

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Koskinen Ossi

Kehittämishanke

TUULIVOIMAOPETUKSEN KEHITTÄMINEN VERKOSSA –

CASE WIND ENERGY AND BUSINESS

Työn ohjaaja Seppo Janhonen
Vaasa 8/2010

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu
Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Ossi Koskinen
Tuulivoimaopetus verkossa: Case Wind Energy and Business
24 sivua + 3 liitesivua
Toukokuu 2010
Työn ohjaaja Seppo Janhonen

TIIVISTELMÄ

Tuulivoima on aihealueena erittäin laaja ja sitä voidaan tarkastella niin meteorologian, fysiikan kuin tekniikan tai liiketalouden näkövinkkeleistä. Tuulivoimatuotanto kasvaa sekä globaalisti että Euroopassa voimakkaasti. Vaikka Suomen asennettu tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä erittäin vaatimaton (146 MW), niin myös meille on suunnitteilla lukuisia määriä suurehkoja tuulivoimapuistoja. Suomalainen vientiveton tuulivoimateollisuus on kasvanut voimakkaasti ja se tarjoaa myös Vaasassa arviolta jo tällä hetkellä noin 200 – 300 työpaikkaa. Tätä taustaa vasten Vaasan ammattikorkeakoulussa toteutettiin ensimmäinen vaasalainen tuulivoimakurssi - Wind Energy and Business, joka oli myös valtakunnan tasolla yksi aivan ensimmäisistä korkeakouluissa toteutetuista vain tuulivoimaan keskittyvistä opintokokonaisuuksista. Kurssi oli tietävästi Suomen ensimmäinen tuulivoimaan keskittyvä verkkokurssi sekä myös ensimmäinen englanniksi Suomessa toteutettu aihealueen opintojakso.

Kehittämistehtävän tavoitteena oli kartoittaa ja tutkia kuinka tuulivoima-alan opetus soveltuu toteutettavaksi verkko-opintoina siten, että kysymyksessä on täysin verkkopohjainen kurssitoteutus. Opintokokonaisuus toteutettiin hyödyntämällä Moodle verkkoalustaa, jossa luennot toteutettiin pääsääntöisesti Powerpoint-ohjelmalla animaatiota ja selostusta hyödyntäen. Kurssin aikana opiskelijat laativat kirjallisia tehtäviä sekä luentoja että omatoimisen tiedon hankinnan pohjalta. Opitun varmistamiseksi kurssilla käytettiin myös monivalintatehtäviä, jotka olivat joko laskuharjoituksia tai väittämiä luentoihin pohjautuen.

Kehittämistehtävän tuloksena oli, että valitut verkko-opetusmenetelmät soveltuivat hyvin verkko-opetukseen ja saatu opiskelijapalaute oli positiivista. Valmiita tasokkaita luentomateriaaleja tuulivoimasta ei ollut saatavissa, vaan luennot jouduttiin tekemään itse. Keskeisenä kehittämistehtävän tuloksena oli, että opettajan työmäärä tällaisen verkkokurssin toteutuksessa on arviolta noin kolminkertainen verrattuna luokkaopetukseen, jos opettaja on aiheen syväasiantuntija (työskennellyt pitkään vain ja ainoastaan tuulivoiman parissa). Jos opettaja joutuu luentomateriaalien valmistelussa turvautumaan jossain määrin ulkoisiin tietolähteisiin (kirjallisuus, web-lähteet), on opettajan työmäärä vielä tätäkin tuntuvasti suurempi. Yhtenä tuloksena on myös havainto, että energia-alalla ja tuulivoimakoulutuksessa liiketoimintaosaaminen ja tekniikka kietoutuvat niin tiiviisti toisiinsa, että näiden erottaminen toisistaan ei ole mahdollista eikä myöskään mielekästä toteutettaessa tuulivoimakoulutusta.

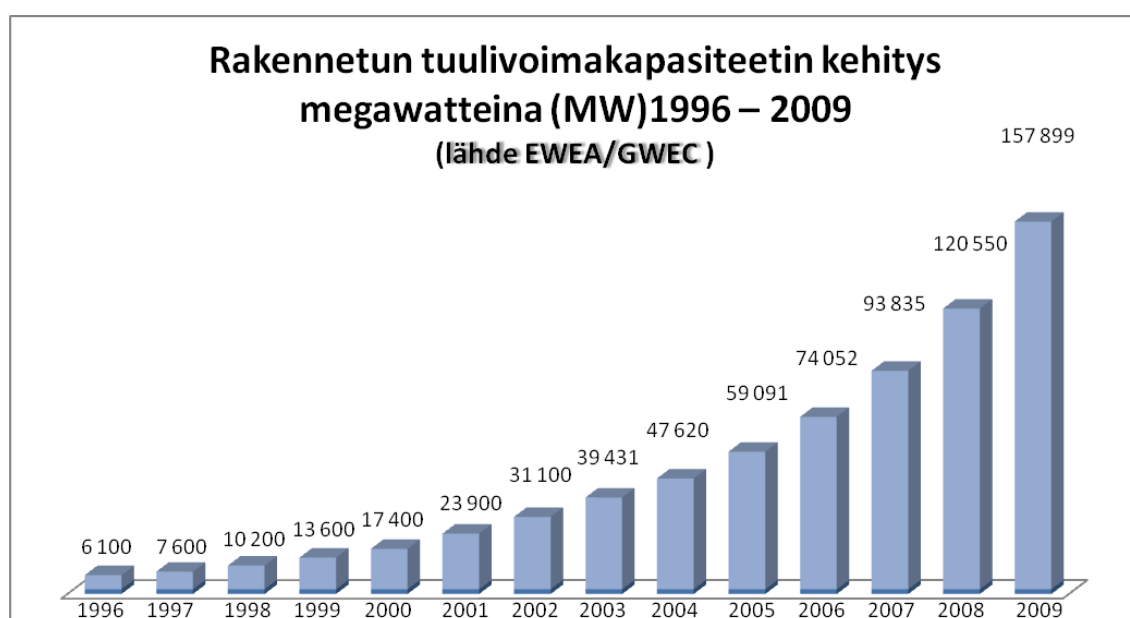
Asiasanat: verkko-opetus, tuulivoima, opettajan työmäärä

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
1.1. Taustaa kehittämishankkeelle.....	4
1.2. Kehittämishankkeen tavoitteet	5
1.3. Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset.....	6
1.4. Kehittämishankkeen toteutus.....	6
2 Verkkipedagogiikka ja verkossa opettaminen	8
2.1 Verkko-opetuksen luonne	8
2.2 Verkko-opetuksen rakenne.....	9
3 Tuulivoima ja sen opettaminen	10
3.1 Tuulivoima-ala	10
3.2 Tuulivoima laaja-alaisena opetusaiheena.....	11
4. Kurssin toteutus.....	13
4.1. Kurssin rakenne ja eteneminen	13
4.2. Opettajan työmäärä	15
4.3. Pedagogiset opetusvälineet	16
4.3.1. Powerpoint	16
4.3.2. Monivalintakysymykset	17
4.3.3. Kirjalliset tehtävät	18
4.3.4. Videoleikkeet ja muu verkkomateriaali	19
5. Kokemukset kurssitoteutuksesta	20
6. Yhteenveto ja loppupäätelmät.....	23
Lähteet.....	25
Liite 1: Kurssin liiketalousosuuden tentti	26
Liite 2: Esimerkki monivalintalaskutehtävästä	27
Liite 3: Esimerkki kurssipalautteesta opiskelijalta.....	28

1 Johdanto

Tuulivoima uusiutuvana ja päästöttömänä energiantuotantomuotona kasvaa globaalisti tällä hetkellä erittäin voimakkaasti. Vuoden 2009 lopussa globaali asennettu tuulivoimakapasiteetti oli yhteensä hiukan yli 150 gigawattia ja ennuste on, että tämä määrä tulee kasvamaan vuonna 2010 noin 35 prosentilla. Suomen asennettu tuulivoimakapasiteetti on erittäin vaatimaton (2009: 146 MW) ja samalla tavalla voitaisiin varmasti myös luonnehtia suomalaisissa korkeakouluissa annettavaa tuulivoimaopetuksen tarjontaa määrällisesti.



Kuvio 1. Rakennetun tuulivoimakapasiteetin maailmanlaajuinen kehitys 1996 -2009.

