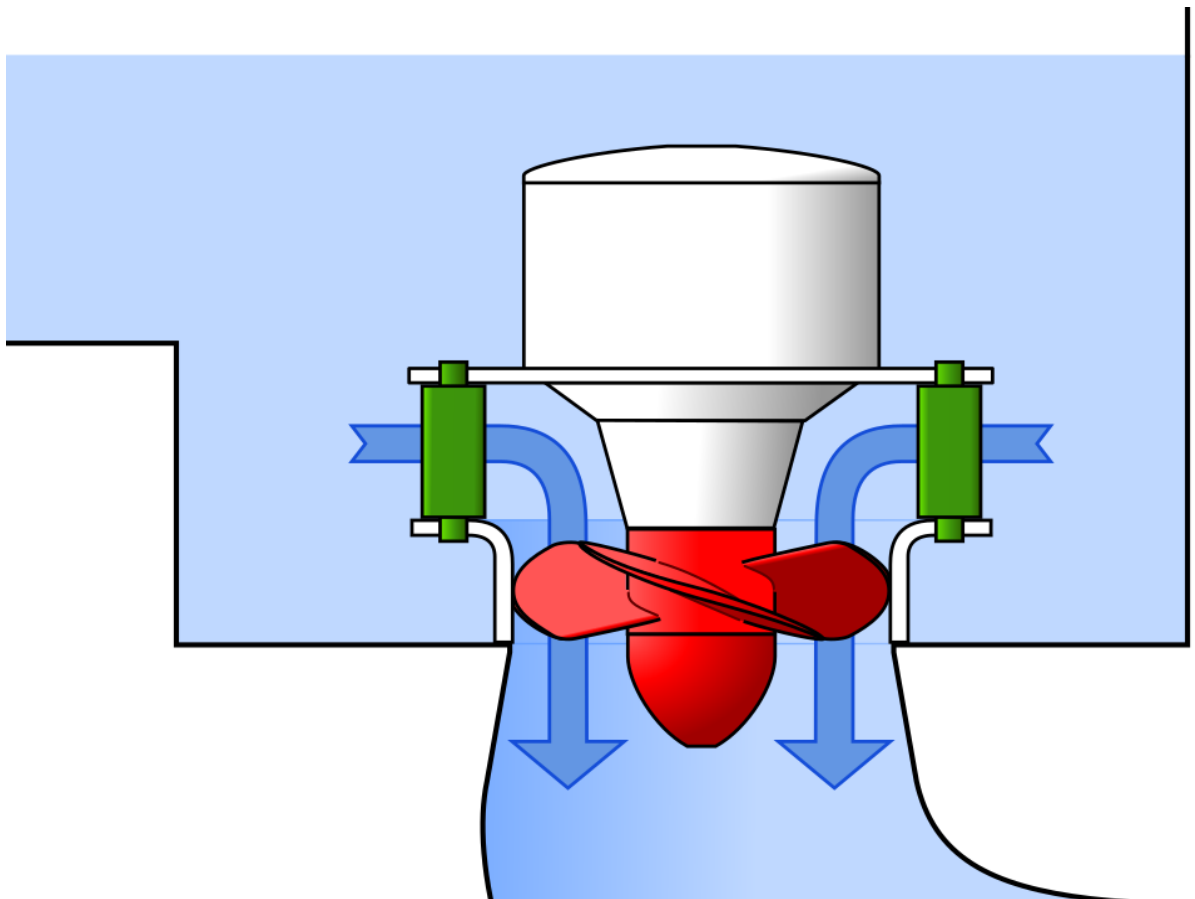
Kuva 8. Halkileikkauskuva Francis-turbiinista (Wikipedia Commons 2005b.)

Kuvassa 8 on halkileikkaus Francis-turbiinin rakenteesta. Vesi johdetaan turbiinille ympäriltä, ja imuputki alkaa heti turbiinin alta.

Francis-turbiinin käyttöalue alkaa jopa alle viiden metrin pudotuskorkeudesta. Korkeimmalla pudotuskorkeudella olevat Francis-turbiinivoimalat ovat yli 70 metrin pudotuskorkeudella olevia voimaloita. Alarajan pudotuskorkeudelle määrittää oleellisesti turbiinin koko ja käyttötapa. Suurimmat voimalat ylittävät teholtaan jopa 1000 MW:n tehon. (Perttula 2000, 107-108.)

