

Luku E. Vesiturbiini- ja muun voimalaitostekniikan kehitys

Timo Myllyntaus,
8.4.2022

v12Blah

Jalkamyllyistä turbiineihin

Ihmiskunnalle virtaava vesi on ollut ensimmäinen mekaanisen liike-energian lähde.

Ihminen alkoi jo tuhansia vuosia ennen ajanlaskun alkua (eaa.) käyttää virtaavia jokia lautoin, ruuhin ja venein kuljetuksiin alavirtaan liikuttaessa. Yksinkertaisella tekniikalla ja pienelläkin työvoimalla voitiin kuljettaa vesitse suuria tavaramääriä pitkiäkin matkoja. Seuraava kehitysaskel 300 - 200 vuotta eaa. oli pystyaskeliset jalka- eli hierinmyllyt, joiden syöttörännistä vesi syöksyi voimakoneen melan muotoisiin lapoihin ja pyöritti myllynkiviin liitettyä pystytukkia. Myöhemmin opittiin rakentamaan myös voimakkaampia vaaka-akselisia puisia vesipyöriä, joiden akselista liike-energia siirrettiin työkoneisiin, yleisimmin viljaa jauhaviin myllyihin.¹ Ennen ajanlaskun alkua nämä vesivoimakoneet saapuivat Etelä-Eurooppaan ja keskiajalla Suomeen.

Vesipyöriä rakennettiin vuosisatoja perinteisten mallien mukaan paikallisiin olosuhteisiin soveltaen. Alusta lähtien vesivoimalle asetettiin erilaisia vaatimuksia; yksinkertaisesti sanottuna tarvittiin teholtaan, määrältään ja laadultaan tietynlaista vesivoimaa sopivaan aikaan. Tekniikan tehtävä oli täyttää yhteiskunnan vaatimukset ja tarpeet. Siksi vesivoiman tuotanto ja käyttö ovat olleet jatkuvassa muutoksessa. Maatalousyhteiskunnan

¹ Terry Reynolds, [Stronger Than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel](#), JHU Press, 2003, 10-18.

vaatimukset olivat vuosisatoja miltei samankaltaiset. Teollistuminen kiihdytti kehitystä ja vaati yhä voimakkaampia ja nopeammin pyöriviä voimanlähteitä. Samalla vesivoiman tarpeet eriytyivät ja laatuvaatimukset nousivat. Ranskalainen matematiikan professori Jean-Victor Poncelet (1788 – 1867) oli ensimmäinen, joka yritti pohjata vesirattaiden rakentamisen tieteeseen. Vuosina 1825 – 1838 hän kehitti laskelmillaan matemaattisesti aikansa tehokkaimmat juoksutusrännien kaltevuudet ja vesipyörrien kaarevien lapojen kulmat, joiden ansiosta hänen vesipyöränsä tuottivat noin kolmanneksen suuremman tehon kuin perinteiset vesirattaat. Hänen maanmiehensä Benoit Fourneyron (1802 – 1867) meni vuosina 1826 – 1833 vielä pidemmälle. Hän suunnitteli jo 25-vuotiaana tuolloin kokonaan uudentyyppisiin, sveitsiläisen Leonhard Eulerin matemaattisiin laskelmiin perustuvan ja kauttaaltaan raudasta valmistetun vesivoimakoneen, ”painerattaa”, jossa kaarevalapainen ja pysty akselinen juoksupyörä pyöri suljetussa kammiossa. Sylinterin muotoiseen ja oluttynnyrin kokoiseen valurautaiseen koneeseen vesi virtasi sivussa olevien ohjauslapojen suuntamana tangentiaalisesti juoksupyörän sivuitse ja läpi.²

Opettajansa Claude Burdinin esimerkin mukaisesti hän kutsui voimakonettaan uudella, kreikankielestä johdetulla *turbiini* sanalla. Tällä uudella koneella oli monta etua vanhoihin puisiin vesipyöriin verrattuna. Se oli niitä tehokkaampi, nopeakäyntisempi ja kierrosluvultaan helpommin säädettävä mutta kooltaan pienempi – tosin helposti skaalattavissa tarpeen vaatiessa isommaksikin.³ Siten niitä mahtui samaan tilaan useampia kuin vesirattaita. Fourneyronin kehittelemien parhaiden turbiinimallien hyötysuhteiden

² Reynolds, [*Stronger Than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel*](#), JHU Press, 2003, 14-16; *The Musée des Arts et Métiers, Guide to the Collections*, CNAM, Paris 2020, 13.

³ Fourneyron lisäsi jo ensimmäisiin 1830-luvulla käyttöön otettuihin turbiineihinsa veden virtauksen säätömekanismi.

arvioidaan yltäneen parhaimmillaan jopa 80 prosenttiin, mutta käytännössä ne eivät tuohon lukuun yltäneet.⁴ Näin ollen se täytti edeltäjiään paremmin nousussa olevan tehdasteollisuuden tarpeita – eräitä aloja lukuun ottamatta.

Vesiturbiinien aikakausi alkoi Suomessa vuonna 1847, kun maan ensimmäinen konepaja, Fiskars, alkoi valmistaa Pohjan pitäjässä niin kutsuttuja skotlantilaisia reaktiopyöriä. Seuraavana vuonna Suomen senaatti myönsi Fiskarsille yksinoikeuden valmistaa näitä koneita viiden vuoden ajan.⁵ Tarvittava tekninen asiantuntemus hankittiin Ruotsista, jossa reaktiopyöriä eli ”sarviturbiineja” oli tuohon aikaan laajasti käytössä jauhomyllyissä ja rautatehtailla. Nämä voimakoneet, joiden toimintaperiaate muistuttaa tavanomaista putkipaineella pyörivää nurmikon sadettajaa, olivat melko heikkotehoisia. Siten ne eivät kyenneet vastaamaan laajentuvan teollisuuden kasvaviin voimantarpeisiin.

Täysiveriset vesiturbiinit tulivat Suomessa yleiseen tietoisuuteen vasta 1837 eli tasan kymmenen vuotta Fourneyronin urauurtavan keksinnön jälkeen. Tuon vuoden syksynä huomattava turkulainen sanomalehti julkaisi kyseistä voimakonetta kuvailevan artikkelin ja povasi tälle poikkeukselliselle keksinnölle suurta tulevaisuutta.⁶ Suomeen ensimmäinen Fourneyron-turbiini hankittiin 1840-luvulla.

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Beno%C3%AEt_Fourneyron

⁵ Tuohon aikaan maan hallitus myönsi samanlaisen patenttiturvan niin omaperäisille keksinnöille kuin ulkomailta hankituille valmistulisisensseille tai valmistusideoille.

⁶ *Åbo Tidning*, 14.10.1837.

Jonval-turbiinit

Suomessa tuontilisensseillä valmistettu Fourneyron ”painepyörä” oli 1850-luvun hallitseva vesiturbiinityyppi maassamme. Se menetti pian johtavan asemansa uudelle aksiaaliselle vesiturbiinille, jonka saksalainen Carl A. Henschel, Nicholas J. Jonval ja André Koechlin olivat kehittäneet Ranskassa ja Saksassa vuosina 1837 – 1843. Kun saksalainen Carl A. Henschel oli esitellyt Braunschweigissä oman aksiaalisen turbiininsa vuonna 1837, eräät muut alan tutkijat jatkoivat hänen työtään. Ranskalainen Nicholas Joseph Jonval patentoi vuonna 1841 turbiinin, jossa vesi virtasi aksiaalisesti turbiinin läpi likimain samalla etäisyydellä akselista, joten keskipakovoima ei suuremmin hidastanut sen virtausta. André Koeschlin teki puolestaan omia parannuksiaan ja patentoi oman konstruktionsa vuonna 1843. Sen jälkeen kolmas ranskalainen, Pierre-Lucien Fontaine teki lisäparannuksia, jotka hän julkaisi vuonna 1858. Lopulta Jonval-turbiinit saivat alapuolelleen alipaineen aikaansaavan imuputken, mikä oli omiaan kiihdyttämään veden virtausta turbiinin läpi. Tämä Jonval-turbiinin tunnettu malli sai maailmalla suosiota ja se oli Suomessakin ostetuin turbiini 1860-luvulta aina 1890-luvulle saakka.⁷ Jonvalissa oli suurempi pyörimisnopeus, paremmat nopeuden säätömekanismit ja korkeampi hyötysuhde – arviolta 70 – 85 prosenttia – kuin Fourneyronilla. Näiden seikkojen ansiosta Jonval-turbiini osoittautui erityisen sopivaksi Suomen olosuhteisiin, joissa suhteellisen suuria vesimääriä virtasi matalista tai korkeintaan keskikorkeista putouksista. Tarjolla oli myös muita konstruktioita, kuten ranskalaisen Louis-Dominique Girardin vuonna 1847 patentoima

