

---

**Korkeakoulutuksen työelämälähtöisyyden kehittäminen  
Conceive – Design – Implement – Operate (CDIO) –  
viitekehyksellä**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma

Visamäki syksy 2012

Antti Myllärinen



VISAMÄKI

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Antti Myllärinen	<b>Vuosi</b> 2012
<b>Työn nimi</b>	Korkeakoulutuksen työelämälähtöisyyden kehittäminen Conceive – Design – Implement – Operate (CDIO) – viitekehysellä	

---

## TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena oli tuottaa Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) teknologiaosaamisen koulutus- ja tutkimuskeskuksen johtajalle tietoa muiden koulutusorganisaatioiden kokemuksista CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) – viitekehysten implementoinnista. Tavoitteena oli tuottaa tietoa esimerkiksi siitä, mitä tarvitsee huomioida implementoinnissa, mitä CDIO:n implementointi vaatii, miten sitä on tulkittu eri organisaatioissa ja saavutetaanko CDIO:lla työelämälähtöisempi opetus? Työn tutkimuskysymyksiksi nousivat, mitä CDIO:n implementointi vaatii koulutusorganisaatiolta, mitä implementoinnista tarvitsee huomioida sekä miten eri koulutusorganisaatiot ovat toteuttaneet CDIO:n mukaiseen opetukseen siirtymisen.

HAMK on koulutusorganisaationa kiinnostunut CDIO-viitekehystä, koska viitekehystä pidetään yleisesti toimivana menetelmänä parantaa insinööriopiskelijoiden työelämässä tarvittavien tietotaitojen opettamista. Myös insinööriopiskelijaliitto IOL ry suosittelee mallin käyttöä. Työssä sovellettiin tapaustutkimuksen teoriaa sekä CDIO-viitekehysten teoriaa. Empiirisen tutkimuksen tiedonkeruu suoritettiin teemahaastatteluin. Teemahaastatteluilla haastateltiin kahta CDIO-viitekehysten mukaista koulutusta noudattavan korkeakoulun CDIO vastaavia. Haastateltavat korkeakoulut olivat Turun ammattikorkeakoulu ja Lahden ammattikorkeakoulu. Turun ammattikorkeakoulu oli ensimmäinen CDIO verkostoon liittynyt koulu Suomessa. Lahden ammattikorkeakoulu liittyi vuonna 2010 CDIO verkostoon.

Yhteenvedon voidaan todeta, että jokaisen tekniikanalan korkeakoulun tulisi tutustua CDIO:n ajatuksiin ja pyrkiä hyödyntämään niitä koulutuksessa, vaikka ei liittyisikään itse verkostoon. Suurimmat ongelmat CDIO:n implementoinnissa muodostuvat muutosvastarinnasta ja muista sitoutumisongelmista. Työssä saatiin selville karkean järjestyksen siitä, missä järjestyksessä ja miten korkeakoulut yleensä lähtevät viitekehystä toteuttamaan ja miten muutokset tehdään yleensä.

**Avainsanat** CDIO, koulutuksen kehittäminen, työelämälähtöisyys

**Sivut** 73 s. + liitteet 6 s.

VISAMÄKI

Degree Programme in Strategic Leadership of Technology-based Business

---

**Author**

Antti Myllärinen

**Year** 2012

**Subject of Master's thesis**

Development of working life orientation of higher education with Conceive – Design – Implement – Operate (CDIO) – framework

---

ABSTRACT

Aim of this thesis was to produce information to the HAMK University of Applied Sciences on the experiences of other educational organizations on the implementation of the CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) framework. Key research questions in this thesis include what CDIO implementation requires from educational organization, what needs to be consider in implementation and how different educational organizations have executed transition to CDIO standard of teaching.

As an education organization HAMK University of Applied Sciences is interested in CDIO framework, because the framework is widely considered as a working solution in improving engineering students' work life skills. Also the Finnish Union of Engineering Students IOL recommends increasing the amount of teaching that follows CDIO framework.

This thesis utilizes theory on case study and theory on CDIO framework. Empirical analysis was based on theme interviews. Theme interviews consist of two educational institutions that implement CDIO framework based education. Schools are Turku University of Applied Sciences and Lahti Turku University of Applied Sciences, of which Turku University of Applied Sciences was the first school in Finland to join the CDIO network. Lahti University of Applied Sciences joined the CDIO network in 2010.

In conclusion every higher educational institution offering technical education should explore CDIO and utilize its findings, even without joining the CDIO network. Biggest problems in CDIO implementation consist of change resistance and commitment issues. In my thesis I concluded the order in which educational institutions usually set out to execute the framework, and how these changes are usually made.

**Keywords** CDIO, development of education, working life orientation

**Pages** 73 p. + appendices 6 p.

---

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	VIITEKEHYS .....	4
2.1.	Lähtökohdat.....	4
2.1.1.	Historia .....	5
2.1.2.	Päätavoitteet ja visio.....	7
2.1.3.	Pedagoginen perusta .....	9
2.2.	Runko .....	12
2.3.	Käytännöt .....	22
2.3.1.	Tuotteen elinkaariajattelu .....	22
2.3.2.	Aktivoivia opetusmenetelmiä massaluennolle .....	23
2.3.3.	Kokemuksellisia opetusmenetelmiä .....	24
2.3.4.	Viitekehysten mukainen opetussuunnitelma .....	26
3	TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TAVOITTEET .....	27
4	TUTKIMUSMENETELMÄ .....	29
5	TAPAUSTUTKIMUKSET .....	34
5.1.	Tapaus 1: Lahden ammattikorkeakoulu .....	35
5.2.	Tapaus 2: Turun ammattikorkeakoulu .....	40
5.3.	Luotettavuusarvio.....	46
5.4.	Analyysi .....	48
6	POHDINTA.....	60
7	KONTRIBUUTIO .....	65
	LÄHTEET .....	70

- Liite 1      CDIO Syllabus in Topical Form  
Liite 2      Teemahaastattelun muistilista

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli tuottaa Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) teknologiaosaamisen KT:n johtajalle tietoa muiden koulutusorganisaatioiden kokemuksista CDIO-viitekehyksen (Conceive – Design – Implement – Operate) implementoinnista ja tavoista toteuttaa implementointi. Tarkoituksen oli tuottaa tietoa esimerkiksi siitä, mitä tarvitsee huomioida implementoinnissa, mitä CDIO:n implementointi vaatii, miten sitä on tulkittu eri organisaatioissa ja saavutetaanko CDIO:lla paremmin työelämälähtöinen opetus? Työssä myös pyrittiin luomaan selkeä kuva siitä, mistä CDIO:ssa on kyse. HAMK on korkeakouluorganisaationa kiinnostunut CDIO-viitekehyksestä, koska viitekehystä pidetään yleisesti toimivana menetelmänä, kun halutaan parantaa insinööriopiskelijoiden työelämässä tarvittavien tietotaitojenopettamista. Samoin kiinnostusta lisää se, että monet kansainvälisesti tunnetut korkeakoulut ovat muuttaneet koulutuksensa CDIO:n mukaiseksi. Näistä ehkä kuuluisin on Massachusetts Institute of Technology (MIT). Työn tilaajaa kiinnosti myös tietää, miksi monet Suomessa (CDIO Collaborators 2012) toimivat korkeakoulut ovat liittyneet CDIO verkostoon. Saavutetaanko CDIO verkostoon kuulumalla jotain, johon myös HAMK:n olisi syytä osallistua, jotta HAMK ei jäisi koulutuksen kehittämisessä muiden korkeakoulujen jalkoihin. Tutkimus on pyritty kirjoittamaan ammattikorkeakoulun näkökulmasta ennemmin kuin perinteisten tiedeyliopistojen. Työn tutkimuskysymyksiksi nousivat kysymykset:

- Mitä CDIO:n implementointi vaatii koulutusorganisaatiolta.
- Mitä implementoinnissa tarvitsee huomioida.
- Miten eri koulutusorganisaatiot ovat toteuttaneet CDIO:n mukaiseen opetukseen siirtymisen.

Huomionarvoista on, että insinööriopiskelijaliitto IOL ry suosittelee CDIO mallin mukaisen opetuksen lisäämistä koulutuksessa (Koulutuspoliittinen asiakirja 2011, 13). Suomen opetusministeri Jukka Gustafssonin (Gustafsson 2012, 14) peräänkuuluttaa insinöörikoulutuksessa vahvaa kytköstä työelämään ja yritysmaailmaan, jota CDIO:ssa korostetaan, mutta mainitsee myös, että työelämä vasta hioo ammatti-ihmisen. Pia Hyvösen (Hyvönen 2012, 12 – 13) tekemässä haastattelussakin nousi esille yritysten halu tehdä koulujen kanssa enemmän yhteistyötä, ja toimintamuodoksi ehdotettiin projekteja, joissa aiheet ovat suoraan työelämästä. Tätäkin asiaa pyritään CDIO:ssa ottamaan huomioon. Suomen valtionalouden tarkastusvirastokin (Ammattikorkeakoulutuksen työelämälähtöisyyden kehittäminen 2009, 19) on toivonut ammattikorkeakouluihin lisää työelämälähtöisyyttä ja elinkeinoelämän kanssa tehtävän yhteistyön lisäämistä. CDIO voidaan nähdä yhtenä mahdollisena vastauksena työelämälähtöisyyden ongelmiin Suomessa. Ongelmana työelämälähtöisyydessä voidaan nähdä Suomessa harrastettu dualismi korkeakoulutuksessa, koska Suomessa CDIO sopii ajatusmaailmaltaan paremmin ammattikorkeakouluille kuin yliopistoille. Tätä voi perustella

Neuvonen-Rauhalan (2009, 39 – 41, 51) ajatuksilla, että ammattikorkeakoulut koetaan työelämälähtöisinä ja yliopistot tiedeperustaisina korkeakouluina.