3.3.2 Kaplan-turbiini

Tekniikan tohtori Viktor Kaplan (1876–1934) on kehittänyt Kaplan-turbiinin toimissaan Brnon yliopiston professorina Tšekkoslovakiassa. Tavoitteena oli löytää turbiini, joka saavuttaisi mahdollisimman suuren pyörintänopeuden. Vasta vuonna 1912 teoreettiset ja kokeelliset tulokset tuottivat tulosta. Juoksupyörätyyppi oli potkuri, jossa ovat kääntyvät siivet. Vuosien taistelun jälkeen valmistajat hyväksyivät Kaplanin turbiinikeksinnön. Valmistajat pitivät keksintöä utopistisena ja mahdottomana rakentaa. Vuosien taistelu tuotti kuitenkin tulosta, vuonna 1918 rakennettiin ensimmäinen Kaplanin nimeä kantava turbiini. (Perttula 2000, 109-110.)

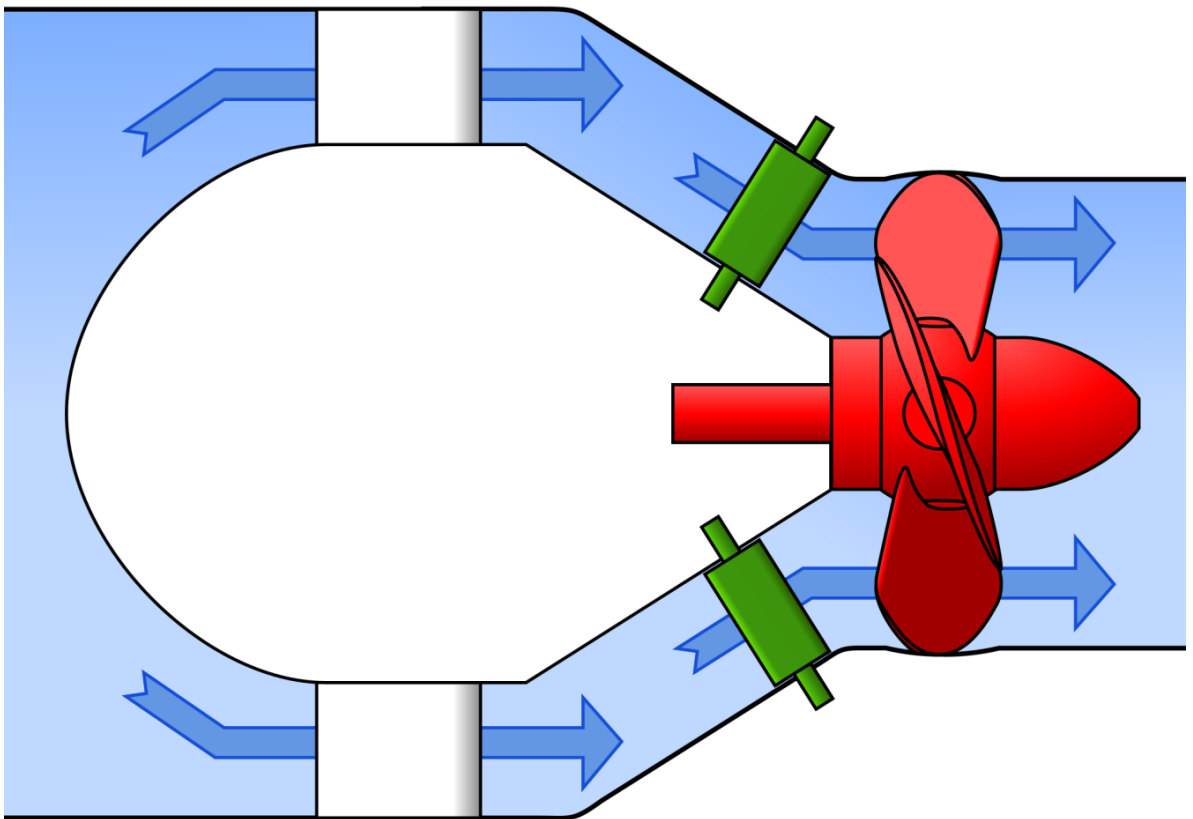


Kuva 9. Kaplan-turbiinin periaatekuva (Wikipedia Commons 2017a.)