1.1. Taustaa kehittämishankkeelle

Merenkurkun neuvostolla oli vuosina 2008 - 2009 Pohjoismaisen Ministerineuvoston rahoittama hanke 'Kvarnen Vind', jonka tavoitteena oli mm. edistää vaasalaisten ja uumajalaisten korkeakoulujen yhteistyötä tuulivoimakoulutuksessa. Tämän projektin pohjalta tehtiin päätös toteuttaa Vaasan ammattikorkeakoulussa osana liiketalouden vapaavalintaisia opintoja englanniksi virtuaalikurssi nimeltään 'Wind Energy and Business'. Kurssi on monella tapaa uutta kokeileva sillä, se on vaasalaisissa korkeakouluissa ensimmäinen täysin tuulivoimaan keskittyvä opintokokonaisuus ja

tehdyn selvityksen pohjalta myös valtakunnan tasolla yksi aivan ensimmäisistä täysin tuulivoimaan keskittyvistä korkeakouluissa tarjottavista kursseista.

Aalto yliopisto (2) ja Tampereen teknillinen yliopisto (1) tarjoavat omassa opintotarjonnassaan kolmea teknispainotteista tuulivoimakurssia, joten tämän kehittämistehtävän tiimoilta tehty tuulivoimakurssi on todennäköisesti valtakunnan tasolla neljäs tuulivoimaan keskittyvä opintokokonaisuus ja ensimmäinen, joka tarkastelee aihetta enemmänkin liiketalouden näkökulmasta. Keskeistä on kuitenkin huomata, että energia-ala rakentuu sekä tekniikasta että liiketoimintaosaamisesta ja näitä molempia tarvitaan aina – ilman toista ei ole toistakaan. Näin ollen tuulivoimakoulutuksessa joudutaan aina ottamaan esille sekä taloudellisia ja teknisiä lähtökohtia, oli koulutuksen järjestäjä sitten tekniikan tai liiketalouden alalta.

Nyt pidetty kurssi rakentuu kahdesta eri osasta, joista ensimmäinen tarkastelee tuulivoimatuotantoa liiketalouden näkökulmasta ja toinen osa lähestyy aihetta juridiikan näkökulmasta (esim. tuotevastuu- ja ympäristövastuukysymykset). Kurssi toteutetaan täysin verkossa kahden eri opettajan toimesta. Tietävästi kysymyksessä on myös Suomen ensimmäinen verkkopohjainen tuulivoimakurssi. Ruotsissa tällaisia on ollut jo toteutettuna (Högskola på Gotland), mutta niistä saatu palaute on ollut vaihtelevaa. Myöskään Ruotsissa ei ole verkkokurssia tuulivoimasta liiketalouden näkökulmasta, vaan kurssit keskittyvät johonkin tekniseen osa-alueeseen. Tämän hankkeen tiimoilta toteutettava kurssikokonaisuus on siis monella tapaa uutta kokeileva ja toivottavasti tarjoaa arvokasta tietoa tuleville tuulivoimakoulutuksille.

1.2. Kehittämishankkeen tavoitteet

Kehittämishankkeena toteutetun kurssikokonaisuuden tavoitteena on tarjota liiketalouden opiskelijoille yleiskäsitys tuulivoimatuotannosta ja siihen liittyvistä taloudellisista ja juridisista lähtökohdista. Kurssi on tarkoitettu myös teknisten alojen edustajille, sillä kurssin tarkastelukulma on enemmän kaupallinen kuin tekninen.

Hankkeen tavoitteena on saada kokemusta tuulivoimakurssin järjestämisestä verkkoympäristössä, jolloin opintokokonaisuutta voidaan tarjota paitsi vaasalaisten korkeakoulujen vapaavalintaisena kurssina, niin myös VirtuaaliAMK:n kautta.

1.3. Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Tässä hankkeessa saadaan tietoa tutkimusongelmaan, joka voidaan kiteyttää seuraavasti:

Kuinka verkko-opetus soveltuu tuulivoimaan liittyvään korkeakouluopetukseen? (taustana se, että näistä ei vielä kokemusta Suomessa ja vaihtelevat kokemukset ruotsalaisesta tarjonnasta)

Tästä tutkimusongelmasta voidaan johtaa seuraavat tutkimuskysymykset:

1. *Kuinka hyvin on saatavilla aiheeseen sopivaa verkko-opetusmateriaalia? (taustana se, että esimerkiksi johtamiseen liittyvää valmista materiaalia on löydettävissä kansainvälisistä opetusportaaleista, mutta onko vastaavaa materiaali löydettävissä tästä spesifimmästä aiheesta)*
2. *Minkälaiset opetusmenetelmät toimivat verkko-oppimialustalla parhaiten aiheen tiimoilta?*
3. *Millaiset oppimistehtävät palvelevat parhaiten opintokokonaisuuden oppimis- ja osaamistavoitteita?*

1.4. Kehittämishankkeen toteutus

Kehittämishanke on laajuudeltaan 10 opintopistettä, mikä vastaa opiskelijan työtunteina 270 työtuntia. Tämän kehittämishankkeen kohteena oleva Wind Energy and Business kurssin opettaja/kehittämishankkeen laatija oli saanut tuntiresurssia työnantajaltaan yhteensä 44 työtuntia kurssin suunnitteluun ja toteutukseen. Kurssin ja kehittämishankkeen toteutunut työmäärä oli seuraava:

Taulukko 1. Kehittämishankkeen toteutuneet työtunnit.

Kurssin suunnittelu: tavoitteet, sisältö, toteutus ja arviointi	30 tuntia
Luentokertojen sisällön (substanssin) valmistaminen	180 tuntia
Luentokertojen rakentaminen Moodle alustalle	50 tuntia
Kurssitehtävien kommentointi ja arviointi	45 tuntia
Kurssin yleishallinto (Joo-sopimukset, yhteistyö toisen vastuu opettajan kanssa etc.)	30 tuntia
Yhteensä	345 tuntia
Saatu tuntiresurssi	- 44 tuntia
Kehittämishankkeen kirjoittaminen	45 tuntia
Kehittämishankkeeseen käytetty yhteensä	346 työtuntia

Kehittämishankkeen toteutus käynnistyi siten, että aluksi haastateltiin kolmea eri vaasalaista tuulivoima-alan edustajaa. Mervento Oy suunnittelee ja valmistaa multimegawattiluokan (3,6 MW) tuulivoimalaa rannikko-olosuhteisiin. The Switch markkinoi ja valmistaa puolestaan kolmea eri kestopagneettiratkaisuun pohjautuvaa generaattorityyppiä (low -, medium- ja high speed) sekä tehonmuokkaimia (kuva 2). EPV tuulivoima on puolestaan paikallisen sähköyhtiön tuulivoimayhtiö, jolla on käynnissä ja suunnitteilla useita kymmenien megawattien tuulivoimapuistohankkeita.



Kuvio 2. The Switchin valmistama tehonmuokkain tuulivoimalaan.

Kunkin toimijan haastatteluun käytettiin noin tunnin verran aikaa. Haastateltavat toivot esille useita eri näkökohtia, mutta kussakin haastattelussa korostui kuitenkin jokin tietty teema, joka pystyttiin huomioimaan kurssin suunnittelussa ja toteutuksessa. Haastatellut henkilöt ja heidän korostamansa asiat kurssia silmällä pitäen olivat seuraavat:

Dag Sandås, varatoimitusjohtaja, The Switch

- Tuulivoimaa opettaessa teknisiä kysymyksiä ei voida sivuuttaa vaan myös ne täytyy pystyä tuomaan selkeästi esille.

Tomi Mäkipelto, toimitusjohtaja, EPV tuulivoima

- Tuulivoimarakentamisessa logistiset kysymykset nousevat usein merkittävään asemaan. Esimerkiksi roottorin lapojen pituuden ja konehuoneiden painon kasvaessa kulkuyhteydet rakennuspaikkaan voivat nousta keskeisiksi kysymyksiksi ja merkittäväksi kulueräksi pystytyskulujen ohella.

Patrik Holm, johtaja, Mervento Oy

- Tuulivoima on laaja kokonaisuus, jota voidaan lähestyä monesta eri näkövinkkelistä. Keskeistä on pystyä antamaan opiskelijoille kokonaiskuva tuulivoimasta kokonaisuutena ilman syvällistä keskittymistä vain johonkin yksittäiseen tuulivoimaan liittyvään yksityiskohtaan.

