

TEKNIKKAA YLIOPISTOSTA TEOLLISUUTEEN

KARL AXEL AHLFORS (1874–1961) VESITURBIINIEN KEHITTÄJÄNÄ 1900-LUVUN ALKUPUOLELLA

Sampsa Kaataja

Yhdistelmäuran käsitettä on käytetty kuvaamaan tutkijoita, jotka tieteellisen työnsä ohessa osallistuvat kaupalliseen toimintaan tai yhteistyöhön teollisuuden kanssa.¹ Laajemmassa merkityksessä yhdistelmäura voidaan katsoa koskettavan kaikkea tieteellisen työn rinnalla tapahtuvaa yhteiskunnallista vaikuttamista. Riippumatta käytetystä määritelmästä, yhdistelmäurat tarjoavat historian tutkimukselle hyvän tutkimuskohteen, kun halutaan selvittää tieteen, tutkimuksen ja tutkijakunnan roolia osana suomalaisen yhteiskunnan kehityshistoriaa 1900-luvulla.

Tässä artikkelissa paneudutaan yhteen akateemisen maailman edustajaan 1900-luvun alkupuolelta ja tämän tieteelliseen uraan, jossa teknis-tieteellinen tutkimus, kaupallisesti orientoitunut tekniikan kehitystyö sekä yhteistyö teollisuuden kanssa yhdistyivät saumattomaksi kokonaisuudeksi. Yhden henkilöhistoriallisen tapauksen avulla tutkimuksessa analysoidaan, millaisia muotoja yhdistelmäura sai 1900-luvun alussa, miten se toteutui käytännössä ja millaisia vaikutuksia sillä oli tutkimukselle ja teollisuudelle? Samalla artikkelissa sivutaan kysymystä siitä, millainen rooli suomalaiskehitteisellä turbiinitekniikalla oli 1900-luvun alussa? Kurkistusikkunan näihin kysymyksiin tarjoaa Teknillisen korkeakoulun koneenrakennusopin professorina vuosina 1908–1941 ja koulun rehtorina 1913–1916 työskennellyt Axel Ahlfors (1874–1961).²

TURBIINITEKNOLOGIAN TUTKIJA JA KEHITTÄJÄ

Axel Ahlfors valmistui Helsingin Polyteknillisestä Opistosta vuonna 1896 ja siirtyi työskentelemään teollisuuden palvelukseen. Hän aloitti konstruktöörinä A. B. Sandvikenin laivatelakalla Helsingissä, mutta siirtyi jo 1897 Tampereelle Finlayson & Co:n insinööritoimistoon. Neljä vuotta valmistumisensa jälkeen Ahlfors lähti pois Finlaysonilta ja matkusti lukukaudeksi Sveitsiin Zürichin Teknilliseen korkeakouluun, jossa hän lisäsi tietojaan turbiineista ja koneenrakennuksesta. Sveitsissä Ahlfors ei keskittynyt pelkästään opintoihin, vaan tutustui siellä myös käytännön työhön: vuosina 1902

ja 1903 Ahlfors työskenteli Th. Bell & Co. turbiinitehtaan työpajassa ja konstruktöörinä. Sveitsissä vietetyn ajan lisäksi Ahlfors teki vielä myöhemmin opintomatkoja Saksaan, Skandinaviaan, Sveitsiin ja Venäjälle. Kesäksi 1903 Ahlfors palasi Suomeen ja A. B. Sandvikenin palvelukseen.³

Huolimatta pikaisesta siirtymisestään teollisuuden palvelukseen, Axel Ahlfors loi uransa yliopistomaailmassa. Hän aloitti opettajana Polyteknillisessä Opistossa vuonna 1901 koneenrakennuksen viransijaisena, ja neljää vuotta myöhemmin hänet nimettiin teoreettisen koneopin ja koneenrakennuksen vakinaiseksi opettajaksi. Kun Polyteknillinen opisto muuttui Teknilliseksi korkeakouluksi vuonna 1908, Ahlfors nimi-

tettiin koneenrakennusopin professoriksi. Tässä virassa hän toimi eläkkeelle siirtymiseensä saakka vuoteen 1941. Ahlforsin opetustyö ei keskittynyt pelkästään Teknilliselle korkeakoululle, vaan vuosina 1923–56 hän työskenteli myös Helsingin teknillisessä opistossa (Tekniska läroverket i Helsingfors).

Tieteellisessä työssään Ahlfors keskittyi vuosikymmenien ajan vesivoimakoneisiin – erilaisiin turbiineihin, niiden teoriaan ja rakentamiseen.⁴ Tutkijana Ahlforsin toiminta vesiturbiinien parissa perustui vankkaan teoreettiseen tietämykseen, mikä tulee hyvin esiin hänen julkaisuissaan. Ne käsittelevät pitkälti turbiinien toiminnan ja rakentamisen teoriaa, eikä artikkeleista juuri löydy mainintoja teoreettisiin laskentamalleihin tai kovaan teknologiseen ytimeen liittymätömistä kysymyksistä.⁵

Myös toiminta teollisuuden käyttöön suunnatun tekniikan parissa oli kiinteä osa Ahlforsin uraa. Ahlforsin tutkimusten mukana syntyi runsaasti uutta tekniikkaa, jonka oikeuksia suojattiin patenttien avulla. Ahlforsille myönnettiin Suomessa kaikkiaan 13 patenttia, jotka yhtä lukuun ottamatta olivat akateemisia patentteja. Toisin sanoen keksintöjä, jotka syntyivät hänen työskennellessään Teknillisellä korkeakoululla ja joilla oli suora yhteys hänen tutkimuksiinsa. Ensimmäistä suomalaista patenttiaan Ahlfors haki loppuvuodesta 1904, ja viimeisen hakemuksensa hän jätti keväällä 1935.⁶ Ensimmäistä patentoitua keksintöä lukuun ottamatta patenttihakemukset jakautuivat tasaisesti 1910-, 1920- ja 1930-luvuille.⁷

Tekniikan kehittäjänä Axel Ahlfors keskittyi pitkälti yhteen tiettyyn tekniikan lohkokon: vesiturbiineihin. Kaikkiaan seitsemän Ahlforsin saamista suomalaisista patenteista liittyi noihin voimakoneisiin joiden avulla mekaaninen teho saatiin teollisuuden ja kotitalouksien käyttöön joko suoraan koneisiin kytkemällä (esim. vesivoimalla toimineet sahat ja myllyt) tai generaattoreihin

yhdistämällä, jolloin liike-energia saatiin muutetuksi sähköenergiaksi.

Vuosisatojen ajan vesipyöriä oli käytetty vesistöjen energianlähteenä myllyissä ja sahoissa. Teollistumisen mukana 1800-luvulla tuli tarve hyödyntää vesivoimaa yhä tehokkaammin, ja ensimmäiset vesiturbiinit syntyivät 1830-luvulta lähtien. Suomeen varsinaiset vesiturbiinit saapuivat vuosisadan puolivälissä. Ala kehittyi nopeasti ja pian syntyi entistä tehokkaampia vesiturbiinityyppejä: muun muassa Yhdysvalloissa vuosisadan puolivälissä kehitetyt Francis-turbiinit otettiin käyttöön Suomessa 1890-luvulla. Toinen tehokas ja hyvin Suomeenkin sopinut turbiinityyppi Kaplan-turbiini patentoitiin Sveitsissä 1913, mutta sen käyttöönotto viivästyi ensimmäisen maailmansodan takia.⁸