⁷ Willi Hager, *Hydraulicians in Europe 1800-2000: Volume 2, A Biographical Dictionary of Leaders in Hydraulic Engineering and Fluid Mechanics*, IAHR, 9, p. 972, 974, Google books

vesiturbiini, saksalaisen R. Schwamkrugin konstruktio (1851) sekä korkeisiin putouksiin sopiva Lester Peltonin ”lusikkaturbiini” (1880).⁸ Ne eivät kuitenkaan soveltuneet Suomen oloihin.

Suomi oli alan kehityksessä mukana, vaikkei sen konepajat pystyneetkään innovoimaan omia turbiinityyppejään. Fiskarsin aloitettua lisenssein vesiturbiinien tuotannon 1847, sitä seurasivat samalla taktiikalla muun muassa Warkauden konepaja 1857 ja Tampellaksi myöhemmin nimetty Tampereen konepaja 1858. Kotimainen valmistus pystyi tuntuvien tuontitullien oloissa tyydyttämään turbiineiden kysynnän vuosikymmenien ajan aina reaktiopyörien maihinnoususta lähtien. 1850-luvulla Suomessa oli viisi pientä turbiinivalmistajaa, joiden lukumäärä nousi kymmeneen 1890-lukuun mennessä.

Vesiturbiinit syrjäyttivät vesirattaat Suomen paperiteollisuudessa 1860-luvulla ja suurelta osin myös kutomateollisuudessa ajanjaksona 1855 – 1875.⁹ 1800-luvun loppupuoliskolla lukumääräisesti eniten vesiturbiineja toimitettiin kuitenkin viljamylyihin ja sittemmin myös meijereihin, mutta vesisahoissa vesiturbiinit eivät koskaan saavuttaneet Suomessa suurta suosiota.

Suurin vesivoimaa käyttänyt tuotannon ala 1800-luvulla oli puunjalostusteollisuus.

Vuosisadan nopeimmin kasvoi puuhiomoteollisuus, joka suurelta osin pyöri kotimaassa valmistettujen Jonval-vesiturbiinien voimin. Sen ns. kylmähiontakoneille riitti Jonval-turbiinien antama 30 – 100 hevosvoiman teho. Nuo turbiinit saavuttivat vain 120 - 160

⁸ Louis C. Hunter, *A History of Industrial Power in the United States 1780 – 1930, Vol. 1: Waterpower in the Century of the Steam Engine*, Charlottesville 1979, S. 338-42 ja Keskinen (1979), 6-10, Vesiturbiinit, *Suomen vesivoima*, toim. Raimo Salokangas 1969 ja Risto Keskinen, *Voimakoneiden valmistus Suomessa*, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan laitos, Hydraulikka, raportti 16, Tampere 1979, 6-10.

⁹ Ensin oli vesipyörä, sitten turbiini – Muut kehittivät, matalien putousten Suomis sovelsi, *Tekniikan Historia*-lehti 2016 ja uudelleen *Kauppalehti* 10.8.2018, <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/ensin-oli-vesipyora-sitten-turbiini-muut-kehittivat-matalien-putousten-suomi-sovelsi/46bcfb0d-df27-39ef-bac3-12da76214880>

kierrosta minuutissa ja niiden voiman välitettiin hihnoin tai ratasvälityksellä hiomakoneille. Vuoden 1893 Chicagon maailmannäyttely oli sen suomalaisille osallistujille käänteentekevä kokemus monessakin suhteessa. Hioma-alan edustajat vaikuttivat uudentyyppisistä amerikkalaisista vesiturbiineista, joiden voima-akseliin oli suoraan kytketty ns. kuuma-hiomakone. Nämä yhdistelmät pyörivät kaksinkertaisella nopeudella tuottaen tuplasti enemmän hioketta samassa ajassa kuin uusimmat hitaasti pyörivät suomalaisvalmisteiset Jonval-turbiinien ja kylmähiomakoneiden yhdistelmät. Seurauksena oli, että lyhyessä ajassa nopeakäyntiset amerikkalaiset ja eurooppalaiset tuontiturbiinit syrjäyttivät suomalaisvalmisteiset turbiinit massa- ja paperiteollisuudessa.¹⁰

Francis-turbiinit

Mullistuksen lähtökohtana oli brittiläis-amerikkalaisen James Bicheno Francisin jo vuonna 1848 kehittämä uudenlainen nopeakäyntinen reaktiovesiturbiini, jossa yhdistyy radiaalisen ja aksaalisen virtauksen ominaisuudet ja jonka kiinteäsiipinen juoksupyörä toimii aktio- eli tasapainevoimalla.¹¹ Usein näiden voimakoneiden tehoa ja pyörimisnopeutta nostettiin kaksoisturbiinirakenteella, jonka vaaka-akselille kytkettiin työkoneita tai generaattori, jolloin tehohäviöt vähenivät entisestään. 1900-luvulla valmistettujen Francis-turbiinien hyötysuhde oli hyvä, suunnilleen 80 %, ja ne sopivat rivakoiden säätöominaisuuksiensa vuoksi Jonval-turbiineja paremmin

¹⁰ E. Solitander ja I. Sourander *Suomen puuhiomoyhdistys 1892 – 1952, Lisävalaistusta Suomen hioke- ja kartonkiteollisuuden historiaan*. Helsinki 1953, 25 ja 34-35.

¹¹ Francis turbine,

sähköntuotantoon.¹² Niinpä Francis-turbiinit hallitsivat vesivoiman hyödyntämistä niin Suomen puunjalostusteollisuudessa kuin myös sähkön tuotannossa vuosisadan vaihteesta aina 1920-luvun loppuun. Niiden merkittävin aluevaltaus maassamme oli, että Imatran voimalaitoksen kuudeksi ensimmäiseksi primäärivoimakoneeksi valittiin Francis-turbiinit. Ne asennettiin paikoilleen ja otettiin käyttöön kahdessa vaiheessa (4 kpl + 2 kpl) vuosina 1928 – 1929 ja 1936 –1937. Näiden asennusten jälkeen voimalan tuotantokapasiteetti oli 125 MW.¹³

Suomen teollisuuden primäärivoimakoneiden yhteistehon nopein kasvun vaihe koettiin ajanjaksona 1900 – 1925, mikä on yllättävää siksi, että tuona kautena koettiin useita taloudellisia takaiskuja mm. ensimmäisen maailmansodan ja sisällissodan seurauksena. Tuona periodina nopeimmin kaikista primäärivoimakoneista kasvoi vesiturbiinien kilowatteina mitattu kokonaisteho. Samaan aikaan Suomen teollistuminen koki yhden ripeimmistä kasvukausistaan. Taulukko 1 osoittaa, että maamme industrialisoituminen voidaan jakaa kolmeen pääkauteen primäärivoimakoneiden yhteistehon mukaan: 1600-luvulta 1870-luvun alkuun elettiin vesirattaiden aikakautta, 1870-luvulta 1960-luvun lopulle teollisuuden liike-energia saatiin pääosin vesiturbiineista, ja sen jälkeen olemme eläneet höyryturbiinien aikakautta. Kiintoisaa tässä tarkastelussa on, että päinvastoin kuin monessa muussa Euroopan maassa Suomessa mäntähöyrykoneet eivät olleet missään vaiheessa teollistumisen päämoottoreita.¹⁴

¹² Risto Keskinen, *Vesivoima, Suomen Energiatekniikan historia, Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840 -1980, Osa 1*, Toim. Risto Keskinen, Tampere 1993, 125.