CDIO-viitekehyksen mukaan insinöörikoulutuksessa nykyään on monien sidosryhmien mielestä menty liian teoreettiselle tasolle, ja insinöörien kouluissa oppimat tietotaidot eivät vastaa työelämän käytännön tarpeita. Viitekehyksen mukaan koulutuksen tarjoaman ja työelämän vaatiman tietotaitojen välissä oleva kuilu on kasvanut 1900-luvun puolivälistä lähtien. Tällöin kouluihin opettajaksi tuli uusi teoreettisesti suuntautunut opettajasukupolvi, ja vanhat käytännön insinöörit rupesivat eläköitymään. Tätä asiaa Neuvonen-Rauhala (2009, 49 – 51.) on käsitellyt väitöskirjassaan. Hänen mukaansa ongelmaa on pyritty ratkaisemaan 1960 – luvulta lähtien erilaisilla keinoilla. Ongelmaa on pyritty pääsääntöisesti ratkaisemaan luomalla ammatillisia korkeakouluja perinteisten yliopistojen rinnalle. Neuvonen-Rauhala (2009, 49.) lainaa Teichleriä ja mainitsee näiden ongelmien keskeiseksi kysymykseksi opiskelijamäärien voimakkaan kasvun 1960 – luvun taitteessa, mutta toisaalta Neuvonen-Rauhala (2009, 49) mainitsee, että ongelmat saattoivat johtua tällöin pitkälti ammatillisen ja korkeakoulutuksen rakenteellisista ongelmista.

CDIO-viitekehyksen mukaan insinöörikoulutus tällä hetkellä on lähes puhtaasi teoriapainotteinen koulutus, ilman käytännön tekemistä. Tällöin monelta valmistuneelta insinööriltä puuttuu työelämässä vaaditut käytännön taidot. Tätä ongelmaa korjaamaan on kehitetty eri yliopistojen yhteistyönä CDIO-viitekehys. Viitekehys on kehitetty yhteistyössä yhdysvaltalaisien ja ruotsalaisten yliopistojen kanssa insinöörikoulutuksen kehittämistä varten. Viitekehyksen kehittämistyöryhmässä mukana oli esimerkiksi Massachusetts Institute of Technology (MIT), Chalmers University of Technology (Chalmers) ja KTH Royal Institute of Technology (KTH). CDIO on laaja-alainen, avoimen arkkitehtuurin, aktiivisen oppimisen ja opetuksen viitekehys insinöörikoulutukseen, jossa opetuksessa tulee käyttää opiskelijoita aktivoivia opetusmenetelmiä ja käytännönläheisiä kokemuksellisia pedagogisia malleja. Viitekehyksellä pyritään yhdistämään insinöörikoulutuksen insinöörityöt käytännön toteuttamiseen jokaista insinöörikoulutuksen sidosryhmää hyödyttävällä tavalla. Koulutuksen muuttuessa paremmin sidosryhmiä hyödyntäväksi, voidaan olettaa opiskelijoiden työllistyvän paremmin ja osaavansa ammattinsa asiat paremmin koulutuksen jälkeen. Tämä hyödyntäisi koko yhteiskuntaa.

Luvussa 2 käsitellään työn teoreettista pohjaa CDIO:n kannalta. Teoreettinen viitekehys on rakennettu kolmelle jalalle, jotka käsitellään luvuissa 2.1, 2.2 ja 2.3. Luvussa 2.1 käsitellään CDIO:n esittelemää insinöörikoulutuksen ongelmaa, päätavoitteita, visioita ja pedagogista perustaa. Tämä luku luo pohjan, josta CDIO on kehitetty. Historialuvussa peilataan CDIO:n esittelemää ongelmaa muihin lähteisiin ja yritetään avata ongelmaa laajemmin. Päätavoitteet ja visio- luvussa esitellään CDIO:n luoman työryhmän tavoitteet ja visiot CDIO:lle. Tässä luvussa esitellään esimerkiksi viitekehyksen keskeisimmät visiot.

Pedagoginen perusta- luvussa esitellään työryhmän näkemys siitä pedagogisesta perustasta, joka heidän mielestään toteuttaa parhaiten CDIO:n tavoitteita ja visioita. Luvussa 2.2 esitellään viitekehyksen kaksitoista standardia, jotka toimivat CDIO:n ohjaavina periaatteina. Nämä standardit antavat CDIO:lle sen luonteenomaiset piirteet, ja niiden tarkoituksena on toimia suuntaviivoina opetuksen uudistamisessa ja arvioinnissa. Standardit muodostavat viitekehyksen varsinaisen rungon ja korkeakoulun koulutusta tulee peilata näitä standardeja vasten.

Luvussa 2.3 käsitellään niitä käytäntöjä, joilla voidaan saavuttaa CDIO:n tavoitteet ja visiot. Tässä luvussa esitellään mistä lyhenne CDIO tulee, ja miten sitä työryhmän mukaan tulkitaan. Luvussa esitellään niitä opetusmenetelmiä ja käytänteitä, joiden avulla viitekehyksen päätavoitteet ja visiot voidaan saavuttaa. Näitä menetelmiä ja käytänteitä ovat erilaiset aktivoivat opetusmenetelmät ja kokemukselliset opetusmenetelmät. Samoin luvussa esitellään viitekehyksen mukaista opetussuunnitelmaa, joka nähdään ennemminkin ohjenuorana kuin orjallisesti noudatettavana sääntönä. Luvussa 3 esitellään tutkimuskysymykset ja tavoitteet. Luvussa käydään myös läpi tutkimuksen taustaa ja aiheen merkitystä. Samoin luvussa esitellään perusteluita ja rajoituksia tutkimustehtävään.

Seuraavassa luvussa (luku 4) esitellään käytetty tutkimusmenetelmä, sen teoria sekä syyt tutkimusmenetelmän valintaan. Luvussa esitetään tutkimusmenetelmän valinta ja kuinka sen valintaan päädyttiin. Luvuissa 5.1 ja 5.2 käydään läpi haastattelujen keskeisimmät sisällöt niin, että asiasisältöä, ilmaisuasua tai ilmaisusisältöä ei muutettu. Tästä johtuen tekstin tyyli vaihtelee voimakkaasti kirjakielestä aina puhtaaseen puhekieleen saakka. Luvussa 5.3 esitetään haastattelujen luotettavuusarvio. Luotettavuusarviossa arvioidaan työn jokaisen osa-alueen luotettavuus. Näin saadaan aikaan työn kokonaisluotettavuus. Luvussa 5.4 esitellään tapaustutkimusten analyysit. Ensin analysoidaan Lahden ammattikorkeakoulun tapaus ja tämän jälkeen Turun ammattikorkeakoulun tapaus erikseen. Erikseen tehtyjen analyysien jälkeen tehdään kummastakin tapauksesta yhteinen yhteenvetoanalyysi. Yhteenvedossa on pyritty kokoamaan kummankin tapauksen yhteisiä asioita sekä analysoimaan niitä ja niiden vaikutuksia. Analyysin jälkeen, luvussa 6, pohditaan tutkimusta, sen tekemistä, tuloksia, esitellään mahdollisia jatkotutkimusaiheita ja tutkijan omia ajatuksia. Viimeisessä luvussa (luku 7) esitellään työn kontribuutio, saadut tulokset ja yleinen implementoinnin kulku. Samoin luvussa esitetään vastaukset esitettyihin tutkimuskysymyksiin.

## 2 VIITEKEHYS

Teoreettinen viitekehys koostuu kolmesta pääkohdasta, eli teoreettinen lähestyminen on rakennettu kolmelle jalalle, jotka esitellään luvuissa 2.1, 2.2 ja 2.3. Luvussa 2.1 käydään läpi CDIO-viitekehysten lähtökohtia ja taustaa. Luvussa käydään läpi insinöörikoulutuksen työelämälähtöisyysongelmia sekä CDIO:n päätavoitteita, visioita ja pedagogista perustaa. Tämä luku luo ne lähtökohdat ja perustat, joiden varaan CDIO- viitekehys rakentuu. Historia-luvussa peilataan CDIO:n esittelemää ongelmaa muihin lähteisiin ja avataan ongelmaa laajemmassa kontekstissa. Päätavoitteet ja visio- luvussa esitellään CDIO:n luoman työryhmän tavoitteet ja keskeisimmät visiot CDIO:lle. Pedagoginen perusta- luvussa esitellään työryhmän näkemys siitä pedagogisesta perustasta, joka heidän mielestään toteuttaa parhaiten CDIO:n tavoitteita ja visioita.

Luku 2.2 esittelee viitekehysten kaksitoista standardia, jotka toimivat CDIO:n toteutettavan koulutuksen runkona ja ohjaavina periaatteina. Nämä standardit antavat CDIO:lle sen luonteenomaiset piirteet ja niiden tarkoituksena on toimia suuntaviivoina opetuksen uudistamisessa ja arvioinnissa. Standardit muodostavat viitekehysten varsinaisen rungon, joita vasten korkeakoulun tulee peilata omaa toimintaansa. Luku 2.3 käsittelee niitä käytäntöjä, joilla voidaan työryhmän mukaan saavuttaa CDIO:n tavoitteet ja visiot. Tässä luvussa esitellään mistä lyhenne CDIO tulee ja miten sitä työryhmän mukaan tulkitaan. Luvussa esitellään niitä opetusmenetelmiä ja käytänteitä, joiden avulla viitekehysten päätavoitteet ja visiot voidaan saavuttaa. Näitä menetelmiä ja käytänteitä ovat erilaiset aktivoivat opetusmenetelmät ja kokemukselliset opetusmenetelmät. Samoin luvussa esitellään viitekehysten mukaista opetussuunnitelmaa, joka nähdään ennemminkin ohjenuorana kuin orjallisesti noudatettavana sääntönä.

