

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu
Lauri Elo - Riikka-Liisa Vaara

Harjoitusten kehittäminen teknisissä tieteissä

Työnohjaaja FT Sisko Mällinen
Tampere12/2009

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu
Lauri Elo, Riikka-Liisa Vaara: Harjoitusten kehittäminen teknisissä tieteissä
Opettajankoulutuksen kehittämishanke 36 s.
Joulukuu 2009
Työn ohjaaja: FT Sisko Mällinen

TIIVISTELMÄ

Kehittämishankkeen tavoitteena oli kehittää harjoituksia. Kehittämishankkeen kohteena olivat Tampereen teknillisen yliopiston hydrauliiikan ja automatiikan laitoksen Hydrauliiikan perusteiden – ja Hydraulitekniikka II –kurskien harjoitukset.

Harjoitukset toimivat luentojen tukena ja ovat tärkeä osa opintokokonaisuutta. Harjoituksissa voidaan keskittyä ongelmanratkaisutaitojen sekä laskurutiinin kehittämiseen. Erityisesti harjoitukset tuovat esille opiskeltavan asian sovellusmahdollisuudet sekä vahvistavat ja tukevat vaikeidenkin asioiden ymmärtämistä.

Opiskelijamäärien kasvaessa ja resurssien pienetessä tarvitaan yhä tehokkaampia opetusmenetelmiä harjoituksiin. Myös opiskelijapalautteen perusteella laskuharjoituksissa on kehittämisen varaa, jotta opiskelijat kokisivat harjoitukset mielekkääksi. Jotta harjoitukset tukisivat myös merkityksellistä oppimista ja saavutettaisiin yhä parempia oppimistuloksia, harjoituksia tulisi kehittää.

Tässä raportissa tutkittiin oppimista ja kartoitettiin oppimiseen vaikuttavia tekijöitä. Näiden perusteella etsittiin opetusmenetelmiä ja -käytäntöjä, jotka soveltuisivat ko. kurssien harjoituksiin. Ko. kurssien harjoituksia on tarkoitus kehittää pitkällä aika välillä jatkuvana prosessina, eikä kaikkia kehittämiskohteita pyritäkään yhdellä kertaa toteuttamaan. Syksyn 2009 osalta tärkeimpänä kehittämiskohteena nähtiin esim. verkko-pohjaisten tehtävien kehittäminen.

Kehittämishankkeen tuloksia hyödynnetään syksyn 2009 ja talven 2010 aikana ko. kursseilla. Työn tuloksena saatiin aikaiseksi mm. verkkopohjainen sovellus, jota esitellään hankkeessa. Lisäksi hankkeesta saatuja uusia ideoita tullaan hyödyntämään, kun kurseja kehitetään edelleen seuraavina vuosina. Hankkeen tekijät ovat myös saaneet uusia näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen. Näin ollen hanke on ollut myös hyödyllinen tekijöittensä henkilökohtaisella tasolla, ja hankkeen tekeminen on antanut valmiuksia kehittyä paremmiksi opettajiksi.

Avainsanat harjoitukset, laskuharjoitukset, verkko-opetus, opetusmenetelmät

Sisältö

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Kehittämishankkeen tarkoitus ja lähtökohdat | 4 |
| 1.1 | Yleisesti harjoituksista | 4 |
| 1.2 | Kehitettävät kurssit: lähtökohdat ja taustaa | 6 |
| 2 | Oppiminen ja oppimiseen vaikuttavia tekijöitä | 9 |
| 2.1 | Oppimistyyli | 9 |
| 2.2 | Oppimisympäristöt | 10 |
| 2.3 | Merkityksellinen oppiminen..... | 12 |
| 2.4 | Opiskelijan motivaatio | 13 |
| 2.5 | Oppimisenäkemykset | 14 |
| 2.6 | Erilaisista opetusmenetelmistä | 16 |
| 3 | Verkko-opetus..... | 18 |
| 3.1 | Verkko-opetuksen vahvuudet ja heikkoudet | 18 |
| 3.2 | Verkko-opetuksen muotoja | 20 |
| 4 | Tulokset: Harjoituksissa kehitettävät asiat | 21 |
| 4.1 | Yleisesti harjoituksista | 21 |
| 4.2 | Kurssilla kokeillut opetusmenetelmät | 25 |
| 4.3 | Palautetta harjoituksesta | 33 |
| 5 | Päätelmät..... | 34 |
| 6 | Lähteet | 35 |

1 Kehittämishankkeen tarkoitus ja lähtökohdat

Hankkeen tarkoituksena oli löytää opetusmenetelmiä laskuharjoitusten kehittämiseen. Kirjallisuudesta löydettyjä menetelmiä sovellettiin Hydraulikan perusteet – sekä Hydrauliteknikka II –kurssilla Tampereen teknillisellä yliopistolla (TTY).

1.1 Yleisesti harjoituksista

Laskuharjoitukset ovat perinteisesti olleet yliopistojen matemaattis-luonnontieteellisten ja teknillisten tieteiden luentojen tukena. Laskuharjoitukset on nähty tärkeänä osana opintokokonaisuutta, koska laskuharjoituksissa voidaan keskittyä ongelmanratkaisutaitojen sekä laskurutiinin kehittämiseen. Erityisesti teoreettisten kurssien tukena laskuharjoitukset tuovat esille opiskeltavan asian sovellusmahdollisuudet sekä vahvistavat ja tukevat vaikeidenkin asioiden ymmärtämistä.

Valitettavan usein eri oppilaitosten haasteena ovat suuret opiskelijamäärät niin luennoilla kuin laskuharjoituksissa. Harjoitusryhmien järjestäminen vaatii huomattavia määriä resursseja kuten luentosaleja ja osaavaa henkilökuntaa. Käytännöt laskuharjoitusten pitämisestä vaihtelevat suuresti oppilaitoksesta, yksiköstä ja kurssista toiseen, mutta yleisenä ongelmana kuitenkin pidetään aikapulaa asioiden käsittelemiseen syvällisesti johtuen resurssipulasta.

Uusia haasteita on asettanut myös kasvaneet yliopistojen aloituspaikkojen määrät. Useampien vuosien kokemuksella tästä voidaan huomata, että opiskelijoiden tiedolliset ja taidolliset kyvyt ovat osittain heikommät, kuin aikaisemmin. Jotta yhä suuremmat opiskelijamäärät ja heterogeenisemmat ryhmät saadaan läpäisemään vaaditut kurssit, voi pahimmassa tapauksessa ratkaisuna olla se, että kurssien vaatimustasoa lasketaan.

Omat haasteensa opetuksen järjestämiseen aiheuttaa se, että osa harjoituksia pitävistä assistenteista on määräaikaisessa työsuhteessa. Tästä voi olla seurauksena se, että jopa

kesken kurssin osa opetushenkilökunnasta voi vaihtua tai harjoitusryhmiä joudutaan lakkauttamaan.

Näistä riittämättömistä opetusresursseista johtuen kehitystoimenpiteitä ei pystytä tekemään yhdellä kertaa, vaan kehitystyötä tehdään jatkuvana prosessina. Tästä kuitenkin seuraa myös etuja. Ensinnäkin ajankäyttö jakaantuu tällöin pidemmälle ajanjaksolle. Toisena etuna voidaan nähdä se, että kehitystoimenpiteiden vaikutusta voidaan seurata. Tekemällä liian suuria muutoksia yhdellä kertaa, voivat tällaisen kokeilun vaikutukset ulottua negatiivisessa mielessä jopa useamman vuoden ajalle.

Useiden vuosien harjoitustilaisuuksista saadun kokemuksen ja opiskelijoilta kerätyn vuosittaisen kurssipalautteen perusteella voidaan teknisten tieteiden kuin myös matemaattis-luonnontieteiden harjoituksissa nähdä mm. seuraavia kehitystarpeita:

- Oppimismateriaali on sekavaa ja opiskelijoiden vaikeasti saatavissa.
- Laskuharjoitukset, luennot ja opetusmateriaali eivät tue toinen toisiaan.
- Laskut ja esimerkit ovat usein vanhentuneita, liian yksipuolisia tai samankaltaisia.
- Laskuharjoituksissa opiskelijat vain kopioivat oikeat vastaukset taululta.
- Laskujen ja ongelmien ratkaisut esitetään usein lyhyesti ja välivaiheisiin ja perusteluihin ei kiinnitetä riittävästi huomiota.
- Kokonaiskuva opitusta jää usein saamatta, kun takerrutaan pieniin yksityiskohtiin. Tehtävien ja ongelmien tulosten ja merkitysten pohtiminen jää yleensä tekemättä.
- Arviointi ja palkintosysteemi on epäsuhtainen.
- Kurssin ajankäyttö kasaantuu kurssin loppupuolelle.
- Opetus eikä oppimisympäristö tue riittävästi erilaisia oppijoita.
- Ilmapiiri on huono.
- Tietotekniikan ja verkon tuomia mahdollisuuksia ei hyödynnetä tarpeeksi.

1.2 Kehitettävät kurssit: lähtökohdat ja taustaa

Hydrauliikan perusteet –kurssi oli toinen kursseista, jonka harjoituksiin tässä hankkeessa etsittiin uusia opetusmenetelmiä. Kurssi toteutetaan syksyllä 2009 Tampereen teknillisellä yliopistolla Lauri Elon toimiessa kurssin laskuharjoitusten vastaavana pääassistenttina ja vierailevana luennoitsijana. Kurssin harjoituksia pitää 10 tutkijaa/tutkimusapulaista, joilla kullakin on oma laskuharjoitusryhmä. Harjoitusten koordinoinnista vastaa kurssin nimetty pääassistentti.