2 Verkkopedagogiikka ja verkossa opettaminen

Verkko-opettamisesta on laadittu runsaasti kirjoja, jotka esittelevät verkko-opetuksen erilaisia toteuttamistapoja ja sitä kuinka opiskelijat ovat verkko-opetuksen kokeneet. Tästä huolimatta virtuaalikirssien tarjonta on useimmissa korkeakouluissa erittäin suppeaa tai lähes olematonta. Opetusministeriö on asettanut omassa tavoiteasetannassaan virtuaaliopetuksen määrän yhdeksi tuloksellisuuskriteeriksi ammattikorkeakouluille jo yli kymmenen vuotta sitten. Tästä huolimatta useimmat virtuaalitoteutukset verkossa on toteutettu lähinnä siten, että luokassa tapahtuvien lähiopetuskertojen materiaali on viety vain sellaisenaan jollekin verkkotyöalustalle kuten WebCT:lle tai Moodlelle.

2.1 Verkko-opetuksen luonne

Mielenkiintoinen kysymys on, että mistä johtuu todellisen verkko-opetuksen vähäisyys verrattuna siihen kuinka paljon asiasta on puhuttu ja kirjoitettu sekä kuinka erityisesti aikuisopiskelijat ovat monissa kyselyissä toivoneet lisää virtuaalitoteutuksia. Tähän kysymykseen saadaan osaltaan vastaus myös tämän kehittämistehtävän tiimoilta.

Kalliala (2002:12–18) toteaa, että verkko-opetuksella voidaan tarkoittaa hyvin erilaisiakin toteutustapoja ja yhtä oikeaa pedagogista ratkaisua verkossa opettamiseen ei ole olemassa, vaan siihen vaikuttavat niin opettava aine kuin myös opettajan sekä opiskelijoiden valmiudet ja mieltymykset. Yksi peruskysymys verkkototeutuksessa on se, että tapahtuuko opiskelu eri paikoissa, mutta samanaikaisesti, vai onko opiskelu aikaraameiltaan väljempi, jolloin opiskelija voi itse vaikuttaa suoritusajankohtaan. Tässä kehittämistehtävän esimerkkikurssissa on valittu välimuoto näistä Kallialan (2002:13) esittämistä ääripäistä. Wind Energy and Business kurssilla annettiin viikon aikaraja luentokerran ja siihen liittyvien tehtävien suorittamiseen, mutta opiskelijat pystyivät tämän viikon sisällä valitsemaan suorittamisajankohdan täysin vapaasti, jolloin esimerkiksi reaaliaikaista chat-keskustelua ei kurssin yhteydessä toteutettu.

2.2 Verkko-opetuksen rakenne

Verkkoympäristön voi rakentaa monelle eri tavalla ja yksi näistä on sisältökeskeinen ja hierarkkinen rakenne. Tällaisessa rakenteessa verkko-opinnot rakentuvat johdonmukaisesti laajemman sisältökokonaisuuden varaan jonkin logiikan mukaan (esimerkiksi kronologinen eteneminen tai yleisestä kohti yksittäistä tietoa). Ks. Luoto ja Leppisaari (2005:22) Tällä kurssilla Wind Energy and business on käytetty tällaista hierarkkista lähestymistapaa, jossa kokonaisuuden loogiseen jäsentymiseen ja suunnitteluun on panostettu paljon. Luoto ja Leppisaari (2005:23 - 24) toteavat, että tällaisessa rakenteessa pääpaino ei ole harjoitusten suunnittelussa ja toteutuksessa. Kehittämishankkeen opintokokonaisuudessa tästä linjauksesta poikettiin siten, että opiskelijoiden omaehtoista ajattelua ja tiedon hankintaa sisältävien tehtävien laadintaan panostettiin kurssin kuluessa paljon. Tavoitteena oli, että kurssi on sekä sisällöllisesti korkeatasoinen että myös pedagogisesti opiskelijoita aktivoiva ja osallistava.

Opintokokonaisuuden rakenne noudatteli pitkälle sisältökeskeistä moduulimaista verkko-oppimisympäristöä, jossa sisältömoduulia seuraavat aina aiheeseen liittyvä oppimistehtävä, jossa sovelletaan sisältömoduulin tietoa käytäntöön mahdollisesti hyödyntäen vielä erilaisia www- linkkejä. (vrt. Luoto ja Leppisaari 2005:26)

3 Tuulivoima ja sen opettaminen

Tässä luvussa kuvataan tuulivoima-alaa yleisesti sekä sen opettamista niin Suomessa kuin Ruotsissakin.

3.1 Tuulivoima-ala

Tuulivoima-ala on Suomessa hyvin kahtia jakaantunut: Tuulivoimateollisuutta Suomessa on runsaasta (esim. WinWind, Moventaksen vaihteistot, Vaconin taajuusmuuntajat, The Switchin generaattorit ja tehonmuokkaimet) verrattuna esimerkiksi Ruotsiin, mutta itse tuulivoimatuotannossa Suomi on auttamatta 146 megawatin (12/2009) tuotantokapasiteetillaan Euroopan kehitysmaa. Esimerkiksi Saksassa tuuliolosuhteet ja tuulen energiasisältö on erittäin vaatimattomia verrattuna Suomen rannikkoon tai Lapin tuntureihin, mutta tästä huolimatta Saksassa on asennettua tuulivoimakapasiteettia noin 27 gigawattia (lähes 200-kertainen määrä Suomeen verrattuna). Myös useimmissa paikoissa Ruotsissa tuuliolosuhteet eivät lyö vertoja Ahvenanmerelle tai Pohjanmaan rannikolle, mutta Ruotsinkin tuotantokapasiteetti on lähes kymmenkertainen Suomeen verrattuna.

Suomalaisen tuulivoimatuotannon kehittymättömyyteen on monia syitä, mutta suurin syistä on melkoisella varmuudella suomalainen suurenergiateollisuus, joka piti lisäydinvoimaa hyvin pitkään ainoana varteenotettavana energiantuotantomuotona. Useiden muiden Euroopan maiden ja Yhdysvaltojen eri osavaltion kaltaisia tukimekanismeja ei ole ollut Suomessa käytössä, vaikka tuulivoimarakentamiseen on toki voinut saada ennen nyt voimaan tulevaa syöttötariffijärjestelmää (sähköstä maksettava minimihinta 83,5 euroa per MWh) investointitukea. Suomalainen suurenergiateollisuus on kuitenkin kääntänyt kelkkansa viimeisten viiden vuoden aikana ja kaikilla suurimmilla energiayhtiöllä on nykyään omat tuulivoimayhtiönsä tai yksikkönsä, jotka suunnittelevat tuulivoimapuistoja rannikkoalueille tai niiden läheisyyteen.

Suuryhtiöiden poliitikkojen lobbaaminen energiakysymyksissä näkyy edelleen siten, että pientuulivoimaa ollaan rajamassa syöttötariffijärjestelmän ulkopuolella, mikä on

sääli. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että maalle rakennettaessa yhden megawatin rakentamiskustannukset ovat noin reilut miljoona euroa. Näin ollen 500 kilowatin (kW) voimalaitoksen rakentaminen edellyttäisi pääomaa yli puolimiljoonaa euroa, jotta voisi päästä syöttötariffitukijärjestelmän piiriin.

Muissa maissa tuulivoimatuotannossa on yleisesti käytössä osuuskuntamalli, jossa paikalliset asukkaat omistavat yhden tai useamman voimalan mahdollisesti osana isompaa tuulivoimapuistoa. Tällaisesta toimintamallista (tuulivoimapuistosta 1-2 turbiinia osuuskunnalla) on isommalla energiayhtiölle myös tuntuva hyötyä, sillä näin paikalliset asukkaat saadaan sitoutettua hankkeeseen ja pystytään välttämään pitkälle lupaprosessiin liittyvät usein turhat valitukset. Osuuskunta hyötyy puolestaan tässä toimintamallissa siitä että voimalan hankintakustannusta saadaan todennäköisesti alemmas, kun tilaus tehdään osana tuulivoimayhtiön isompaa tilausta, ja myös käytön aikana saadaan synergiaetuja esimerkiksi huollon ja vakuutusten suhteen.