### 2.1. Lähtökohdat

CDIO-viitekehysten luoneen työryhmän mukaan insinöörikoulutus tällä hetkellä on lähes puhtaasi teoriapainotteinen koulutus, ilman käytännön tekemistä. Tällöin monelta valmistuneelta insinööriltä puuttuu työelämässä vaaditut käytännön taidot. Tätä ongelmaa korjaamaan luotiin CDIO-viitekehys eri yliopistojen yhteistyönä. Neuvonen-Rauhalan (2009, 39 – 41) mukaan Suomessa tätä teoreettisen koulutuksen ongelmaa on pyritty ratkomaan jo 1980- ja 1990-luvuilta lähtien ja ratkaisuksi siihen on luotu ammattikorkeakoulujärjestelmä. Kuten Laitinen-Väänänen & Vanhanen-Nuutinen & Hyvänen (toim.) (2012, 24, 36) toteaa, niin yhteistyö työelämän kanssa on ammattikorkeakoulujen lakisääteinen tehtävä. CDIO-viitekehys on kehitetty yhteistyössä yhdysvaltalaisen ja ruotsalaisten yliopistojen kanssa. Viitekehysten kehittämistyöryhmässä mukana oli esimerkiksi Massachusetts Institute of Technology (MIT), Chalmers University of Technology (Chalmers) ja KTH Royal Institute of Technology (KTH). Viitekehysellä pyritään yhdistämään insinöörikoulutuksen insinööritieteet käytännön toteuttamiseen jokaista



insinöörikoulutuksen sidosryhmää hyödyttävällä tavalla. Koulutuksen muuttuessa paremmin sidosryhmiä hyödyntäväksi, voidaan olettaa opiskelijoiden työllistyvän paremmin ja osaavansa ammattinsa asiat paremmin koulutuksen jälkeen. Tätä näkemystä tukee Laitinen-Väänänen ym. (2012, 32 – 34) tutkimuksen tulos, että työelämäedustajat kokivat ”velvollisuudekseen” tuottaa työmarkkinoille omalta osaltaan ammattitaitoista ja osaavaa työvoimaa. Hyvä yhteistyö eri sidosryhmien välillä hyödyntää koko yhteiskuntaa. (Crawley & Malqvist & Östlund & Brodeur 2007, 1 – 43, 144 – 146.) Esimerkiksi Helander (toim.) (2009. 23) esittää, että työelämälähtöisyyttä voidaan toteuttaa seuraavilla tavoilla:

1. Harjoittelut ja ongelmaratkaisut todellisuutta vastaavien käytännön esimerkkien avulla.
2. Harjoitukset toteutetaan autenttisissa olosuhteissa.
3. Kouluissa toteutetaan työelämälähtöisiä hankkeita.
4. Opetuksessa hyödynnetään vierailijoita luentojen, demonstraatioiden ym. muodossa.
5. Tekemällä opintomatkoja.
6. Nostamalla opetuksessa esille opettajien ja aikuisopiskelijoiden käytännöntyökokemuksia ja osaamisia.

CDIO-viitekehys esitellään laaja-alaiseksi, avoimen arkkitehtuurin, aktiivisen oppimisen ja opetuksen viitekehykseksi insinöörikoulutukseen, jossa opetuksessa tulee käyttää opiskelijoita aktivoivia opetusmenetelmiä ja käytännönläheisiä kokemuksellisia pedagogisia malleja. Viitekehyksellä pyritään yhdistämään insinöörikoulutuksen insinööritieteet käytännön toteuttamiseen, yleensä projektioppimisen metodeilla, jokaista sidosryhmää hyödyttävällä tavalla. Viitekehityksen tavoitteena pidetään insinöörikoulutuksen parantamista siten, että insinöörien koulutus vastaisi paremmin kaikkien sidosryhmien tarpeita. CDIO voidaan nähdä myös linkaarimallina, jossa onnistuneessa projektissa esiintyy kaikki neljä vaihetta, jotka viitekehityksen nimessä mainitaan. CDIO lyhenne muodostuu sanoista Conceive – Design – Implement – Operate, jotka voidaan suomentaa eri tavoin tarkastelutavasta, tavoitteista tai sovelluskohteesta riippuen:

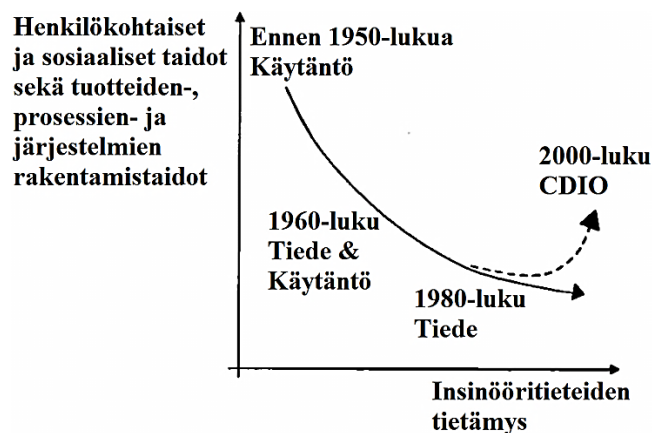
Conceive = Ymmärtää, määrittelee, havainnoi, hahmota, määrittellä.  
Design = Suunnitella, suunnittele, suunnitelma.  
Implement = Ottaa käyttöön, toteuttaminen, toteuttaa.  
Operate = Hyödyntää, ylläpitää, käyttää. (Crawley ym. 2007, 1 – 43, 144 – 146; Tahvanainen & Inkilä & Liljenbäck 2011, 51 – 55.)

### 2.1.1. Historia

Insinöörikoulutus sisälsi vielä 1900-luvun alkupuolella paljon käytännön harjoituksia ja tekemisiä, joten insinööriopetus oli lähes puhtaasti käytäntöpainotteista ja todellisiin ongelmiin pureutuvaa. Artikkelin ”Insinöörikoulutus 100 vuotta” (2012) mainitsee, että Suomessa koulutus oli tällöin käytäntölähtöistä ja teollisuuden tarpeiden ohjaamaa. Tällöin

opettajat olivat käytännön insinöörejä, joilla oli vahva tietämys työelämässä tarvittavista taidoista ja tiedoista. Vuosisadan edetessä yleinen tieteellinen ja tekninen tietämys kasvoi, jolloin myös insinöörien käyttämän teknologian muuttui ja kehittyi. Teknologian kehittymisestä seurasi tekniikan muuttuminen yhä monimutkaisemmaksi, jolloin ongelmien ratkaisuun ei enää riittänyt puhdas tekninen tietämys, vaan ongelmien ratkaisemista varten tarvittiin myös muita taitoja. Insinöörikoulutus vastasi tähän haasteeseen muuttamalla opetusta enemmän tieteelliseksi ja jättämällä sekä käytännön harjoittelun että tekemisen vähemmälle. Kuvassa 1 on esitetty Crawleyn näkemys asiasta, sekä se, miten CDIO-viitekehys voi muuttaa tilanteen tulevaisuudessa. (CDIO History; Crawley ym. 2007, 14 – 15; Jokinen & Kinnunen 2010, 3.)

Suomessa 1950-luvulta lähtien ylioppilaiden määrä on kasvanut voimakkaasti ja voidaan puhua jopa ylioppilassumasta. Koulutus laajeni voimakkaasti 1950 – 1970 luvuilla muutenkin, kun alhaista ammattitaitoa vaativat työt vähenivät ja teknologian kehittyminen vaati jatkuvasti sekä koulutetumpaa työvoimaa että formaalimpaa koulutusta. Ylioppilaiden määrän kasvu tosin huononsi ylioppilaiden jatko-opintomahdollisuuksia ja korkeakoulujen ulkopuolelle jääneet täyttivät opistot ja ammatillisen koulutuksen parhaat paikat. Tällöin myös yliopisto rupesi kokemaan ammatillistumispainetta. Näiden ongelmien ratkaisemiseksi Suomessa aloitettiin korkeakoulutuksen kehittäminen, jonka seurauksena esimerkiksi luotiin ammattikorkeakoulut. Tällä muutoksella pyrittiin vastaamaan työmarkkinoiden vaatimuksiin. (Neuvonen-Rauhala 2009, 38 – 40.)



Kuva 1. Insinöörikoulutuksen evoluutio (Crawley ym. 2007, 14).

1950-luvulla nähtiin insinöörیتieteiden vallankumous, jolloin koulut rupesivat palkkaamaan insinöörیتieteitä osaavia opettajia entisten käytännön insinöörien sijasta. Kuten artikkeli ”Insinöörikoulutus 100 vuotta” (2012.) mainitsee että insinöörien määrä nelinkertaistui 1950-luvulta 1970-luvulle tultaessa. Näin myös opettajien määrän oli lisääntyttävä eikä opettajiksi välttämättä saatu käytännön insinöörejä. Crawleyn (2007, 15) mukaan insinöörikoulutuksen kultavaiheena voidaan pitää 1960-lukua, jolloin käytännön harjoitukset ja insinöörیتieteiden opetus oli tasapainossa. 1960-luku sijoittuu vaiheeseen, jolloin kouluihin

opettajaksi ruvettiin ottamaan insinööritieteitä osaavia nuoria opettajia. (Crawley ym. 2007, 10 – 15.)

1960-luku sijoittuu vaiheeseen, jolloin kouluissa oli opettajina samaan aikaan kahta eri ikäryhmää ja koulukuntaa: vanhoja käytännön osaamiseen painottavia käytännön insinöörejä ja nuoria insinööritieteitä painottavia opettajia. Tämä tilanne jatkui 1970-luvulle saakka, jolloin vanhat käytännön insinöörit rupesivat jäämään eläkkeelle, ja heidät korvattiin insinööritieteihin perehtyneillä opettajilla. Tällöin insinöörikoulutus otti suuren harppauksen käytännön insinööri-maailmasta kohti insinööritiede-maailmaa. Vuosisadan kaksi viimeistä vuosikymmentä insinöörikoulutus on painottunut voimakkaasti tieteeseen, jotta valmistuvilla opiskelijoilla olisi valmius ratkaista ongelmia, myös tulevaisuudessa. (Crawley ym. 2007, 10 – 15.) Juuri näille vuosikymmenille asettuu Neuvonen-Rauhalaan (2009, 38 – 40) mukaan koulutuksen yleismaailmallinen laajeneminen ja formaalitoituminen.