Kuvasta 9 voidaan hahmottaa Francis- ja Kaplan-turbiinin ero. Kaplan-turbiinissa juoksupyörä on alempana imuputkessa, vesikanavat tasaisesti reunoilla ja ohjain-siivekkeillä (kuvassa vihreinä) voidaan vedenvirtausta säätää. Rakenne noudattaa pitkälti samoja raameja kuin Francis-turbiini. (Perttula 2000, 109-110.)

3.3.3 Putkiturbiini

Juoksupyörät putkiturbiineissa ovat Kaplan- tai potkurityyppisiä. Ne sijoitetaan vaakasuoraan tai lähes vaakasuoraan putkeen. Generaattori voidaan sijoittaa joko putken sisälle vesitiiviisti tai putken ulkopuolelle. Putkiturbiinin etuihin luetaan, että laitos voi sijaita padosta kaukanakin, koska vesi johdetaan sinne putkella. (Perttula 2000, 111-112.)

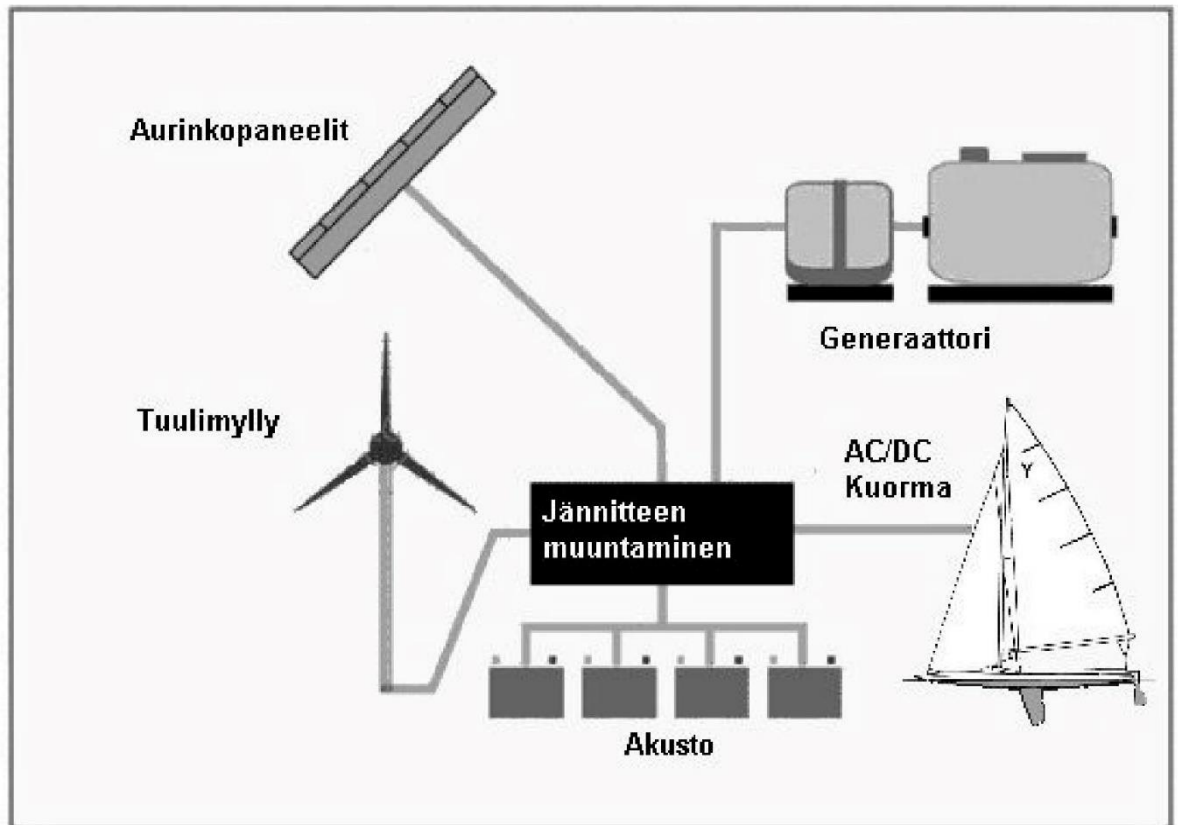


Kuva 10. Putkiturbiini havainnekuva (Wikipedia Commons 2016a.)