Kurssille osallistuvat opiskelijat ovat Tampereen teknillisen yliopiston tekniikan kandidaatintutkinto-opiskelijoita, suurin osa 2. vuosikurssilta. Kurssi on pakollinen kaikille konetekniikan opiskelijoille ja kaikille niille, jotka opiskelevat lyhyen- tai pitkän ammattiaineen hydrauliikkaa ja automatiikkaa. Kurssin käy vuosittain noin 200 opiskelijaa. Kurssiin sisältyy kuudet kahden tunnin mittaiset laskuharjoitukset, harjoitustyö ja 12 kahden tunnin mittaista luentokertaa. Kurssi on luentojen osalta yhden periodin mittainen ja laskuharjoitusten osalta kahden periodin mittainen. Jaotteleamalla laskuharjoitukset pidemmälle aikajaksolle, saadaan harjoituksissa käsiteltäville asioille lisää omaksumisaikaa. Tämän lisäksi luennoista ja harjoituksista on ajallisesti saatu luotua eheämpi kokonaisuus, kun uudet asiat opetetaan ensin luennolla ja tämän jälkeen opittuja asioita sovelletaan harjoitustehtävissä. Aikaisemmin luentoja ja harjoituksia pidettiin rinnakkain, jolloin osa uusista asioista käsiteltiin ensin harjoituksissa ja vasta myöhemmin samat asia opetettiin luennolla. Laskuharjoitukset ovat osittain pakolliset, sillä suoritusvaatimuksena on kolmen harjoituskerran hyväksytyt suorittaminen.

Kurssin laskuharjoituksia on kehitetty jatkuvana prosessina viime vuosien aikana opiskelijoilta saadun palautteen perusteella, ja edellisessä luvussa esitettyihin epäkohtiin on jo osittain puututtu ko. kurssilla. Erityisesti opiskeluilmapiirin parantamiseen on kiinnitetty huomiota. Harjoitustilaisuudet ovatkin muuttuneet pelkästä opettajajohtoisesta opetustilaisuudesta oppilaiden ja opettajan yhteiseksi osallistavaksi opetustilanteeksi. Ennen opiskelijoilta vaadittiin pelkästään läsnäolo, kun taas nykyään opiskelijat osallistuvat aktiivisesti opetukseen.

Opiskelija sai aikaisempina vuosina hyväksytyt suorituksen harjoituskerrasta pelkästään sillä, että hän istui harjoituksissa loppuun saakka. Tästä oli seurauksena se, että oppilaat oli melko passiivisia, eikä oppi mennyt välttämättä perille. Harjoituksia kehitettiin myöhemmin siten, että osan laskuharjoitusten tehtävistä oppilaat laskevat itsenäisesti opettajan avustuksella harjoituksissa. Vasta tällä suorituksella opiskelija sai hyväksynnän harjoituskerrasta. Viimeisimpänä uudistuksena on ollut se, että opiskelijan on tarvinnut tutustua tehtäviin jo etukäteen ennen harjoituksia, jotta harjoituskerrasta on saanut hyväksytyt suorituksen. Kaikkien näiden uudistusten jälkeen voidaan nähdä se, että opiskelijat eivät tule harjoituksiin hakemaan pelkkää suoritusmerkintää, vaan he tulevat oppimaan. Osoituksena tästä on se, että opiskelijat tulevat harjoituksiin vielä silloinkin, kun vaaditut harjoitusmerkinnät on jo suoritettu.

Tämän syksyn osalta suurimpana kehityskohteena kurssin harjoituksissa ovat osittain verkkopohjaiset harjoitustehtävät. Tehtävät ovat rakenteeltaan monivalintatehtäviä. Opiskelija voi suorittaa tehtävät omalla tietokoneellaan oman aikataulun mukaan. Aikataulu ei voi kuitenkaan olla täysin vapaa, vaan aika tullaan rajaamaan tietyn viikon ajalle.

Toisena kehitettävänä kurssina oli Hydraulitekniikka II –kurssi ja sen harjoitukset. Kyseinen kurssi on tarkoitettu neljännen vuosikurssin opiskelijoille (DI -opinnot ensimmäinen vuosi) ja kurssi on pakollinen hydraulitekniikan syventävissä opinnoissa. Tämä kurssi hyväksytään myös osaksi jatko-opintoja, siis liseniaatin- ja tohtorintutkintoon.



Kuva 1. Harjoitustyön ohjaustilaisuus.

Hydrauliteknikka II -kurssin harjoitustyönä on kaksi hyvin laajaa työtä, joihin annetaan opastusta viikoittain järjestetyissä harjoituksissa (kuva 1). Harjoitustöiden tekemiseen on mitoitettu käytettävän aikaa noin kolmen opintopisteen verran. Molemmista näistä laajoista töistä annetaan arvosana, joka vaikuttaa suoraan kurssin loppuarvosanaan kirjallisen tentin lisäksi. Molempiin harjoitustöihin liittyy esittelytilaisuudet, joissa kerrotaan lyhyesti työn sisällöstä ja siitä, mitä työssä tehdään.

2 Oppiminen ja oppimiseen vaikuttavia tekijöitä

Oppimisella tarkoitetaan suhteellisen pysyviä, kokemukseen perustuvia muutoksia yksilön tiedoissa, taidoissa ja valmiuksissa sekä näiden välityksellä itse toiminnassa (Lehtinen ym. 1990). Perinteisesti on ajateltu, että oppiminen on laajojen tietomäärien tai teorioiden muistiin painamista. Tästä käsityksestä on luovuttu ja oppimisen katsotaan nykyään olevan oppijan aktiivista omaa toimintaa, jossa esim. ympäristön ja opiskelijan välisellä vuorovaikutuksella on oleellinen merkitys (esim. Tynjälä 1999).

Tarkastelimme oppimiseen vaikuttavia tekijöitä nimenomaan hankkeemme aiheen, harjoitusten kehittämisen, näkökulmasta. Seuraavassa esittelemme oppimiseen vaikuttavia tekijöitä lyhyesti.

2.1 Oppimistyylit

Oppimiseen vaikuttava eräs tärkeä tekijä on oppijan yksilöllinen oppimistyyli. Oppijoilla on erilaisia tyyliä hankkia ja käsitellä tietoa. Jotta harjoitukset tukisivat mahdollisimman hyvin erilaisia oppijoita, kartoitimme kirjallisuutta hyväksi käyttäen erilaisia oppimistyyliä.

Yksi oppimistyyliin vaikuttava tekijä on oppijan hallitseva aistikanava. Erilaisia oppimistyyliä voidaan jaotella hallitsevan aistin perusteella kolmeen oppimistyyliin (esim. Oppimisklinikka, Oulun yliopisto 2009): Kinesteettinen, auditiivinen ja visuaalinen oppimistyyli. Kinesteettiselle oppijalle tärkeää on fyysinen tekeminen; hän tarvitsee osallistumista ja vuorovaikutusta ja pitää esim. itse tekemisestä, väittelyistä ja kilpailuista. Auditiivinen oppija oppii kuuntelemalla ja suulliset luennot ja esitykset sopivat hänelle. Visuaalinen oppija taas oppii hyvin näkemällä, esim. lukemalla tai miellekarttojen avulla.

Suunniteltaessa opetusta opettajan on hyödyllistä tunnistaa eri oppimistyyliä, koska se auttaa hahmottamaan opetustilanteessa, millaista tukea kukin opiskelija voi tarvita opiskelussa. Mikä on toiselle opiskelijalle hyvä ratkaisu, voi olla toiselle huono. Näin

ollen opetuksen olisi hyvä olla mahdollisimman monipuolista ja sisältää eri havainnollistuksen elementtejä palvellakseen erilaisia oppijoita.

2.2 Oppimisympäristöt

”Oppimisympäristö on paikka, tila, yhteisö tai toimintakäytäntö, jonka tarkoitus on edistää oppimista” (Manninen & Pesonen 1997). Oppimisympäristö käsitteeseen sisältyy monentyyppisiä näkökulmia, esim: fyysinen, paikallinen, sosiaalinen, henkinen ja eettinen näkökulma (esim. Manninen ym. 2007).

Fyysisestä (oppimisympäristö tilana) ja paikallisesta (oppimisympäristö paikkana tai alueena) näkökulmasta tarkasteltuna oppimisympäristöjä ovat esimerkiksi luokkahuoneet, laboratoriot, kirjastot, luentosalit (Kuva 2.), museot, työpaikka ja internet. Koulun luokkahuoneet on pitkään suunniteltu behavioristisen oppimisenäkemyksen (ks. luku 2.5) mukaiseen opetukseen. Behavioristisessa oppimisenäkemyksessä oppijat ovat opetuksen kohteita ja opettaja jakaa tietoa oppijoille. Tällöin parhaiten oppimista palvelee oppimisympäristö, jossa opettaja on kaikkien edessä ja oppijat istuvat kaikki samaan suuntaan kasvot opettajaa kohti. Konstruktivisen oppimisenäkemyksen (ks. luku 2.5) vallatessa alaa, on tullut tarvetta kehittää fyysisiä tilajärjestelyjä, jotka soveltuisivat paremmin esim. ryhmätyöskentelyyn ja oppijoiden väliseen vuorovaikutukseen. Kuitenkin, luentosali-tyyppiset tilat ovat edelleen erinomaisia fyysisiä oppimisympäristöjä suurelle joukolle puhuttaessa ja tietoa jaettaessa. Näin ollen olisi tärkeää oppimisympäristön fyysisestä näkökulmasta katsottuna, että koulutilat olisivat muunneltavissa ja/tai moninaisia, jolloin oppimisympäristö tukisi erilaisia didaktisia lähestymistapoja (Manninen ym. 2007, 63).



Kuva 2. Luentosali oppimisympäristönä

Sosiaalisesta näkökulmasta tarkasteltuna oppimisympäristössä tärkeää oppimisen kannalta on oppimisympäristön mahdollistamat ja tukemat ryhmäprosessit, yhteistoiminnallisuus, vuorovaikutteisuus, kommunikaatio ja dialogi (Manninen ym. 2007, 38). Oppimisympäristön sosiaalisella vuorovaikutuksella on nykykäsityksen mukaan kiistaton tai jopa keskeinen merkitys oppimisessa (Manninen ym. 2007, 69).