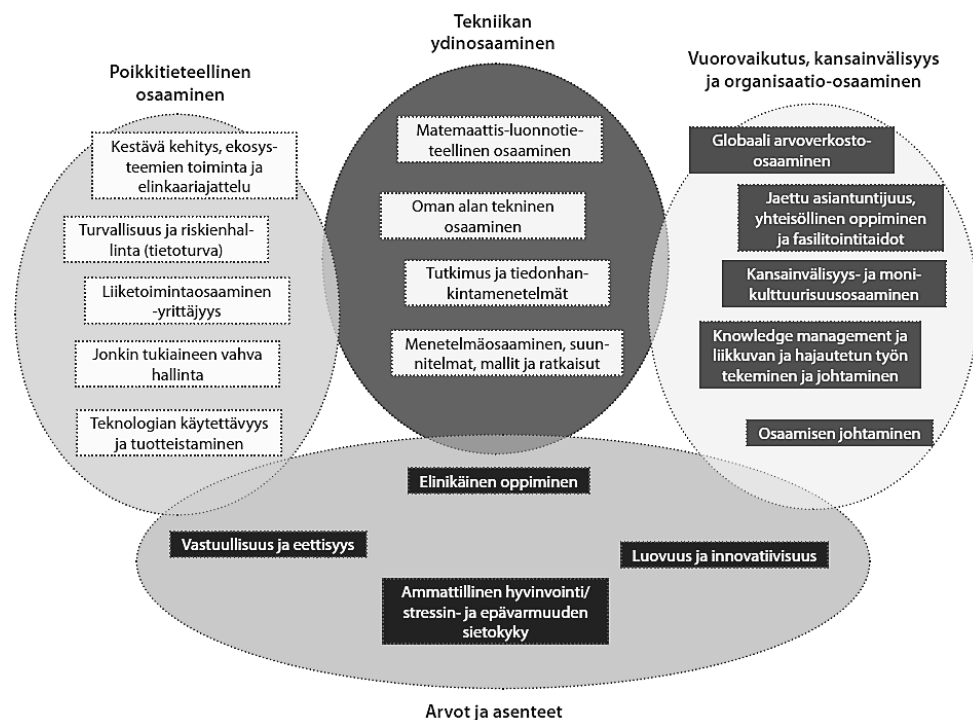
Työryhmän mukaan käytännön tietämisen ja tekemisen väheneminen rupesi aiheuttamaan ongelmia insinöörikoulutuksessa 1970-luvun lopussa ja 1980-luvun alussa. Tällöin teollisuudessa huomattiin, että valmistuneilta insinööreiltä rupesi puuttumaan ne taidot ja tiedot, joita oli totuttu pitämään insinöörien perustaitoina ja tietoina. 1980-luvulta lähtien teollisuuden edustajat ovat kritisoineet kasvavassa määrin insinöörikoulutuksen tasapainon epäsuhtaa. Tätä asiaa on miettinyt myös Lehto (2001, 2) ja hän mainitsee syyksi, että nykyisillä opiskelijoilla ei ole samoja korkeakouluvalmiuksia kuin ennen. Samoin Lehto (2001, 2) mainitsee, että ongelmat ovat kansainvälisiä ja niitä esiintyy kaikissa länsimaissa. Syiksi Lehto (2001, 1 – 2) on maininnut suuret muutokset ja rakenteelliset syyt useilla yhteiskunnan hierarkiatasoilla sekä kiristyneen kilpailun teollisuudessa. Teollisuuden mielestä insinöörikoulutusta pitäisi painottaa enemmän henkilökohtaisiin ja sosiaalisiin taitoihin sekä tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistaitoihin kuin puhtaaseen tekniseen tietämykseen. Tätä kasvavaa ongelmaa varten kansainvälinen ryhmä teknillisten yliopistojen opettajia alkoi tutkia asiaa 1990-luvulla. Heidän työryhmänsä tutkimuksen tuloksena syntyi uusi lähestymistapa insinööriopetukseen, CDIO. CDIO:n mukaisen opetuksen jälkeen valmistuneet opiskelijat pystyvät ymmärtämään – suunnittelemaan – toteuttamaan – käyttämään monimutkaisia, arvoa lisääviä teknisiä järjestelmiä, modernissa, ryhmäpohjaisessa ympäristössä. (Crawley ym. 2007, 1 – 2, 10 – 15.)

### 2.1.2. Päätavoitteet ja visio

Työryhmän tuotoksena syntyneen uuden opetuksen viitekehyksen CDIO:n tavoitteena on uudistaa insinöörien opetus vastaamaan paremmin kaikkien sidosryhmien tarpeita. CDIO:n päätavoitteet, visio ja pedagoginen perusta, joilla tähän tavoitteeseen päästään, määriteltiin yhdessä työryhmän sekä eri sidosryhmien kanssa. CDIO:n kolmeksi päätavoitteeksi muodostui se, että valmistuneet opiskelijat pystyvät:

- Hallitsemaan laajasti ja syvällisesti työelämässä tarvittavat tekniset peruskäsitteet.
- Kehittämään uusia tuotteita, prosesseja ja järjestelmiä sekä johtamaan näiden suunnittelua ja käyttöä.
- Ymmärtämään tutkimuksen ja teknologisen kehityksen strategisen tärkeyden yhteiskunnan kehittymisessä. (Crawley ym. 2007, 2, 20.)

Suomi tarvitsee maailman parasta insinööri-osaamista (2009, 34 – 35) julkaisun mukaan (kuva 2) insinöörin osaaminen koostuu neljästä osaamisalueesta, eli poikkitieteellisestä osaamisesta, tekniikan ydinosaamisesta, arvoista ja asenteista sekä vuorovaikutus, kansainvälisyys ja organisaatio -osaamisesta. Näiden osaamisalueet ja niiden sisältö vastaa monelta osin CDIO:n esittelemiä päätavoitteita, ja suurimmat erot muodostuvat painotuseroissa sekä käsitteissä. Esimerkiksi ”oman alan tekninen osaaminen” voidaan nähdä vastaavana kuin ”työelämässä tarvittavat tekniset peruskäsitteet”.



Kuva 2. Tekniikan insinöörin osaamisalueita (Suomi tarvitsee maailman parasta insinööri-osaamista 2009, 34 – 35)

CDIO:n esittelemistä tavoitteista nykyisellä insinöörikoulutuksella parhaiten toteutuu ensimmäinen tavoite, mutta toinen ja kolmas jo heikommin. Näiden, osittain ristiriitaistenkin, päätavoitteiden täyttämiseksi työryhmä esitti viitekehyksen visioksi seuraavat keskeiset lähtökohdat:

- Koulutus perustuu selkeästi määriteltyihin tavoitteisiin ja oppimistuloksiin, jotka on määritelty yhdessä kaikkien sidosryhmien kanssa.

- Oppimistulokset saavutetaan rakentamalla sarja integroituja oppimiskokemuksia, joista osan on oltava kokemusperäisiä oppimiskokemuksia. Kokemusperäisissä oppimiskokemuksissa opiskelijoiden tulisi kohdata samoja ongelmia, kuin työssään insinöörinä.
- Asianmukainen tekeminen kokemusperäisissä oppimiskokemuksissa aiheuttaa kaksinaisen vaikutuksen, jossa opiskelija oppii samaan aikaan taitoja sekä peruskäsitteitä. (Crawley ym. 2007, 22.)

Työryhmän mukaan vision ja päätavoitteiden yhdistäminen onnistuu käyttämällä oppimiskäsityksenä kokemuksellisen oppimisen teorioita ja käytänteitä, jotka pohjautuvat konstruktivismiin ja teoriaan kognitiivisesta kehityksestä. (Crawley ym. 2007, 30 – 31.)

### 2.1.3. Pedagoginen perusta

Työryhmän pedagogisena lähestymistapana viitekehyksen luomisessa on käytetty kokemuksellista oppimista, joka pohjautuu konstruktivismiin ja teoriaan kognitiivisesta kehityksestä. Työryhmä mainitsee Jean Piagétin ehkä tärkeimpänä kognitiivisen kehityksen teoreetikkona, joka pyrki selittämään ensimmäisenä kehityksen vaiheet oppimisessa. Ryhmän mukaan tällä pedagogisella lähestymistavalla voidaan saavuttaa päätavoitteiden ja vision mukaiset tavoitteet opetuksessa. (Crawley ym. 2007, 30 – 31.) Pelkillä luennoilla ei yleensä saavuteta hyviä oppimistuloksia, vaan mukaan opetukseen pitää ottaa aktiivista harjoittelua. (Suomi tarvitsee maailman parasta insinööri-osaamista 2009, 61 – 64) Rissanenkin (2003, 181 – 182) väitöskirjassaan toteaa, että laadukas oppiminen voidaan saavuttaa, kun opittu asia koetaan ja havainnoidaan omakohtaisessa toiminnassa eli käytännössä. Työryhmä ei ole varsinaisesti sulkenut pois mitään tiettyä pedagogista lähestymistapaa, tai käytännettä, viitekehyksen mukaisessa opetuksessa. Tärkeämpää on, että käytetyt pedagogiset mallit ja käytänteet ovat kokemuksellisia, opiskelijaa aktivoivia, käytännönläheisiä, ja että opettamisessa ja sen tavoitteissa otetaan huomioon kaikkien sidosryhmien tarpeet.

#### **Konstruktivismi**

Konstruktivistit uskovat, että oppijat rakentavat oman tietopohjansa ottamalla tietoa ympäristöstä ja yhdistämällä sen omiin malleihinsa ja käsityksiinsä. Oppiminen nähdään aktiivisena uusien kokemusten ja tietojen sovittamisena opiskelijan aikaisempiin tietorakennelmiin. Opiskelijan aikaisemmin luomat tietorakennelmat toimivat perustana uuden tiedon käsittelylle ja tulkinnalle, joten oppimiskäsitys korostaa oppimisen yksilöllisyyttä ja oppimisen itseohjautuvuutta. Konstruktivismia voidaan pitää eräänlaisena ns. sateenvarjoterminä, joka kokoa alleen tietynlaisia oppimisprosesseja koskevia käsityksiä. Konstruktivismi on enemmän tietoteoreettinen näkemys kuin oppimisteoria, koska sen perimmäinen mielenkiinto kohdistuu itse tiedon alkuperään kuin oppimiseen. (Kurki & Mäki-komsi 1996.)

Konstruktivismiin perusväite on, että oppiminen on merkityksen määrittelyprosessi: Kysymys on siitä, kuinka ihmiset tulkitsevat kokemuksiaan. Konstruktivismi jakaantuu moniin ala-kategorioihin sen mukaan, miten määritellään todellisuuden luonne ja kokemuksen rooli, mikä tieto kiinnostaa ja onko merkityksen määrittäminen ensisijaisesti yksilöllistä vai sosiaalista. Konstruktivismissa oppiminen on voimakkaasti henkilökohtainen toiminta ja oppiminen perustuu oppijan olemassa olevien tietojen hyväksi käyttöön. (Ruohotie 2000, 118 – 120.)