3.2 Tuulivoima laaja-alaisena opetusaiheena

Tuulivoimakoulutus on tuulivoimatuotannon tapaan Suomessa lapsen kengissä, sillä koko maasta löytyi selvityksessä vasta kolme muuta opintokokonaisuutta, jotka keskittyivät täysin ja pelkästään tuulivoimaan. Sellaisia uusiutuviin energiaratkaisuihin keskittyviä kursseja, joissa käsitellään jossain määrin tuulivoimaa, löytyy suomalaisista korkeakouluista lähes kymmenkunta. Tehdyn selvityksen perusteella tämä Wind Energy and Business kurssi on siis valtakunnan tasolla neljäs pelkästään tuulivoimaan keskittyvä kurssi ja lajissaan ensimmäinen virtuaalisesti sekä englannin kielellä toteutettu opintokokonaisuus.

Ruotsalaiset korkeakoulut ovat tuulivoimakoulutuksessa tuntuvasti suomalaisia yliopistoja ja ammattikorkeakouluja edellä. Esimerkiksi Uumajan yliopiston teknisestä tiedekunnasta löytyy noin 15 opintopisteen verran tuulivoimakursseja ja Högskola på Gotland tarjoaa virtuaalisesti noin kymmentä eri tuulivoimakurssia. Opiskelijoiden palaute näistä jälkimmäisistä ei kaikilta osin ole ollut pelkästään positiivista, sillä osa on kokenut ne tasoltaan liian vaatimattomiksi. Tämän kehittämishankkeen tavoitteena on luoda riittävän sisällöllisesti tasokas tuulivoimaopintojakso sekä samanaikaisesti toteuttaa se pedagogisesti optimaalisella tavalla oppimistavoitteiden saavuttamiseksi.

Tuulivoima on valtavan laaja aihealue ja sitä voidaan lähestyä monesta eri näkövinkkelistä. Tuulivoimalle on ominaista se, että se rakentuu moneen muun tieteenalan varaan ja kysymyksessä on itse asiassa opetusaihe, jossa haetaan tietoa ja asiantuntemusta ainakin seuraavilta aloilta:

- **Meteorologia** (mm. ilmassojen liikkeet korkeapaineesta matalapaineeseen)
- **Aerodynamiikka** (esim. lapaprofilien muodon ja kääntyvien lapojen lapakulman optimointi: pitching)
- **Fysiikka** (roottoriin, mekaniikkaan ja torniin kohdistuvat voimat)
- **Matematiikka** (koko tuulivoima on täynnä teknisiä ja taloudellisia laskelmia)
- **Konetekniikka** (esim. konehuoneen ja roottorin kääntyminen, vaihteistot etc.)
- **Sähkötekniikka** (generaattorit, tehonmuokkaimet, verkkoon liityntä jne.)
- **Rakennustekniikka** (perustukset, torni)
- **Ympäristötiede** (linnusto etc.) ja akustiikka (äänen minimointi)
- **Arkkitehtuuri** ja kaavoittaminen
- **Liiketalous** (investointilaskelmat, kassavirta-analyysit, tuloslaskelmat)
- **Juridiikka** (vastuut, vakuutukset jne.)
- **Logistiikka** (voimalaitosten koon kasvaessa logistiset kysymykset ovat nousseet keskeisiksi; Suoravetoisen kestopaineeturbiinin konehuone voi painaa pitkälti yli 200 tonnia ja kuljettavien lapojen pituus voi olla yli 70 metriä, mitkä aiheuttavat kuljetuksille tuntevia haasteita.)

4. Kurssin toteutus

Tässä luvussa kuvataan kurssin rakenne ja eteneminen sekä käsitellään virtuaalikurssitoteutuksen vaatimaa opettajan työmäärää. Tämän jälkeen esitellään opintokokonaisuudessa käytetyt pedagogiset työvälineet (powerpoint, monivalinnat, kirjalliset tehtävät ja videoleikkeet) ja niistä saadut kokemukset.

4.1. Kurssin rakenne ja eteneminen

Kiviniemi (2000: 26) toteaa, että hyvän verkkokurssin toteutukseen tarvitaan asiantuntijoita monelta eri alalta. Tämä oli tilanne myös tämän kurssin kohdalla siten, että tämän kehittämistehtävän laatija vastasi toteutuksen liiketaloudellisesta puolesta ja toinen opettaja tuulivoiman juridisten ja lainsäädännöllisten kysymysten läpikäynnistä. Seuraavassa taulukossa 2 on Kiviniemeä (2000:29) mukailleen kuvattu virtuaalikurssin eri vaiheet ja niiden käytännön toteutus.

Taulukko 2. Verkkokurssin vaiheet ja niiden käytännön toteutus.

Verkkokurssin rakentamisen vaiheet	Käytännön toteutus kurssilla ´Wind Energy and Business´
Vaihe 1. <i>Tarpeiden arviointi</i>	Työelämän edustajien haastattelut (The Switch, Mervento ja EPV tuulivoima).
Vaihe 2. <i>Työmäärän arviointi</i>	Tätä työvaihetta ei tehty kunnolla suunnitteluvaiheessa. Kurssi olisi voinut jäädä toteuttamatta, jos sen todellinen työmäärä olisi ollut tiedossa etukäteen.
Vaihe 3. <i>Verkkoympäristön suunnittelu</i>	Tämä tapahtui siinä vaiheessa, kun ensimmäiset luentomateriaalit valmistuivat ja kehittyi koko kurssin ajan.
Vaihe 4. <i>Verkkokurssin ulkoisen ilmeen suunnittelu</i>	Kurssin ulkoista ilmettä ei suunniteltu etukäteen, mutta toteutuksessa käytettiin valokuvia Moodle-alustalla, mikä elävöitti tuntuvasti kurssia.
Vaihe 5. <i>Sisältöjen Valmistaminen</i>	Sisältöjen valmistaminen aloitettiin jo joulukuussa 2009 ja viimeisen luentokerran sisältö valmistui vasta toukokuussa 2010.
Vaihe 6. <i>Vuorovaikutuksen muotojen suunnittelu</i>	Vuorovaikutusmuotoja ei suunniteltu erityisemmin. Kurssisuunnitelmaa kommentoi Tritonia-oppimiskeskuksen pedagogi, jonka kommenttien pohjalta kurssin toteutusta pyrittiin kehittämään enemmän opiskelija- ja vähemmän substanssilähtöiseksi.
Vaihe 7. <i>Opiskelija-arvioinnin suorittaminen</i>	Kurssi arvioitiin asteikolla hyväksytty/hylätty (hylätty alle 22 pistettä).
Vaihe 8. <i>Oppimisympäristön ylläpito ja päivitys</i>	Oppimisympäristön ylläpitoa tapahtui jatkuvasti kurssin aikana. Esim. opiskelijoiden pistetaulukko täydennettiin koko ajan kurssin kuluessa.

Kuviossa 3 on kuvattuna opintokokonaisuuden liiketalouden osuuden suunnitellut moduulit ja niiden osaamistavoitteet. Huolellisesta suunnittelusta huolimatta tämä alkuperäinen kurssirakenne ei toteutunut suunnitellusti, koska opintomateriaalin valmistelun aikana ilmeni, että joistain osa-kokonaisuuksista olisi tullut sisällöllisesti liian suppeita tai suuria. Esimerkiksi tuulivoiman sijoittamiseen (eng. siting) käytettiin kolme luentokertaa alkuperäisin yhden sijasta (session C). Puolestaan kaksi viimeistä suunniteltua luentokertaa (Session E ja F) yhdistyivät yhdeksi kerraksi. Kaikkiaan muutoksia tapahtui siten, että kuuden luentokerran sijaan kurssi muodostuikin kahdeksasta luentokerrasta (3 oppituntia). Tällainen poikkeuksellinen kurssin laajuuden kasvattaminen kesken kurssia oli mahdollista, koska opettaja teki sekä kurssin suunnittelun ja toteutuksen pääasiassa omalla ajallaan. Tästä muutoksesta aiheutui kuitenkin se haaste, että kurssin kokonaispisteet kasvoivat suunnitellusta 30 pisteestä 34 pisteeseen. Uusi syntynyt tilanne ratkaistiin siten, että 22 pisteellä sai kurssin suoritettua 2,5 opintopisteellä, mutta 28 kurssipisteellä oli kurssi 3 opintopisteen laajuinen.