Myös turbiiniteknologiaan suoraan liittymättömistä keksinnöistä suurin osa oli sellaisia, jotka yhdistyivät Ahlforsin toimintaan Teknillisellä korkeakoululla tai varhaisempaan työhön suomalaisen teollisuuden palveluksessa. Hänen kaksi höyrykonekeksintöään ja voimansiirtolaitteelle saama patentti olivat suora lisä tutkimus- ja opetustyöhön.⁹ Olivathan höyrykoneet ja voimansiirto koneenrakennuksen peruselementtejä. Yhdessä Teknillisen korkeakoulun vesirakennuksen professori Axel Juseliuksen (1868–1935) kanssa patentoitu menetelmä sulkemislukkujen kiinnijääytymisen estämiseksi voidaan katsoa kuuluneen enemmän Juseliuksen erikoisalaan.¹⁰ Ahlfors oli kuitenkin suunnitellut tällaisia sulkulaitteita Juseliuksen perustamalle vesirakennustoimistolle jo vuodesta 1908 lähtien.¹¹

Kaksi muuta Ahlforsin turbiineihin liittymätöntä keksintöä vaikuttavat lähinnä kuriositeeteilta. Ne syntyivät hyvin erilaisille elämänalueille, kuin edellä kuvatut tekniset sovellutukset: Vuonna 1916 patentoidussa keksinnössä Ahlfors paranteli tulipesien energiaekonomiaa kehittämänsä rakenteel-

lisen ratkaisun avulla.¹² Kymmenen vuotta myöhemmin hän suunnitteli aikaisempaa tehokkaamman äkeen pelloilla käytettäväksi.¹³ Erityisesti jälkimmäisellä keksinnöllä vaikuttaa olleen vain vähän tekemistä Ahlforsin muun koneenrakennuksen parissa suorittaman työn kanssa.

AJANKOHTAINEN ENERGIAKYSYMYS

Vesivoima, sen käyttö ja kehitys olivat ajankohtaisia kysymyksiä suomalaisessa teollisuudessa ja tutkimuksessa 1900-luvun alussa. Teollistuvassa ja raaka-ainevaroiltaan köyhässä Suomessa vesivoima oli tärkein mekaanisen energian lähde, ja vesiturbiineista tuli kaikkein merkittävin teollisuuden liikkeelle laittava teknologia. Vesiturbiinit vastasivatkin noin puolesta suomalaisen teollisuuden energiantarpeesta 1900-luvun neljän ensimmäisen vuosikymmenen ajan.¹⁴

Vesivoimaa ei myöskään tarvittu vain teollisuuden tarpeisiin. Vuosisadan alun vuosikymmeninä tapahtunut Suomen sähköistäminen tapahtui vesivoiman avulla: maan sähköistämissuunnitelma perustui juuri vesivoiman hyväksikäyttöön. Tämän seurauksena vesivoiman käyttöaste kasvoi-kin Suomessa huomattavasti: kun 1900-luvun alussa vain kolme prosenttia käytössä olevista vesivaroista oli hyödynnetty, niin kolmekymmentäluvun lopulla luku oli jo 33 prosenttia. Vuonna 1938 vesiturbiineilla tuotettiinkin jo noin 80 prosenttia sähköstä Suomessa.¹⁵

Ajankohtaisuus, joka liittyi vesivoimaan ja sen valjastamiseen 1900-luvun alussa, näkyy myös tekniikan alan julkaisuissa: Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingarissa ja Teknillisessä Aikakauslehdessä julkaistiin suuri määrä tuota aihepiiriä koskevia artikkeleita juuri 1910- ja 1920-luvuilla. Axel Ahlfors oli yksi aktiivisimmin alalla

Suomessa julkaisseista tutkijoista, ja hänen tutkimuksiaan julkaistiin myös ulkomailla.¹⁶

1800-luvun lopulla ja 1900-luvun ensimmäisinä vuosikymmeninä Suomessa oli pitkälti riippuvaisia ulkomaisen turbiiniteknologian maahantuonnista. Tämä koski erityisesti suuria turbiineja, jotka oli suunniteltu raskaan teollisuuden käyttöön. Suomalaiset turbiinivalmistajat pysyivät markkinoilla valmistamalla pieniä ja keskisuuria vesiturbiineja. Niiden toimitukset liittyivät tyypillisesti maaseudun voimanhankintaan: kunnallisten ja yksityisten sähkölaitosten, maatilojen, myllyjen, sahojen ja muiden pienteollisuuden harjoittajien tarpeisiin. Näille valmistetut vesiturbiinit muodostivatkin suurimman osan Suomessa käyttöön otetuista turbiineista 1910- ja 1920-luvuilla. Mainitut tahot tilasivat vuosisadan kolmen ensimmäisen vuosikymmenen aikana pitkälti toista tuhatta pientä vesiturbiinia. Tampereella Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag (vuodesta 1961 lähtien Oy Tampella Ab) valmisti 1910- ja 1920-lukujen kiireisimpinä vuosina 50–100 turbiinia, mutta 1930-luvulla toiminta laantui.¹⁷

Turbiiniteknologian maahantuonti väheni 1910-luvulla ensimmäisen maailmansodan vaikutuksesta, ja suomalainen turbiinituotanto pääsi vauhtiin, mutta sodan jälkeen ulkomainen tuonti alkoi jälleen dominoida kotimaan markkinoita. Suuri syy tähän oli kotimaisten turbiinivalmistajien olematon panostus omaan tutkimus- ja kehitystyöhön.¹⁸ Suomessa ei ollut osaamista uuden laadukkaan tekniikan kehittämiseen. Kuvaavaa onkin, että vielä 1920-luvun lopussa Suomen johtava turbiinien valmistaja Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag oli riippuvainen ruotsalaisen yhteistyökumppaninsa Verkstaden Kristinehamnin laboratoriossa ja koeasemilla tehdystä kokeista.¹⁹

Myös Axel Ahlfors tuo esiin, kuinka turbiiniteknologian kehitys vaati intensiivis-

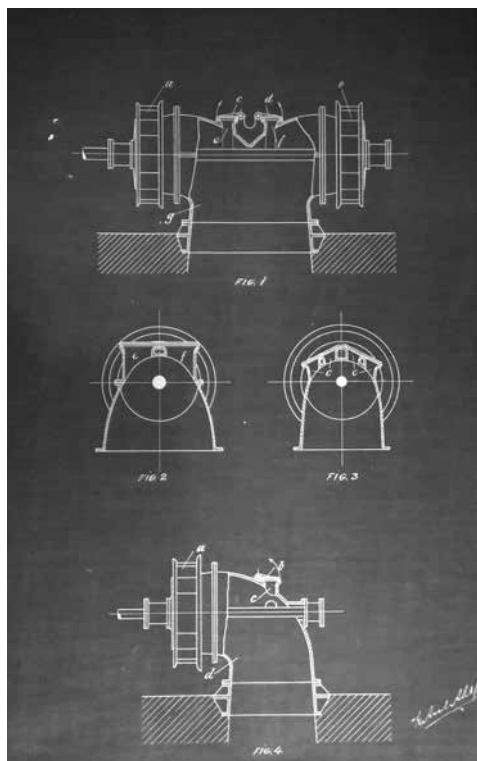
Rakennekuva Axel Ahlforsin kehittämästä vesiturbiinikonstruktiosta (FI-8272) vuodelta 1919. Kuva: Sampsa Kaatja. Kansallisarkisto.

tä tutkimus- ja kehitystoimintaa jo 1900-luvun alussa:

”Tiedemiesten ja teknillis-tieteellisesti koulutettujen suunnittelijoiden yhteisin ponnistuksin onkin onnistuttu viime vuosikymmeninä viemään turbiinirakennusta suunnattomasti eteenpäin, ja on saavutettu kierroslukuja, joita aikaisemmin ei edes uskallettu uneksia, turbiineilla, joiden hyötysuhde sekä täyttä syöstöä että osakuormituksia käyttäen vastaa jopa varsin suuria vaatimuksia.”²⁰