Sosiaalinen oppimisympäristö sisältää käsitteen ”oppimisilmapiiri”. Oppimista tukevassa ilmapiirissä opiskeluryhmässä vallitsee kunnioitus ja luottamus, kilpailuasenteen sijasta keskitytään yhteistyöhön, opiskelijoita tuetaan ja kannustetaan, opiskelijat voivat olla avoimia ja luonnollisia, opiskelijat voivat tuntea oppimisen miellyttävänä ja kokevat tulevansa kohdelluksi ihmisinä (Manninen ym. 2007, 39). Hyvän eettisen ja henkisen oppimisympäristön tunnusmerkkejä ovat myös esim. yhteisvastuullisuus, muiden erityispiirteiden kunnioittaminen, vastavuoroisuuden periaatteet, oikeuksien ja velvollisuuksien tiedostaminen, sitoutuminen ennakkoluulottoman totuuden etsimiseen, luottamus oikeudenmukaiseen kohteluun, kollektiivinen turvallisuus, jossa kukaan ei salli kiusaamista (Trotta Tuomi 2001).

Hankkeen tavoitteena on, että myös harjoituksissa oppimisympäristö tukisi oppimista parhaalla mahdollisella tavalla jokaisesta edellä mainitusta näkökulmasta katsottuna.

2.3 Merkityksellinen oppiminen

Merkityksellisessä ja mielekkäässä oppimisessa oppija muistaa oppimansa sekä ymmärtää sen ja pystyy soveltamaan sitä uusissa tilanteissa. Jonassenin (Jonassen 1995) esittämät kriteerit mielekkäälle oppimiselle (*Meaningful Learning*) ovat aktiivisuus, konstruktivisuus, reflektiivisyys, intentionaalisuus, yhteisöllisyys, vuorovaikutteisuus, ja autenttisuus (Kuva 3.). Autenttisuudella Jonassen tarkoittaa oppimisen kontekstuaalisuutta ja siihen liittyvää opittavan sisällön monimutkaisuutta.

Aktiivisuus (Active/Manipulative)

Opiskelijat prosessoivat aktiivisesti opittavaa tietoa ja ovat itse vastuussa oppimistuloksistaan.

Konstruktivisuus ja reflektiivisyys (Constructive and Reflective)

Opiskelijat mukauttavat uudet ideat aikaisempiin tietoihinsa ja konstruoivat uutta tietoa. Opiskelijat pystyvät itse ymmärtämään ja arvioimaan sekä ohjaamaan ja muuttamaan omaa oppimistaan.

Intentionaalisuus (Intentional)

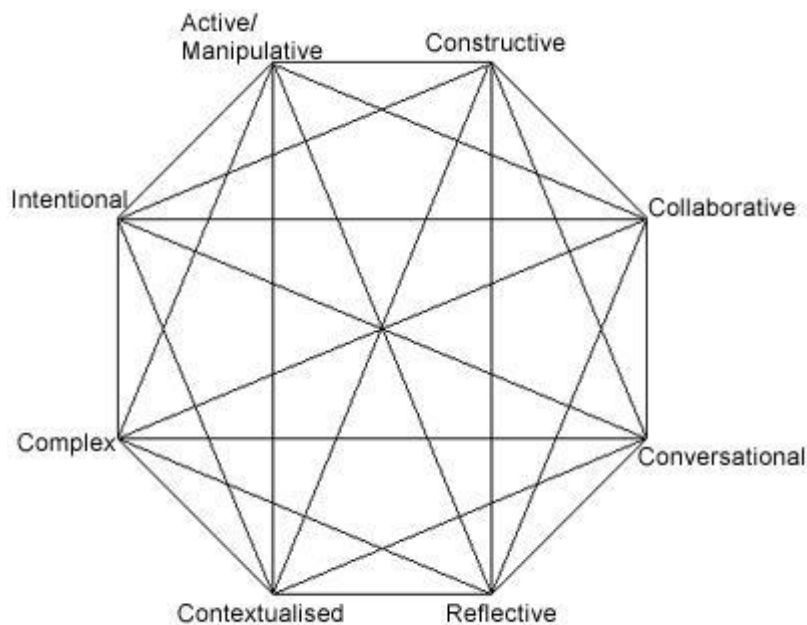
Opiskelijat asettavat tavoitteita ja yrittävät aktiivisesti saavuttaa niitä. Opiskelijat myös itse havainnoivat edistymistään.

Kontekstuaalisuus ja kompleksivisyys (Contextualised, Complex)

Oppimistehtävät ovat mielekkäitä todellisen elämän tilanteita käsitteleviä sekä ongelmaperustaisia. Opiskelijat osaavat siirtää tietystä tilanteesta tai kontekstista oppimansa johonkin toiseen tai uuteen tilanteeseen.

Yhteisöllisyys ja vuorovaikutteisuus (Collaborative and Conversational)

Opiskelijat työskentelevät uutta tietämystä rakentaessaan yhteisössä toistensa tietoja ja taitoja hyödyntäen. Opiskelijat hyödyntävät sosiaalisesti toinen toistensa tietämystä laajentaessaan yhdessä käsityksiään opittavista asioista.



Kuva 3. Merkityksellinen oppiminen (Jonassen *et al* 1999).

Jotta harjoitukset olisivat merkityksellisiä, otimme ko. kriteerit huomioon harjoitusten suunnittelussa (ks. luku 4.2).

2.4 Opiskelijan motivaatio

Hankkeen kurssin opiskelijat ovat vapaaehtoisesti hakeutuneet opiskelemaan, joten oletettavissa on, että opiskelijoilla on jonkinasteinen perusmotivaatio. Kuitenkin opiskelija voi kokea tietyn opintojakson taakkana tai motivaatio voi muuten opiskelun edetessä kadota. Tästä syystä pyrimme pohtimaan seikkoja, millä tavalla opintojakso ja harjoitusten opettaja voisi vahvistaa opiskelijoiden opiskelumotivaatiota.

Opetusta suunniteltaessa kannattaa pohtia opintojakson kiinnostavuutta ja tavoitetta yksilön kannalta. Ihminen on motivoitunein sellaiseen opiskeluun, jonka tavoitteet

tukevat hänen elämänsä arvoja ja keskeisiä päämääriä (Vuorinen 1998). Toisena oppimistavoitteen motivoivana tekijänä nähdään sen saavuttamisen todennäköisyys. Arvokkaatkaan asiat eivät motivoi työskentelemään, jos yksilö pitää tavoitteen saavuttamista mahdottomana tai kohtuuttoman vaikeana (Vuorinen 1998).

Opiskelijan motivaatiota on mahdollista kasvattaa myös työstämällä opittavaa ainesta monipuolisesti tekemällä, puhumalla, katselemalla ja kuuntelemalla. Poikkeaminen totutuista rutiineista saattaa myös piristää opiskelua.

2.5 Oppimisenäkemykset

Oppimisympäristöjen ohella oppimisenäkemyksen katsotaan ohjaavan oppimista, opettamista sekä opetusmenetelmien suunnittelua. Oppimisenäkemyksillä tarkoitetaan teoriaa siitä, mitä on oppiminen ja tieto sekä millainen on opettajan ja oppilaan rooli oppimisprosessissa. Oppimisenäkemyksiä on valtava määrä; niitä ovat esim. behavioristinen, kognitiivinen, humanistinen, kokemuksellinen ja konstruktivistinen oppimisenäkemys (esim. Uusikylä 2000).

Behavioristisessa oppimisenäkemyksessä oppilasta pidetään passiivisena tiedon vastaanottajana. Opettajan ja oppimateriaalin tehtävänä on siirtää muuttumaton, objektiivinen tieto oppilaalle pieninä annoksina (Uusikylä 2000). Tällöin oletetaan, että oppija omaksuu tiedon siinä muodossa kuin se on esitetty sekä toistaa tiedon täsmälleen niin kuin se on hänelle opetettu. Opettaja varmistaa kysymyksillä tai tenteillä, että hän saa suunnitelman mukaisia reaktioita aikaan oppilaissaan. Opettaja siis ohjaa, oppilas on toiminnan kohteena. Opetus on usein yksityiskohtaisesti suunniteltua ja mekaanisesti vaiheittain etenevää, järjestelmällistä ja tavoitteellista. Vähitellen opetuksessa edetään synteeseihin, joissa tiedon osat yhdistetään laajempiin kokonaisuuksiin (Uusikylä 2000). Opetusohjelman perustana ovat selvät tavoitteet: opetus tähtää konkreettisiin, mitattaviin toimintoihin (Rauste-von Wright & von Wright 2002, 112). Behavioristisella oppimismallilla on monta etua: se on esim. yksinkertainen ja selkeä (Rauste-von Wright & von Wright 2002, 112). Mallin heikkoutena on, että opettajan ja oppilaan oppimisprosessi, mentaalinen toiminta, ajattelu ja käsitykset jäävät vaille huomiota.

Lisäksi nyky-yhteiskunnassa vaaditaan joustavuutta, tiedon laaja-alaista osaamista, kokonaisuuksien monipuolista hallintaa, luovuutta ja asioiden yhdistämiskykyä, jota behavioristisen oppimisenäkemyksen mukainen opetus ei tarjoa.

Kognitiivisessa oppimiskäsityksessä otetaan huomioon behavioristisen käsityksen täysin sivuuttamat seikat: oppilaan mentaalinen toiminta, ajattelu ja käsitykset. Oppiminen on kognitiivisen näkemyksen mukaan osa kokonaisprosessia, johon liittyvät havaitseminen, muistaminen, ajatteleva ja päätöksen teko (Rauste-von Wright & von Wright 2002, 12). Oppija nähdään tiedon aktiivisena käsittelijänä, joka prosessoi informaatiota aikaisempien tietojen ja kokemusten valossa. Opettajan tehtävä on auttaa oppilaita tiedon prosessoinnissa niin, että opitusta asiasta tulee mielekäs kokonaisuus. Pääpaino on käsitteiden välisten suhteiden ymmärtämisessä ja opitun yhdistämisessä jo opittuun tietoon (Uusikylä 2000). Oppimiskäsityksistä konstruktivismi eri suuntauksineen pohjautuu kognitiiviseen oppimiskäsitykseen.

Nykyisin vallalla on konstruktivistinen oppimiskäsitys. Yleisesti ottaen konstruktivistisen oppimisenäkemyksen mukaan oppiminen on oppijan oman toiminnan tulosta. Oppiminen on aktiivinen tiedon konstruointiprosessi, oppiminen liittyy toimintaan ja oppiminen on tilannesidonnaista vuorovaikutuksen tulosta (Uusikylä 2000). Erityisesti sosiaalisella vuorovaikutuksella on tärkeä merkitys oppimisessa. Olennaista oppimisessa on myös se, että oppijassa heräävät omiksi koetut, opittavaan asiaan liittyvät kysymykset, oma kokeilu, ongelman ratkaisu ja ymmärtäminen (Uusikylä 2000). Konstruktivismiin mukaan itseohjautuvuus, minän kasvu ja itsereflektiiviset valmiudet ovat mahdollisia ihmislaajin yksilöille, mutta ne on opittava (Uusikylä 2000).