Core Competence: To understand the breadth of energy field and the role of wind energy within it - (Session A)

Core Competence: To understand how wind arises and the fundamental importance of the wind speed to create profitable wind power - (Session B)

Core Competence: Capability to explain different economical aspects that affect where to place wind power - (Session C)

Core Competence: What are the strengths and weaknesses of different kind of wind production technologies? - (Session D)

Core Competence: What should be taken into account from economical perspective when running a wind power project? - (Session E)

Core Competence: What are the capital requirements for a wind energy project and the key factors influencing profitability? - (Session F)

Kuvio 3. Kurssin liiketoimintaosuuden suunnitelma rakenteesta ja osaamistavoitteista.

4.2. Opettajan työmäärä

Kalliala (2002:137) kirjoittaa, että verkkototeutuksissa opettajan pitää löytää keinot säästää itseään. Tämä toteamus on tämän kurssitoteutuksen ja kehittämistehtävän pohjalta todettava olevan ehdottoman totta. Ensinnäkin opettajan työmäärä virtuaalimateriaalin laadinnassa on todella mittava ja toisekseen erilaiset tehtävät verkkoympäristössä voivat työllistää opettajaa todella merkittävästi.

Tämän opintokokonaisuuden osalta tämä opettajan itsensä säästäminen tapahtui siten, että verkkomateriaalin pohjalta verkossa toteutettavia tehtäviä ei lähdetty yleensä opettajan toimesta kommentoimaan yksityiskohtaisesti, vaan opettaja antoi lyhyen palautteen verkkoalustan kautta opiskelijalle ilman palautetun tehtävän yksityiskohtaista kommentointia.

Opintojakson tentti suoritettiin myös verkossa ns. laajamuotoisempana kurssitehtävänä ja tästä opettaja antoi kullekin opiskelijalle yksityiskohtaisemman palautteen arvosanan lisäksi. Verkko-opettamisen yksi suurimmista riskeistä on se, että opettaja laatii sellaisia tehtäviä verkkoalustalle, jotka vaativat paljon aikaa niiden tarkistamiseen. Jos opintokokonaisuuteen osallistuu esimerkiksi 40 opiskelijaa ja kunkin yhden luentokerran tehtävien tarkistamiseen menee opettajalta noin puolituntia, niin tämä tarkoittaa sitä, että opettaja ei juuri muuta viikon aikana pysty tekemään, koska muu hallinnollinen työ muu mahdollinen opetus vievät lopun ajan. Eräs toimintamalli, jota Kalliala (2002: 137) ehdottaa tähän opettajan työmäärän vähentämiseen on vertaisarvioinnin käyttäminen osana kurssitoteutusta.

Verkko-oppitunnin valmisteluun menee moninkertainen aikamäärä tavalliseen lähiopetukseen verrattuna. Itse oppitunnin pitämiseen ei mene varsinaisesti aikaa, jos opetus ei tapahdu realia-aikaisesti, mutta vastaava aika kuin luokkatunnin pitämiseen menee verkko-opetuksessa oppilaiden opetuskerran tuotosten seurantaan ja kommentointiin (vrt. Taulukko 3, sivu 17). Verkkototeutuksen ensimmäisellä toteutuskerralla vaatima suuri työmäärä kompensoituu kuitenkin vähitellen mitä useamman kerran opettaja voi pitää saman verkkokurssin ilman mittavaa materiaalin uusimista (aiheriippuvainen asia: jollain opetuslalla materiaali vanhenee nopeasti toisella taas hitaasti).

4.3. Pedagogiset opetusvälineet

Kurssin Wind Energy and Business verkkototeutuksessa käytettiin substanssitiedon esittämisessä lähinnä Powerpoint ohjelmistoa sekä aiheeseen liittyviä videoleikkeitä ja muita ulkoisista lähteistä saatuja materiaaleja (esim. 20 kV sähkönjakeluverkko Vaasan Sähkön toimialueella). Opiskelijoiden osaamisen varmistamiseen ja kehittämiseen käytettiin puolestaan kuhinkin aihealueeseen/luentokertaan liittyviä monivalintakysymyksiä sekä opiskelijoiden kirjallisia tehtäviä (Word ja/tai Powerpoint). Useat soveltavista tehtävistä olivat jonkinasteisia laskuharjoituksia liiketalouden ja tekniikan välimaastosta, kuten esimerkiksi harjoitus laskea tuulivoimalainvestoinnin takaisinmaksuaika.

4.3.1. Powerpoint

Kurssin toteutuksessa käytettiin apuna Powerpoint-ohjelmaa samalla tavalla, kuten kehittämistehtävän laatija oli käyttänyt muissakin virtuaalikursseissa. Opiskelijoiden palaute näiden toteutuneiden suomen- ja englanninkielisten aiempien verkkokurssien kohdalla on ollut positiivista tästä tavassa, jossa hyödynnetään powerpointin animaatio-ominaisuutta sekä mahdollisuutta nauhoittaa esitykseen selostus. Tällöin opiskelija voi valita itse ajankohdan milloin kuuntelee ja katselee esityksen ja opiskelija voi myös seurata uudelleen kohdan, joka on ehkä jäänyt epäselväksi. Nämä powerpoint esitykset äänellä ja videoanimaatiolla varustettuna loivat kurssin teoria- ja substanssipohjan, johon sekä kurssin monivalinta- että kirjalliset tehtävät pohjautuivat. Powerpoint – teoriaesitysten laadinnassa noudatettiin seuraavia työvaiheita ja menettelyitä:

- **Aiheen valinta** ja sen liittyminen osaksi kurssin kokonaisteemaa: looginen jatkumo edelliselle aiheelle sekä pohjustus seuraavalle aiheelle
- **Luentokerran** aiheen jäsentäminen ala-aiheisiin ja oppimistavoitteisiin: esityksen **sisällysrungon laatiminen**
- Esityksen **sisällön laatiminen** kirjallisuuden, web -lähteiden sekä oman tietämyksen pohjalta
- **Yhteenvedon** (viimeinen dia) laadinta keskeisistä asioista, joita on esityksen aikana opittu.
- Kukin esitys oli **pituudeltaan noin 20 minuuttia** (8-12 sivua), jos esityksen pituus lähti kasvamaan tästä, jaettiin aihe useampaan kokonaisuuteen.

Taulukossa 3 on arviot verkko-opetuksen työmäärästä, joka on riippuvainen siitä, kuinka hyvin opettaja tuntee aiheensa. Eli noin 20 minuuttia kestävä powerpoint esityksen laadinta ja äänittäminen, jossa opettaja tuntee perinpohjaisesti aiheen vie arviolta noin 3 tuntia. Tällöin opettajalla on substanssin hallinta jo aiheesta niin vahvaa, että hänen ei tarvitse etsiä kirjallisuudesta tai verkosta aiheeseen liittyvää lisätietoa, vaan ajan voi käyttää esityksen jäsentelyyn, kuvitukseen, sisällön kirjoittamiseen, nauhoittamiseen ja tallentamiseen verkkoalustalle. Jos tilanne taas on se, että opettaja tuntee aihetta jossain määrin, mutta joutuu tarkistamaan tiedot ulkoisista lähteistä ja hakemaan näistä myös lisätietoa vie tällaisen 8-11 sivua pitkän nauhoitetun esityksen tekeminen arviolta noin 6 tuntia. Joidenkin luentokertojen laadinta kesti tämän Wind Energy and Business- kurssin kohdalla vielä huomattavasti tätä arviota pitempään johtuen laatijan omasta mielenkiinnosta sekä jonkin aihealueen syvällisemmän asiantuntemuksen puutteesta.

Taulukko 3. Opettajan verkko-oppitunnin valmisteluun vaadittu aika.