Huolimatta siitä, ettei Ahlfors koskaan saavuttanut tekniikan tohtorin arvoa, hän kuului itsekin tähän tieteellisen koulutuksen saaneiden turbiinien suunnittelijoiden ja rakentajien joukkoon. Ahlfors myös perehtyi ulkomaiseen tutkimukseen ja oli yhteydessä alan kuuluisimpiin tutkijoihin: Kaplan-turbiineihin hän tutustui ensimmäisen maailmansodan lopulla vuonna 1917, kun uudet ulkomaiset tutkimukset olivat tulleet jälleen saataville. Hän otti nopeasti yhteyttä suoraan Kaplan-turbiinin keksijään itävaltalaiseen Brünnin (Brnon) saksalaisen teknillisen korkeakoulun professoriin Viktor Kaplaniin, joka lähetti Ahlforsille esitteitä ja piirustuksia kehittämästään turbiinista. Ahlfors taas levitti tiedot edelleen suomalaisille ja alan ihmisille.²¹ Ahlfors otti myös osaa alansa kansainvälisiin konferensseihin. Berliinissä 16.–25.6.1930 pidetyn toisen maailman voimakonferenssin kokemuksista Ahlfors piti esitelmän Tekniska Föreningen i Finlandin kokouksessa lokakuussa 1930, joka sittemmin julkaistiin seuran lehdessä.²²

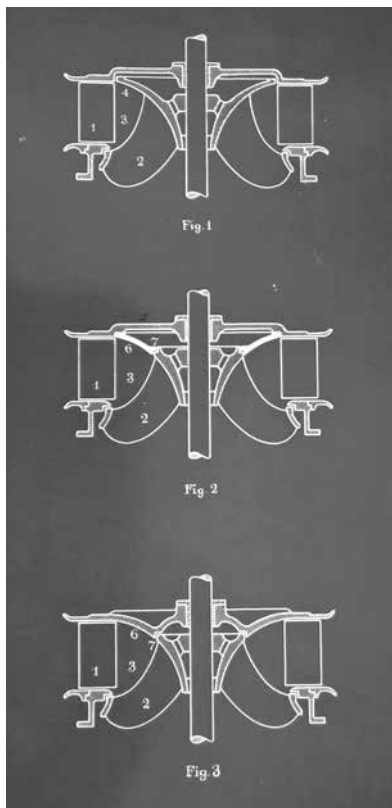
Suomessa vesivoiman kokeellisen tutkimuksen edellytykset olivat pitkään heikot. Tilanne parantui vasta 1930-luvun alussa, kun Teknillisen korkeakoulun konelaboratorioon rakennettiin erillinen vesivoima-



laboratorio vuosina 1930–32.²³ Suomen suurin turbiinivalmistaja Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag toimitti pääosan laboratorion koneista sekä lahjoitti laboratoriolle vielä koko mallikkappaleiden testausosaston. Yrityksellä oli hyvä syy sijoittaa uuden laboratorion kalustoon, sillä alun pitäen laboratorio oli suunniteltu koe-laitokseksi, jossa myös teollisuusyritykset pystyivät testaamaan koneitaan ja koneenosiaan.²⁴

Kaupallisista turbiinivalmistajista Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolagilla oli ollut vaatimaton laboratorio 1900-luvun alussa, mutta varsinaisia teollisia vesivoimakoneiden tutkimusyksiköitä Suomessa jouduttiin kuitenkin odottamaan 1950-luvulle.²⁵ Toisin kuin biokemiasa, jossa alan yliopistotasoinen tutkimus käynnistyi Suomessa yksityisen yrityksen, eli Valion laboratoriossa²⁶, vesivoimakonei-

siin liittynyt tutkimusta tehtiin siis pitkään akateemisen maailman sisällä. Esimerkiksi keväällä 1937 Teknillisen korkeakoulun vesivoimalaboratoriossa aloitettiin tutkimussarja, jossa pyrittiin selvittämään, ”mikä on Kaplan-turbiinien sopivin juoksusiiven malli määrättyssä siipimuodossa”.²⁷ Tutkimusta johti koneenrakennuksen professori Axel Ahlfors, joka pystyi tarjoamaan tietoaan, tutkimuksiaan ja myös kehittämiään tekniikan sovelluksia maan teollisuuden käyttöön.



Suomalainen patenti 5310 oli ensimmäinen akateeminen patenti, jonka Axel Ahlfors sai professorikaudellaan Teknillisessä korkeakoulussa. Keksinnölle Selitys vesiturbiinista, jolla on suuri ominaiskierros luku haettiin patenttia marraskuussa 1912 ja se myönnettiin huhtikuussa 1913. Kuva: Sampska Kaataja. Kansallisarkisto.

KONSULTOIVA INSINÖÖRI

Professorikaudellaan Teknillisessä korkeakoulussa Axel Ahlfors harjoitti aktiivista yhteistyötä teollisuuden kanssa. Toiminnan – jota nykytermein nimitettäisiin konsulttipalveluiksi – tuloksena Ahlforsin teknis-tieteellistä asiantuntemusta siirtyi useille suomalaisyritykselle. Hän suunnitteli ja piirsi turbiinilaitteistoja muun muassa Jokkis Gods Ab:lle, Loimijoen paperitehtaalle, Ferraria Oy:n Peron naulatehtaalle ja Tampereen sähkölaitokselle. Teollisuuden tarpeisiin ja teollisuuden pyynnöstä suoritetun konsulttityön tuloksena syntyi myös osa Ahlforsin tutkimuksista: Syksyllä 1911 Ahlfors testasi yhdessä Teknillisen korkeakoulun sähkötekniikan professorin Johannes Sohlmanin (1869–1912) kanssa Helsingfors Elektriska Belysnings Ab:n höyryturbiinia. Tutkimuksen ja siinä saadut tulokset Ahlfors esitti Tekniska Föreningen i Finlandin julkaisussa.²⁸

Huolimatta laajoista kontakteistaan suomalaisen teollisuuskenttään, uuden tekniikan kehittäminen ja tämän tulosten patentointi vaikuttavat olleen Ahlforsille itsenäistä toimintaa. Patentoidut keksinnöt eivät syntyneet virallisissa yhteisprojekteissa teollisuuden kanssa, mistä kertoo se, että Ahlfors patentoi kaikki 12 akateemista patenttiaan itse, ilman yritysten näkyvää osallistumista patenttoimisprosessiin.²⁹ Mutta miksi yksittäinen tieteentekijä – tässä tapauksessa Axel Ahlfors – laajensi työtään tutkimuksen parista kaupallisesti orientoituneeseen toimintaan sekä yhteistyöhön yritysmaailman kanssa?

Selvää on, että Ahlfors kuului siihen tekniikasta kiinnostuneeseen ja teknisesti lahjakkaaseen tutkijakuntaan, jota 1900-luvun suomalaisessa tiedeyhteisössä edustivat hänen lisäksi muun muassa professorit A.I. Virtanen, Alvar Wilska, Erkki Laurila ja Vilho Väisälä. Tälle ryhmälle tekniikan kehittäminen ja sen markkinoille saattaminen

olivat luonnollinen osa tutkimuksen arkea. Axel Ahlfors oli myös yhden omalle ajalleen merkittävän ja nopeasti kehittyvän tekniikan alan harvoja kotimaisia asiantuntijoita, joka tiesi, millaisia puutteita turbiiniteknologiaan liittyi ja millaisia tarpeita kotimaisessa teollisuudessa oli. Kaikki nuo tekijät yhdistettynä uuden tekniikan taloudellisiin mahdollisuuksiin osaltaan selittävät, miksi Ahlfors ja useat muut tutkijat ovat tieteellisellä urallaan osallistuneet myös yritysyrityshöön ja tulosten kaupallistamiseen.³⁰