Konstruktivistisessa oppimisenäkemyksessä voidaan nähdä erilaisia suuntauksia. Yhdistävänä tekijänä erisuuntauksissa on näkemys, että tieto on aina riippuvainen vastaanottajasta, tieto on aina yksilön tai yhteisöjen itsensä rakentamaa. Eri suuntaukset painottavat luonnollisesti eri asioita. Käytännössä konstruktivismiin suuntaukset voidaan karkeasti jakaa kahteen pääsuuntaukseen. Tynjälän (1999, 38) mukaan yksilöllistä tiedon konstruointia painottavaa suuntausta nimitetään yksilökonstruktivismiksi tai kognitiiviseksi konstruktivismiksi. Sosiaalisista tekijöistä, yhteistoiminnasta ja

vuorovaikutuksesta kiinnostunutta suuntausta nimitetään taas sosiaalisiksi konstruktivismiksi tai sosiokonstruktivismiksi (Tynjälä 1999, 39).

Huomattavaa on, ettei edellä mainituista teoriasuunnista mikään yksin riitä didaktiikan perustaksi (Uusikylä 2000, 21). Hyvä opettaja valitsee opettamistapansa joustavasti sen mukaan, miten hyvin ne edustavat opetuksen tavoitteiden mukaista opiskelua ja oppimista (Uusikylä 2000, 100). On myös varottava opetuksen vaihtuvia muoteja, jolloin helposti tulee torjuneeksi vanhat hyvät opetustavat huonoiksi pelkästään vallalla olevan uuden näkemyksen takia.

2.6 Erilaisista opetusmenetelmistä

Seuraavassa pohdimme eri oppimisenäkemyksiin perustuvien opetusmenetelmien soveltuvuutta tekniikan opetukseen kirjallisuuden perusteella.

Opetusmenetelmät tarkoittavat käytännöllisiä toimenpiteitä, joiden avulla opettaja organisoii opiskelua ja pyrkii edistämään oppimista (Vuorinen 1998). Erilaisia opetusmenetelmiä on valtaisa määrä. Opetusmenetelmien onnistunut käyttö riippuu mm. kurssin tavoitteista, opettajan opetustaidoista ja -tyylistä. Esim. Hyppönen (2004) on listannut 32 erilaista opetusmenetelmää opetuksen elävöittämiseksi. Vuorinen (1998) kirjassaan ”Tuhat tapaa opettaa” esittää monia menetelmiä, jotka auttavat tekemään opiskelusta konkreettista, vaihtelevaa ja aktivoivaa. Opetusmenetelmien muotoja ovat esim. luennointi, lukupiiri, aivoriihi, kirjalliset raportit, portfolio, projektityö, oppimis-/luentopäiväkirja, miellekartta ja demonstraatiot.

Hyvä opetusmenetelmä lisää usein oppijan motivaatiota ja antaa opettajalle sekä oppijalle palautetta. Hyvällä opetusmenetelmällä opetetaan opetettavan aiheen lisäksi myös kriittistä ajattelua, ongelmanratkaisutaitoja, tiedon käsittelyä ja muokkaamista sekä keskustelutaitoja. Opettajan tulisi tuntea myös käyttämänsä opetusmenetelmä omakseen. (Knuuttila & Virtanen 2001, 11-12.)

Luento-opetusta pidetään erityisesti behavioristisen oppimisenäkemyksen mukaisena opetusmenetelmänä. Luento-opetus on eniten käytetty opetustapa silloin, kun opintoryhmä on suuri. Luento-opetusta on kritisoitu paljon, ja monien opettajien

kokemukset luentojen tehottomuudesta opetusmenetelmänä saavat tukea esim. Haken (1998) tekemästä tutkimuksesta, joka osoitti, että vuorovaikutteisia opetusmenetelmiä hyödyntävien fysiikan kurssien ja perinteisten luentokurssien oppimistulosten välillä oli erittäin merkitsevä ero. Luentokurssit, joilla käytettiin vuorovaikutteisia opetusmenetelmiä hyväksi, osoittautuivat selvästi paremmiksi oppimistulosten kannalta.

Menetelmänä luento-opetus on kuitenkin erinomainen tietojen jakamiseen sekä erilaisten näkemysten ja kannanottojen esittämiseen. Luennon tehokkuus riippuu paljon myös esityksen pitäjän persoonallisista taidoista. Opettaja, joka on karismaattinen, sujuvasanainen, luonteva esiintyjä ja oman alansa asiantuntija, vetoaa opiskelijoihin ja saa opiskelijat opetukseen mukaansa. Esittävä opetus kaipaakin yleensä tuekseen opiskelijoiden osallistumista mm. keskustelun joko kysymysten, yleiskeskustelun tai pienryhmätyöskentelyn muodossa, koska esitelmä ohjaa vain heikosti tosiasioiden tulkintaan, soveltamiseen tai harjoitteluun (Vuorinen 1998).

Havaitsimme, että nykyisin muotina olevien konstruktivististen opetusmenetelmien soveltuvuutta tekniikan ja luonnontieteen opetukseen on viime vuosina kritisoitu paljon (Tenitz 2008). Tekniikan opiskelussa opiskelijalta vaaditaan luovuutta soveltaa ongelmanratkaisua erilaisiin ja moninlaisiin ongelmiin. Tutkimuksissa on havaittu (Gardner 1994), että luovat oppijat keskittyvät mieluummin itsenäisesti ongelmanratkaisuun kuin pohtivat ryhmässä. Yksilötyöskentelyä tekniikan opiskelussa myös puoltaa näkemys, jonka mukaan paljon teoreettista tietoa sisältävä oppimateriaali soveltuu parhaiten yksilötyöskentelynä opiskeltavaksi (Tenitz 2008). Näin ollen on kyseenalaista, onko ryhmätyöskentely tekniikan opiskelussa erityisen hedelmällistä. Lisäksi, konstruktivismiin tietokäsitys ei tue tekniikan ja luonnontieteiden tietokäsitystä. Kuitenkin konstruktivismissa on paljon piirteitä, joita voidaan hyvinkin hyödyntää teknillisten aineiden opiskelun suunnittelussa, kuten oppijoiden ennakkokäsitysten ja oman aktiivisuuden korostaminen opetuksessa.

Kuten Kirjassa Didaktiikan perusteet (Uusikylä 2000, 19) todetaan nasevasti ”joskus opettajan selkeä, määrätietoinen ohjailu edistää parhaiten oppimista usein taas se, että opettaja on vain taustalla antamassa palautetta ja tukemassa oppilaan itsenäistä opiskelua tai harjoittelua. Ääripäiden välissä on monta välimuotoa, joista vastuullinen opettaja yrittää valita oppimista parhaiten palvelevan tavan opettaa.”

3 Verkko-opetus

Tietotekniikan hyödyntäminen opetuksessa alkoi Suomessa 1990-luvulla. Verkon ja tietotekniikan käyttömahdollisuuksia tekniikan ja matematiikan opetuksessa on tutkittu ja käytetty luonnollisesti paljon. Verkko-opetusta tekniikan alalla on sovellettu monella eri tapaa laskuharjoituksissa (esim. Leppävirta 2001)

Verkko-opetuksella tarkoitetaan opetusta, mikä tapahtuu virtuaalisia oppimisympäristöjä hyväksi käyttäen. Virtuaalinen oppimisympäristö on internet- tai intranet-sivusto, mikä tarjoaa opettajille ja oppijoille opiskelussa tarvittavan yhteisen työskentelytilan. Yleisesti käytössä olevia virtuaalisia oppimisympäristöjä ovat esimerkiksi WebCT-, Moodle-, Fle3- ja A&O-oppimisalustat.

Verkko tarjoaa oppijalle oppimisympäristön, jossa hän voi syventää tietämystään omien tarpeidensa mukaan joustavasti. Verkkoa opetuksessa käytetään esim. opiskeluaiheeseen liittyvässä tiedonhaussa, oppimismateriaalin julkaisemiskanavana, tiedottamiskanavana, ryhmätyöskentelyn paikkana, vuorovaikutuskanavana, opetuksen tukena, etäopiskelun tai itseopiskelun välineenä. Edellä esitetyt esimerkit verkko-opiskelusta voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri tyyppiin: verkon tukemaan lähiopetukseen, monimuoto-opetukseen verkossa ja itseopiskeluun verkossa (Kalliala 2002).

3.1 Verkko-opetuksen vahvuudet ja heikkoudet

Verkon hyviä puolia oppimisympäristönä voidaan nähdä olevan esim. seuraavat seikat (Kalliala 2002, Tella ym. 2001):

- Yhteisöllistä tiedonrakentelua on helppo toteuttaa esimerkiksi keskustelualueiden, chattien, blogien ja wikien avulla.
- Oppimistoiminta verkossa ei ole pelkkää tiedon toistamista vaan tiedon tuottamista ja soveltamista.

- Oppijan ajattelu ja ongelmanratkaisuprosessi tulevat näkyviksi muille opiskelijoille ja opettajille.
- Oppiminen on joustavaa; oppiminen voidaan järjestää ajasta ja paikasta riippumattomaksi.
- Oppija voi edetä yksilöllisesti ja omaan tahtiinsa.
- Kaikki oppijat saavat samalla tavalla tilaa.
- Verkko-opiskelu lisää opiskelijoiden anonyymisyyttä, koska henkilön fyysinen olemus ei vaikuta vuorovaikutukseen.
- Viiveellä tapahtuva verkkokeskustelu antaa aikaa omien ajatusten reflektointiin.
- Valtava informaatiomäärä on käden ulottuvilla. Tiedonhaku ja muu opiskelu tapahtuvat rinnakkain.
- Aikaisemmat tiedot, uskomukset ja käsitykset voidaan huomioida vertaamalla erilaisia käsityksiä ja näkökulmia ryhmässä ennen uuteen tietoon perehtymistä.
- Verkossa oppiminen tarjoaa osaamista, jota tarvitaan myös työelämässä.
- Monia vaikeita teoreettisia asioita ja ilmiöitä voidaan havainnollistaa verkon avulla (esim. simulaattorit ja liikkuva kuva).
- Tarjoamalla monipuolisia vaihtoehtoja, opetus tukee erilaisia oppijoita ja oppimistyyliä.