Opettajan aiheen asiantuntemus	Yhden tunnin valmisteluun vaadittu aika
Opettaja tuntee aiheen <i>perinpohjaisesti</i>	3 tuntia
Opettaja tuntee aihetta <i>jossain määrin</i>	6 tuntia

4.3.2. Monivalintakysymykset

Monivalintakysymysten hyödyntämisessä on monia etuja opettajan kannalta, kuten niiden vastausten nopea tarkistettavuus. Toinen etu on, että monivalintakysymyksen taustalla voi olla hyvinkin haastava ja monitahoinen tehtävä, jossa opettaja tarjoaa eri vaihtoehtoja, joista opiskelijan tulee valita vain yksi. Esimerkkinä tästä oli monivalintatehtävä, jossa opiskelijan tuli laskea tuulivoimalainvestoinnin takaisinmaksuaika. Tämän laskemiseksi opiskelija joutui tekemään koko joukon taustaselvityksiä sekä taloudellis-teknisiä laskelmia.

Toinen vaihtoehto hyödyntää monivalintoja verkkototeutuksessa on yksinkertaisempi, eli opettaja voi laittaa verkkoalustalle luento (powerpointiin) perustuvia väittämiä, joista yksi oikea vaihtoehto tulee opiskelijan valita. Tehtävänanto voi myös olla

käänteinen siten, että neljästä väittämästä kolme on oikein ja opiskelijan tulee löytää yksi väärä väittämä valintojen joukosta. Tällaisen viimeksi mainitun käänteisen monivalintakysymyksen käyttäminen on omalla tavallaan helpompaa ja pedagogisesti perustellumpaa, koska näin tässä monivalintaväittämissäkin voidaan tuoda esille vielä luentokerran keskeisimpiä avainkohtia.

Opiskelijoiden palaute näiden monivalintojen käyttämisestä luentokerran jälkeen on ollut positiivista. Eräs opiskelija totesi, että ne ikään kuin pakottavat opiskelijan perehtyvän kunnolla luentoan (powerpoint) sekä myös auttavat annetun tiedon soveltamisessa.

4.3.3. Kirjalliset tehtävät

Kirjalliset tehtävät osana virtuaalikurssia ovat keskeisiä opiskelijoiden omaehtoisen tiedon hankkimiseksi ja jalostamiseksi. Opiskelijoille annettiin mahdollisuus laatia oma kirjallinen vastaus joko Word- tai powerpoint muotoon, ja opiskelijat käyttivät molempia omien esitysten/vastausten laadinnassa. Kurssin aikana tällaisia kirjallisia tehtäviä olivat seuraavat toimeksiannot:

- † **Jonkin uusituvan** (muu kuin tuulivoima) **energiateknologian esittely** (luento 1: johdatus uusiutuviin energialähteisiin)
- † **Jonkin Euroopan maan tuulivoimatuotannon esittely** (luento 2. johdatus tuulivoimaan)
- † **Kahden 3 MW tuulivoiman sijoituspaikan löytäminen** tuuliatlaksen avulla johonkin Euroopassa (luento 4. Tuulen vaihtelu ja energiasisältö)
- † Useamman **tuulivoimalan sijoittelu** (luento 5 . tuulipuiston suunnittelu)
- † Erilaisten **tuulivoimateknologioiden esittely**: muu kuin kolmilapainen upwind vaaka-akselinen ratkaisu. (luento 6. erilaiset voimalaratkaisut)
- † Oman **tuulivoimaprojektin suunnittelu** (virtuaalitentti: liite 1)

Näiden opiskelijoiden omien tuotosten laatu oli kokonaisuudessaan hyvä, mutta toki vaihtelua esiintyi suhteellisen runsaasti. Kirjalliset tehtävät kuitenkin osoittautuivat erittäin käyttökelpoiseksi ja hyväksi menetelmäksi osana tämän alan virtuaalista opetusta. Ainoa haaste näissä on se, että ne vaativat opettajalta tarkastamiseen ja kommentointiin aikaa suhteellisen runsaasti. Yksi keino tähän työmääräongelman ratkaisuun oli keskittyä lähinnä tulosten tarkisteluun. Jos opiskelijan työ sisälsi paljon taloudellisia ja teknisiä laskelmia, niin kiinnittämällä huomion turbiinin vuosituotantoon tai hankkeen takaisinmaksuaikaan sai nopeasti käsityksen, että oliko tehtävän eri vaiheet laadittu oikeasuuntaisesti. Yhden megawatin kapasiteetin tulisi tuottaa noin 2 000 – 3500 megawattituntia sähköä vuodessa ja, jos opiskelijan kirjallisen tehtävän tunnusluvut osoittavat aivan jotain muuta, tietää opettaja välittömästi vastauksen sisältävän jonkin virheen, johon opettaja voi paneutua. Vastaavasti takaisinmaksuajan tulisi sijoittua noin 6 – 12 vuoden välille, ja jos opiskelija esittää takaisinmaksuajan olevan 2,6 vuotta tietää opettaja, että harjoitus ja opiskelijan vastaus on mennyt väärin.

Erityisen antoisia ainakin opettajan kannalta, mutta myös todennäköisesti opiskelijoiden kannalta olivat kirjalliset tehtävät, joissa opiskelijat saivat valita ja esittää itse valitsemansa uusituvan energiatuotantomuodon (luento 1) sekä tuulivoimateknologian (luento 6). Molempien näiden tehtävien kohdalla jotkut opiskelijat olivat löytäneet verkosta sellaisia innovatiivisia sähköntuottamiskeinoja, jotka olivat uusia myös opettajalle.

4.3.4. Videoleikkeet ja muu verkkomateriaali

Kurssin ensimmäinen luento johdatus energia-alaan toteutettiin videoformaattissa siten, että kurssin pitäjä nauhoitti 20 minuuttia pitkän luennon Vaasan Tritonian oppimiskeskuksen Edu tech labissa. Kurssin aikana käytettiin myös kolmea eri valmista videoleikettä havainnoimaan aihetta käytännössä. Nämä elävöittivät ja konkretisoivat kurssin aiheen käsittelyä, kun esimerkiksi nähdään todellisuudessa tuulivoimalan asennusprojekti vaihe vaiheelta.

5. Kokemukset kurssitoteutuksesta

Kokonaisuutena kokemukset kurssin toteuttamisesta olivat positiivisia ja opiskelijat antoivat positiivista palautetta luentomateriaalin tasosta ja kurssin toteutuksesta (ks. liite 3). Useampi opiskelija kuitenkin totesi, että kurssi oli samanaikaisesti myös poikkeuksellisen vaativa opiskelijan näkökulmasta. Suurin yllätys oli opettajan valtaisa työmäärä virtuaaliluentojen (äänitetyt powerpoint – esitykset) laadinnassa sekä myös erilaisten harjoitusten ja tehtävien tarkistamisen vaatima työmäärä. Tätä taustaa ja kokemusta vasten voidaan todeta, että ei ole mikään ihme, että opettajat eivät ole halukkaita siirtämään opetusta verkkoon. Vaikka aihe olisi opettajalle kuinka tuttu tahansa, niin verkkokurssin rakentamisen työmäärä ylittää aina moninkertaisesti lähiopetuskertoina järjestettävän opintokokonaisuuden työmäärän. Toki verkko-opetus voi olla senkin suuntaista, että opiskelijat vain laativat ja palauttavat kirjareferaatteja verkkoalustalle. Tällöin voidaan kuitenkin kysyä, että missä on verkko-opetuksen pedagoginen osuus (kysymys on opiskelijoiden itseopiskelusta) sekä opintokokonaisuuden sisältö.

Opettajan työmäärään liittyen voidaan tämän kurssikokonaisuuden ja kehittämistehtävän kohdalta todeta seuraavaa:

- ❖ Opettajan työmäärä on lähiopetukseen verrattuna moninkertainen, jos virtuaalitoteutus tehdään kunnolla. Tästä seuraa:
 - normaalia kurssikerrointa ei voida käyttää tässä resursoitaessa opettajalle työaika
 - opettajalla tulee olla varmuus siitä, että saa pitää kurssin useampana lukuvuonna. Vasta kolmannella toteutuskerralla verkkomateriaalin valmistamiseen käytetty aika yleensä maksaa itsensä opettajalle takaisin
 - opettajalla pitää olla aito palava kiinnostus aiheeseen, muutoin riskinä on pinnallinen asian käsittely ja huonosti jäsennellytoteutus, koska verkkototeutuksen vaatima aika yleensä ylittyy suunnitellusta

Powerpointin käyttäminen osana verkko-opetusta on hyvä vaihtoehto, joka sai kiitosta opiskelijoilta. Tällöin on muistettava kuitenkin luennon/esityksen perusvaatimukset, joista tärkein on että luento muodostaa selkeästi jäsennellyn kokonaisuuden, jota on helppo seurata. Myös luentokerran sisällön ja oppimistavoitteiden kirjaaminen ja

esittely esityksen aluksi on keskeisen tärkeää kokonaisuuden hahmottamiseksi. Tässä saadun kokemuksen perusteella myös loppuyhteenvedon ja kiteytyksen laadinta esityksen loppuun on pedagogisesti erittäin tärkeää.