Konstruktivistisia oppimiskäsityksiä voidaan valottaa seuraavilla yleistyksillä: 1) Uutta tietoa omaksutaan käyttämällä aiemmin opittua 2) Oppiminen on oppijan oman toiminnan tulosta 3) Toimintaa ohjaa sen tavoite (tavoitetta ohjaavat oppimisen kriteerit), mutta oppimista säätelee se, mitä oppija tekee 4) Ymmärtämisen painottaminen edistää mielekästä tiedon konstruointia 5) Sama asia voidaan käsittää tai tulkita monella eri tavalla 6) Opitun siirtäminen uusiin tilanteisiin riippuu tietojen tai taitojen organisaatiosta 7) Sosiaalisella vuorovaikutuksella on keskeinen rooli oppimisessa 8) Tavoitteellinen oppiminen on taito, jota voi oppia 9) Oppimisen arvioinnin tulisi olla monipuolista 10) Opetussuunnitelmien tulisi olla joustavia ja ottaa huomioon niin oppijan kuin tiedon suhteellisuus ja muuttuvuus. (Ruohotie 2000, 120 – 123.)

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppija siis rakentaa itse oman tietopohjansa kokemuksiinsa perustuen. Oppiminen on prosessi, jossa oppija luo uusia merkityksiä itsenäisesti ja vuorovaikutuksessa muiden kanssa. Käsitteeseen liittyy voimakkaasti myös itseohjautuva oppiminen, uudistava oppiminen, kokemuksellinen oppiminen, situationaalinen kognitio ja reflektiivinen harjoittelu. Tässä käsitteessä opettajan rooli on keskustelevalta, eli opettaja keskustelee oppijan kanssa merkityksistä ja auttaa opiskelijaa merkitysskeemojen rakentamisessa. Samalla käsitteeseen liittyy oppijan kannalta, että oppiminen on kokemuksellista, itseohjautuvaa, ja oppija reflektoi oppimistaan. (Ruohotie 2000, 124 – 125.)

### **Kognitiivinen kehitys**

Työryhmä mukaan Jean Piagét, ja muut hänen jälkeensä tulleet kognitiivisen kehityksen teoreetikot loivat viitekehykselle kolme kantavaa pedagogista lähtökohtaa:

- Oppimisen ydin on, että oppija oppii liittämään uutta tietoa aikaisempiin tieto- ja taitorakenteisiinsa ja siirtämään ne uuteen kontekstiin tarvittaessa.
- Oppija ei voi liittää uutta tietoa kognitiivisiinsa rakenteisiinsa, jos hänellä ei ole olemassa uuden oppimiseen vaadittuja vähimmäistieto- ja taitorakenteita olemassa. Näiden vähimmäistieto- ja taitorakenteiden on kehityttävä itsekseen.
- Oppimiskokemukset, jotka ovat selvästi liian haastavia oppijan vallitsevalle kognitiiviselle tasolle, ovat ajan hukkaa niin oppijan kuin opettajan näkökulmasta. (Crawley ym. 2007, 30 – 31.)

Kognitiivisen kehittymisen teorit, jotka ovat kietoutuneena yhteen sosiaalisen psykologian- ja sosiaalisen oppimisen teorioiden kanssa, ovat olleet konstruktivismiin teorioiden historiallisina lähtökohtina. (Crawley ym. 2007, 31.)

### **Kokemuksellinen oppiminen**

Kokemuksellinen oppiminen on lähellä humanistista oppimisnäkemystä. Siinä painotetaan, että omakohtainen kokemus on kokonaisvaltaisen oppimisen tärkeä osa. Kokeminen itsessään ei tarkoita, että oppija oppisi kokemuksestaan. Tärkeää on ilmiön havainnointi ja pohtiminen sekä ilmiön ymmärtäminen ja käsitteellistäminen sopivan teorian/kuvausmallin avulla. Oppiminen nähdään syklisenä tapahtumana, jossa omakohtainen kokemus, reflektiivinen havainnointi, abstrakti käsitteellistäminen ja kokeileva aktiivinen toiminta etenevät tarkentuvana kehänä. Tämä kehittymisen kehä ylläpitää jatkuvaa opiskelijan kehittymistä. Kokemuksellisen oppimisen kulmakiviä on reflektiivisyys, jossa omaa toimintaa, sen perusteita sekä seuraamuksia kriittisesti analysoidaan ja pohditaan. Reflektiivisyys liittyy myös oppijan aktiivisuuteen ja vastuullisuuteen omasta oppimisprosessistaan. Siten oppija pyrkii jatkuvaan toimintansa kehittämiseen. Kokemuksellinen oppiminen myös osoittaa sen, miten tärkeää oppimisen edistäjä tilanne on. Oppimiseen tulisi luoda oppimista edistävä ilmapiiri, tarkoituksen mukaiset materiaalit, kytkennät opiskelijan menneisyyteen ja tulevaisuuteen. (Ruohotie 2000, 137 – 138, 145 – 148.)

Oppiminen on siis jatkuva prosessi, jossa edetään syklisessä kehässä ja jolloin tapahtuu tiedon syventymistä. Oppimissyklissä kuvataan olevan seuraavat vaiheet: 1) Toteutuksen suunnittelu 2) Aktiivinen kokeilu 3) Välitön, omakohtainen kokemus 4) Pohdiskeleva havainnointi (reflektointi) 5) Ilmiön abstrakti käsitteellistäminen. Oppijan kokemuksilla ja elämyksillä on keskeinen rooli, sillä uutta tietoa kokeillaan ja arvioidaan oppijan kokemusten pohjalta. Oppijan omia kokemuksia havainnoidaan, arvioidaan ja jäsennetään oppimiskokemuksen teorian näkökulmasta. Teoriat pyritään sitomaan oppijan käytännön kokemuksiin. (Ruohotie 2000, 138 – 150.)

Työryhmä näkee kokemuksellisen oppimisen prosessina, jolla luodaan ja siirretään kokemuksia tiedoksi, taidoiksi, asenteiksi, arvoiksi, tunteiksi, uskomuksiksi ja ymmärrykseksi oppijalle. Työryhmä korostaa kuutta tunnusomaista piirrettä kokemuksellisessa oppimisessä:

- Oppiminen voidaan kuvata parhaiten prosessina, jossa käsitteet on johdettu ja, jotka muuttuvat jatkuvasti kokemuksesta.
- Oppiminen on kokemukseen perustuva jatkuva prosessi. Oppijan osallistuessa oppimistapahtumaan, oppijalla ei tarvitse olla selkeää käsitystä opetettavasta aiheesta ja hänellä saa olla aiheesta harhakäsityksiäkin.
- Oppimisprosessi vaatii kykyä erottaa erilaisten mallien välisiä ristiriitoja. Tätä varten oppija tarvitsee erilaisia kykyjä konkreettisesta

- käytännön kokemuksesta aina käsitteellistämiseen saakka sekä reflektiivisestä havainnoinnista aina aktiiviseen kokeilemiseen.
- Oppiminen on kokonaisvaltainen maailmaan sovittamisprosessi, jossa oppiminen on paljon laajempaa mitä luokkahuoneessa esiintyy.
  - Oppiminen sisältää kanssakäymisen oppijan ja todellisen maailman ympäristön välillä.
  - Oppimien on tiedon luontiprosessi, joka on myös konstruktivististen teorioiden lähtökohta. (Crawley ym. 2007, 31.)

### **Itseohjautuva oppija**

Konstruktivismiin ja kokemuksellisen oppimisnäkemysiin liittyy käsite itseohjautuvasta oppijasta yhtenä tärkeimmistä oppimisen vaatimuksista. Itseohjautuvuuskäsite johtuu elinikäisen kasvatuksen peruskivenä olevasta näkemyksestä, jossa ihminen nähdään aktiivisena tiedon etsijänä. Käsitteessä ihminen itse tekee opiskeluaan koskevia ratkaisuja ja ottaa ensisijaisesti itse vastuun opiskelunsa tavoitteiden määrittelystä sekä opiskeluprosessinsa suunnittelusta ja arvioinnista. Keskeistä oppimisprosessissa on oppijan oma aktiivinen toiminta eli itseohjaus. Itseohjautuvuuskäsitteeseen sisällytetään tiettyjä ominaisuuksia, kuten: omatoimisuus, emotionaalinen itsenäisyys, solidaarisuus, kyky dialogiin, reflektiivisyys, sitoutuminen, sopeutuminen ja intentionaalisuus. Käsitteessä korostetaan merkityksellisen ja mielekkään oppimisen tärkeyttä opiskelussa. Itseohjautuvan opiskelijan ajatuksiin opetuksella pyritään synnyttämään (tai syntyä itsestään) tiedollinen ristiriita, joka häiritsee opiskelijaa, ja jonka opiskelija pyrkii poistamaan uutta tietoa hankkimalla tai vanhaa syventämällä. Itseohjautuvuus voidaan pelkistää neljään ominaisuuteen:

- Autonomisuus
- Yhteisöllisyys
- Kriittinen tiedostaminen
- Todellisuuteen integroiminen. (Ruohotie 2000, 158 – 160.)

Autonomisuudesta voidaan erottaa omiksi ala-asiakokonaisuuksiksi omatoimisuus, emotionaalinen itsenäisyys ja omaperäisyys. Yhteisöllisyys sisältää opiskelijan kyvyn dialogiaan ja solidaarisuuteen. Kriittisellä tiedostamisella tarkoitetaan opiskelijan kykyä reflektiivisyyteen ja sitoutumiseen. Reflektiivisyydellä tarkoitetaan tässä kykyä asettaa kyseenalaiseksi oman toiminnan rutiininomaiset itsestäänselvyydet ja kykyä analysoida sekä arvioida niitä kriittisesti. Todellisuuteen integroimisominaisuudella tarkoitetaan opiskelijan kykyä tunnistaa realiteetit, kykyä sopeutua niihin, ja pystymistä aktiivisesti suuntaamaan toimintansa tiettyihin päämääriin. (Ruohotie 2000, 158 – 159.)