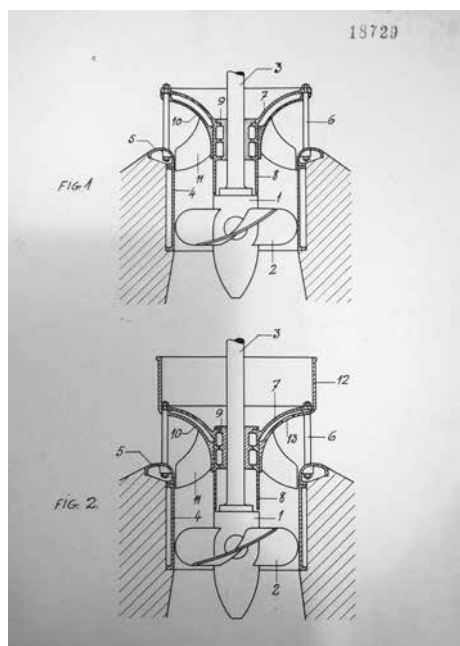
Tärkeä taustatekijä siinä, että suomalaiset yliopistotutkijat tekivät 1900-luvulla yhteistyötä yritysten kanssa, löytyy myös siitä, että tieteenharjoittajilla vaikuttaa olleen hyvät mahdollisuudet harjoittaa kyseistä toimintaa. Vaikka Teknillisen korkeakoulun historiasta löytyy tapauksia, joissa yritysyrityshöön on aiheuttanut tutkijoille sanktioita³¹, niin Ahlforsia – ja useita muita tutkijoita – koskevissa aineistoissa ei ole havaittavissa viitteitä siitä, että yhdistelmäuran toteuttaminen olisi ollut ongelmallista. Tämä koskee erityisesti aikaa ennen 1960-lukua,

jolloin Teknillisellä korkeakoululla ei ollut vielä määritelty teollisuusyrityshöönä koskevia säädöksiä tai tavoitteita.³²

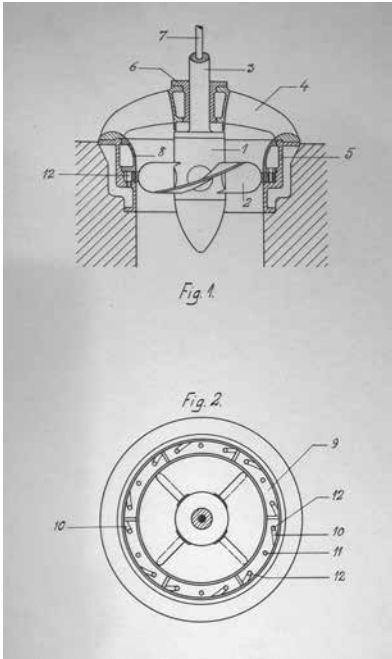
AHLFORSIN TURBIINIKESINNÖT, NIIDEN KÄYTTÖÖNOTTO JA MERKITYS

Ahlforsin kolmen vuosikymmenen kuluessa kehittämään ja patentoimaan turbiinitekniikkaan kuului sekä kokonaisia turbiinimalleja että niiden osia.³³ Ensimmäinen Ahlforsin patentti oli juuri yksittäinen turbiinin osa. Se oli hydraulinen säätäjä, jonka avulla voitiin säädellä turbiinin kierroslukua, ja sitä kautta sen tuottaman energian määrää. Keksintöä ei patentoitu alun perin Suomessa, vaan jo maaliskuussa 1903 Ahlfors sai sille patentin Saksassa.³⁴ Myöhemminkään Ahlforsin patentointi ei rajoittunut pelkästään Suomeen, vaan tavoitteena olivat suuremmat markkinat. Hän sai useampaan vesiturbiineihin liittyneeseen keksintöönsä patentin ulkomailla: Ruotsissa, Saksassa ja Yhdysvalloissa.³⁵

Toinen Ahlforsin patentoima turbiinikeksintö oli kokonaan uusi turbiinimalli. Konstruktion tarkoituksena oli parantaa veden kulkua turbiinin sisällä johtopyörän kanteen kiinnitettyllä johtopohjalla.³⁶ Uudenlaiselle turbiinille Ahlfors haki patenttia myös marraskuussa 1919: aikaisemmasta poikkeavaa keksinnössä oli se, että turbiinin ”ulosvirtausulakkeet” olivat suoranaissessa yhteydessä turbiinin kanssa, muodostaen yhdessä kiinteän koneiston. Korkeanveden aikana turbiinit eivät pystyneet laskemaan



Rakennekuva Axel Ahlforsin kehittämästä nopeasti käyvästä vesiturbiinista (FI-18729) vuodelta 1935. Kuva: Samps Kaataja. Kansallisarkisto.



riittävän paljon vettä läpi, jolloin turbiinin teho laski. Erityisten ulosvirtaussulakkeiden avulla vastapaine turbiinin ulosvirtauspuolella saatiin pienemmäksi, jolloin suurempi vesimäärä pääsi virtamaan turbiinin läpi, ja näin ollen turbiinin teho kasvoi.³⁷ Nämä muutamat tekniset esimerkit kuvaavat Ahlforsin turbiinikeksintöjen luonnetta: niiden tehtävä oli parantaa vesiturbiinien ominaisuuksia, jotta vesivoimaa voitaisiin hyödyntää entistä tehokkaammin.

Timo Myllyntaus on sähkötekniikan siirtoa Suomeen käsittelevässä tutkimuksessaan todennut, että 1900-luvun alkupuolella vesiturbiinitekniikan alalla ei syntynyt merkittäviä suomalaisia innovaatioita, ja sama tulee esiin myös muissa alaa käsittelevissä teoksissa.³⁸ Entä Axel Ahlfors? Hän toimi aktiivisesti vesiturbiinitekniikkaan liittyneiden teknisten sovellutusten parissa, mutta mikä oli hänen merkityksensä turbiinien kehittäjänä Suomessa?

Suomalaisten riippuvuus ulkomaisen turbiinitekniikan tuonnista tulee hyvin

Myös Axel Ahlforsin patentin FI-14452 kohdalla kyse oli nopeasti käyvästä vesiturbiinista. Keksinnössä turbiinin juoksupyörä oli säädettävissä. Keksinnölle haettiin patenttia syksyllä 1930 ja se myönnettiin kesällä 1932. Kuva: Sampa Kaataja. Kansallisarkisto.

esiin, kun tarkastellaan nestevoimakoneille ja -moottoreille 1900-luvun ensimmäisellä puoliskolla Suomessa myönnettyjä patenteja.³⁹ Nestevoimakoneet ja -moottorit saivat vuosina 1900–50 kaikkiaan 67 patenttia, joista 48 meni ulkomaalaisille hakijoille ja loput 19 suomalaisille patentoijille.⁴⁰ Suomalaisen patentoijien osuutta tutkittaessa Axel Ahlfors erottuu joukosta: hän sai yhteensä kuusi näistä suomalaisille myönnettyistä patenteista. Patenttitilastot kuvaavat Ahlforsin alan aktiivisimpina suomalaisena kehittäjänä: hän vastasi yhdeksästä prosentista Suomessa alalla patentoidusta ja joka kolmannesta Suomessa alalla tehdystä vähälukuisesta patentoidusta keksinnöstä.

Ahlforsille myönnetty patentit eivät kuitenkaan kerro vielä mitään siitä, tulivatko Ahlforsin keksinnöt käyttöön siinä vaiheessa, kun vesivoimaa ruvettiin Suomessa toden teolla valjastamaan energiantuotannon käyttöön. Vasta jos hänen keksintönsä yleistyivät vesivoimaa hyödyntävissä yrityksissä ja voimalaitoksissa, häntä voidaan pitää alan suomalaisena pioneerina ja malliesimerkkinä yliopistoissa syntyneen kaupallisen tekniikan siirtymisestä yhteiskunnan käyttöön.