¹³ Sama (Obs)

¹⁴ Timo Myllyntaus, Farewell to Self-sufficiency: Finland and the Globalization of Fossil Fuels,” *Energy, Policy, and the Environment: Modeling Sustainable Development for the North*, (Eds.) Marja Järvelä and Sirkku Juhola, Studies in Human Ecology and Adaptation vol. 6, New York, Springer Science + Business Media 2011, pp. 31-44: Online: <http://www.springerlink.com/content/978-1-4614-0349-4/#section=950742&page=1>

Taulukko 1. Suomen teollisuuden primäärivoimakoneiden yhteenlasketut tehot
1850 – 1983

Vuosi	Vesi- ratat	Vesi- turbiinit	Mäntä- höyry- koneet	Höyry- turbiinit	Poltto- ja muut moottorit #	Yhteensä
	kW	kW	kW	kW	kW	kW
Teho						
1850	3 800*	120*	50*	0	0	3 970*
1875	4 500	5 000	3 700	0	..	13 200
1900	3 700	37 200	29 200	600	400	71 100
1925	700	145 600	77 700	99 700	9 300	333 000
1938	500	480 700	73 200	372 900	14 600	941 900
1950	100	700 800	44 700	446 800	19 700	1 212 100
1975	..	2 482 200	..	4 224 000	790 000	7 496 200
1983	..	2 526 000	..	8 509 000	1 019 000	12 054 000
%- jakauma						
1850	97,7*	3,0*	1,3*	0	0	100,0
1875	34,1	37,9	28,0	0	0	100,0
1900	5,2	52,3	41,1	0,8	0,6	100,0
1925	0,2	43,7	23,3	29,9	2,8	100,0
1938	0,1	51,0	7,8	39,6	1,6	100,0
1950	..	57,8	3,7	36,9	1,6	100,0
1975	..	33,1	..	56,3	10,5	100,0
1983	..	21,0	..	70,6	8,5	100,0

☞ Vuosilta 1850 – 1900 on kaikki kotitarvemyllyt ja -sahat sekä meijerit suljettu pois tilastosta puutteellisten lähdetietojen vuoksi. Vuosilta 1925 – 1983 ovat kaikki kotitarvemyllyt ja -sahat edelleen tilaston ulkopuolella, mutta teolliset meijerit ovat sen sijaan sisällytetty tilastoon.

* Estimoitu arvio

Sisältää myös kaasuturbiinit

.. Ei lähdetietoja

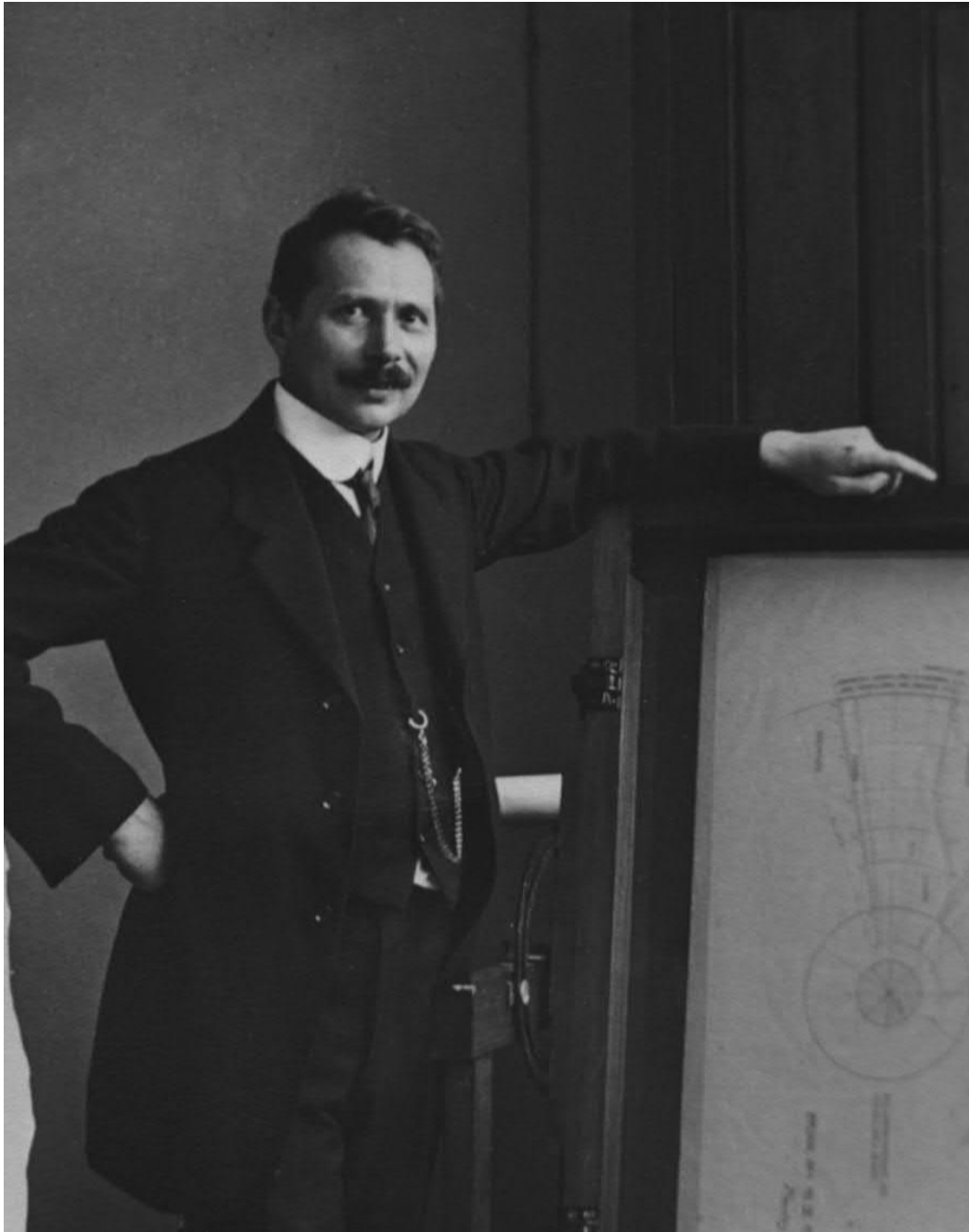
Lähteet: *Fiskarsin arkistot*, Pohja; Lähteet: *Fiskarsin arkistot*, Pohja; *Manufaktuurijohtokunnan arkistot* ja *Teollisuushallituksen arkisto*, Kansallisarkisto, Helsinki; K.E.F. Ignatius, *Le grande-duché de Finlande*. Helsingfors 1876, s. 91-92; SVT 18 A:1-55: *Teollisuustilasto* 1884 – 1952, Helsinki 1885 – 1952; *Energiatilastot 1975 – 1985*, Helsinki 1985.