## **2.2. Runko**

Pedagogisten perusteiden, vision ja päätavoitteiden pohjalta työryhmä loi 12 standardia kuvaamaan kursseja. Nämä standardit muodostavat



viitekehyksen rungon ja koulutusta ohjaavat periaatteet. Standardien tarkoituksena on olla ohjaavia periaatteita CDIO:n mukaisen kurssin suunnittelussa ja kehittämisessä. Standardit määrittelevät luonteenomaiset piirteet CDIO:n mukaiselle opetukselle ja niiden tarkoituksena on toimia suuntaviivoina opetuksen uudistuksessa ja arvioinnissa. Samalla ne mahdollistavat opetusohjelmien vertailut maailmanlaajuisesti sekä tarjoavat viitekehyksen jatkuvaan opetuksen parantamiseen. Standardin yläkategoriat ovat:

- Ohjelman perusfilosofia (Standardi 1)
- Opetussuunnitelman kehitys (Standardit 2, 3 ja 4)
- Suunnittele – toteuta kokemukset ja työtilat (Standardit 5 ja 6)
- Opetus- ja oppimismetodit (Standardit 7 ja 8)
- Tiedekunnan (koulutusohjelman) henkilöstön kehittäminen (Standardit 9 ja 10)
- Arviointi (Standardit 11 ja 12). (Crawley ym. 2007, 34.)

Standardeista vain seitsemän nähdään pakollisiksi. Loput standardeista kuvaavat insinöörikoulutuksen hyviä käytänteitä, jotka olisi hyvä huomioida opetuksessa. Tähdellä merkityjä standardeja (kuva 3) työryhmä pitää pakollisina CDIO:n mukaiselle opetukselle. Muut standardit kuvaavat lähinnä insinöörikoulutuksen parhaita käytäntöjä. (Crawley ym. 2007, 35, 270.) Suomalaisessa korkeakoulujärjestelmässä ei ole olemassa CDIO:n vastaavankaltaisia standardeja, vaan jokainen korkeakoulu toteuttaa omalla, yksilöllisellään tavallaan koulutustaan. Korkeakoulutusta tuottavilla kouluilla on laaja autonomia päättää, miten he toteuttavat korkeakoulutusta.

Kategoria	Standardit
Ohjelman perusfilosofia	1. <b>CDIO-viitekehyksenä*</b> - CDIO –viitekehyksen käyttöönotto insinöörikoulutuksessa
Opetussuunnitelman kehitys	2. <b>Opetuksen tavoitteet*</b> -Määritellyt oppimistavoitteet 1)henkilökohtaisiin- ja ihmissuhdetaitoihin, 2) tuote-, prosessi- ja järjestelmänkehitystaitoihin tieteenalaan ja koulutusohjelman tavoitteisiin liittyen. Sidosryhmät osallistuvat tavoitteiden määrittelyyn.  3. <b>Integroitu opetussuunnitelma*</b> -Opetussuunnitelma suunniteltu erityisesti siten, että koulutusohjelman kursseihin integroidaan ihmissuhdetaitojen ja tuote-, prosessi- ja järjestelmänkehitystaitojen opetusta.  4. <b>Johdatus insinööriopintoihin</b> -Johdatuskurssi joka tarjoaa viitekehyksen insinöörikäytänteisiin ja tärkeimpiin tietoihin ja taitoihin.
Suunnittele-toteuta kokemukset ja työtilat	5. <b>Suunnittele-toteuta kokemukset*</b> -Opetussuunnitelma sisältää vähintään yhden suunnittele ja toteuta tyyppistä kokemusta (esim. projektia) sekä perustasolla että edistyneemmällä tasolla  6. <b>Oppimisympäristöt</b> -Työtilat ja laboratoriot jotka kannustavat tekemällä oppimiseen ja kokeilemiseen.
Opetus- ja oppimismetodit	7. <b>Integroitu oppiminen*</b> -Integroidut oppimiskokemukset koulutusohjelman oppimistavoitteiden ja CDIO-tavoitteiden kanssa  8. <b>Aktiivinen oppiminen ja opetus</b> -Opetus ja oppiminen perustuu oppilaita aktivoiviin opetusmetodeihin. (mm. kokeilemaan ja testaamiseen kannustaminen)
Tiedekunnan (koulutusohjelman) ja henkilöstön kehittäminen	9. <b>CDIO-taitojen kehittäminen*</b> -Aktiivisia toimia jotka parantavat henkilökunnan CDIO-taitoja  10. <b>Opetustaitojen kehittäminen</b> -Aktiivisia toimia jotka parantavat henkilökunnan osaamista tarjota integroituja oppimiskokemuksia
Arviointi	11. <b>Oppilaiden taitojen arviointi*</b> -CDIO-taitojen arvioinnin lisääminen oppilaiden arviointiperusteisiin  12. <b>Koulutusohjelman arviointi</b> -CDIO toiminnan arviointijärjestelmä joka johtaa jatkuvaan parantamiseen oppilailta, henkilökunnalta ja sidosryhmiltä saadun palautteen mukaan.

Kuva 3. CDIO-viitekehyksen standardit (Tenhunen & Niittymäki (toim.) 2011, 42).

### Standardi 1. CDIO-viitekehyksenä\*

CDIO-viitekehyksen ensimmäisen standardin mukaan viitekehyksen käyttäjän on omaksuttava näkökulma, että tuotteen, prosessien ja järjestelmien kehittäminen ja käyttöönotto (ymmärtäminen – suunnitteleminen – toteuttaminen – käyttäminen) ovat insinöörikoulutuksen keskeisiä asioita. Ymmärtämisellä tarkoitetaan, että varsinaisen ongelman ymmärtämisen ja hahmottamisen lisäksi opiskelija myös ymmärtää ja ottaa huomioon asiakkaan tarpeet: Huomioi mahdolliset teknologiat, asiakkaan yritysstrategian ja tuotteeseen vaikuttavat määräykset sekä kehittää asiakkaan teknisiä ja liiketaloudellisia suunnitelmia. Suunnittelemisella tarkoitetaan varsinaista suunnittelua kuten piirustusten, suunnitelmien, algoritmien ja muiden ratkaisujen suunnittelemista. Toteuttamisella viitataan suunnitelmien

siirtämiseen varsinaiseksi tuotteeksi, prosessiksi tai järjestelmäksi. Tämä vaihe sisältää varsinaisen valmistuksen, koodien kirjoittamisen, testaamisen ja vahvistamisen. Käyttämällä tarkoitetaan tuotteen toimitusta, ylläpitoa, kehitystä sekä hävittämistä. CDIO tulisi nähdä insinööriopetuksen kulttuurillisena viitekehyksenä tai ympäristöllisenä, jossa teknillinen tietämys ja muut taidot opetetaan, harjoitellaan ja opitaan. (Crawley ym. 2007, 36, 270.)

### **Standardi 2. Opetuksen tavoitteet\***

Standardi vaatii, että opetuksessa saavutettavat tavoitteet oppimistuloksille määritellään tarkasti ja yksityiskohtaisesti kaikkien sidosryhmien kanssa yhteistyössä. Näitä määriteltäviä taitoja ovat opiskelijalta vaaditut henkilökohtaiset taidot, ihmissuhdetaidot, tieteellisen tiedon hallinta sekä tuotteen, prosessin ja järjestelmän rakentamistaidot. Kaikki tavoitteet pitäisi määritellä mahdollisimman hyvin vastaamaan insinöörin todellista työelämän tarpeita. Henkilökohtaisilla taidoilla tarkoitetaan opiskelijan kykyä tiedon hakuun, ongelmanratkaisuun, luovaan ajatteluun, kriittiseen ajatteluun ja eettisiin ratkaisuihin. Rakentamistaidoilla viitataan opiskelijan kykyyn rakentaa laitteita ja käyttää niitä niiden luonnollisessa ympäristössä. (Crawley ym. 2007, 49, 271.)

Bolognan prosessin tavoitteena on luoda yhteinen Eurooppalainen korkeakoulutusalue, jossa koulutuksessa korostuu osaamiskeskeisyyslähestymistapa. Prosessin myötä Suomen korkeakoulukentässä ollaan siirtymässä kohti osaamislähtöistä opetusta. Bolognan prosessin edetessä Suomessa opetussuunnitelmat ja opintosuunnitelmat muutetaan osaamisperusteiseksi. Tämä osaamisperusteinen muutos voidaan nähdä siltana työmarkkinoiden, koulutuksen ja opiskelijoiden välillä. Osaamisperusteisuuden tarkoitus on tuottaa osaajia globaaliin talouteen ja työelämän vaatimuksiin vastaaminen sekä opintoaikojen lyhentäminen. (Luopajarvi & Savunen 2012; Vuorinen 2012.)

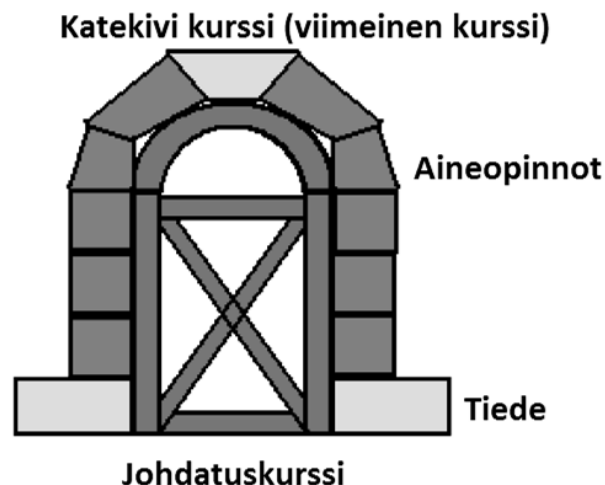
### **Standardi 3. Integroitu opetussuunnitelma\***

Opetusohjelman pitää suunnitella toisiaan tukevista eri tieteenalan kursseista niin, että on olemassa erillinen suunnitelma henkilökohtaisten taitojen, ryhmätyötaitojen ja tuotteiden, prosessien sekä järjestelmien rakentamistaidoista. Eri tieteenalojen kurssit tukevat toisiaan, kun niiden väliin rakennetaan yhteyksiä esimerkiksi yhteisen sisällön sekä yhteisten osaamistavoitteiden avulla. Kurssien yhdistämistä tukee kaksi näkökulmaa: Yhdistelemällä säästetään koulun resursseja, toisaalta yhdistelemällä teoriaa sekä käytäntöä saadaan asiat opetettua oikeassa yhteydessä. Resurssien säästöistä tärkein on opetettavan asian opettamiseen käytetyn ajansäästö, kun halutaan opiskelijoille opettaa asioita syvällisemmin kuitenkin kasvattamatta opintojen pituutta. Opettajilla on suuri rooli integroitujen opetussuunnitelmien suunnittelussa, jotta oppiaineet ja oppimistavoitteet saadaan järkeviksi. (Crawley ym. 2007, 79 – 98, 272.)