Tuulivoima-ala ja sen opettaminen rakentuu pitkälle itse asiassa matematiikan varaan. Sekä liiketaloustieteet että tekniikan alat pohjautuvat pitkälle matematiikan soveltamiseen ja näin ollen tuulivoimaan liiketoimintamahdollisuuksien opettamisessa ei voida välttää erilaisia matemaattisia laskuharjoituksia. Osa näistä kurssin aikana toteutetuista harjoituksista oli tasoltaan suhteellisen vaativia. Eniten ongelmia tuotti laskuharjoitus, jossa piti valita tuulivoimapuiston sijoituspaikka kahden vaihtoehdon väliltä (liite 2). Tämä tehtävä vaati taustalla kahdeksan eri laskutehtävää ja siitä huolimatta, että verkkoalustalle oli laitettu erillinen apulistaus (hints) vain hieman yli puolet kurssilaisista sai tehtyä oikean valinnan. Myös kurssin opettaja kompuroi kerran kurssin alkupuolella aivan yksinkertaisen laskutehtävän kohdalla, jossa piti laskea, että tuottaako mökillä oleva yhden neliömetrin pyyhkäisyalan tuulivoimala riittävästi sähköä television katsomiseen illalla luvatus tuulennopeuden vallitessa. Valveutuneilta opiskelijoilta kuitenkin tuli nopeasti palautetta tästä opettajan virheestä ja hän korjasi asian tämän jälkeen. Laskutehtävien toteuttamisesta osana tuulivoimakurssia voidaan saadun kokemuksen pohjalta todeta seuraavaa:

- ❖ Laskutehtävien vaikeusastetta tulee opettajan harkita tarkoin ja huomioida seuraavaa:
 - Mitkä ovat opiskelijoiden perusmatemaattiset valmiudet: insinööriopiskelijat saattavat kokea laskutehtävät helpommiksi kuin esimerkiksi markkinointia opiskelevat tradenomit.
 - Opettajan kannattaa aina yksinkertaistenkin laskutehtävien kohdalla tarkistaa omien laskujensa paikkansa pitävyys mieluiten kahdesti.
 - Jos laskutehtävä on todella monivaiheinen ja edellyttää pitkää toimintojen/laskutoimitusten ketjua, voi tämä osoittautua haasteelliseksi usean oppilaan kohdalla.

Yhtenä tämän kehittämishankkeen tutkimuskysymyksenä oli, kuinka hyvin on saatavilla valmista materiaalia tuulivoima-alalta verkkokurssin toteuttamiseksi. Ensinnäkin voidaan todeta, että valmiita luentoesityksiä ei ollut saatavilla. Esimerkiksi brittiläisen suurkustantajan portaalissa (edellyttää sopimusta korkeakoulun ja kustantajan välillä)

(http://www.pearsonhighered.com/educator/hip_main_content/1,3120,-500,00.html), ei ollut yhtään valmista luentomateriaali liittyen tuulivoimaan. Toisessa portaalissa (<http://www.slideshare.net/>) oli puolestaan tuulivoimaan liittyviä valmiita esityksiä, mutta niistä mitkään eivät vastanneet suoraan kurssin tarpeeseen tai olleet muuten sisällöltään sellaisenaan hyödynnettävissä. Näin ollen ainoaksi vaihtoehdoksi jäi tehdä ja jäsentää luennot (powerpoint) alusta loppuun itse.

Vaikka valmiita luentomateriaaleja ei verkosta löydykään, niin sieltä kuitenkin löytyy todella paljon hyviä sivustoja, joissa on runsaasti hyödynnettävää tietoa tuulivoimasta (esim. <http://www.ewe.org>). Internet tiedon käyttämisessä vaaditaan kuitenkin varovaisuutta sekä opettajan työpanosta runsaasti. Aivan kurssin loppupuolella heräsi esimerkiksi epäily siitä, että antoiko opettajan antama tuulivoiman energialaskuri netissä oikeaa tulosta (<http://www.reuk.co.uk/Calculate-kWh-Generated-by-Wind-Turbine.htm>). Opettajan epäily siitä, että kyseinen laskuri olisi antanut liian korkeat vuosituotantolukemat tuulivoimalalle, osoittautui kuitenkin turhaksi.

Tuulivoimaan liittyviä videoita on saatavilla suhteellisen hyvin verkkokurssin toteutuksen tueksi niin turbiinivalmistajien kuin myös erilaisten tuulivoimajärjestöjen kotisivuilta. Videoportaali Youtube osoitti jälleen vahvuutensa myös opetuskäytössä tämän tuulivoimakurssin kohdalla, sillä sieltä opiskelijoiden oli mahdollista löytää mitä kekseliäimpiä esimerkkejä erilaisista tuulen suomista sähkön tuotantomahdollisuuksista.

Tuulivoimaan ja sen kaupalliseen hyödynnettävyyteen liittyvän kurssikirjallisuuden taso vaihtelee huomattavasti. Tore Wizeliuksen (2008) kirja on selkeäkielinen ja perusteellinen katsaus tuulivoima-alaan kokonaisuutena. Kirjassa huomioidaan hyvin niin tekniset kuin taloudellisetkin lähtökohdat ympäristönäkökohtia unohtamatta. Sen sijaan juuri ilmestynyt Manwellin McGowan ja Rogersin (2009) teos ei ole sen luonteinen, että sitä voitaisiin käyttää tällaisen kurssin opetusmateriaalina. Tuulivoima on siitä haasteellinen opetusaihe (aivan kuten ict-teknologiakin), että se kehittyy jatkuvasti valtavalla nopeudella, jolloin vanhojen tutkimustulosten tai tietojen esittely on selkeä riski. Tässä viimeiseksi mainitussa kirjassa kirjoittajat esittelevät myös pikkutarkasti sellaisia matemaattisia kaavoja, joita mahdollisesti tarvitsevat korkeintaan tuulivoimaan liittyvien atk-ohjelmien suunnittelijat, - jos hekään.

6. Yhteenveto ja loppupäätelmät

Yhteenvetona voidaan todeta, että tuulivoimakoulutusta voidaan järjestää hyvin verkkopohjaisena opetuksena. Suurin haaste tässä on verkkomateriaalin valmistamisen vaatima suuri opettajan työmäärä sekä myös se, että heikoimmat opiskelijat olisivat selvästi tarvinneet hieman luokkaopetusta verkkomateriaalin tueksi. Suurin osa opiskelijoista kuitenkin pystyi suorittamaan opintokokonaisuuden erinomaisesti tai hyvin verkkopohjaisesti.

Valmiita luentomateriaaleja ei tuulivoiman verkko-opetukseen ollut saatavilla, mutta kylläkin runsaasti muuta opettamista ja oppimista tukevaa tuulivoimaan liittyvää materiaalia (videot, valmistajien esitteet etc.). Yksi tärkeä oppimiskokemus tämän kehittämishankkeen tiimoilta oli se, että vaikka verkkototeutuksen pyrki suunnittelemaan etukäteen kuinka huolella tahansa, joudutaan tästä suunnitelmasta kuitenkin joustamaan toteutusvaiheessa. Erityisesti tämä tuli esille siinä, että joidenkin aiheiden käsittely vaati tuntuvasti enemmän aikaa (laajuutta) kuin oli suunniteltu toisten aiheiden osoittautuessa taas huomattavasti suunniteltua yksinkertaisemmiksi.