Kaplan turbiinit

Francis-vesiturbiinit olivat siis Suomen teollistumisen läpimurron tärkeimpiä primäärivoimakoneita. Vaikka James Bicheno Francisin ajoista lähtien hänen keksintöönsä olivat monet muut turbiinisuunnittelijat jo tehneet merkittäviä parannuksia, niin silti monilla tahoilla katsottiin, että vielä paremmalle vesivoimakoneelle oli kysyntää. Eräs näistä parannusideoiden kehittäjistä oli itävaltalainen koneinsinööri Viktor Kaplan (1876 – 1934). Hän syntyi rautatieläisperheeseen, opiskeli Wienin kuuluisassa teknillisessä korkeakoulussa koneenrakennusta ja tuli valmistuttuaan valituksi vesivoimatekniikan apulaisprofessoriksi Brunon saksalaiseen teknilliseen korkeakouluun, joka sijaitsee Böömin maakunnassa nykyisen Tšekin tasavallan alueella.¹⁵ Kaplan otti professuurinsa tutkimusalan vakavasti ja paneutui sen keskeisimpiin ja polttavimpiin ongelmiin. Hän – kuten ei moni muukaan alan ekspertti – ei katsonut suosituksen Francis-turbiinin pystyvän vastaamaan kaikkiin 1900-luvun ja erityisesti Euroopan jokien haasteisiin. Ensinnäkään se ei mukautunut Alppien ja monien muiden runsaslumisten alueiden jokien suuriin vesimäärien vuosittaisiin vaihteluihin. Siten varsinkaan vähävetisinä kausina Francis-turbiineista ei saanut tarvittavia tehoja. Toiseksi Francis-turbiinien kierrosluku, maksimissaan 400 kierrosta minuutissa, ei vastannut uuden aikakauden kaikkien työkonien eikä sähköntuotannon tarpeita. Kolmanneksi Francis-turbiinit eivät olleet riittävän tehokkaita matalissa putouskorkeuksissa. Neljänneksi se ei pystynyt riittävästi hyödyntämään suuria vesimääriä varsinkaan putouskorkeuden ollessa alhainen. Näin

¹⁵ Czech Innovation Expo, <http://www.ciexpo.cz/rodokmen/viktor-kaplan/?lang=en>

ollen Kaplan arvioi, että varsinkin Euroopan markkinoilla oli kysyntää uudentlaiselle vesiturbiinityypille.¹⁶

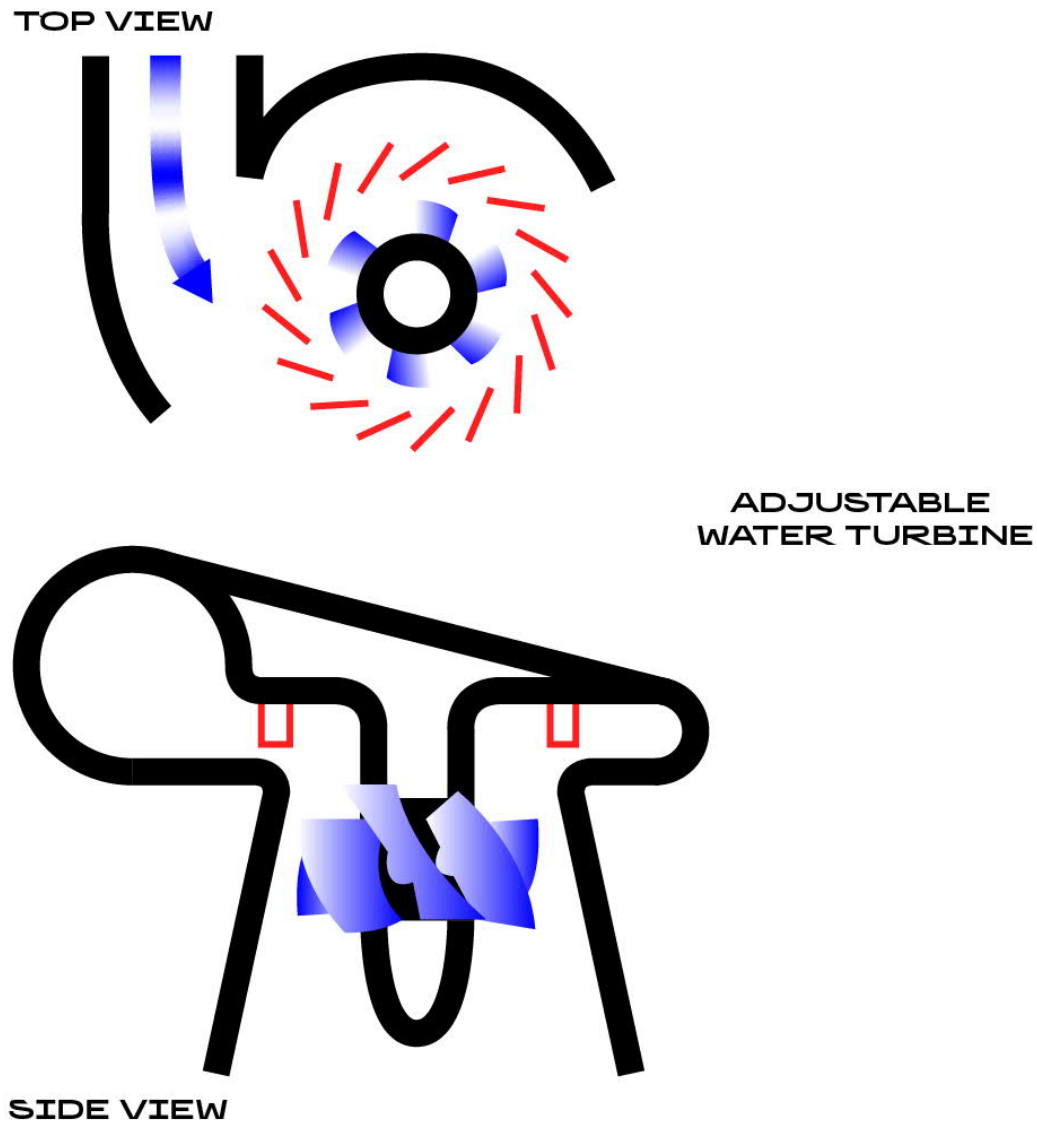


Kuva 1. Viktor Kaplan (1876 – 1934)

¹⁶ Czech Innovation Expo, <http://www.ciexpo.cz/rodokmen/viktor-kaplan/?lang=en>; *Teknisk Tidskrift*; Kaplans uppfinning, Tekniska Museet, Stockholm, http://www.tekniskamuseet.se/elkraft/vattenkraftverken/statliga/lilla_edet/kaplans_oppfinning.htm

Kaplan otti kehittelytyönsä lähtökohdaksi aikakautensa parhaan vesivoimakoneen, Francis-turbiinin, jonka puutteisiin hän oli perehtynyt monien muiden tutkijoiden tavoin. Kaplan tuli siihen tulokseen, että Francis-turbiinin suurimmat tekniset ongelmat liittyvät sen kiinteälapaiseen ja kehystettyyn juoksupyörään. Niinpä hän lähti yksinkertaistamaan juoksupyörän rakennetta poistamalla siitä ulkokehän ja vähentämällä siipien määrää. Kaplan eteni lopulta päätelmään, että turbiinin tuli estää veden vapaata virtausta niin vähän kuin mahdollista. Siten hän päätyi tulokseen, että juoksupyörän siipien tuli toimia propellin tavoin ja niitä piti pystyä kääntämään vedenvirtauksen määrän ja nopeuden mukaan. Vuonna 1910 Kaplan ryhtyi yhteistyöhön paikallisen rautavalimon johtajan Heinrich Storekin kanssa ja perusti tämän valimoon vesiturbiinien testauslaboratorion.¹⁷ Kehittelytyönsä hän pohjasi tieteellisiin teorioihin ja matemaattisiin laskelmiin. Niiden avulla hän loi oman turbiiniteoriansa, josta muodostui hänen turbiinisunnittelunsa perusta.

¹⁷ Czech Innovation Expo, <http://www.ciexpo.cz/rodokmen/viktor-kaplan/?lang=en>



Kuvio 1. Kaplan-turbiinin läpileikkauksia ylhäältä ja sivusta katsottuna. Sininen nuoli kuvaa veden virtaussuuntaa turbiinin supistuvaan syöttökehään, joka on omaksuttu Francis-turbiineista. Punaiset viivat kuvaavat juoksupyörän ohjaussiivekkeitä, jotka suuntaavat veden halutussa kulmassa juoksupyörään, jonka siniset siivekkeet näkyvät kuvissa kahdesta suunnasta.

Ensimmäinen Kaplan-turbiini asennettiin Velmassa, Ala-Itäväallassa sijainneeseen tekstiilitehtaaseen vuosien 1918 ja 1919 vaihteessa. Muutaman vuoden tauon jälkeen seuraavat toimitukset tapahtuivat 1920-luvun alussa.

Merkittävistä teknologisista ansioistaan huolimatta Kaplan-turbiini ei alussa saanut myönteistä vastaanottoa maailmalla. Francis-turbiinin valmistajat kritisoivat sitä ankarasti.