#### Standardi 4. Johdatus insinööriopintoihin

Standardin mukaan insinööriopiskelijoille pitäisi tarjota johdatuskurssi insinööriopintoihin. Johdantokurssi tarjoaa viitekehyksen insinööritoimintaan, tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamiseen sekä karkean määritelmän insinööriltä vaadittavista taidoista, tehtävistä ja vastuista. Johdatuskurssin tavoitteena on esitellä insinööritoiminnan eri osa-alueita ja se on yleensä ensimmäinen opiskelijoilta vaadittu kurssi insinööriopinnoissa. Samalla sen tarkoitus on myös opettaa taitoja ja asenteita, jotka ovat tärkeitä, kun opiskelijan pitää ratkaista monimutkaisempia asioita opintojen edetessä. Esimerkiksi opiskelija voi osallistua kurssilla pieniin ryhmäharjoituksiin, joissa heitä valmistellaan suurempiin tuotekehitystiimeissä työskentelyyn. Monet opiskelijoista ovat valinneet insinööriopinnot, jotta he voisivat rakentaa asioita. Johdatuskurssin tavoitteena on vastata tähän tavoitteeseen. Kurssin tavoitteena on lisätä opiskelijoiden kiinnostusta opintoihin ja motivoida heitä opiskelemaan. (Crawley ym. 2007, 97 – 101, 272.)

Crawley ym. (2007) kuvaavat yleisesti oppimisprosessia holvin (kuva 4) rakentamisen metaforalla. Tässä metaforassa johdatuskurssi toimii kehikkona, jonka varaan muut opinnot voidaan rakentaa. Näitä kurseja kuvataan kehikon varaan ladottaviksi kiviksi. Kun viimeinen kurssi (katekivi kurssi) on suoritettu, ei kehikkoa enää tarvita. Tällöin opiskelija on saavuttanut insinööriltä vaaditun syvällisen tietämyksen ammattiasioista. Ennen kuin syvällinen tieto voidaan saavuttaa, on opiskelijoille tarjottava joku kehikko (johdatuskurssi), jonka varaan tämä tietämys voidaan rakentaa. (Crawley ym. 2007, 97 – 101, 272.)



Kuva 4. Integroitujen opintojen opetussuunnitelman metafora (Crawley ym. 2007, 98).

#### Standardi 5. Suunnittele – toteuta kokemukset\*

Suunnittele – toteuta -kurssit jaetaan perus- tai edistyneemmän tason kokemuksiksi mm. niiden laajuuden ja/tai vaikeustason mukaan. Opiskelijan alkuvaiheessa kurssit ovat yksinkertaisempia ja helpompia, mutta opintojen edistyessä ne muuttuvat haastavammiksi. Näiden

opintojen tavoitteena on auttaa opiskelijoita soveltamaan ja ymmärtämään aiemmin opittuja tietoja ja taitoja. Standardin mukaan opetussuunnitelmassa pitää olla vähintään kaksi suunnittele – toteuta -kurssia. Toisen kurssin pitäisi olla peruskurssi, mutta toisen pitäisi olla syventävän tason kurssi, jossa asioissa pitäisi mennä monimutkaisuudessa pidemmälle ja tarkastella asioita laajemmasta näkökulmasta. Näiden kurssien tavoitteena on luoda opiskelijoille tuotteiden, prosessien ja järjestelmien kehittämisestä kokonaiskuva. Ensimmäisen kurssin tarkoituksena on toimia konkreettisenä harjoituksena, jonka jälkeen opiskelijat kykenevät ymmärtämään myöhemmin opetettavia teorioita ja abstraktioita. Kurssien tavoitteena on myös antaa opiskelijoille käsitys insinööritöistä, että antaa heille onnistumisen tunteita niistä. (Crawley ym. 2007, 105 – 116, 273.)

### **Standardi 6. Oppimisympäristöt**

Standardin mukaan oppimisympäristön pitää tukea oppimista ja kannustaa käytännönläheiseen oppimiseen tuotteiden, prosessien sekä järjestelmien rakentamisessa. Oppimisympäristöjen on myös kannustettava oppimaan tieteenalalla vaadittavaa osaamista ja sosiaalisuuden oppimista. Itse fyysinen oppimisympäristö sisältää perinteiset oppimisympäristöt kuten luokkatilat, luentosalit, auditoriot, työskentelytilat ja laboratoriot. Työskentelytilojen ja laboratorioden tarkoituksena on tukea tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistaitoja, jolloin opiskelijat joutuvat soveltamaan oppimaansa. (Crawley ym. 2007, 117 – 129, 274.)

Opiskelijoille pitäisi tarjota tilat, joissa olisi mahdollisuus: 1) Työstää, 2) Koota, 3) Suunnitella, 4) Testata ja 5) Keskustella. Mikään tila tuskin yksinään toteuta näitä vaatimuksia. Tilat saavat sijaita hajautetustikin, kunhan kokoaminen voidaan suorittaa yhdessä tilassa. Ryhmätyöskentelyn kannalta olisi hyvä jos tilat olisivat riittävän suuret, jotta monta ryhmää voisi toimia niissä kerralla. Näin voidaan parantaa opiskelijoiden ryhmätyöskentelytaitoja, ja opiskelijat oppisivat toisiltaan sekä voisivat jakaa tietämystään ongelmista. Kaikkien tilojen ja toimintaympäristöjen tulisi olla opiskelijakeskeisiä, käyttäjäystävällisiä, avoimia ja vuorovaikutteisuutta lisääviä, viihtyisiä sekä siistejä. Näin tuetaan opiskelijan kehittymistä ammatissaan. (Crawley ym. 2007, 117 – 129, 274.)

Jokinen ym. (2010) mukaan olemassa olevista oppimisympäristöistä, joissa tullaan opettamaan tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistaitoja, täytyy ensin kerätä tietoa ja analysoida niitä kriittisesti. Prosessiin kuuluu nykyisten tilojen, sekä niihin liittyvien tarvikkeiden, ja varusteiden tarkastelua. Näin saatujen tietojen pohjalta voidaan ruveta luomaan CDIO:n mukaisia oppimisympäristöjä. Nykyiset oppimisympäristöt ovat yleensä sopimattomia CDIO:n mukaiselle suunnittele – rakenna kokemuksille, koska tilat ovat todennäköisesti perinteisiä työpajoja tai laboratorioita. (Jokinen ym. 2010, 13.)

Tilojen tulisi tukea CDIO-opetussuunnitelman mukaista opetusta, ja näin ollen tilat täytyy suunnitella osana opetussuunnitelman suunnitteluprosessia. Suositeltavana pidetään yleistä ideapalaveria ennen suunnitteluprosessin aloitusta. Tässä ideapalaverissa kerätään jokaisen laitoksen edustajan mielipiteet, joiden pohjalta voidaan huomata mahdolliset epäkohdat ja potentiaaliset ongelmat oppimisympäristöissä. Tuotteiden, prosessien ja järjestelmien rakentamistilojen olisi parempi antaa kehittyä aikaa myöten kuin ylisuunnitella ne alkuvaiheessa. Alempana on esitelty lista työtiloilta vaadituilta ominaisuuksilta:

Välttämättömiä ominaisuuksia:

- Helpottaa CDIO-taitojen oppimista.
- Tukee tuotteiden ja järjestelmien käytännön oppimista.
- Helpottaa ryhmätyöskentelyä, kommunikaatiota ja sosiaalista kanssakäymistä.
- Tarjoaa riittävät harjoittelumahdollisuudet.
- Tilat noudattavat paikallisia lain asettamia määräyksiä.

Toivottavia ominaisuuksia:

- Tilat ovat opiskelijoiden organisoimia ja hallitsevia.
- Pystyvät tarjoamaan joustavat varustelut sekä toiminnot.
- Opiskelijoilla on mahdollisuus päästä tiloihin toimistoaikojen ulkopuolellakin.
- Tilojen tulisi tarjota mahdollisuus käyttää nykyaikaisia työkaluja, tarvikkeita sekä ohjelmistoja. (Jokinen ym. 2010, 14 – 15.)

Insinööriopiskelijaliitto IOL ry esittää (Koulutuspoliittinen asiakirja 2011, 11.), että opetustilojen ajanmukaisuus ja viihtyvyys ovat avainasemassa, kun luodaan oppimisen kannalta myönteistä ilmapiiriä. Opetustilojen, työvälineiden ja kalusteiden tulisi olla tarkoituksenmukaisia ja niiden tulisi tukea ryhmätyöskentelyä. Samoin niiden tulisi vastata työelämässä käytettäviä laitteita ja työvälineitä.

### **Standardi 7. Integroitu oppiminen\***

Integroiduilla oppimisilla tarkoitetaan yhdistettyjä oppimiskokemuksia, joissa oppimiskokemukset johtavat samanaikaisesti teoreettisten ja henkilökohtaisten taitojen kehittymiseen, kuten ryhmätyötaitojen, tuotteiden, prosessien sekä järjestelmien rakentamistaitojen kehittymiseen. Integroitujen oppimiskokemusten yhdistäminen on pedagogillinen lähestymistapa opetukseen, jolla tulisi edistää oppiaineensisällön oppimista samalla, kun opetellaan henkilökohtaisia taitoja, ihmissuhdetaitoja ja tuotteiden, prosessien sekä järjestelmien rakentamistaitoja. Integroidussa oppimisessa tarkoituksena on esitellä ongelmia, joihin insinöörit törmäävät työelämässä, ja ne esitellään autenttisessa ympäristössä. Näitä oppimiskokemuksia luotaessa avainasemassa ovat teollisuudenedustajat, alumnit ja muut sidosryhmät. Integroitu oppimien tukee standardeja 2 ja 3, koska vain yhdistämällä

oppimiskokemuksia voidaan oppimisen määrää kasvattaa ilman opiskeluaajan pitenemistä. Tärkeätä on myös, että opiskelijat näkevät opettajat ammatillisina roolimalleina. (Crawley ym. 2007, 134 – 140, 274 – 275.) Insinööriopiskelijaliitto IOL ry esittää myös (Koulutuspoliittinen asiakirja 2011, 10.), että koulutuksessa pitäisi lisätä eri toimijoiden yhteistyötä, ja tämän toiminnan pitäisi olla luonteva osa koulutusta.