Verkon haasteina oppimisympäristönä taas voidaan nähdä esim. seuraavia asioita (Kalliala 2002, Tella ym. 2001, Miliszewska 2008):

- Esim. matematiikassa verkko-opetuksen esteenä on ollut matemaatisten symbolien esittämisen (=kirjoittamisen) vaikeus www-sivuilla. (Vaikkakin monet www-selaimet osaavat MathML-standardia. Lisäksi löytyy mm. LATEX!MathML muunto-ohjelmia.)
- Monet opiskelijat pitävät lähiopiskelusta enemmän, koska “face-to-face communication” tarjoaa välitöntä palautetta, helpompaa kommunikointia muiden opiskelijoiden ja opettajan kanssa.
- Opinnoissa nähdään tärkeinä myös reaalisuhteiden luomisen kuin tietämyksen saamisen.

- Varsinkin oppimisenäkemyksissä, joissa oppiminen nähdään enemmän opettajakeskeisenä kuin oppijakeskeisenä, ja joissa opettaja kaataa katederilta tietoa oppijan päähän, verkko soveltuu huonommin.
- Opiskelutovereiden etäisyys ja tuntemattomuus voidaan kokea myös osallistumista vaikeuttavana tekijänä.
- Verkossa opiskelun työtavat perustuvat pääsääntöisesti kirjoittamiseen. Jos opiskelija kokee kirjoittamisen hankalana tapana ilmaista itseään, verkko-opiskelu voi tuntua työläältä.
- Opettajan tulee omalla ammattitaidolla ja tietämyksellään ennalta tietää, mitkä ovat tehtävän vaikeimmat osa-alueet.

3.2 Verkko-opetuksen muotoja

Matematiikan opetusta tukevasta tietotekniikan käytöstä on saatu rohkaisevia kokemuksia sekä TKK:lla että TTY:lla (Silius ym. 2009). Automaattisesti tarkistettavat tehtävät ovat yksi tärkeä kustannustehokkaan vuorovaikutteisen verkko-opiskelun muoto. Automaattisesti tarkastettavia tehtäviä on käytetty tietotekniikan opetuksessa esim. TKK:ssa jo vuosien ajan. Myös perusopetuksen tasolla tietokoneavusteisia tehtäviä on käytetty ja tutkittu (esim. Lehtinen 2008). Eräs harjoitusten tarkastusjärjestelmä on STACK (*System For Teaching And Assessment Using A Computer Algebra Kernel*). Se mahdollistaa tehtävien palauttamisen ja automaattisen tarkistamisen verkossa. Samaan tarkoitukseen on saatavilla myös muita ohjelmistoja, kuten Maple T.A. ja AIM. STACK on ilmeisesti ainoa kokonaan avoimen lähdekoodin ratkaisu. Kokemukset TKK:ssa ovat olleet myönteisiä sekä tekniikan toimivuuden että opiskelijoiden reaktioiden osalta (Rasila ym. 2009). Tosin, negatiivisena puolena nähtiin opettajien osalta se, että tehtävien laatiminen vaati perinteisiä harjoituksia enemmän aikaa ja asiantuntemusta.

Myös opiskelijoiden integroitumista opiskelijayhteisöön voidaan tukea tietotekniikan keinoin. Esimerkiksi ns. sosiaalisen median tarjoamia mahdollisuuksia, tekniikoita ja käytäntöjä voitaisiin käyttää hyväksi, sillä opiskelijoiden ikäpolvi on ottanut webin omakseen sosiaalisessa verkostoitumisessa, ja esimerkiksi Facebook, IRC-galleria ym. ovat opiskelijoille tuttuja ja niiden käyttö luontevaa (esim. Silius ym. 2009).

4 Tulokset: Harjoituksissa kehitettävät asiat

Seuraavassa esittelemme hankkeemme tuloksia.

4.1 Yleisesti harjoituksista

Olemme listanneet harjoituksissa *yleisesti* olevia kehitettäviä asioita ja parannusehdotuksia ko. ongelmiin edellisissä kappaleissa esille tulleiden näkökulmien pohjalta. Kehittämishankkeen kohteena oleville kurseille alla mainittuja ratkaisuja on jo osittain sovellettu aikaisimpina vuosina. Monet näistä ratkaisuista pohjautuvat luvun 2.5 oppimisenäkemyksiin.

- **Selkeä ja opiskelijoiden helposti saatavilla oleva materiaali**

Opetusmateriaalin taso voi vaihdella todella paljon. Osa opetusmateriaalista saattaa vieläkin olla huonolla käsialalla kirjoitettuja monisteita, jolloin osa opiskelijan ajasta kuluu pelkästään käsialan selvittämiseen.

Opetusmateriaalin saatavuus saattaa olla toinen ongelma, kun materiaali ei välttämättä ole aina saatavilla. Tähän ongelmaan tietokoneverkossa jaettava materiaali on tuonut merkittäviä parannuksia. Opiskelija voi tutustua materiaaliin silloin, kun se hänelle aikataulun mukaan parhaiten käy.

Vaikka materiaali on laadukas, niin ongelmaksi saattaa muodostua se, että se ei sovellus kyseisen kurssin käyttöön. Materiaali voi olla liian laaja, jolloin olennaisten asioiden löytäminen materiaalista vie liikaa itse opiskelulta tai materiaali voi olla liian suppea, jolloin siinä ei ole kaikkea tarvittavaa tietoa. Joskus opetusmateriaali on koottu useammasta eri lähteestä, jolloin samaa asiaa saatetaan käsitellä materiaalissa useampaan kertaan tai materiaali on koottu useammasta vieraskielisestä lähteestä.

- **Laskuharjoitusten, luentojen ja opetusmateriaalin on oltava yhtenäinen kokonaisuus.**

Ongelman lähtökohtana on se, että toisinaan itse luento ja laskuharjoitukset eivät tue toinen toisiaan tapauksissa, joissa eri henkilöt pitävät opetusta. Tällaista ongelmaa ei synny, jos kurssilla on vain yksi opettaja. Opiskelijamäärät ovat kasvaneet kuitenkin niin paljon, että yksi henkilö ei enää pysty hallitsemaan sekä luentoja että laskuharjoituksia. Tähän ongelmaan on ratkaisuna se, että kaikki kurssimateriaali on helposti saavavilla, myös opettajille. Tässä voidaan hyödyntää jälleen tietoverkossa olevaa materiaalia; kukin opettaja voi tarkistaa esim. kunkin oppimistapahtuman sisällön verkosta.

- **Laskujen ja harjoitusten oltava monipuolisia, ajan tasalla ja kattavia**

Harjoitusten tulisi kattaa koko opiskeltava osa-alue mahdollisimman laajasti. Harjoituksissa käytettävien kuvien ja havaintomateriaalien tulisi olla ajantasaisia. Hyvänä esimerkkinä on ylioppilaskirjoituksissa 1990-luvun alussa ollut matematiikan tehtävä, jossa avaruusgeometrian tehtävä liittyi hyvinkin ajankohtaiseen aiheeseen, Persianlahden sotaan. Toisaalta huonona esimerkkinä ovat tehtävät, joissa käytetään valuuttana edelleen markkoja.

- **Laskujen ja harjoitusten suora kopiointi pitäisi muuttaa aktiiviseksi oppimistapahtumaksi**

Harjoitustehtävien malliratkaisut on mahdollista jakaa tietokoneverkon välityksellä, jolloin oppimistapahtumassa ei tarvitse keskittyä kopiointiin. Tällöin opiskelija voi keskittyä opetustapahtumaan paremmin, eikä hänen tarvitse kuunnella ja kirjoittaa samanaikaisesti. Oppimistapahtumaa voidaan kehittää myös teettämällä osa tehtävistä ryhmätyönä, jolloin saadaan vaihtelua työskentelyyn. Nämä ratkaisut pohjautuvat suurelta osalta konstruktiviseen oppimiskäsitykseen.

- **Laskujen ja ongelmien ratkaisujen oltava selvästi ja loogisesti esitettyjä**

Tehtävien ratkaisussa pitää olla riittävästi välivaiheita, jotta myös itseopiskelija saa ratkaisusta selvää. Kaikki tehtävässä esitetyt symbolit on myös selitettävä. Myös itse tehtävien tekoprosessi on tärkeä, ei pelkkä lopputulos. Tehtävien tekoprosessi opettaa opiskelijoille loogista ajattelua, tarkkuutta ja asioiden systemaattista käsittelyä.

- **Oleennaisten asioiden poimiminen, yksityiskohtiin juuttumisen välttäminen**

Harjoitustehtävät on jo suunnitteluvaiheessa valittava siten, että ne ovat opetuksen kannalta oleelliset asiat ja nämä asiat kerrotaan jo harjoitusten alussa ja opetuksen ydinasia voidaan esittää vielä harjoitustilaisuuden lopussa lyhyesti.

- **Arvioinnin ja palkinto/porkkanasysteemin kehittäminen**

Arvioinnissa painopistettä tulisi siirtää lopputuloksen arvioinnista enemmän oppimisprosessin arviointiin, joka tukeutuu konstruktiviseen oppimiskäsitykseen. Palkintosysteemi tulisi olla laadittu siten, että se oikeassa suhteessa koko arviointiin.

- **Ajankäytön kehittäminen**

Harjoituksissa ajankäyttöä kehitetään asettamalla välitavoitteita, joiden avulla työmäärää saadaan jaettua tasaisemmin kurssin ajalle. Harjoitustöiden välinäytöt toimivat tällaisina välitavoitteina.

- **Opetuksen tulisi tukea erilaisia oppijoita**

Opetuksen tulisi olla mahdollisimman monipuolista, jolloin se soveltuu niin auditiiviselle, visuaaliselle kuin myös kinesteettiselle oppijalle. Opetuksessa pitäisi olla tasapuolisesti ääntä, kuvaa ja tehtäviä.