Axel Ahlforsin turbiinikeksintöjen patenttipapereista ei löydy vihjeitä siitä, että jokin kaupallinen taho olisi kiinnostunut uudesta tekniikasta. Ahlforsin papereiden joukossa ei ole kauppa- tai valtakirjoja, joiden perusteella voitaisiin päätellä jotain niiden tulosta yleisempään käyttöön. Tämän vuoksi viitteitä koneenrakennuksen professorin turbiinikeksintöjen käyttöönotosta on jouduttu etsimään moninaisista aineistoista:



Axel Ahlforsin patenttihakemus vuodelta 1926. Keksintö koski lapioäestä, joka oli varustettu pyörivillä terillä. Kuva: Sampsa Kaataja. Kansallisarkisto.

biinivalmistajan Ab Karlstad Mekaniska Werkstadin välillä alkaneesta yhteistyöstä.⁴³ Samana vuonna kun Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag osti Ahlforsin keksinnön, yritys joutui solmimaan yhteistyösopimuksen ruotsalaisyrityksen kanssa, koska se ei ollut riittävän toimintakykyinen menestyäkseen markkinoilla itsenäisesti.⁴⁴ Ab Karlstad Mekaniska Werkstad oli panostanut omaan tutkimus- ja kehitystoimintaan jo vuosisadan alusta lähtien, ja yrityksen teknologialle syntyi nopeasti markkinoita ympäri maailmaa. Turbiinitekniologian kehityksessä mukana ollut yritys halusikin keskittyä sille jo tuttujen turbiinityyppien parissa, eikä se lähtenyt kehittämään entuudestaan tuntematonta Ahlforsin keksintöä.⁴⁵

Kuitenkin vielä keväällä 1918 Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolagissa rakennettiin varsinainen turbiini Ahlforsin patentin pohjalta, ja vastaavanlainen turbiini oli myös määrää rakentaa Ruotsiin. Tämä suunnitelma ei kuitenkaan toteutunut.⁴⁶ Huolimatta siitä, että Tamperelaisyhtiössä luotettiin Ahlforsin keksintöön, yritys ei voinut panostaa omaan tutkimus- ja kehitysohjelmaan, koska tarvittava asiantuntemusta ei ollut. Se joutui toimimaan suuren, nykyaikaisen, ja maailmalla tunnetun ruotsalaisen turbiinivalmistajan ehdoilla.

Toinen siihen vaikuttava tekijä sille, ettei Ahlforsin turbiinikeksintö yleistynyt Suomessa tai levinnyt Ruotsiin, löytyy siitä, että juuri 1910-luvun loppu oli myös suu-

Ahlforsin omista kirjallisista töistä, muiden henkilöiden alaan liittyneistä aikalaiskirjoituksista sekä myöhemmistä vesivoimaan liittyneistä tutkimuksista.⁴¹ Huolimatta tutkitun materiaalin runsaasta määrästä, aineistosta löytyy ainoastaan kaksi viitettä Axel Ahlforsin keksintöjen käyttöön otosta – toinen hänen omasta artikkelistaan ja toinen Tauno Liuksialan 1937 julkaistusta vesirakennusta käsittelevästä yleiskirjoituksesta.⁴²

Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag osti Ahlforsin patentin (FI-5310) vuonna 1913 ja rakensi sen perusteella koeturbiinin, joka osoittautui tehokkaaksi. Saadut lupaavat tulokset eivät kuitenkaan johtaneet keksinnön yleistymiseen, mikä johtui pitkälti yrityksen ja ruotsalaisen tur-

ren muutoksen aikaa turbiinitekniikan alalla. Uusi maailmanmaineeseen yltänyt Kaplan-turbiini oli tulossa tuolloin markkinoille.⁴⁷ Ab Karlstad Mekaniska Werkstad ja turbiinin kehittäjä itävaltainen Viktor Kaplan olivat olleet yhteydessä jo vuonna 1913, mutta puhjennut maailmansota esti vielä kymmenluvulla tiiviimmän yhteistyön.⁴⁸ Kaplan-turbiini sopi erittäin hyvin myös Suomen mataliin ja vesimääriltään vaihteleviin putouksiin, ja Axel Ahlforskin totesi uuden turbiinin poikkeuksellisuuden: artikkelissaan Ahlfors osoitti, että Kaplanin turbiini oli tehokkaampi kuin hänen patentoimansa keksintö tai Karlstad Mekaniska Werkstadissa kehitetty turbiini.⁴⁹ Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag alkoikin valmistaa Kaplan-turbiineja lisenssillä yhteistyössä Karlstad Mekaniska Werkstadin kanssa vuodesta 1925 lähtien.⁵⁰ Ahlforsin keksintö jäi unohtuksiin.

Axel Ahlforsin uran tarkempi tutkimus vahvistaa Myllyntauksen tulkintaa siitä, ettei Suomessa syntynyt merkittäviä teknisiä sovellutuksia vesiturbiinien alalle 1900-luvun alkupuolella. Ahlfors oli tunnettu hahmo siinä lukumäärältään pienessä joukossa, joka toimi Suomessa vesivoimakysymysten parissa, mutta hän ei vienyt alan teknistä kehitystä oleellisesti eteenpäin. Ahlfors oli alallaan aktiivinen toimija – ei poikkeuksellinen vesiturbiinitekniikan kehittäjä.⁵¹

YHDISTELMÄURA JA KAUPALLINEN TOIMINTA 1900-LUVUN ALUSSA

Axel Ahlforsin työ tutkimuksen ja tekniikan parissa keskittyi kysymyksiin, jotka liittyivät nopeasti kehittyvään ja nopeasti yleistyvään oman aikansa huipputeknologiaan. Vesivoimakoneiden tutkijana Ahlfors oli kansainvälisesti aktiivinen; hän haki oppia Suomen rajojen ulkopuolelta, oli yhteydessä oman alansa keskeisiin ulkomaisiin tutkijoihin sekä osallistui kansainvälisiin konferensseihin.

Myös keksintöjensä oikeuksia suojatesaan Ahlfors katsoi Suomen ulkopuolelle ja haki patenteja eri puolilla maailmaa.

Axel Ahlfors ei lukeudu kansainvälisesti tunnettujen vesiturbiinitekniikan kehittäjien joukkoon, mutta hänen uransa kyseisen tekniikan parissa tarjoaa hyvän esimerkin yliopistotutkijoiden yhteistoiminnasta teollisuuden kanssa 1900-luvun alkupuolella. Ahlforsin tapauksessa turbiinien suunnittelu teollisuuslaitoksille sekä teollisuuden turbiinien käyttötutkimukset olivat tapoja joiden kautta professorin asiantuntemus siirtyi teollisuuden palvelukseen. Merkittävää tekniikan siirtoa Ahlforsin laboratorioista teollisuuteen ei kuitenkaan tapahtunut, mikä johtui pitkälti suomalaisen turbiiniteollisuuden riippuvuudesta ulkomaisesta tekniikasta. Toisin sanoen Ahlforsin kehittämä, yliopistolähtöinen turbiinitekniikka ei koskaan yleistynyt teollisuuden käytössä.

Tieteen ja tekniikan historian katsannossa on mielenkiintoista, että 1900-luvun alun tilanteessa, jossa suomalaiset teollisuusyritykset panostivat vain vähän vesiturbiinitekniikan tutkimus- ja kehitystoimintaan, alan kotimainen kehitys tapahtui pitkälti Teknillisellä korkeakoululla yksittäisen professorin johdolla. Yritykset kuitenkin tukivat Ahlforsin työtä, minkä osoituksena ovat laitelahjoitukset Teknillisen korkeakoulun vesivoimalaboratoriolle, jossa professori teki tutkimusta myös teollisuuden tarpeisiin.