Kun Kaplan sai vuonna 1913 turbiinikeksinnölleen sveitsiläisen patentin, saksalaiset ja sveitsiläiset konepajat kieltäytyivät sen lisenssivalmistuksesta. Maailmassa oli tuolloin vain kolme konepajaa, jotka suostuivat aloittamaan Kaplan-turbiinin valmistuksen. Alkuvuosina noista kolmesta merkittävimmäksi muodostui ansioitunut ruotsalainen vesiturbiinien valmistaja [Karlstads Mekaniska Werkstad \(KMW\)](https://web.archive.org/web/20050415085934/http://www.tekniskamuseet.se/elkraft/tillverkarna/kmw.htm), [Verkstaden i Kristinehamn](https://web.archive.org/web/20050415042815/), joka sai yksinoikeuden valmistaa Kaplan-turbiineja Ruotsissa.¹⁸ Jo vuonna 1914 yritys teki halkaisijaltaan 700 mm juoksupyörällä varustetun turbiinin, jota myös testattiin hyvin tuloksin. Ensimmäisen maailmansodan puhkeaminen ja sen jälkeen kulumisongelmat vuosina 1919 – 1922 Kaplanin [Poděbradyyn](https://web.archive.org/web/20050415085934/http://www.tekniskamuseet.se/elkraft/tillverkarna/kmw.htm), Tšekkoslovakiaan, rakennuttamassa koevoimalaitoksessa viivyttivät keksinnön kaupallisen tuotannon aloittamista muissakin maissa.¹⁹

Vuonna 1922 suuri saksalainen konepajayhtiö Voith esitteli ensimmäisen valmistamansa 1 100 hv (noin 800 kW) suuruisen Kaplan-turbiinin itävaltalaisen tilaajan, Steyrermühlin paperitehtaan, sähkövoimalalle.²⁰ Tapahtuma lisäsi tuolloin kaupallista kiinnostusta Kaplan-turbiinia kohtaan Keski-Euroopassa. Samana vuonna Ruotsin valtion voimayhtiö Vattenfall tilasi puolestaan ensimmäiset Kaplan-turbiinit KMW:ltä Lilla Edetin vesivoimalaitokseensa ja ne toimitettiin vuonna 1926.²¹ Tämä konetoimitus muodostui

¹⁸ Karlstad Mekaniska Werstad,
<https://web.archive.org/web/20050415085934/http://www.tekniskamuseet.se/elkraft/tillverkarna/kmw.htm>;
 Aktiebolaget Karlstads Mekaniska Werkstad 1873-1933. Karlstad 1933

¹⁹ *Nordisk familiebok*. Ugglepplagan 38. supplement, Stockholm 1930?, 979-980; Wikipedia:
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaplan-turbiini>

²⁰ https://voith.com/fi-fi/news-room_press-releases_49042.html;
https://www.researchgate.net/publication/275493548_Viktor_Kaplan_und_seine_Turbine_bei_Voith

²¹ Verkstaden i Kristinehamn,
<https://web.archive.org/web/20050415085934/http://www.tekniskamuseet.se/elkraft/tillverkarna/kmw.htm>;
<https://web.archive.org/web/20050415042815/>;

käänteentekeväksi monessakin mielessä. Voimalan 14 000 hevosvoiman turbiinit olivat tuolloin teholtaan maailman suurimmat²². Lilla Edetin vesisähkövoimalaitos ei ollut vain suurin Kaplan-turbiinivoimala, vaan valmistuessaan se oli myös maailman suurin sähkön tuotantoyksikkö. Siksi se nousi otsikoihin ympäri maapalloa, mikä puolestaan siivitti voimalaitosmarkkinoiden laajaa hyväksyntää Kaplan-turbiinille ja sen kansainvälistä läpimurtoa.

Huomionarvoista on, että Suomessa mielenkiinto uutta turbiinityyppiä kohtaan oli herännyt jo ennen sen suurta läpimurtoa Ruotsissa, jossa ensimmäinen, pieni 120 hv:n Kaplan-turbiini otettiin käyttöön vuonna 1922.²³ Maamme ensimmäinen Kaplan-turbiini otettiin puolestaan käyttöön 1925 – eli vuotta ennen kuin Lilla Edetin valmistumista – Hiitolanjoen Kangaskosken sähkövoimalassa Etelä-Karjalan Rautjärvellä nykyisen itärajan tuntumassa.²⁴ Ruotsissa hankittiin vielä 1900-luvun puolivälissäkin Francis-turbiineja verraten mataliinkin putouksiin, kun taas Suomessa Kaplan-turbiineista tuli melko nopeasti ehdoton markkinajohtaja. Osin tämä johtui siitä, että maamme kosket ovat keskimäärin putouuskorkeudeltaan matalampia kuin Ruotsin kosket, mutta myös siitä, että alan suomalaiset asiantuntijat, etunenässä Teknillisen korkeakoulun koneenrakennusopin professori K. Axel Ahlfors, tulivat jo 1910-luvun lopussa vakuuttuneiksi Kaplan-turbiinin vahvuuksista.²⁵ Ahlforsilla oli omiakin jopa patentoituja turbiinikeksintöjä, mutta hän joutui myöntämään Viktor Kaplanin turbiinin olevan niitä parempi. Ahlfors tunsikin tämän turbiinin hyvin ja kävi Kaplanin kanssa kirjeenvaihtoa alan kysymyksistä. Ahlforsin vaikutus

²² *Nordisk familiebok*. Uggleupplagan 38. supplement, Stockholm 1930?, 979-980 (Obs).

²³ Bengt Spade, *De svenska vattenkraftverken: teknik under hundra år*. Stockholm 1999

²⁴ Kaplan turbiini, Wikipedia: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaplan-turbiini>

²⁵ K. Axel Ahlfors, *Vesiturbiinit*, Porvoo: WSOY 1932; K. Axel Ahlfors, *Kaplanturbinens teori, Teknisk Tidskrift/Mekanik*, Häfte 7, Juli 1932, utgiven av svenska teknologföreningen.

suomalaiseen turbiinitutkimukseen ja -tuntemukseen levisi hänen yliopisto-opetuksensa ja lukuisten julkaisujensa kautta, joissa Kaplanin turbiiniteoria ja keksinnöt tulivat vahvasti esiin. Lisäksi osin Ahlforsin ansiota oli, että Teknillisen Korkeakouluun, Helsinkiin Eerikin ja Albertinkatujen risteykseen nousseeseen uuteen talokompleksiin, avattiin 1930-luvun alussa vesivoimalaboratorio.²⁶



Kuva 2. Teknillisen korkeakoulun vesivoimalaboratorio 1950-luvun asussaan Helsingin keskustassa, <https://www.flickr.com/photos/aaltocommons/21449823062>

Maailmanlaajuinen tunnustus Viktor Kaplanin keksinnöille saavutettiin Brysselissä järjestetyssä maailmannäyttelyssä, jossa Tšekkoslovakiassa Vltava-joessa sijainneen Orlikin

²⁶ K. Axel Ahlfors, Tekniska Högskolans vattenkraftlaboratorium. *Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar*. Årgång 58, Häfte 8, August 1934; Sampsa Kaataja, Tekniikkaa yliopistosta teollisuuteen. Karl Axel Ahlfors (1874 – 1961) vesiturbiinien kehittäjänä 1900-luvun alkupuolella, *Tekniikan Waiheita* no. 3-4 1915, 7-19, <https://docplayer.fi/213562424-Tekniikkaa-yliopistosta-teollisuuteen.html>

vesivoimalaitoksen Kaplan-turbiinin harvinaisen suuri 10-siipinen juoksupyörä palkittiin Expo 58 Golden Grand Prix -palkinnolla. Voimalan neljän turbiinin yhteisteho oli tuolloin 94,5 megawattia putouskorkeuden ollessa 70,5 metriä.²⁷

Kaplan-turbiini on vesivoimakoneeksi varsin poikkeuksellinen. Toimintaperiaatteeltaan se on varsin mutkikas laite, ja osin siksi sitä kohtaan tunnettiin paljon epäluuloa ja -luottamusta. Lisäksi se on vesivoimakone, jonka sen keksijän onnistui tehdä siitä valmiin ja toimivan innovaation, jota valmistettu miltei samanlaisena lähes sadan vuoden ajan. Tosin kuin monista muista turbiineista siitä ei ole onnistuttu jatkokehittämään olennaisesti parempia versioita.²⁸ Pieniin jokiin ja mataliin putouksiin tarkoitetut putkiturbiinit ovat ehkä tunnetuimpia ja eniten valmistettuja Kaplan-turbiinin muunnoksia.