4 TUOTETUN SÄHKÖN KÄYTTÖ

4.1 Akkusähköjärjestelmä

Akullisissa järjestelmissä käyttöön tarvittava sähköenergia otetaan joko akusta tai tuotetaan generaattorilla ja aurinkopaneeleilla. Generaattori tuottaa vaihtosähköä ja siirtäminen vaihtosähkön muodossa lähelle akkuja on järkevää, jotta minimoidaan kaapeloinnin aiheuttamat häviöt. Akun läheisyydessä vaihtosähkö tasasuunnataan. Tasasuuntauksessa käytetään diodeja ja säädetään jännite akulle sopivaksi. Useamman rinnakkaisen järjestelmän kohteisiin on olemassa siihen soveltuvia hybridisäätimiä. Generaattorin tuottaessa sähköä enemmän kuin sen hetken kulutus on, lataa generaattori silloin akkuja. Tuotannon ollessa pienempi akkujen tarkoitus on tasata kulutusta ja akut luovuttavat tarvittavan energian. Pidemmällä tarkastelujaksolla generaattorin ja muiden lataustapojen pitää olla suurempia kuin kulutuksen. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 158-160.)

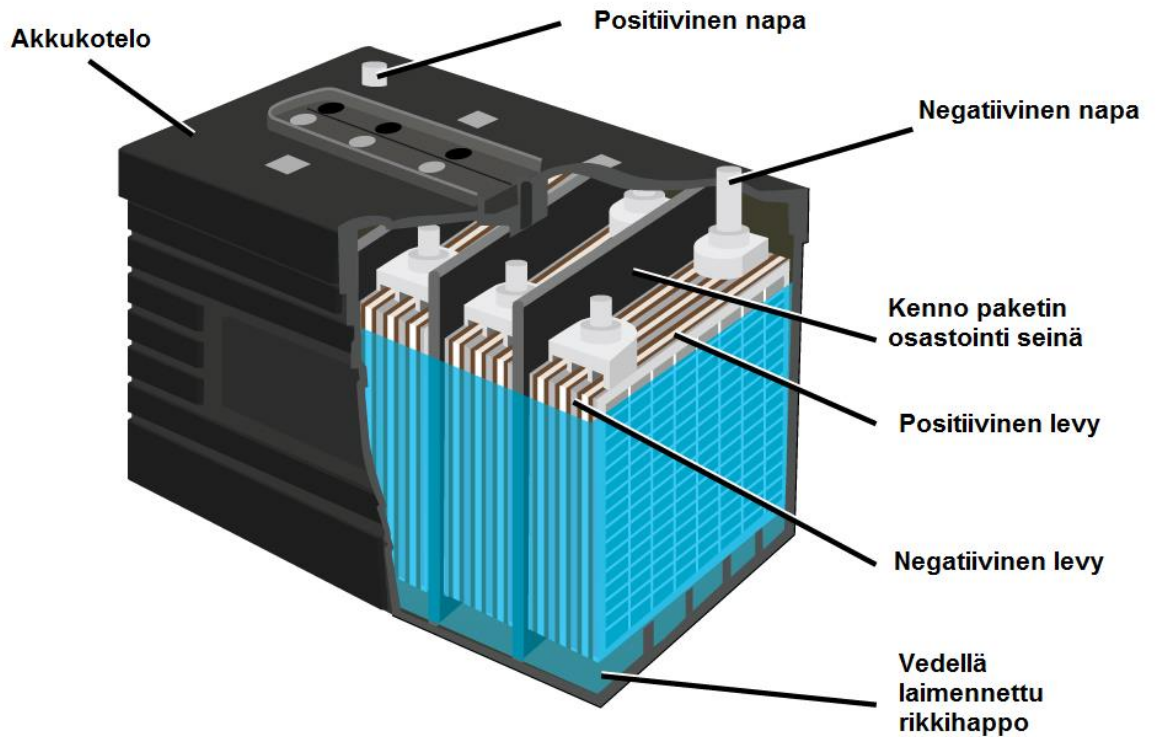


Kuva 11. Havainnekuva purjeveneen sähköjärjestelmästä.