Suomalaisten yliopistojen ja yritysmaailman välisten suhteiden historiaa tutkittaessa keskeinen kysymys liittyy siihen, missä määrin tutkijoiden on ollut mahdollista toteuttaa yhdistelmäuraa, eli palvella samanaikaisesti tutkimusta ja kaupallisia piirejä? Axel Ahlforsin tapaus viittaa vahvasti siihen, että 1900-luvun alkupuolella yhteistyölle ei juuri asetettu rajoituksia yliopistojen puolelta. Yhteistyö sai joskus negatiivista huomiota osakseen akateemisen maailman sisällä, mutta käytännössä tutkijoilla vaikuttaa ol-

leen suuri liikkumavapaus toimia yliopiston ulkopuolella. Sen selvittäminen, mitä tuo vapaus käytännössä piti sisällään, edellyttää vielä lisätutkimusta.

FT Sampsa Kaataja on tieteen ja tekniikan historiaan erikoistunut tutkija. Parhaillaan hän tutkii suomalaisten yliopistojen ja yritysmailman välisen yhteistyön historiaa.

¹ Aikaisemmassa tutkimuksissa yhdistelmäuria (compound career, hybrid career) on käsitelty esimerkiksi Kranakis 1992, 178–79; Joerges, Shinn 2001, 3; Wise 1985, 48.

² Artikkelin on osa kirjoittajan Toimivia käytäntöjä etsimässä. Yliopistojen ja yritysten välinen yhteistyö Suomessa 1900-luvulta lähtien -tutkimushanketta, jota Tekniikan edistämissäätiö sekä Tiina ja Antti Herlinin säätiö ovat rahoittaneet.

³ Karl, Axel, Mauritz Ahlfors. Nimikirja. Teknillisen korkeakoulun arkisto; Karl Axel Ahlfors. Syntymäpäiväkirjoitukset ja nekrologit. Svenska Literatur Sällskapetin arkisto; Kyrklund 1961, 242.

⁴ Karl, Axel, Mauritz Ahlfors. Nimikirja. Teknillisen korkeakoulun arkisto; Karl Axel Ahlfors. Syntymäpäiväkirjoitukset ja nekrologit. Svenska Literatur Sällskapetin arkisto; Kyrklund 1961, 242; Suomen teknillinen korkeakoulu. Ohjelma lukuvuotena 1911–1912. Helsingfors centraltryckeri, Helsingfors 1911, 45; Suomen teknillinen korkeakoulu. Ohjelma lukuvuotena 1922–1923. Valtioneuvoston kirjapaino, Helsinki 1922, 38; Suomen teknillinen korkeakoulu. Ohjelma lukuvuotena 1934–1935. Valtioneuvoston kirjapaino, Helsinki 1934, 56.

⁵ Esim. Ahlfors 1933; Ahlfors 1936.

⁶ Ensimmäiseen Suomessa patentoituun keksintönsä Ahlfors oli jo saanut patentin Saksassa 13.3.1903. FI-2356, Hydraulinen säätäjä turbiineihin. Haettu 20.12.1904 – myönnetty 29.3.1905. Viimeinen Ahlforsin patentoitu keksintö oli FI-18729, Nopeasti käyvä vesiturbiini tai pyörivä pumppu. Haettu 24.4.1935 – myönnetty 4.11.1940.

⁷ Jokaisella vuosikymmenellä Ahlfors jätti neljä patenttihakemusta, joille myönnettiin patentti.

⁸ Myllyntaus 1991, 173–74; Keskinen 1968, 70–71.

⁹ FI-7195, Pikakäyntinen höyrykone. Haettu 11.7.1918 – myönnetty 15.2.1919; FI-9979, Mäntähöyrykone, jossa höyrynjako tapahtuu mäntään liitetyn mäntä- tai putkiluistin avulla. Haettu 10.2.1922 – myönnetty 8.12.1923; FI-15012, Hankausvoimansiirtolaite. Haettu 23.3.1932 – myönnetty 17.3.1933.

¹⁰ FI-11914, Järjestely sulkemisluukkujen kiinnijäätymisen estämiseksi johtopalkkeihin. Haettu 7.1.1927 – myönnetty 6.3.1928.

¹¹ Keskinen 1993, 160.

¹² FI-6350, Tulipesäluukku, varustettu laitteella polttoilman etulämmittämistä ja säätämistä varten, haettu 28.1.1926 – myönnetty 18.5.1916. Mahdollisimman taloudellisen energiaekonomian tavoittaminen yhdistää sekä turbiineja, höyrykoneita, voiman välistystä että tulipesän luukkuja.

¹³ FI-11877, Lapiöaes varustettu pyörivillä terillä, haettu 9.7.1926 – myönnetty 6.3.1928

¹⁴ Myllyntaus 1984, 7–8.

¹⁵ Myllyntaus 1984, 9–10, 165.

¹⁶ Esimerkiksi vuonna 1932 Ahlforsin artikkelin Kaplan-turbiinien teoriasta julkaistiin Svenska Teknologföreningin lehdessä. Ahlfors 1932.

¹⁷ Keskinen 1993, 99; Keskinen 1968, 71; Myllyntaus 1991, 4, 174.

¹⁸ Myllyntaus 1991, 174.

¹⁹ Lind 1928, 72.

²⁰ Ahlfors 1932, 96.

²¹ Ahlfors 1920, 98.

²² Ahlfors 1931, 239. Konfrensissa oli 4000 osallistujaa, joiden joukossa mm. Oscar von Miller, Albert Einstein ja Thomas A. Edison. Suomesta Berliiniin lähti 8 osallistujaa, joista viisi oli Teknillisen korkeakoulun professoreita (Harald Kyrklund, B. Wuolle, Ahlfors, M. Heikinheimo, H. Kolster). Johanson 1931, 10.

²³ Keskinen 1968, 78; Ahlfors 1934, 215.

²⁴ Ahlfors 1934, 253.

²⁵ Tammerfors Linne- & Jern-Manufaktur Aktie-Bolag (tuolloin jo Tampereen Pellava- ja Rautateollisuus Oy) sai oman laboratorionsa vasta 1954. Keskinen 1993, 123.

²⁶ Tarkemmin asiasta ks. Kaataja 2010, 211–217.

²⁷ Ahlfors 1938, 244. ”

²⁸ Karl, Axel, Mauritz Ahlfors. Nimikirja. Teknillisen korkeakoulun arkisto. Ahlfors 1912.

²⁹ Siihen miksi Ahlfors toimi näin tai miksi hän ylipäätään halusi turvata kehittämänsä tekniikan oikeudet itselleen, tutkimusaineisto ei tarjoa suoria vastauksia.

³⁰ Vain poikkeustapauksissa 1900-luvun tieteenharjoittajat ovat kirjoituksissaan käsitelleet sitä, mikä heitä on motivoinut laajentamaan työkuvaansa tutkimuksen ulkopuolelle. Yksi sellainen löytyy A.I. Virtasen virkaanastujaisesityksestä: Virtanen 1932.

³¹ Kaataja 2010, 50–51; Nykänen 2007, 143–144, 223.

³² Jatkossa tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimusta siitä, miten yliopisto-yritys-yhteistyön mahdollisuudet ja rajoitukset ovat vaikuttaneet yliopistojen ja yritysten toimintaan Suomessa 1900-luvulla.

³³ FI-2356, Hydraulinen säätäjä turbiineihin. Haettu 20.12.1904 – myönnetty 29.3.1905; FI-5310, Selitys vesiturbiinista, jolla on suuri ominaiskierrosluku. Haettu 30.11.1912 – myönnetty 29.4.1913; FI-8272, Vesiturbiinin uusi rakennustapa. 1.11.1919 – myönnetty

1.10.1920; FI-10039, Jaetuilla johtisiivillä varustettu vesiturbiini. Haettu 11.1.1923 – myönnetty 18.1.1924; FI-14452, Nopeasti käyvä vesiturbiini, jossa on säädettävä juoksupyörä. Haettu 25.10.1930 – myönnetty 10.6.1932; FI-18699, Nopeasti käyvä vesiturbiini tai pyörivä pumppu. Haettu 5.11.1936 – myönnetty 4.11.1940; FI-18729, Nopeasti käyvä vesiturbiini tai pyörivä pumppu. Haettu 24.4.1935 – myönnetty 4.11.1940.