²⁷ <https://www.cez.cz/en/energy-generation/hydroelectric-power-plants/cez-hydroelectric-power-plants/czech-republic/orlik>; Czech Innovation Expo, <http://www.ciexpo.cz/rodokmen/viktor-kaplan/?lang=en>

²⁸ Toki joitain muutoksia on tehty. Toisen maailmansodan jälkeen Kaplan-turbiinien siipien lukumäärää on vähennetty ja siten onnistuttu lisäämään koneen suorituskykyä.

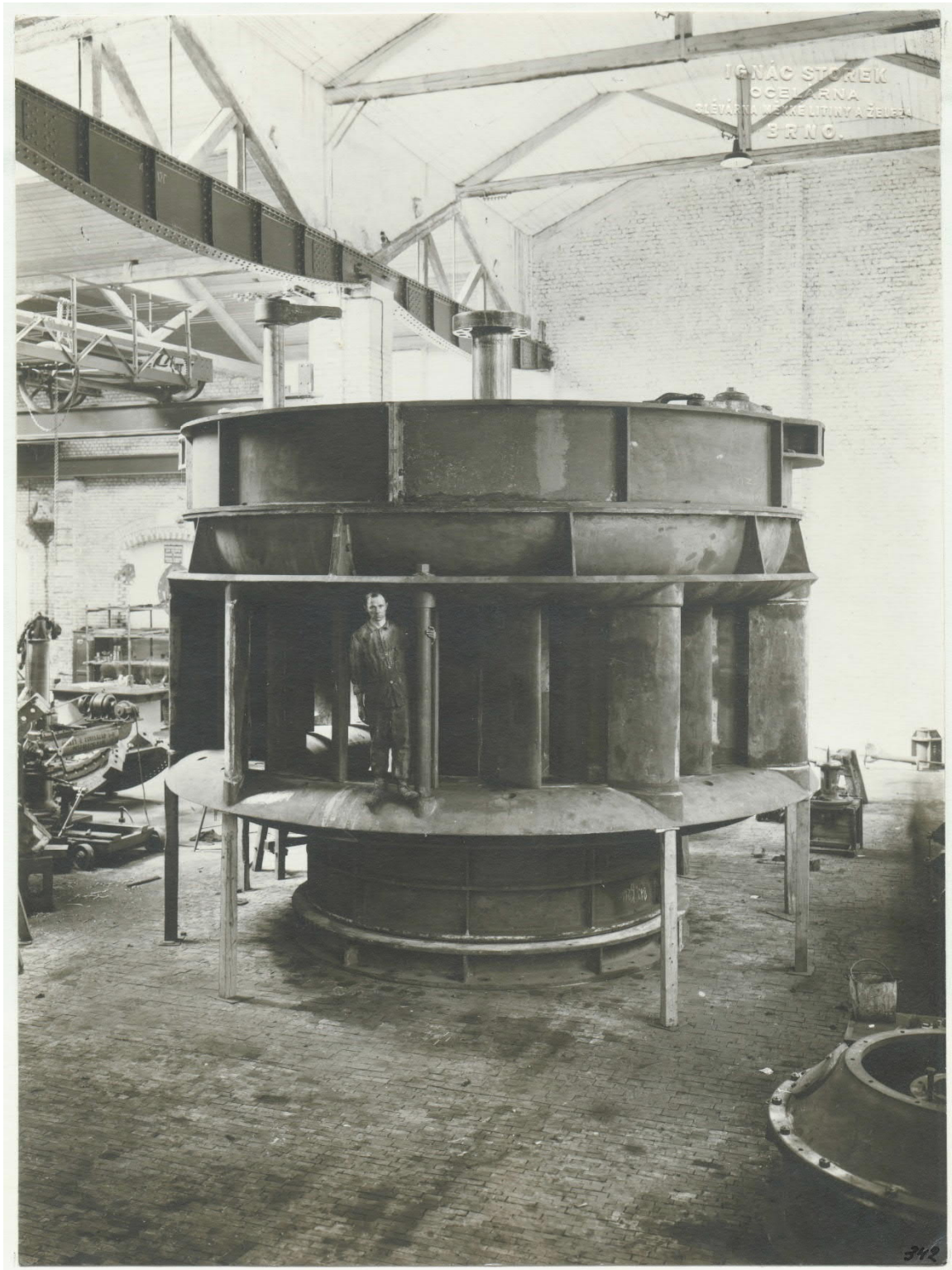


Kuva 3. Karl Axel Mauritz Ahlfors (1874 – 1961)

Kaplanin kolme merkittävintä patentoitua keksintöä:

1. Kääntyväsiipinen juoksupyörä, jota voidaan säätää joustavasti myös käynnin aikana
2. Johtopyörä, jonka kääntyviä siivekkeitä voidaan koordinoitusti säätää, jotta optimaalinen teho ja/tai pyörimisnopeus saavutetaan.
3. Laajeneva imuputki, jonka synnyttämä alipaine lisäsi veden virtausnopeutta ja siten turbiinin tehoa.²⁹

²⁹ K. Axel Ahlfors, Kaplanturbinens teori, *Teknisk Tidskrift/Mekanik*, Häfte 7, Juli 1932, utgiven av svenska teknologföreningen.



Kuva 4. Valmistumassa oleva Kaplan-turbiinin johtopyörä brnolaisella konepajalla Tšekkoslovakiassa. Mies seisoo liikkuvien ohjaussiivekkeiden välissä, joita tässä mallissa on kahdessa kehässä.

Kaplanin patenttien voimassaolo päättyi monissa Euroopan maissa vuonna 1936, jonka jälkeen hänen turbiineitaan voitiin niissä kopioida ja jäljentää vapaasti.³⁰ Tuon ajankohdan jälkeen näiden turbiinien valmistajien määrä lisääntyi ja tuotantomäärät kasvoivat. Suomessa merkittävin Kaplan-turbiinien valmistajaksi nousi sotien välisellä kaudella Tampella, joka oli 1920-luvulta lähtien valmistanut niitä yhteistyössä KMW:n Kristinehamnin konepajan ja sen testauslaboratorion kanssa.

Valittiinko Oulujoen vesistön voimaloihin oikeat turbiinityypit?

Amerikasta peräisin olevat Francis-tyyppiset turbiini nousivat Suomen uusissa hankinnoissa suosituimmaksi turbiinimalliksi 1890-luvun jälkipuoliskolta lähtien. Suuren suosion ne saivat puuhiomoissa, joissa niiden vetoakseli voitiin asentaa suoraan hiomakoneeseen ilman voiman välitysmekanismeja. Suomessa Francis-turbiinien valtakausi päättyi Imatran voimalaitoksen kahdeksan ensimmäisen voimakoneiston asentamiseen. Ne oli tilattu jo 1920-luvun alussa ja ne otettiin käyttöön kahdessa vaiheessa vuosina 1928 – 1929 ja 1936 –1937. Näiden koneistojen jälkeen samaa kokoluokkaa olevia suuria Francis-turbiineita ei ole Suomeen hankittu. Voidaan kysyä, oliko nopea ja massiivinen siirtymä tyypistä toiseen perusteltu ratkaisu?