Jotta verkkokurssi olisi onnistunut, täytyy opettajan panostaa materiaalin laadintaan. Tällöin keskeiseen asemaan nousee, että opettajalla täytyy olla todella aito henkilökohtainen kiinnostus opintokokonaisuuden aiheeseen. Muutoin on riskinä se, että opettajan tavoitteena on vain oman työmääränsä minimointi ja opiskelijat laativat esimerkiksi vain kirjareferaatteja aiheesta pienellä verkkokeskustelulla höystettynä. Jos verkkokurssin toteutus lähtee puhtaasti työantajan aloitteesta, on tällöin erittäin tärkeää sopia opettajan kanssa riittävä resursointi kurssin suunnitteluun ja toteutukseen. Lienee paikallaan myös, että opettaja raportoi tuntitasolla, käyttämänsä työmäärän tähän verkko-opetuksen laadintaan ja, että hänellä olisi mahdollisuus jonkinasteiseen korvaukseen, jos työmäärä ylittyy todellisuudessa moninkertaisesti suunnitellusta. Tämän verkkokurssin toteuttamiseen saatu 44 tunnin valmistelu ja toteutusajan riittämättömyys oli opettajan tiedossa jo ennen kurssin toteutusta. Opettajan oma arvio vaadittavasta työmäärästä oli 150 – 200 työtunnin välillä, kun todellinen toteuma muodostui noin 350 työtunniksi. Kuviossa 4 on vielä vedetty yhteen keskeisimmät havainnot ja tulokset tämän opintokokonaisuuden ja kehittämishankkeen tiimoilta.

Opettajan työmäärä

- Resursointi: kerroin oltava huomattavasti tavallista kurssia suurempi
- Opettajalla oltava oma mielenkiinto aiheeseen, koska todennäköisesti työmäärä ylittyy suunnitellusta
- Opettajan on pyrittävä verkkotehtäviä suunniteltaessa ottaa huomioon tehtävien tarkistettavuus ja niiden vaatima aika

Pedagogiset menetelmät

- Verkkokurssin toteuttamiseksi on olemassa monia eri teknisiä ja pedagogisia vaihtoehtoja. Tässä käytetyt seuraavat vaihtoehdot toimivat hyvin tämän kurssin kohdalla:
 - *Powerpoint luennot (esitykset) animaatiolla ja äänellä*
 - *Monivalintatehtävät sisältäen väittämiä ja laskutehtäviä*
 - *Kirjalliset tehtävät lähtökohtatiedoilla tai opiskelijan omalla tiedon haulla*
 - *Videoleikkeiden ja kuvien hyödyntäminen aiheen käsittelyn konkretisoimiseksi*

Kuvio 4. Yhteenveto kehittämishankkeen keskeisistä tuloksista.

Yhtenä kehittämistehtävän loppupäätelmänä voidaan vielä esittää se, että täysin virtuaalisen kurssitoteutuksen laadinta voi olla tuntuvasti helpompaa sellaisesta kurssista, joka on toteutettu aiemmin perinteisenä luokkaopetuksena. Tällöin opettajalla on aiheesta jo runsaasti valmista materiaalia ja virtuaalikurssin rakentaminen tämän pohjalta saattaa vaatia vain murto-osan nyt tähän hankkeeseen käytetystä työmäärästä.

Lähteet

EWEA (*European Wind Energy Association*) 2010. Year 2009: More wind power capacity installed in the EU than any other power technology.
<http://www.ewea.org/index.php?id=1665>

Kalliala, E. 2002. Verkko-opettamisen käsikirja. Helsinki: Oy finn Lectura Ab.

Kiviniemi, K. 2000. Johdatus verkkopedagogiikkaan. Kokkola. Keskipohjanmaan ammattikorkeakoulu

Luoto, I. ja Leppisaari I. 2005. Kasvamassa verkko-opettajuuteen. Kokkola. Keskipohjanmaan ammattikorkeakoulu

Manwell, J. McGowan J. ja Rogers A. 2009. Wind Energy Explained – theory, design and application. West Sussex UK. John Wiley & Johns.

Wizelius, T. 2008. Vindkraft i teori och praktik. Gottland. Studenetlitteratur.

Elektroniset lähteet

http://www.pearsonhighered.com/educator/hip_main_content/1,3120,-500,00.html

<http://www.slideshare.net/>

<http://www.reuk.co.uk/Calculate-kWh-Generated-by-Wind-Turbine.htm>

Liite 1: Kurssin liiketalousosuuden tentti

Please make a project plan, about placing (a)wind turbine(s) somewhere in Ostrobothnia (between Vörå-Maxmo and Korsnäs, see the pdf map). If you use power point the maximum length is 8 pages and if you choose to use Word the maximum length is 4 pages. You can choose both the site and the turbine type by yourself by following these instructions. The production capacity of one single turbine or several turbines together should be 500 kW or more

I. Choosing the site

- a. First you can use the Finnish Tuuliatlas (<http://www.tuuliatlas.fi/en/index.html>) to find a good site (same site as in earlier assignment can be reused). Please use the more exact data (on the left side of the screen) that you gain through selecting the info-button (beside the binoculars) and choosing the area with the left button of the mouse.
- b. Check the accessibility to the site e.g. with google maps and when estimating the road construction cost you can use the average that is given earlier during this course
- c. Check the location of the power line and you can use the average grid connection cost that is given in earlier during this course (the zipped pdf-file, choose use evaluation version to open the document)
- d. Present your place by a drawings (picture of the map) and written arguments

II. Selecting the turbine type

- a. You can choose any commercial turbine type that you find from the markets (also vertical axis turbines are an option)
- b. If the manufacturer doesn't tell the power Coefficient (Cp) value of the turbine type you can use as turbine efficiency percent 35 %
- c. As the Weibull probability distribution shape parameter you can use number 2
- d. Present your turbine type and give arguments why you have chosen this type

III. Calculating the Energy production

- a. You can use the Wind Turbine Annual Electricity Output Calculator from address: <http://www.reuk.co.uk/Calculate-kWh-Generated-by-Wind-Turbine.htm>
- b. Calculate the annual incomes with a electricity price of 83,5 Euros/MWh
- c. Calculate the annual operation costs by using course material (presentations and assignments) as a help

IV. Calculating the investment

- a. Calculate the investing costs by using course material (presentations and assignments) as a help
- b. Calculate how many years it would take that the investment is paid back (the payoff method)

V. Other aspects

- a. What other aspects would you take account before you make the decision to do the onsite measurement for one year?
- b. What are the risks of the project and how would you minimize them?

Liite 2: Esimerkki monivalintalaskutehtävästä

Comparing two sites

The wind measurement at the site during one year is a quite big investment (80 000 -120 000 Euros), and now you are wondering which of the two sites you should choose for the measurement. You have the two prospects location of a wind farm with following facts:

- There are 5 turbines, each with 3 MW production capacity (total 15 MW)
- The year average of Air density is 1,25 kg/m² (sea level, + 10 C)
- The power coefficient of this turbine type is 0,33 (Turbine can convert 33 % of the energy content of wind to electricity).
- The Swept area of the blades is 7 000 m².
- The guarantee (minimum) price for a megawatt hour is 83,5 Euros/MWh

The facts for these locations are as following:

Site A: near the main road

- Average wind speed according to the wind atlas is 6,7 meters per second
- The need for a road construction is 2 kilometers, estimated cost per km is 335 000 Euros
- The cost for power line and grid connection is estimated to be altogether 800 000 Euros

Site B: a more detached site

- Average wind speed according to the wind atlas is 7,2 meters per second
- The need for the road construction is 4 kilometers, estimated cost per km is 280 000 Euros
- The cost for power line and grid connection is estimated to be altogether 1 200 000 Euros

Would you start the negotiations for the erection of wind measurement pole with the locals and land owners of site A or site B? How long time it would take that the higher investment cost of road construction and grid connection of site B would be covered compared to Site A?

Please choose the correct alternative!

you would choose Site A because the higher investment costs of Site B will not be paid back within 15 years

you would choose Site A because the higher investment costs of Site B will not be paid back within 8 years

you would choose Site B because the better wind conditions have paid back the higher investment costs in a approx. time of 4 years and four months

you would choose Site B because the better wind conditions have paid back the higher investment costs in a approx. time of 2 years and two months

Liite 3: Esimerkki kurssipalautteesta opiskelijalta

Hello,

Thanks to you and Marjo. It was a honor to have participated in your course and also thankful for all the course materials, qualities and the knowledge gained. I will be looking forward for another interesting and challenging experiences next autum. I wish you both a nice and pleasant summer season. Do take care.

Regards.

Elizabeth O.