³⁴ FI-2356, Hydraulinen säätäjä turbiineihin. Haettu 20.12.1904 – myönnetty 29.3.1905. Hydraulinen säätäjä syntyi mahdollisesti Sveitsissä Th. Bell & Co:n turbiinitehtaalla, jossa Ahlfors työskenteli juuri vuosina 1902 ja 1903.

³⁵ Karl, Axel, Mauritz Ahlfors. Nimikirja. Teknillisen korkeakoulun arkisto.

³⁶ FI-5310, Selitys vesiturbiinista, jolla on suuri ominaiskierros-luku. Haettu 30.11.1912 – myönnetty 29.4.1913.

³⁷ FI-8272, Vesiturbiinin uusi rakennustapa. Haettu 1.11.1919 – myönnetty 1.10.1920.

³⁸ Myllyntaus 1984, 5; Risto Keskinen on julkaissut useita Suomen vesivoimaa ja vesivoimakoneita käsitteleviä tutkimuksia. Niissä Axel Ahlfors mainitaan ohimennen, mutta häntä ei tuoda esiin suomalaisen vesivoimatekniikan kehittäjänä. Keskinen 1993, 103,131; Keskinen 1997, 5.

³⁹ International Patent Classification (IPC) luokka F03b: Nestevoimakoneet tai -moottorit.

⁴⁰ Pate-tietokanta. Yksi Ahlforsin turbiinikeksinnöistä FI-18699 on tietokannassa sijoitettu luokkaan F04d: Virtaustyyppiset pumput.

⁴¹ Ahlfors kirjoitti Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar -lehteen yhteensä 22 artikkelia vuosina 1910–40. Ahlfors kuului lehden toimituskuntaan 1910- ja 20-luvuilla ja se olikin hänen pääjulkaisukanavansa. Esimerkiksi Teknilliseen Aikakauslehteen Ahlfors ei kirjoittanut. Näiden artikkeleiden lisäksi tutkittiin hänen julkaisunsa Turbiner deras beräkning och konstruktion. Tidnings- & Tryckeri- Aktiebolagets tryckeri, Helsingfors 1912 sekä Vesiturbiinit. WSOY, Helsinki 1932. Muita tutkittuja julkaisuja olivat n. 50 muiden kuin Ahlforsin kirjoittamat vesivoimaa ja vesiturbiineja käsittelevät artikkelit Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar -lehdessä sekä Teknillisessä Aikakauslehdessä vuosilta 1910–1940. Muuta tutkittua aikalaismateriaalia olivat n. 10 alaa käsittelevää teosta: mm. Georg, Christiernin, Finlands vattenkraft och elektrifiering. Statsrådet. 1924; Tauno, Liuksiala, Vesivoimalaitokset. Teoksessa Keksintöjen kirja 7. Vesirakennus, laiva- ja ilmaliienne. Väinö Airas (toim.) Wsoy, Helsinki 1937; Tampereen Pellava- ja Rauta-Teollisuus Osakeyhtiö 1856–1931. Kustannusosakeyhtiö Otavan kirja- ja syväpaino, Helsinki 1931; Jalmari Maunola, Vesivoimat niiden merkitys ja käyttö. Wsoy, Porvoo 1933; Yrjö Raevuori, Tampereen kaupungin sähkölaitos ja sähkön varhaisvaiheet Suomessa. Tampereen uusi kirjapaino Oy, Tampere 1938; Runar Urbans,

Tampereen Pellava- ja Rauta-Teollisuus Osakeyhtiö 1856–1956. Söderström & Co., Helsinki 1956.

Vesivoiman ja -turbiinien historiaa käsittelevistä tutkimuksista tietoja Ahlforsista etsittiin teoksista: Keskinen 1993; Keskinen, Vesivoimakoneiden valmistus Suomessa. Esitutkimus projektia ”Suomen energian tuottamisen ja käytön historia” varten. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Hydraulikka. Raportti 16. Tampere 1979; Keskinen 1997; Myllyntaus, 1991; Myllyntaus 1984; Suomen vesivoima. Toim. Hintikka et. al. Suomen vesivoimayhdistys, Tampere 1968; Anttila, Olavi, Valoa, voimaa, vaurautta. Tampereen kaupungin sähkölaitos 1888–1988. Tampereen kaupunki, Tampere 1993.

⁴² Ahlfors 1920; Liuksiala 1937.

⁴³ Aikalaiskirjoituksissa ei puhuta aina Ab Karlstads Mekaniska Werkstadista, vaan niissä mainitaan konepaja nimeltään Verkstaden i Kristinehamn. Konepaja oli kuitenkin osa Karlstads Mekaniska Werkstadi aina 1890-luvun lopulta lähtien. Aktiebolaget Karlstads Mekaniska Werkstad 1873–1933. Hjalmar Petterson & Co., Karlstad 1933, 69.

⁴⁴ Myllyntaus 1991, 174.

⁴⁵ Aktiebolaget Karlstads Mekaniska Werkstad 1873–1933. Hjalmar Petterson & Co., Karlstad 1933, 70–77; Liuksiala 1937, 293; Ahlfors 1920, 97.

⁴⁶ Ahlfors 1920, 97–98.

⁴⁷ Viktor Kaplan patentoi keksintönsä ensimmäistä kertaa vuonna 1913, ja Suomessa Kaplanin keksinnöille myönnettiin kolme patenttia jo maaliskuussa 1914. FI-5694, Turbinmaskin. Myönnetty 26.3.1914; FI-5695, Regleringsanordning för turbinmaskiner. Myönnetty 26.3.1914; FI-5696, Löphjul för turbinmaskiner. Myönnetty 26.3.1914. Pate-Tietokanta.

⁴⁸ Karlstads Mekaniska Werkstad oli valmis rakentamaan ensimmäisen Kaplan-turbiininsa Vuonna 1921. Aktiebolaget Karlstads Mekaniska Werkstad 1873–1933. Hjalmar Petterson & Co., Karlstad 1933, 71–73.

⁴⁹ Ahlfors 1920, 98–99.

⁵⁰ Myllyntaus 1991, 175.

⁵¹ Myös jossain määrin vastakkaisiakin näkemyksiä K. Axel Ahlforsin keksintöjen merkityksestä on esitetty: Ahlforsin kuoltua muistokirjoituksen Tekniskt Forum -lehteen laatinut Teknillisen korkeakoulun koneenrakennuksen professori Harald Kyrklund (1881–1965) esittää, että monet Viktor Kaplanille kreditoidut ansiot oli jo aikaisemmin esitetty Ahlforsin patenteissa. Kyrklund 1961, 242. Tällainen kunnian menetys ei kuitenkaan välity alan tutkimuksista tai Ahlforsin omista kirjoituksista. Suurkierroslukuisia turbiineja käsitelleessä artikkelissaan vuodelta 1920 Ahlfors kuvaa Kaplania henkilöksi, joka on tehnyt ”ensisijaista työtä turbiinien kierroslukujen nostajana”. Samassa yhteydessä Ahlfors myös itse mainitsee, ettei hänen kehittämänsä turbiini ole yhtä tehokas kuin Kaplan-turbiini. Ahlfors 1920, 98.

LÄHTEET JA KIRJALLISUUS:**Arkistolähteet**

- Karl, Axel, Mauritz Ahlfors. Nimikirja. Teknillisen korkeakoulun arkisto.
- Karl Axel Ahlfors. Syntymäpäiväkirjoitukset ja nekrologit. Svenska Literatur Sällskapetin arkisto.
- Kyrklund, Professor em. K. Axel M. Ahlfors död. Tekniskt Forum. 10. 1961.