Kuvan 11 tavalla sähköä voidaan tuottaa järjestelmään monella eri tavalla. Akkujen avulla voidaan tasata kulutusta ja latausta. Tuulisena päivänä voi tuulimyllyn ja aurinkopaneelien yhteistuotto ylittää kulutuksen, jolloin ladataan ylimääräinen energia akkuihin.

4.2 Lyijyakku

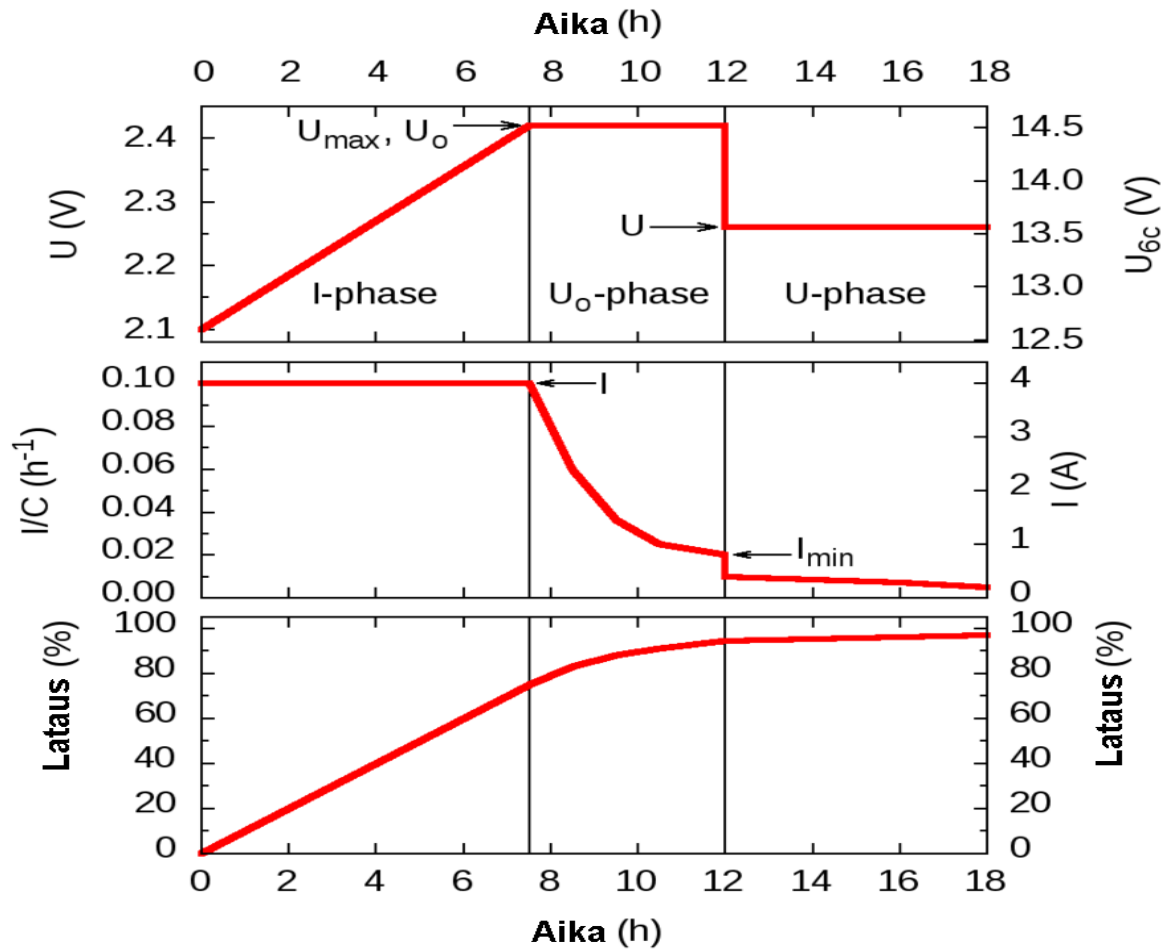
Akkutyyppejä on olemassa useita. Purjeveneissä lyijyakku on yleinen. Lyijyakun suuri paino ei haittaa purjeveneessä. Akut ovat yleensä purjeveneessä sijoitettu veneen alaosaan. Purjeveneen alaosassa on painoköli. Painoköli muutenkin painaa muutamasta sadasta kilosta tuhansiin kiloihin. Tästä syystä alaosa on hyvä sijoituspaikka akuille.