Ruotsissa, jossa joet ovat samankaltaisia mutta keskimäärin isompia kuin Suomessa, ja jossa elinkeinorakenne oli 1900-luvun alussa varsin samanlainen, hankittiin aina viime vuosisadan jälkipuoliskolle saakka molempia vesiturbiinityyppejä. Francis-turbiinit ovat

³⁰ Yhdysvalloissa Kaplan-turbiinille myönnettiin patentti vasta 1931 ja se raukesi 1948.
<https://patents.google.com/patent/US1822778A/en>

rakenteellisesti yksinkertaisempia, niissä on esimerkiksi kiinteälapaiset juoksupyörät, sekä helpompia ja edullisempia huoltaa. Näistä syistä ne ovat olleet sekä hankintahinnaltaan että huoltokustannuksiltaan edullisimpia ja silti kohtuullisen toimintavarmoja.

Mielenkiintoinen kysymys onkin, että miksi Suomi Ruotsia köyhempänä ja teknologisesti kehittymättömämpänä maana päätyi hankkimaan pääsääntöisesti Kaplan -turbiineja suurimpiin vesivoimaloihinsa. Siitäkin huolimatta, että Ruotsilla oli 1900-luvun alkupuoliskolla vahva vesiturbiiniteollisuus – erityisesti Kaplan-turbiinien osalta ja ruotsalainen valmistaja KMW oli yksi niistä viidestä ei-tsekkoslovakialaisesta konepajayhtiöstä, jotka saivat Kaplanilta yksinoikeuden hänen turbiiniensa valmistamiseen jo 1920-luvun alussa, tämä turbiini tyyppi ei saanut Ruotsissa vankkumatonta kannatusta ainakaan puoleen vuosisataan.

Merkille pantavaa on, että vuonna 1934 aloitettuun ja vuonna 1937 valmistuneeseen – silloin Suomen toiseksi suurimpaan voimalaitokseen – asennettiin neljä 29,5 MW Kaplan-turbiinia. Moskovan rauhassa 1948 tämä voimalaitos jouduttiin luovutamaan Neuvostoliitolle, ja sen nimi muutettiin Lesogorskin vesivoimalaitokseksi.³¹ Näistä suurista turbiineista alkoi edelleenkin jatkuva Kaplan -turbiinien valtakausi maassamme.

Suomessa Kaplan-turbiineja on arvostettu useasta syystä. Ensinnäkin se sopii hyvin Suomen jokien mataliin korkeusprofiileihin. Toiseksi vesimäärien vaihtelu on joissamme huomattavan suurta johtuen erityisesti lumipeitteen nopeasta sulamisesta keväisin ja kesien keskimääräisestä vähäsateisuudesta. Tällainen suuri vaihtelu vaatii vesiturbiineilta paljon. Kaplan-turbiinilla on kyky säilyttää hyvä hyötysuhde virtausmäärien vaihdellessa

³¹ Wikipedia: https://fi.wikipedia.org/wiki/Lesogorskin_vesivoimalaitos

voimakkaasti. Kolmanneksi korkeamman kierroslukunsa (jopa 800 kierrosta minuutissa) ansiosta Kaplan-turbiini on jo vuosikymmeniä ollut Francis -turbiinia (max. 400 kierrosta/min) sopivampi sähköntuotantoon. Neljänneksi rakenteensa ansiosta Kaplan-turbiinit antavat hyvät mahdollisuudet parantaa hyötysuhteitaan uusilla säätömekanismeilla ja ohjaustekniikalla. Jo 1920- ja 1930-lukujen vaihteessa Kaplan-turbiinit saavuttivat muihin turbiineihin verrattuna lyömättömän korkean, jopa 93 %:n hyötysuhteen. Viidenneksi vesiturbiiniin liittyvä teoreettinen opetus ja tietous oli korkealla tasolla. Huomiotta ei tule jättää myöskään sitä, että sotien välisessä Suomessa lähes jokainen vesivoimainsinööriksi opiskeleva oli kuunnellut K. Axel Ahlforsin Kaplan - turbiineja painottavia luentoja ja lukenut hänen oppimateriaalejaan ja muita julkaisujaan.³²

Oulujoen vesistön voimalaitoksia suunniteltaessa näihin Kaplan-turbiinin etuihin osattiin kiinnittää huomiota, ja siksi useimpiin niistä valittiin tämä turbiinityyppi. Pohjois-Pohjanmaalla poikkeuksia ovat muun muassa Oulun kaupungin Lasaretin väylään 1900-luvun alussa rakentama kombivoimala ja 1940-luvulla valmistunut Merikosken voimala sekä Oulujoki Oy:n Ala-Utasen pienvoimalaitos. Niihin valittiin Francis-turbiinit. Merikosken voimalaitosta suunniteltiin pitkään sotienvälisellä kaudella, joka oli vielä siirtymäkautta Francis-turbiineista Kaplan-koneistoihin. Ala-Utasen kohdalla Francis-turbiinin valinta johtui kai voimalan alhaisesta tehosta ja vähäisestä vesimäärästä sekä kustannussyistä. Kaplan-turbiinien kilpailukykyä on haitannut niiden korkeampi

³² Ahlfors, Kaplanturbinens teori, *Teknisk Tidskrift/Mekanik*, Häfte 7, Juli 1932, utgiven av svenska teknologföreningen.

hankintahinta, mutta se ei hillinnyt niiden suosiota Oulujoen vesistöä rakennettaessa.

Vuosikymmeniä Kaplan-turbiinien ostohinnan kalleutta on kompensoinut niiden pitkä käyttöikä ja hyvät modernisointimahdollisuudet.

Kaplan-turbiineiden rasitteina on tosin pidetty eräitä tyyppiheikkouksia, joista eniten huomiota on herättänyt kavitaatio-ongelma, jolla tarkoitetaan ensi sijassa juoksupyörän siipien, mutta myös muiden siivekkeiden, turbiinin ulkokehän hiertävää eroosiota. Sen aiheuttavat näiden osien pintoihin tarttuvat pienet alipaineiset "kiehuntailmakuplat", jotka turbiinin läpi kiitävä vesi pyyhkäisee ohi mennessään liikkeelle, mutta jotka irrotessaan riuhtaisevat tartuntapinnastaan mukaansa niin pintakäsittelyainetta kuin pikkuriikkisiä teräsmolekyylejäkin. Kuukausien ja joskus vuosien kuluessa ohentuneet turbiinin kääntyvät lavat ja muut kuluneet osat pitää vaihtaa. Tämä merkitsee suurta ja kallista remonttia, sillä käytännössä kaikki Kaplan-turbiinin pyörivät osat on irrotettava sen yhteydessä ja asennettava korjauksen jälkeen paikoilleen. Onneksi Oulujoen vesistön hyvän vedenlaadun ansiosta kavitaatiohaitat ovat vesireitin voimaloissa olleet maltillisia. Siksi kavitaatioremontteja on jouduttu tekemään vähemmän kuin monien muiden vesistöjen voimaloissa. Helpotusta on tuonut alan teknologinen kehitys: juoksupyörän lapojen ja vesiteiden muiden osien uudelleenmuotoilulla ja materiaalivaihdoksilla on kavitaatiota saatu hillittyä.

Toinen Kaplan-turbiinien ongelma on ollut juoksupyörien öljyvuodot, jota ei ole tiivisteiden uusimisella saatu ehtymään. Niidenkin vuoksi joudutaan turbiinille tekemään perusteellinen huoltokorjaus. Vaihtamalla turbiinin veden kanssa kosketuksiin joutuvat osat hydraulisesti parempiin ja virtaviivaisempiin voidaan myös veden virtaamaa

suurentaa ilman merkittävää kavitaatiohaittaa samalla, kun turbiiniin asennetaan öljyttömällä navalla varustettu juoksupyörä. Näillä muutoksilla vanhan Kaplan-turbiinin tehoa voidaan tuntuvasti nostaa. Vuonna 2008 Oulujoki Oy:n Seittenoikean voimalaitoksella Hyrynsalmella tällaisella turbiinien päivityksellä ja virtaaman lisäyksellä on arvioitu nostetun voimalan koneistojen yhteistehoa 20 prosentilla.³³

Näin ollen Kaplan-turbiinien perinteisiä ongelmarakenteita on mahdollista korjata ja samalla kohottaa niiden sähköntuotannon tehoa huomattavastikin. Kemijoen voimaloissa juoksupyörien uusinnoilla ja peruskorjauksilla on saatu aikaan jopa vielä suurempia tehon nostoja kuin Seittenoikealla. Vuonna 1996 Kemijoki Oy aloitti 18 koneiston modernisointiohjelman, jolla tähdättiin keskimäärin 33 % tehonlisäykseen voimalaa kohti.³⁴

Seuraavassa on tilasto Oulujoen vesistön voimalaitoksista ja niiden keskeisistä teknisistä tiedoista.