Patentit:

- FI-2356, Hydraulinen säätäjä turbiineihin. Haettu 20.12.1904 – myönnetty 29.3.1905.
- FI-5310, Selitys vesiturbiinista, jolla on suuri ominaiskierrosluku. Haettu 30.11.1912 – myönnetty 29.4.1913.
- FI-5694, Turbinmaskin. Myönnetty 26.3.1914.
- FI-5695, Regleringsanordning för turbinmaskiner. Myönnetty 26.3.1914.
- FI-5696, Löphjul för turbinmaskiner. Myönnetty 26.3.1914.
- FI-6350, Tulipesäluukku, varustettu laitteella polttoilman etulämmittämistä ja säätämistä varten, haettu 28.1.1926 – myönnetty 18.5.1916.
- FI-7195, Pikakäyntinen höyrykone. Haettu 11.7.1918 – myönnetty 15.2.1919.
- FI-8272, Vesiturbiinin uusi rakennustapa. 1.11.1919 – myönnetty 1.10.1920.
- FI-9979, Mäntähöyrykone, jossa höyrynjako tapahtuu mäntään liitetyn mäntä- tai putkiluistin avulla. Haettu 10.2.1922 – myönnetty 8.12.1923.
- FI-10039, Jaetuilla johtosiivillä varustettu vesiturbiini. Haettu 11.1.1923 – myönnetty 18.1.1924.
- FI-11877, Lapiöaes varustettu pyörivillä terillä, haettu 9.7.1926 – myönnetty 6.3.1928
- FI-11914, Järjestely sulkemisluukkujen kiinnijäätymisen estämiseksi johtopalkkeihin. Haettu 7.1.1927 – myönnetty 6.3.1928.
- FI-14452, Nopeasti käyvä vesiturbiini, jossa on säädettävä juoksupyörä. Haettu 25.10.1930 – myönnetty 10.6.1932.
- FI-15012, Hankausvoimansiirtolaite. Haettu 23.3.1932 – myönnetty 17.3.1933.
- FI-18729, Nopeasti käyvä vesiturbiini tai pyörivä pumppu. Haettu 24.4.1935 – myönnetty 4.11.1940.
- FI-18699, Nopeasti käyvä vesiturbiini tai pyörivä pumppu. Haettu 5.11.1936 – myönnetty 4.11.1940.
- FI-18729, Nopeasti käyvä vesiturbiini tai pyörivä pumppu. Haettu 24.4.1935 – myönnetty 4.11.1940.

Muut lähteet

- AHLFORS, Axel. Cebr. Sulzers ångturbin samt bestämmandet af ångförbrukningen för en 1,200 hkr Sulzerturbin. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 32, Häfte 6. Juni 1912.
- AHLFORS, Axel. Turbiner deras beräkning och konstruktion. Tidnings- & Tryckeri- Aktiebolagets tryckeri. Helsingfors 1912.
- AHLFORS, Axel. Vattenturbiner med högt specifikt omloppstal. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 40, Häfte 6. Juni 1920.
- AHLFORS, Axel. Ackumulering av hydraulisk energi. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 51, Häfte 8. Augusti 1931.
- AHLFORS, Axel. Kaplanturbinens teori. Teknisk Tidsskrift (Mekanik). Vol. 62, Häfte 7. Juli 1932.
- AHLFORS, Axel. Vesiturbiinit. WSOY. Helsinki 1932.
- AHLFORS, Axel. Kaplanturbinens teori. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 53, num. 1. Januari 1933.
- AHLFORS, Axel. Tekniska Högskolans vattenkraftlaboratorium. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 54, Häfte 8. Augusti 1934.
- AHLFORS, Axel. Bidrag till beräkning av ångturbiners verkningsgrad och ångförbrukning. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 56, num. 8. Augusti 1936.
- AHLFORS, Axel. Löpskovelantalets inflytande på Kaplanturbiners verkningsgrad. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 58, Häfte 9. September 1938.
- JOHANSON Edvin. Andra världskraftkonferensen i Berlin 16-25 juni 1930. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 51, Häfte 1. Januari 1931.
- LIND Hadar. Anordningar för provning av turbiner vid Verkstaden Kristinehamn. Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar. Årgång 48, Häfte 4. April 1928.
- LIUKSIALA Tauno. Vesivoimailaitokset. Teoksessa Keksintöjen kirja 7. Vesirakennus, laiva- ja ilmailiikenne. Väinö Airas (toim.) Wsoy, Helsinki 1937.
- Suomen teknillinen korkeakoulu. Ohjelma lukuvuotena 1911–1912. Helsingfors centraltryckeri. Helsingfors 1911.
- Suomen teknillinen korkeakoulu. Ohjelma lukuvuotena 1922–1923. Valtioneuvoston kirjapaino. Helsinki 1922.
- Suomen teknillinen korkeakoulu. Ohjelma lukuvuotena 1934–1935. Valtioneuvoston kirjapaino. Helsinki 1934.
- VIRTANEN, A.I. Biokemia teoreettisena ja käytännöllisenä tieteenä. Virkaanastujaisesitys Teknillisen Korkeakoulun biokemian professorin virkaan 11.12.1931. Suomen Kemistilehti Vol. 15. Num. 5. 1932.

Kirjallisuus

- Aktiebolaget Karlstads Mekaniska Werkstad 1873–1933. Hjalmar Petterson & Co. Karlstad 1933.
- ANTTILA Olavi. Valoa, voimaa, vaurautta. Tampereen kaupungin sähkölaitos 1888–1988. Tampereen kaupunki. Tampere 1993.
- Instrumentation between Science, State and Industry. (Ed.) Bernward Joerges, Terry Shinn *Sociology of the Sciences Yearbook* 22. Kluwer Academics. Dordrecht 2001.
- KAATAJA Sampsa. Tieteen rinnalla tekniikkaa. Suomalaiset korkeakoulututkijat kaupallisten sovellusten kehittäjinä 1900-luvulla. Bidrag till kännedom av Finlands natur och folk 185. Suomen Tiedeseura. Helsinki. 2010.
- KESKINEN, Risto. Turbiinit. Teoksessa Suomen vesivoima. Toim. Hintikka et. al. Suomen vesivoimayhdistys. Tampere 1968.
- KESKINEN, Risto. Vesivoima. Suomen energiatekniikan historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840–1980. Osa 1. Risto Keskinen (päätoim.). Tampereen teknillinen korkeakoulu julkaisuja 11. Tampere 1993.
- KESKINEN, Risto. Hydrauliteknikan kehitysvaiheita 1795–1995. Institute of Hydraulics and Automation. Tampere University of Technology. Tampere 1997.
- KRANAKIS Eda. Hybrid Careers and the Interaction of Science and Technology. Technological Development and Science in the Industrial Age. New Perspectives on the Science-Technology Relationship. Kroes and Bakker (eds.). Kluwer Academic Publishers. The Netherlands 1992.
- KYRKLUND Harald. Professoren. K. Axel M. Ahlfors död. *Tekniskt Forum*. Num. 10, 1961.
- MYLLYNTAUS Timo. The Introduction of Hydraulic Turbines and its Socio-Economic Setting in Finland, 1840–1940. Communications. Institute of Economic and Social History, University of Helsinki. N:o 14. Helsinki 1984.
- MYLLYNTAUS Timo. Electrifying Finland. The Transfer of a New Technology into a Late Industrialising Economy. ETLA Series A15. Macmillan. Basingstoke 1991.
- NYKÄNEN, Panu. Kortteli sataman laidalla. Suomen Teknillinen Korkeakoulu 1908– 1941. WSOY. Helsinki 2007.
- WISE George. Willis R. Whiney, General Electric, and the Origins of US Industrial Research. Columbia University Press. New York 1985.