Kuva 12. Lyijyakun rakenne. (Wikipedia 2017.)

Kuvassa 12 on akun rakenne, mistä voidaan hahmottaa, että 12 v:n akku koostuu kuudesta kennopaketesta joista kuvassa kolme näkyy ja kolme on kotelon sisällä. Yhden kennopakettin nimellisjännite on 2 v. Sarjaan kytkettynä kuusi kennopakettia saadaan 12v akku. Akun toiminta perustuu sähkökemialliseen reaktioon positiivisella sekä negatiivisella levyllä. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 161-167.)

4.3 Akun lataaminen



Kuva 13. Lataus kuvaajat (Wikipedia Commons 2015.)

Kuvassa 13 on graafisesti havaittavissa, kuinka lyijyakun latausvirta ja jännite muuttuu latauksen aikana. Alussa varauksen ollessa nolla prosenttia alkaa lataus suurella virralla. Latauksen alussa akun varauksen noustessa, latausjännite nousee tasaisesti ja virta pysyy suurena. Latausprosentin ollessa noin 70 %, alkaa akun kyky ottaa vastaan virtaa heikentyä ja latausvirta alkaa tippua. Saavuttaessaan noin 90 % varauksen virran vastaanottokyky heikkenee oleellisesti. Tässä kohdassa myös latausjännite alenee huomattavasti, koska liiallinen jännite ainoastaan lämmittää akkua. Kaaviota luettaessa havaitaan, että lataus tyhjästä akusta 70 % varaustasoon kestää lähes yhtä kauan kun 70% varaustasosta täyteen 100% varaustasoon. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 186-188.)

5 RAKENNE

5.1 Materiaalit merellä

Meriympäristö tuo haasteen materiaaleille. Meriveteen upotetut materiaalit, roiskevesi sekä kostea ilma luovat korroosiolle otolliset oltavat. Materiaalivalinnat tulee tehdä ympäristön ehdoilla ja niiden on sovelluttava muilta ominaisuuksiltaan turbiinin rakenteeseen. Meriveden kanssa kosketuksessa olevien osien materiaali on lähikohtaisesti voimakkaammin seostettuja laatuja, kuten standardien EN 1.4462, EN 1.4439, EN 1.4539 ja EN 1.4565 mukaiset materiaalit tai nikkelpohjaisia seoksia. (SFS ry [Viitattu 5.3.2019].)

Kirjainyhdistelmä standardin edessä kertoo organisaation, jossa kyseinen standardi on laadittu. EN-lyhenne tulee European Union, joten EN-standardi kattaa Euroopan Unionin alueen. (SFS ry [Viitattu 15.3.2019].) Standardi kertoo materiaalista kaiken oleellisen tiedon. Metalleista standardi kertoo käytetyt seosaineet ja pitoisuudet, sekä suositellut käyttökohteet ja monia muita yksityiskohtia. (SFS ry [Viitattu 16.3.2019].)

5.2 Liitokset

Kun liitetään kaksi ominaisuuksiltaan erilaista metallia toisiinsa, tulee ottaa huomioon galvaaninen korroosio. Galvaaninen korroosion mahdollisuus tulee, jos metallien korroosipotentiaali on erilainen. Metalleilla täytyy lisäksi olla sähköinen yhteys tai niillä on sähköä johtava nestemäinen kalvo koskettamassa molempia (esimerkiksi merivesi). Galvaanisen korroosion edellytyksien täytyessä vähemmän jalompi metalli toimii anodina ja syöpyy. Metalleista jalompi toimii katodina ja suojautuu korroosiolta. Korroosipotentiaaliltaan erilaisten metallien koskettaessa toisiinsa tai ollessaan yhteydessä elektrolyytin (esim. merivesi) avulla aiheuttaa tämä elektronien liikkeen anodilta katodille. On mahdollista muodostaa kahdesta

metallista sähkökemiallinen pari, jossa epäjalompi metalli syöpyy voimakkaasti, vaikka normaalisti se kestäisi korroosion kyseisessä ympäristössä. Tällaisessa ympäristössä erilaisten metallien liittämisen on huomioitava kyseiset asiat. Metallit on joko eristettävä toisistaan tai niiden välillä ei saa olla korroosiopotentiaalia. (Euro Inox 2016.)