■ **Oppimisympäristön tulisi tukea opetusta**

Perinteisen luentosalin vahvuuksia laskuharjoituksissa on erityisesti se, että oikeiden vastauksien läpi käymisessä opettajan esitys on hyvin vastaanotettavissa. Kuitenkin luentosali ei tue ryhmätyöskentelyä ja opiskelijoiden keskinäistä vuorovaikutusta siinä mittakaavassa, missä se olisi suotavaa yhteistoiminnallisuuden sekä sosiaalisen oppimisympäristön luomisessa ja kehittämisessä. Lisäksi opiskelijoiden ja opettajan vuorovaikutus on lähiopetuksessa helpompi toteuttaa tilassa, jossa opettajalla ei ole rajoitettua paikkaa. Näin ollen olisi suotavaa, että luokkatila oli muunneltavissa niin opiskelijoiden ryhmässä työskentelemiseen kuin myös opettajan esittävään opetukseen soveltuvaksi.

Harjoituksiin saadaan oppimisympäristön vaihdoksella innostavuutta, esim. vierailu autenttisessa ympäristössä, kuten harjoitusten tekeminen laboratoriossa tai teollisuusvierailu. Myös verkko erilaisena oppimisympäristönä voidaan nähdä innostavana tekijänä.

■ **Tietotekniikan ja verkon hyväksikäytön lisääminen**

Teknillisten tieteiden alueella on ollut yleistä se, että laskuharjoituksiin ei palkata varsinaista omaa opetushenkilökuntaa, vaan opetus hoidetaan muiden töiden ohessa sivutoimisesti. Tällöin opetuksen taso voi vaihdella huomattavasti esim. opettajan muun työtilanteen mukaan. Eräänä ratkaisuna tähän on nähty tietotekniikan hyväksikäyttö.

Edellä on jo mainittu muutamia perusteita tietotekniikan ja verkon hyväksi käytölle. Lisäksi verkkokäytöllä on opetuksessa monia muitakin erinomaisia perusteita (Kalliala 2002).

4.2 Kurssilla kokeillut opetusmenetelmät

Luvussa 1.2 esitellyille kursseille valittujen opetusmenetelmien kriteerinä oli, että niiden olisi tuettava merkityksellistä oppimista. Seuraavassa esittelemme kurssille valittuja menetelmiä ja työtapoja ja perustelemme, miksi olemme niihin päätyneet. Kuten aikaisemmin jo on mainittu, molempia kursseja on systemaattisesti kehitetty viimeisten vuosien aikana oppilailta saadun palautteen ja opettajien pedagogisissa opinnoissa opittujen uusien menetelmien perusteella.

Kurssin harjoitusten rakenne on pääpiirteissään seuraava:

Kunkin harjoituskerran laskutehtävät ovat etukäteen näkyvillä kurssin kotisivuilla, josta opiskelijat voivat tulostaa ne itselleen. Harjoitustehtävien lisäksi kotisivuille on kirjattu myös harjoituksissa käsiteltävät asiat, jotka voidaan nähdä oppimistavoitteina. Samaan paikkaan ilmestyvät kunkin laskuharjoitusviikon jälkeen myös tehtävien malliratkaisut. Hyväksytyyn laskuharjoituskertaan vaaditaan, että opiskelija on tutustunut tehtäviin ennakoita ja yrittänyt laskea niitä omatoimisesti. Opiskelijan saapuessa harjoitukseen hän näyttää assistentille paperin, jossa on kotona laskettuja tehtäviä. Kaikkia tehtäviä ei tarvitse yrittää laskea, eikä niiden tarvitse olla myöskään oikein tehty. Tärkeintä on se, että on tutustunut tehtäviin ennakoita. Papereita ei kerätä pois missään vaiheessa, joten opiskelija voi tehdä harjoitusten aikana lisämerkintöjä laskuihinsa. Laskuharjoitukset etenevät siten, että assistentti näyttää malliratkaisut tehtäviin ja selostaa taustoja tehtäviin. Normaalisti jätetään yhden tehtävän malliratkaisu esittämättä ja tämän tehtävän opiskelijat laskevat itsenäisesti harjoituksissa. Tällöin assistentti kiertää neuvomassa opiskelijoita laskun tekemisessä. Sen jälkeen kun opiskelija on saanut laskun tehtyä, assistentti hyväksyy sen ja kirjaa tiedon suorituslistalle.

Miten merkityksellinen oppiminen näkyy harjoituksissa:

Aktiivisuus

Harjoitustehtävät julkaistaan kurssin verkkosivuilla noin viikkoa ennen laskuharjoituksia. Oppilaalla on tällöin aikaa tutustua tehtäviin etukäteen ja

mahdollisuus yrittää ratkaista niitä omatoimisesti oppikirjassa esiteltyjen tietojen ja aikaisemmin opitun perusteella. Vaatimuksena oppilaalla on vain se, että hän on tutustunut tehtäviin etukäteen.

Täten oppilaan omaan aktiivisuuden varaan jää se, kuinka paljon hän käyttää aikaa harjoitustilaisuuden valmistautumiseen. Hyvällä valmistautumisella oppilas löytää paremmin tehtävien mahdollisia ongelmakohtia, joihin varsinaisessa harjoitustilaisuudessa voi kiinnittää enemmän huomiota ja tarvittaessa voi kysyä neuvoa opettajalta. Opettaja ei pysty varmistamaan sitä, onko oppilas itse ratkaissut tehtävät, vai kopioinut ne muualta, lopullinen vastuu oppimisesta on oppilaalla.

Lisäksi harjoituksissa opiskelijat laskevat itse yhden tehtävän, assistentin kiertäessä neuvomassa opiskelijoita. Sen jälkeen kun opiskelija on saanut laskun tehtyä, assistentti hyväksyy sen ja kirjaa tiedon suorituslistalle.

Intentionaalisuus

Oppilaat asettavat tavoitteita ja yrittävät saavuttaa niitä: he laskevat harjoituksissa innokkaasti annettuja harjoitustehtäviä. Koska vain tietty määrä harjoituksista on pakollisia, niin siitä huolimatta oppilaat tulevat harjoituksiin oman aktiivisuuden vuoksi. Tämän lisäksi oppilaat haluavat itse saada annetut tehtävät ratkaistua. Vaikka ryhmän yksi oppilas saa tehtävät ratkaistua, niin siitä huolimatta muut ryhmän jäsenet laskevat omat tehtävät loppuun asti. Harjoitustöiden palautustilaisuudessa osa oppilaista haluaa saada työstä mahdollisimman hyvän arvosanan, joten tällöin he eivät tyydy huonoon lopputulokseen vaan tavoitteet on korkeampiin arvosanoihin.

Konstruktivisuus ja reflektiivisyys

Harjoitustehtävien vaativuustaso kasvaa kurssin aikana, kun uudet harjoitukset rakentuvat aikaisemmin kurssilla opittuihin asioihin. Hydrauliikan perusteissa uudet asiat rakentuvat fysiikassa ja matematiikassa opittujen asioiden perustalle. Lähestymistapa asiaan voi olla aikaisemmasta poikkeava, mutta perusasiat ovat vanhoja tuttuja. Jokainen harjoitustilaisuus voidaan nähdä myös yhtenä välitavoitteena, jonka perusteella opiskelija voi peilata omaa oppimistaan.

Hydrauliteknikka II:n kurssilla opeteltavat asiat perustuvat useampien kurssien tietoihin, joita hyödynnetään harjoitustöiden tekemisessä.

Harjoituksissa on läsnä opettaja, joka luo ilmapiirin opetustapahtumaan siten, että oppilaat voivat kysyä neuvoja opettajalta. Opettaja asettaa oppilaan tekemän ratkaisun jossakin tilanteessa kyseenalaiseksi, jolloin oppilas joutuu perustelemaan oman käsityksensä asiasta. Tällä tavalla oppilas voi arvioida omaa tekemistään.

Oppilas saa heti palautteen Moodle oppimisolustalla tekemistään tehtävistä. Oppilas ei saa pelkästään vastausta oliko tehtävä oikein, vai väärin ratkaistu, vaan myös perustelun miten oppilas on ymmärtänyt asian väärin.

Kontekstuaalisuus ja kompleksiivisyys

Harjoitustehtävät on laadittu todellisista esimerkeistä. Harjoitustyön esittelyyn liittyy aina tietynlainen tarina, jonka perusteella työtä tehdään. Ohessa on lyhyt lainaus Hydrauliiikan perusteiden syksyn 2009 harjoitustyön tehtävän asettelusta.

Olet Hervannan Törkytehdas Oy:n suunnitteluosaston uusi hydrauliiikkainsinööri. Eräällä suurella ja merkittävällä asiakkaalla on jätteesäilytysongelmia - jätevaunujen kapasiteetti ei tunnu riittävältä, vaikka vaunut tyhjennetään jo päivittäin. Jätevaunujen lukumäärää ei juuri voi lisätä, sillä niille varatut tilat on lähes kokonaan käytössä. Toisaalta tyhjennysväli on käytännössä lyhennetty minimiin.

(<http://www.iha.tut.fi/education/IHA-1100/harjoitukset/harjoitustyo2008.pdf>)

Tehtävät ovat valittu siten, että niihin on olemassa useampia ratkaisumalleja. Oppilas saa itse päättää, miten ongelma ratkaistaan.

Opetuksessa on mukana tutustuminen olemassa olevaan toimivaan hydraulijärjestelmään. Ennen kuin oppilaat pääsevät tutustumaan itse laitteeseen, niin sitä ennen suoritetaan yksi laskutehtävä laitteen toiminnasta. Tutustumistilaisuudessa yhtenä tehtävänä on selvittää se, saadaanko järjestelmästä mitattua saman tulokset, kuin laskutehtävästä saatiin. Jos tulokset poikkesivat toisistaan, tällöin tulisi selvittää mistä

mahdollinen eroavaisuus johtuu. Toisena tehtävänä olisi etsiä koneikosta saman komponentit, jotka löytyvät laitteistosta piirretystä kaaviosta. Jotta näkemys laitteista ei jäisi liian yksipuoliseksi, niin tämän vuoksi laboratoriossa tutustutaan myös muihin siellä oleviin laitteisiin. Tässä esittelytilaisuudesta parhaiten oppivat kinesteettiset ja visuaaliset oppijat. Koska koneikossa olevan toimilaitteen liikkeen voi nähdä ja laitetta pystyy itse käyttämään.