³³ Vesa Tompuri, Vesivoimasta vuolaasti lisää virtaa, *Tekniikka & talous*, 3.12.2007

<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/vesivoimasta-vuolaasti-lisaa-virtaa/17f694da-85ef-3013-83f4-78b12b84cdd3>

³⁴ Tompuri, 2007.

Taulukko 2. Oulujoen vesistön voimalaitosten putouskorkeudet, turbiinityypit, valmistajat ja tehot

v2/TJM 22.12.2021

n	Voimalan nimi	Rakennuttaja	Putouskorkeus, metriä	Turbiini-tyyppi	Turbiinien lkm	Rakennusvirtaama m ³ /s	Yksikköteho, MW	Yhteis-teho, MW	Keskim. tuotanto, GWh/v	Valmistaja	Valmistumis-vuosi*
Oulujoki											
1	Merikoski	Oulu K.	10,9	Francis	3	420	11,7	35	180		1948-54
2	Montta	OjOy	12,1	Kaplan	3	450	13,3	40	180	Tampella	1955-57
3	Pyhäkoski	OjOy	32,4	Kaplan	3	450	40,0	120	565	Tampella	1949-51
4	Pälli	OjOy	13,8	Kaplan	3	450	16,7	50	230	Tampella	1953-54
5	Ala-Utos	OjOy	6,2	Francis	1	10	0,5	0,5	1,3		1957
6	Utanen	OjOy	15,7	Kaplan	3	450	18,3	55	245	Tampella	1956-57
7	Nuojua	OjOy	22	Kaplan	3	450	26,7	80	350	Tampella	1954-55
8	Jylhämä	OjOy	10,9-14,0	Kaplan	3	450	16,7	50	200	Tampella	1950-52
8	Summa		125,6		22			430,5	1951,3		
Hyrynsalmen reitti											
1	Leppikoski	OjOy	11,3-13,3	Kaplan	2	220	11,0	22	75		1962-53
2	Pyhäntä	KaiVal	12,0-15,5	Kaplan ?	1	18	2,5	2,5	8		1957
3	Seitenoikea	OjOy	21,4	Kaplan	1	160	29,0	29	130		1961
4	Aittokoski	OjOy	29,6	Kaplan	1	150	35,0	35	125		1960
5	Ämmä	OjOy	10,2-12,9	Kaplan	1	110	14,0	14	37		1959
5	Summa		123,3		6			102,5	375		
Sotkamon reitti											
1	Ämmäkoski	KajOy	6,5-8,7	2 Francis & 1 Kaplan	3	90	1,3	4	31		1917-41
2	1-2	KajOy	6,3-8,7	Kaplan	2	90	3,3	6,5	47,6		1943
3	Koivukoski										
4	3	KaiVoi	9	Kaplan	1	207	25	25			1995
5	Kallioinen	KajOy	9,1-11,5	Kaplan	1	140	12	12	40		1957
6	Katerma	KajOy	7,5-11,9	Kaplan	1	85	6,5	6,5	37		1950
6	Summa		35		8			54	155,6		
19	Yhteissumma		283,9		36			587	2481,9		

Lyhenteet: Voimalaitosten rakennuttajayhtiöt: Oulu K = Oulun kaupunki; OjOy = Oulujoki Oy, KaiVal = Kainuun Valo Oy, KajOy = Kajaani Oy, KaiVoi = Kainuun Voima Oy

* Valmistumisvuosi on merkitty taulukkoon ensimmäisen ja viimeisen koneiston käyttöönoton mukaan

Lähteet: Oulujoki Oy:n Oulujoen voimaloiden suunnitellut tehot, *Oulujoki Oy rakentaa*, Oulujoki Oy: Helsinki 1949, 3; Lisää >

Valintojen arviointia

Imatran Voima Oy:llä ja muilla Oulujoki Oy:n osakkailla oli kokemusta vesivoimahankkeista ennen voimalaitosketjun aloittamista, ja sitä oli mahdollista hyödyntää Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun joilla. Merkillepantavaa on se, että Oulujoki Oy pyrki rakentamaan laadukkaita voimalaitoksia ja valitsemaan niihin hyvälaatuiset koneet ja laitteet, vaikka koneiden saatavuus ja hintataso saattoivat poikkeus oloissa ollakin hyvin haastavia puolueettomalle ja valuuttapulasta kärsivälle Suomelle. Vaikeudet ja vastukset sekä toimiminen lähes erämaaolosuhteissa eittämättä hidasti erityisesti ensimmäisten voimalaitosten valmistumista.

Voimalaitosten rakentajat olivat melko hyvin selvillä kansainvälisestä tilanteesta sekä tulevaisuuden trendeistä. Rakentajien keskeinen tavoitteena oli tehdä Suomen olosuhteisiin sopivia ja kansainväliset vaatimukset täyttäviä voimalaitoksia, jotka toimisivat vuosikymmeniä. He eivät suinkaan hankkineet ainoastaan vakiintunutta ja totuttua teknologiaa, vaan valitsivat mukaan uudenlaisia ja lupaavia teknisiä ratkaisuja, kuten Kaplan-turbiineja, joihin eittämättä sisältyi epäonnistumisen riskejä.

Viktor Kaplan tiesi keksintönsä olevan mutkikas ja sisältävän riskejä. Hänen testivoimalaansa ei saatu toimimaan toivotulla tavalla pariin vuoteen. Turbiinin mekaaninen säätöjärjestelmä ja keksijän terveysongelmat viivästyttivät sen käyttöönoton 1920-luvun alkuun. Turbiinin alkuvaikeudet heittivät pitkän varjon Kaplan -turbiinin maineelle. Osin K. Axel Ahlforsin ja monien muiden insinöörien osoittaman arvostuksen

vuoksi Kaplan –turbiinilla oli miltei sen alusta lähtien parempi maine Suomessa kuin monissa muissa maissa. Ilmeistä onkin, että Oulujoki Oy:n 1940-luvun johtajista suuri osa oli Ahlforsin entisiä oppilaita, ja he ehkä ymmärsivät, että tekniikan kehitys – erityisesti sähkötekniikan tulevat sovellutukset – todennäköisesti parantavat Kaplan-turbiinien toimintavarmuutta ja suorituskykyä. Mutta tuskin hekään osasivat ennustaa elektroniikan läpimurtoa ja vaikutusta näiden turbiinien säätöön ja ohjaukseen. Siten voisi väittää, että Kaplan-turbiinien menestys 1900-luvun jälkipuoliskolla oli vain sattumien summaa.

Luultavasti Ahlfors, joka oli Kaplanin turbiiniteorian vankkumaton kannattaja, olisi kuitenkin ollut toista mieltä. Hän nimittäin korosti useissa julkaisuissaan, että tuon teorian mukaisesti toimivilla voimakoneilla on hyvät menestymisen mahdollisuudet tulevaisuudessa niissä piilevän kehityspotentialin ansiosta. Kaplan ja hänen ystävänsä Ahlfors olivat oikeassa, keskeisiltä osin kyseisen turbiinityypin riskit eivät toteutuneet eikä ennen aikaista vanhentumista ole merkittävässä määrin tapahtunut. Jatkuvasti kehittyvällä käynnistämisen-, kierrosluvun säätö- ja kauko-ohjaustekniikalla sekä turbiinien muita epäkohtia korjaamalla on Oulujoen vesistön voimaloiden vuotuista sähköntuotantoa pystytty modernisoinneilla lisäämään niiden käytössäoloaikana jopa kymmenillä prosenteilla. Siten Kaplan -turbiinien hankinta on osoittautunut kaukonäköiseksi ja kustannustehokkaaksi valinnaksi.