Kuva 14. Galvaanista korroosiota (Wikipedia Commons 2016b.)

5.3 Turbiinityypin valinta

Kun purjevereen halutaan asentaa turbiini, on vaihtoehtona putkiturbiinityyppinen turbiini. Kiinnityksen ja rakenteen kannalta se olisi hyvä turbiinityyppi tähän tarkoitukseen. Sähkölaitteiston voisi koteloida kapselin sisälle tai turbiinin voiman siirtää mekaanisesti ulos turbiinista. Turbiini kulkee veneen perässä, joten pudotuskorkeutta ei tule ja virtaus on ratkaiseva tekijä.

6 TULOKSET

Työn tuloksena syntyi suunnitelmassa huomioon otettavat asiat vesivoimaturbiinista purjeverneeseen. Suunnitelmassa on laajasti huomioitu erilaiset asiat, jotka täytyy ottaa huomioon laitteistovalmistusta varten. Jos tavoitteena on rakentaa laite mahdollisimman tehokkaaksi, tulee ensin laskea turbiinin halkaisija halutulle teholle. Turbiinin halkaisija ratkaisee laitteesta saatavan tehon. Haluttaessa esimerkiksi 1 kw teho, niin turbiinin täytyisi olla yli 70 cm halkaisijaltaan, jos vauhti on 3 m/s. Generaattorityyppien valintaan vaikuttaa oleellisesti turbiinityyppi, jonka lopulliseen laitteistoon valitsee. Materiaalien osalta täytyy ottaa huomioon niiden kestävyys niin mekaanisessa mielessä sekä olosuhteiden puolesta. Tuotettavan sähkön määrä riippuu suunniteltavan turbiinin koosta.

7 POHDINTAA

Opinnäytetyö oli aiheeltaan mielenkiintoinen ja avasi näkemystä suunnittelun tärkeydestä. Jos tällaista vesivoimaturbiinia olisi vain lähtenyt rakentamaan, olisi se varmasti ollut liian pieni odotettuun tehontuottoon nähden. Työtä aloitettaessa turbiinin tarvittavasta koosta suhteessa sen tuottoon ei ollut minkäänlaista käsitystä. Oikeastaan esimerkiksi 1 kw turbiinin tarvittava halkaisija yllätti. Lähtötietoina olen joskus laskenut, että oma purjevene liikkuakseen purjeilla nopeudella 3 m/s, purjeista saatava teho on 25 kw. Alustava ajatus työn suunnitteluun on lähtenyt siitä, että otetaan vedestä tehoa 1 kw niin veneen nopeus ei olennaisesti pienentyisi. Työssä isoksi haasteeksi tuli sen rajaaminen. Rajaamisessa täytyi pyrkiä kuitenkin vain ottamaan huomioon itse laitteen kannalta oleellisia asioita.

Opinnäytetyön aikana on laitteen prototyypin valmistamista myös suunniteltu. Opinnäytetyö oli pohjana prototyypin valmistamiselle ja pohdintaa sen mahdollisuuksille. Prototyypin tekeminen ja sen testaaminen on iso projekti. Toimivan prototyypin teko on suhteellisen kallista. Suhteellisen kallis hinta johtuu siitä, että komponentteja prototyyppiin valmistetaan vain yhden laitteen verran. Testaamisen myötä saisi arvokkaita käytännön tuloksia tehosta ja laitteen vaikutuksista veneen käyttäytymiseen. Onnistuneen prototyypin jälkeen voitaisiin ottaa kantaa siihen, kannattaisiko lähteä kaupallisesti valmistamaan suhteellisen isokokoista vesiturbiinia kyseiseen käyttöön. Generaattorityypin valinnassa päädyttäisiin kalliiseen, mutta toimivaan ratkaisuun, ja valittaisiin kestopagneetilla magnetoidun generaattorin. Materiaaleissa ei myöskään haluttaisi säästää. Kaikki osat valmistettaisiin ruostumattomasta teräksestä. Olen myös miettinyt turbiinin ja generaattorin rakennetta. Yksi vaihtoehto olisi, että turbiinin kehällä olisi kestopagneetit ja ympäröivän rungon sisällä kelat.