Peruskurssin harjoitustehtävissä opiskellaan asiat yksi kerrallaan. Tehtävistä kerrotaan aina etukäteen, mikä on harjoituksen aihe. Tällä tavalla opiskelija voi keskittyä yhteen asiaan kerrallaan. Harjoitustöissä näitä opittuja asioita sovelletaan todellisen järjestelmän suunnitteluun, jolloin pitää hallita monta asiaa kerrallaan. Harjoitustyössä ei keskitytä pelkästään kurssilla opetetun asian harjoitteluun. Muita huomioitavia asioita ovat mm. teknisen raportin laatiminen, projekti aikataulun noudattaminen ja opitun asian esittäminen toiselle henkilölle.

Yhteisöllisyys ja vuorovaikutteisuus

Oppilaat saavat ratkaista harjoituksissa tehtäviä myös ryhmässä. Tällöin oppilaat saavat tukea toisiltaan. Vastuu tehtävien suorittamisesta voidaan antaa myös pienryhmän vastuulle. Tehtävä on suoritettu hyväksytysti siinä vaiheessa, kun koko pienryhmä on tehtävän laskenut. Pienryhmän koko voi tässä tapauksessa olla 2...3 henkeä, jolloin kaikki joutuvat osallistumaan tehtävän suoritukseen. Tämän lisäksi oppilaat valmistautuvat harjoitukseen usein ryhmissä, jolloin he yhdessä etsivät tehtäviin ratkaisuja.

Verkko-opetuksena suoritettava harjoitus:

Tämän syksyn osalta suurimpana kehityskohteena kurssin harjoituksille ovat osittain verkkopohjaiset harjoitustehtävät (ks. Kuva 4.). Tehtävät toteutetaan Moodle oppimisolustalla ja ne ovat rakenteeltaan monivalintatehtäviä ja automaattisesti tarkastettavia. Tähän ratkaisuun on syynä se, että tällöin tarkastus saadaan toteutettua täysin automaattisesti ja lisäksi opiskelijan vastauksista voidaan antaa heti palautetta. Opiskelija voi suorittaa tehtävät omalla tietokoneellaan oman aikataulun mukaan. Aikataulu ei voi kuitenkaan olla täysin vapaa, vaan aika rajataan tietyn viikon ajalle.

Tehtäviä voidaan hyödyntää joko viikkoharjoituksena tai vaihtoehtoisesti tenttiin valmistautumisessa. Tehtävien ideana on se, että kun opiskelija valitsee mielestään oikean vastauksen, niin opiskelija saa välittömästi palautteen vastauksesta. Jos vastaus on oikein, niin tällöin annetaan vielä tarkempi perustelu vastaukselle. Jos opiskelijan vastaus on väärin, niin tällöin vastuksena ovat perustelut, miksi kyseinen vaihtoehto on väärin tai miten kysymystä pitäisi muotoilla uudelleen, jotta kyseinen vastaus olisi oikein. Väärän vastuksen jälkeen opiskelija saa yrittää tehtävää uudelleen, kunnes hän löytää oikean vastauksen. Lopuksi opiskelija näkee kunkin väittämän oikeat perustelut ja kuinka monta vastausta opiskelija sai oikein ensimmäisellä yrittämällä. Tärkeimpänä merkityksellistä oppimista tukevana asiana on reflektiivisyys.

Tehtävistä voidaan laatia myös kurssin lopputentti, joka tehtäisiin tällöin valvotuissa olosuhteissa erillisessä tenttiakvaariossa.

Tämä tenttiakvaario on Tampereen teknilliselle yliopistolle rakennettu luokkahuone, jota käytetään pääasiassa kandidaatin tutkinto-opiskelijoiden kypsyysnäytteiden suorituspaikkana. Tässä tilassa on käytössä tietokoneet, joihin on asennettu tekstinkäsittelyohjelmistot, mutta ei kuitenkaan oikolukuohjelmistoa. Tilassa on lisäksi kattava kameravalvonta.

Verkkopohjaisesta harjoitustehtävästä on otettu yksi monivalintatehtävä tarkasteltavaksi kuvassa 4.

1 Mikä seuraavista ei pidä paikkaansa?

Pistettä:

1

Valitse vastaus

- a. Sylinterin kiinnitystapa vaikuttaa sen nurjahduserkkyteen
- b. Sylinteri ei nurjahda vetokuormituksessa
- c. Sylinterin hydromekaaninen hyötysuhde kasvaa paineen kasvaessa
- d. Uppomäntäsyylinteri kuuluu yksitoimisiin sylintereihin
- e. Jos differentiaalisylinterin volumetrinen hyötysuhteen oletetaan olevan 1, sylinteristä palaava tilavuusvirta on yhtä suuri kuin sylinteriin menevä tilavuusvirta

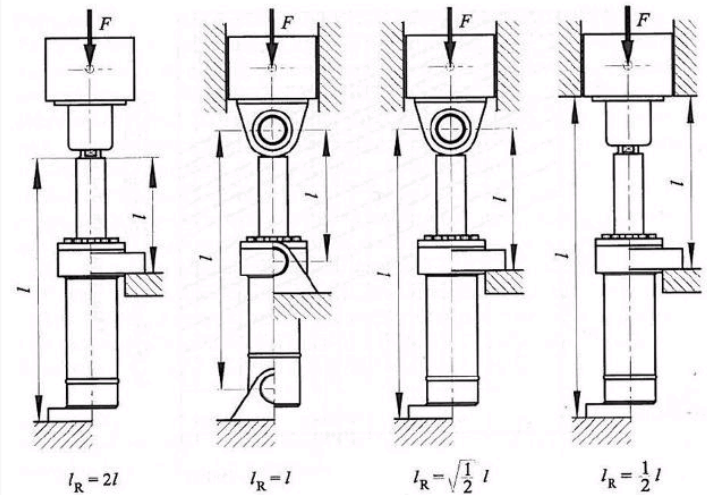
Palauta sivu

Palauta kaikki ja lopeta

Kuva 4. Esimerkki harjoitustehtävästä.

Kuvasta 4 nähdään, että kysymyksessä on viisi väittämää. Näistä neljä on totta ja yksi ei pidä paikkansa. Opiskelija valitsee näistä vaihtoehdon a). Kuvassa 5 on esitetty tehtävä valinnan a) jälkeen.

a. Sylinderin kiinnitystapa vaikuttaa sen nurjahduserkkyyteen **X**



$I_R = 2l$ $I_R = l$ $I_R = \sqrt{\frac{1}{2}} l$ $I_R = \frac{1}{2} l$

Vastasiit väärin, koska tämä väittämä on totta

Kuten harjoitustehtävissä on todettu, nurjahduserkkyyteen vaikuttaa esim. onko sylinteri kiinnitetty nivelellä vai kiinteästi.

Kuva 5. Vastausvaihtoehdo a). (Kauranne, H. et al. 2008)

Kuvasta 5 nähdään, että väittämä pitää paikkansa, jolloin vastaus on väärin. Väärän vastaukseen on lyhyt perustelu ja lisäksi kuva joka selventää asiaa. Kuvassa 6 on esitetty oikea väittämä, siihen liittyvä perustelu ja lisäksi kuva.

e. Jos differentiaalisylinterin volumetrisen hyötysuhteen oletetaan olevan 1, sylinteristä palaava tilavuusvirta on yhtä suuri kuin sylinteriin menevä tilavuusvirta ✓

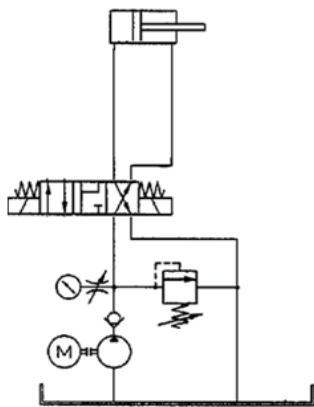
Vastasi oikein, koska tämä väittämä ei pidä paikkansa.

Differentiaalisylinterin kytkennässä pitää huomioida männän eri puolilla olevat erilaiset pinta-alat. Sylinteriä, jossa männän pinta-alojen suhde on merkittävä piirin toiminnalla, kutsutaan differentiaalisylinteriksi.

Kuva 6. Vastausvaihtoehto e). (Kauranne, H. et al. 2008)

Tavoitteena näissä tehtävissä on se, että tenttitilaisuus on myös oppimistilaisuus. Vastaavalla tavalla on laadittu laskutehtävä, joka on muodostettu monivalintatehtäväksi, kuvassa 7.

Mikä on männän liikenoisuus oheisella kytkennällä, kun pumpun tuotto on 10 l/min? Sylinterin $\eta_{mh}=0,85$ ja koko (40/25).



Valitse vastaus

- a. 0,14 m/s
- b. 0,19 m/s
- c. 0,22 m/s
- d. 0,26 m/s
- e. 0,34 m/s

Kuva 7. Laskutehtävä. (Kauranne, H. et al. 2008)

Kuvasta 7 voidaan päätellä, että hydraulikaavion mukaan männän suunta on vasempaan suuntaan. Tällöin kyseessä on miinus-liike. Annetuista lukuarvoista voidaan laskea männän liikenopeus kyseisellä venttiilin asennolla. Kuvassa 8 on esitetty opiskelijan valitsema vastaus tehtävään.

| | | |
|-----------------|--|---|
| Valitse vastaus | <input checked="" type="radio"/> a. 0,14 m/s ✘ | Väärin |
| | | Olet laskenut nopeuden männän plus-liikkeessä |
| | <input type="radio"/> b. 0,19 m/s | |
| | <input type="radio"/> c. 0,22 m/s | |
| | <input type="radio"/> d. 0,26 m/s | |
| | <input type="radio"/> e. 0,34 m/s | |

Männän liikenopeuteen vaikuttaa sylinterin kytkentätapa, sylinterin dimensiot, pumpun tuotto ja sylinterin volumetrien hyötysuhde.

Liikenopeuteen vaikuttaa vain volumetrinen hyötysuhde, jonka arvoksi on oletettu 1. Vaikuttava pinta-ala on männänvarrenpuolella oleva rengaspinta-ala

Väärin

Pisteet tästä palautuksesta 0/1.

Kuva 8. Vastausvaihtoehdot a).

Opiskelija on valinnut vastausvaihtoehdon a), joka on kuitenkin väärä vastaus. Palautteena annetaan vihje, jonka mukaan opiskelija on tulkinnut kaaviossa esitetyn venttiilin asennon väärin. Tästä syystä opiskelija on laskenut tehtävän siinä tilanteessa, kun männän liikesuunta olisi vasemmalle ja sylinteri tekisi plus-liikkeen. Tämän lisäksi vihjeenä annetaan se, että laskutehtävässä olisi pitänyt laskea pinta-ala männänvarrenpuolelta. Vastaavalla tavalla annetaan vihjeet jokaisesta virheellisestä vastauksesta, mikä kohta laskussa on mennyt väärin.

Oikean vastauksen kohdalla kerrotaan vielä muistutuksena, mitkä asiat pitää huomioida laskutehtävässä hyötysuhteista ja pinta-aloista.

4.3 Palautetta harjoituksesta

Näitä verkkopohjaisia harjoitustehtävien toimivuutta testataan ensimmäisessä vaiheessa pelkästään hydraulikan perusteiden kurssiassistenttien avulla. Tehtäviä ei voida antaa heti opiskelijoiden harjoitustehtäviksi, koska Moodle oppimisalustan toimivuudessa saattaa olla alkuvaiheessa ongelmakohtia.

Kuten jo aikaisemmin Rasila (2009) on todennut, verkko-opetuksen negatiivisena puolena nähtiin myös tässä hankkeessa opettajien osalta se, että tehtävien laatiminen vaati perinteisiä harjoituksia enemmän aikaa ja asiantuntemusta. Vaikka harjoitusmateriaali oli jo valmiina, niin siitä huolimatta niiden hyödyntäminen verkko-opetuksessa vaatii huomattavan paljon aikaa ja resursseja. Normaalissa opettajajohtoisessa opetuksessa voi harjoitustehtävässä esiintyviä asioita selventää puhumalla, kun taas verkko-opetusmateriaalissa tähän ei ole mahdollisuutta. Tästä syystä verkko-opetusmateriaalin luomiseen ja viimeistelyyn pitää käyttää suhteessa hyvin paljon aikaa. Tämän lisäksi opettajan tulee omalla ammattitaidolla ja tietämyksellään etukäteen tietää, mitkä ovat tehtävän vaikeimmat osa-alueet, jotta tehtävien perusteluissa voi keskittyä näihin kohtiin. Toisaalta kun materiaali on saatu muokattua oikeaan muotoon verkkokurssia varten, ei ylläpito vaadi enää niin suuria panostuksia. Tässä mielessä verkossa tapahtuvaan opetukseen soveltuu parhaiten sellaiset opetettavat asiat, jotka eivät muutu kovin nopeaan tahtiin. Tästä syystä esim. hydrauliteknikan perusteiden laskutehtävät soveltuvat hyvin verkko-opetukseen, koska laskutehtävät perustuvat fysiikan lainalaisuuksiin, joissa ei tapahdu muutoksia.

Harjoitustehtävät tullaan ottamaan opiskelijoiden käyttöön vuoden 2010 tammikuussa, jos alustavista kokeilusta saadaan riittävästi positiivista palautetta.

5 Päätelmät

Kehittämishankkeen kokeilu on vasta käynnissä. Saamme tuloksia vasta kurssin loputtua. Näin ollen harjoitusten kehittämiseksi tehtyjä toimenpiteitä emme voi vielä tässä vaiheessa pohtia kovintaan syvällisesti. Kurssin loputtua opiskelijat antavat kirjallisen palautteen harjoituksista ja luonnollisesti tenttitulokset kertovat harjoitusten onnistumisesta. Näiden tietojen valossa voimme vasta vetää johtopäätöksiä hankkeen onnistumisesta.

Kehittämishankkeen myötä on tullut eteen monia mielenkiintoisia kysymyksiä, joihin ei ole valitettavasti ollut mahdollista tarttua. Kehittämisosiossissa pitää ottaa huomioon monia näkökulmia, ja näin ollen harjoitusten kehittäminen täysin ideaaliksi kovin lyhyellä aikavälillä ei ole mahdollista. Kuitenkin näemme, että olemme matkalla parempaan suuntaan ja harjoitusten jatkojalostaminen luonnollisesti jatkuu hankkeemme loputtuakin. Emme voi liikaa korostaa harjoitusten tärkeyttä luentojen tukena, ja koemme, että monet esille tuomamme seikat ja kehittämisideat harjoituksiin soveltuvat monilta osin esim. fysiikan ja matematiikan harjoituksiin.

6 Lähteet

- Hake, R.R. 1998: *Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. *American Journal of Physics*, **66**, s. 64-74.
- Hyppönen, O. 2004. *Erilaisia opetusmenetelmiä - Kuvaukset, vahvuudet ja haasteet Opetuksen ja opiskelun tuki*. TKK. [viitattu 2.10.2009] Saatavissa: <http://www.dipoli.tkk.fi/ok/p/yoop/2004/lp/LP-05-opetusmenetelmia.rtf>
- IHA-1100 *Hydrauliikan perusteet. Harjoitustyö: Hydraulinen törkypuristin*. Tampereen teknillinen yliopisto TTY/IHA 2008. [viitattu 1.8.2009]. Saatavissa: <http://www.iha.tut.fi/education/IHA-1100/harjoitukset/harjoitustyö2008.pdf>
- Jonassen, D. 1995. *Supporting communities of learners with technology: A vision for integrating technology with learning in schools*. *Educational Technology* 35 (4), 60-63.
- Jonassen, D., Peck, K.L., & Wilson, B.G. 1999. *Learning with Technology: A Constructivist Perspective*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Publishing.
- Kalliala, E. 2002. *Verkko-opettamisen käsikirja*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008. *Hydrauliteknikka*. 1. p. Helsinki. WSOY. 487 s.
- Knuuttila, M. & Virtanen, A. 2001. *Opettajan opas onnistuneeseen opettamiseen*. Helsinki: TKK:n Opetuksen ja opiskelun tuen julkaisuja. [viitattu 2.10.2009] Saatavissa: <http://www.dipoli.tkk.fi/ok/palvelut/tieto/julkaisut/pdf-julkaisut/opeopas.pdf>
- Lehtinen, E., Kinnunen, R., Vauras, M., Salonen, P., Olkinuora, E. & Poskiparta, E. 1990. *Oppimiskäsitys koulun kehittämässä*. *Opetus & Kasvatus*. Kouluhallitus. Helsinki: Valtion painatuskeskus, s. 13.
- Lehtinen, J. 2008. *Tietokoneavusteisia matematiikan tehtäviä yläkoulussa*. [viitattu 28.10.2009]. Saatavissa: <http://solmu.math.helsinki.fi/2008/lehtinen.html>
- Leppävirta, J. 2001. *eOpetus-hankkeen julkaisu*. Espoo: Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, Teknillinen korkeakoulu. [viitattu 28.10.2009]. Saatavissa: <http://130.233.158.46/eopetus/opaskirja.pdf>
- Manninen, J., Burman A., Kouvunen, A., Kuitunen, E., Luukannel, S., Passi, S. & Särkkä, H. 2007. *Oppimista tukevat ympäristöt*. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Manninen, J. Pesonen, S. 1997. *Uudet oppimisympäristöt*. *Aikuiskasvatus* 4/97.

- Miliszewska, I. 2008. Transnational education programs: Student reflections on a fully-online versus a hybrid model. In J. Fong, R. Kwan and F.L. Wand (Eds.): ICHL 2008. Lecture Notes in Computer Science 5169. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.*
- Oppimisklinikka, Oulun yliopisto, Opetuksen kehittämissyksikkö. [www-sivu]. [viitattu 23.11.2009] Saatavissa:
<http://www.oulu.fi/opetkeh/oppimisklinikka/ajattelesivut/oppimistyyli.htm>*
- Rasila A., Harjula M. & Kai Z. 2007. Automatic assessment of mathematics exercises: Experiences and future prospects. Espoo: Reflektori2007. s. 70-80. [viitattu:1.10.2009]. Yhteenveto saatavissa:
<http://matta.hut.fi/mattafi/raportit/itk.pdf>*
- Rauste-von Wright M. & von Wright J. 2002. Oppiminen ja koulutus. Helsinki: WSOY.*
- Silius, K., Miilumäki T., Pohjolainen S., Rasila A., Alastalo P., Harjula, M., Malinen J. & Valkeila E. 2009. Perusteet kuntoon – apuneuvoja matematiikan opiskelun aloittamiseen. Interaktiivinen Tekniikka Koulutuksessa 2009. Tutkijatapaaminen 22.4.2009. [viitattu 28.10.2009]. Saatavissa:
http://math.tkk.fi/~jmalinen/MyPSFilesInWeb/ITK_09.pdf*
- Tella S., Vahtivuori, S., Vuorento, A., Wager P. & Oksanen U. 2001. Verkko opetuksessa - opettaja verkossa. Helsinki: Edita.*
- Tenitz S. 2008. Verkko-opetuksen käytöstä fysiikan opetuksessa, erityisesti maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan kannalta tarkasteltuna. Lisensiaattitutkielma. Helsingin yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos.*
- Trotta Tuomi M. 2001. Ihmisarvo oppimisympäristössä: Lyhennelmä opettajille. Lyhennelmä teoksesta Trotta Tuomi Margaret. Human dignity in the learning environment. Testing a sociological paradigm for a diversity-positive milieu with school starters. Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.*
- Tynjälä, P. 1999. Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Tampere: Kirjayhtymä.*
- Uusikylä, K. & Atjonen, P. 2000. Didaktiikan perusteet. Juva: WSOY.*
- Vuorinen, I. 1998. Tuhat tapaa opettaa. Suomen Morenoinstituutin julkaisusarja nro 1. Tampere: Resurssi.*