LÄHTEET

Ahola, J. 1998. Sähkötekniikka. Helsinki: WSOY.

Aura, L. & Tonteri, A. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektronikan perusteet. Helsinki: WSOY.

Euro Inox. 2011. Ruostumattomat teräkset kosketuksissa muiden metallisten materiaalien kanssa. [PDF-tiedosto]. Euro Inox The European Stainless Steel Development Association. [Viitattu 5.3.2019]. Saatavissa: http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Contact_with_Other_FI.pdf

Korpela, A. 2016. Tuulivoiman perusteet. Tampere: Amk-Kustannus Oy, Tammer-tekniikka

Max Pixel. Ei päiväystä. Turbine Turbines Hydroelectric Power Station. [Verkkosivu]. Max Pixel. [Viitattu 10.3.2019]. Saatavissa: <https://www.maxpixel.net/Turbine-Turbines-Hydroelectric-Power-Station-51755>

Mikkolainen, P. & Koivisto, J-P. 2008. Auto- ja kuljetusalan perusoppi: 7. Sähkölaitteiden perusteet. Helsinki: Otava

Perttula, J. 2000. Energiatekniikka. Helsinki: WSOY.

SFS ry. Ei päiväystä. Standardisointiin liittyviä termejä ja lyhenteitä. [Verkkosivu]. Suomen Standardisoimisliitto ry. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on/lyhenteet

SFS ry. Ei päiväystä. Avain standardien maailmaan [PDF-tiedosto]. Suomen Standardisoimisliitto ry. [Viitattu 16.3.2019]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/files/83/kk1_avain_standardien_maailmaan_web.pdf

Sorsa J, 2015. Materiaalitekniikka. Helsinki: Sanoma Pro OY

Wikipedia 2017. Файл:CNX Chem 17 05 Lead.png. [Kuva]. Wikipedia. [Viitattu 18.2.2019]. Saatavissa: https://bg.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:CNX_Chem_17_05_Lead.png

Wikipedia Commons. 2004. File:Water turbine - edit1.png. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 11.1.2019]. Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_turbine_-_edit1.png

- Wikipedia Commons. 2005a. File:Francis Turbine inlet scroll Grand Coulee Dam.jpg [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 27.2.2019]. Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francis_Turbine_inlet_scroll_Grand_Coulee_Dam.jpg
- Wikipedia Commons. 2005b. File:M vs francis schnitt 1 zoom.jpg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 28.1.2019]. Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M_vs_francis_schnitt_1_zoom.jpg
- Wikipedia Commons. 2005c. File:Kennfeld.png. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 21.1.2019]. Saatavissa: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kennfeld.png>
- Wikipedia Commons. 2010. File: File:Sine wave 2.svg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 30.3.2019]. Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sine_wave_2.svg
- Wikipedia Commons. 2014. File:Cavitacion.jpg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 12.2.2019]. Saatavissa: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cavitacion.jpg>
- Wikipedia Commons. 2015. File:IUoU charging graph.png. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 28.1.2019]. Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IUoU_charging_graph.png
- Wikipedia Commons. 2016a. File:BulbTurbineSketch.svg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 4.2.2019]. Saatavissa: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BulbTurbineSketch.svg>
- Wikipedia Commons. 2016b. File:Stainless-steel-mild-steel.jpg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 8.2.2019]. Saatavissa: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stainless-steel-mild-steel.jpg>
- Wikipedia Commons. 2017a. Gallery SlideshowFile:DIVE-TurbineSketch.svg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 2.2.2019]. Saatavissa: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DIVE-TurbineSketch.svg>
- Wikipedia Commons. 2017b. File:Induction1.jpg. [Kuva]. Wikipedia Commons. [Viitattu 10.2.2019]. Saatavissa: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Induction1.jpg>
- Wuori P, 1994. Virtausmekaniikan perusteet. Helsinki: Otatieto Oy