### **Standardi 8. Aktiivinen oppiminen ja opetus**

Kahdeksannen standardin mukaan opetuksen ja oppimisen pitäisi perustua aktiivisiin opetus- ja oppimismenetelmiin. Aktivoivat opetusmenetelmät pistävät opiskelijat paneutumaan heti pohdintaan ja ongelmanratkaisuun, jolloin passiivinen tiedon oppiminen jää vähemmälle. Aktivoivissa menetelmissä oppiminen pohjautuu enemmän muokkaamiseen, analysointiin, soveltamiseen ja arvioimiseen. Massaluennoilla aktivoivina menetelminä voidaan käyttää esimerkiksi ryhmäkeskusteluja, esityksiä, väittelyitä, kyselyitä ja palautteita. Aktiivisen oppimisen katsotaan olevan kokemuseräistä, kun opiskelija asettuu rooliin, jolla simuloidaan työelämän tehtävää. Kun opiskelija saadaan ajattelemaan ja häneltä vaaditaan vastausta, niin opiskelijat eivät vain opi uutta, vaan oppivat tunnistamaan myös miten oppivat. Tämän kaltaisella oppimisprosessilla saadaan opiskelijalle luotua koko elämän läpi käytettävissä olevia tapoja oppia ja motivoitua hänet oppimaan oppimistavoitteet. (Crawley ym. 2007, 140 – 150, 275.)

Opettamista pidetään perinteisesti tiedon siirtämisenä opettajalta opiskelijalle, jolloin koulutuksen tarjoama tieto on yleensä irrallista eikä takaa opiskelijalle riittävää työelämävalmiuksia. Ratkaisuna tähän tarjotaan aktiivisia ja kokemuseräisiä oppimis- ja opetustapoja. Näiksi luetaan esimerkiksi ongelmalähtöinen oppiminen, projektioppiminen, tutkivaoppiminen, sulautuva opetus ja näiden erilaiset yhdistelmät. Aktiivinen oppiminen ja opetus pohjautuvat kokemuksen kautta tapahtuviin oppimisen menetelmiin. Näillä menetelmillä saadaan opiskelijat käsittelemään, soveltamaan, analysoimaan ja arvioimaan ideoita. Näin opiskelijat eivät vain opi enemmän, vaan myös tunnistavat mitä ja miten he oppivat. Aktiivinen oppiminen muuttuu kokemuseräiseksi, kun oppija toimii, kuten työelämässä toimittaisiin. Eräiden tutkimusten mukaan ihminen oppii noin 20 % kuulemastaan, 30 % näkemästään, 50 % näkemästään ja kuulemastaan, 70 % puhumastaan, näkemästään ja kuulemastaan, 90 % puhumastaan, näkemästään, kuulemastaan ja tekemästään. (Jokinen ym. 2010, 34 – 35.)

### **Standardi 9. CDIO taitojen kehittäminen\***

Standardi vaatii, että henkilökunnan taitoja, ryhmätaitoja ja tuotteiden, prosessien sekä järjestelmien rakentamistaitoja, on parannettava. Jos oletetaan henkilökunnan opettavan opiskelijoille CDIO-taitoja, on varmistuttava, että opettajat itse omaavat riittävän hyvät taidot kyseisiltä osa-alueilta. Opettajat voivat kehittää näitä taitoja parhaiten käytännönläheisissä asiayhteyksissä. Yleensä opettajat omaavat korkean

teoreettisen tason, mutta heikomman käytännön tason. Käytännön tasoa voidaan nostaa seuraavilla tavoilla:

- Laitos palkkaa työntekijöitä, joilla on kokemusta teollisuudesta, tai vaihtoehtoisesti antaa vasta palkatuille työntekijöille mahdollisuuden viettää vuosi teollisuuden palveluksessa.
- Työntekijöitä koulutetaan seminaareilla, työkursseilla ja työpajoilla teollisuuden kanssa yhteistyössä, tai työntekijöille annetaan mahdollisuus työskennellä teollisuudessa.
- Palkataan vanhempia työntekijöitä teollisuudesta kouluttamaan ja ohjeistamaan laitoksen työntekijöitä. Vaihtoehtoisesti voidaan houkutella käytännön insinöörejä teollisuudesta osa-aikaisiksi opettajiksi. (Crawley ym. 2007, 182 – 184, 276.)

Esimerkiksi insinööriopiskelijaliitto IOL ry (Koulutuspoliittinen asiakirja 2011, 14.) esittää, että ammattiaineiden päätoimisilla opettajilla tulisi vähintään viiden vuoden välein olla 0,5 – 1 vuoden mittainen harjoittelu- tai täydennyskoulutusjakso. Samoin esitetään, että työssäkävien asiantuntijoiden käyttöä tulisi lisätä opetuksessa, tarjota opettajille mahdollisuus työelämävierailuihin, kiinnittää huomiota sivutoimisten opettajien pedagogisiin taitoihin ja luoda assistenttijärjestelmä ammattiaineiden ja laboratoriotyöskentelyn tueksi.

### **Standardi 10. Opetustaitojen kehittäminen**

Standardi määrittelee, että laitoksen henkilökunnan kykyä käyttää yhdistettyjä oppimiskokemuksia pitää parantaa aktiivisen ja kokemuseräisen oppimisen sekä opiskelijoiden oppimisen arvioinnin kannalta. Opettajien taitojen kehittäminen vaihtelee oppilaitoksesta ja koulutuksen mukaan, mutta käytännössä henkilökunnalle pitää tarjota mahdollisuus kouluttaa itseään opettamisen saralla ja opettamistaitojen kehittymistä pitää seurata sekä arvioida. (Crawley ym. 2007, 184 – 194, 276 – 277.) Insinööriopiskelijaliitto IOL ry (Koulutuspoliittinen asiakirja 2011, 14) esittää, että opettajille pitäisi luoda mahdollisuuksia täydennysopintoihin ja työelämävierailuihin, koska näin saataisiin ylläpidettyä opettajien työelämäyhteyksiä.

### **Standardi 11. Opiskelijoiden taitojen arviointi\***

Standardi vaatii, että opiskelijan henkilökohtaisia taitoja ja ryhmätyötaitoja sekä tuotteen, prosessien että järjestelmien rakentamistaitoja on arvioitava, kuten myös perusaineiden hallintaakin on arvioitava. Opiskelijoiden oppimisen arviointi tehdään vertaamalla opiskelijan oppimaa jokaiseen oppimistavoitteeseen. Erilaisia arviointitapoja käyttämällä saadaan oppimista arvioitua tehokkaasti. Arviointitavat voivat sisältää mm. kirjallisen kokeen, suullisen kokeen, opiskelijan havainnointia, itsearviointia, portfolion, oppimispäiväkirjan ja/tai vertaisarviointia. Erilaiset oppimistavoitteet tarvitsevat erilaiset arviointitavat, joten arviointitavat täytyy sopeuttaa opetettavaan aiheeseen



ja tavoitteisiin, jotta ne arvioivat oikeita asioita. (Crawley ym. 2007, 155 – 165, 277 – 278.)

## **Standardi 12. Koulutusohjelman arviointi**

Viimeinen standardi määrittää, että CDIO-viitekehystä käytävällä taholla pitää olla järjestelmä, joka vertailee koulutusohjelmaa näitä kahtatoista standardia vasten. Järjestelmän pitää antaa palautetta opiskelijoille, laitokselle ja muille sidosryhmille koulutuksen jatkokehittämistä varten. Palautetta voidaan kerätä opiskelijoilta, kurssi-arvosanoista, henkilökunnalta, ulkopuolisilta tahoilta, alumneita, aloittavilta ja valmistuneilta opiskelijoilta, työnantajilta sekä muilta sidosryhmien edustajilta. Näiden palautteiden pohjalta luodaan päätöksentekopohja jatkuvalla kehittämiselle. Arvioinnin tärkein tavoite on määrittää, kuinka tehokkaasti asetetut tavoitteet saavutetaan. Jos palautteessa ilmenee, ettei jotain tavoitetta saavuteta, on tähän epäkohtaan puututtava heti. (Crawley ym. 2007, 198 – 215, 278.) Lähinnä CDIO:n esittämää koulutusohjelman arviointia vastaa Suomessa korkeakoulujen arviointineuvoston tekemät auditoinnit. (Vuosina 2011-17 toteutettavat laatu järjestelmien auditoinnit pähkinänkuoressa, 1.)

## **Opetusohjelman tarkkailu**

Viitekehysten mukaan opetusohjelmaa pitää tarkkailla ITU-analyysin avulla, jolla opetus jaetaan kolmeen kategoriaan: Esittely (Introduce), opettaminen (Teach) ja hyödyntäminen (Utilize). Näiden kolmen suhde pitää olla oikea, jotta saavutettaisiin tehokas oppiminen. Tehokkaana suhteena pidetään suhdetta 1:10:3, jolloin esittelyn (I) osuus olisi opetukseen käytetystä ajasta noin 7 %, opettamisen (T) osuus olisi 72 % käytetystä ajasta ja hyödyntämisen (U) osuus käytetystä ajasta olisi 21 %. (Jokinen ym. 2010, 15 – 16, 77 – 78; Crawley ym. 2007, 85 – 87.)

Esittelyllä tarkoitetaan aiheen esittelemistä opiskelijoille eli aihe esitellään kokonaisuudessaan lyhyesti opiskelijoille. Tässä vaiheessa aiheesta ei ole välttämättä oppimistavoitteita eikä opiskelijalle tarvitse selittää saatuja tuloksia. Esittelyssä voidaan käyttää aktiivisia oppimismenetelmiä eikä opiskelijan saavutuksia arvioida. Opettamisella tarkoitetaan varsinaista aiheen opettamista, jossa saadut tulokset on myös selitettävä. Opettamisessa on käytettävä aktiivisia opetusmenetelmiä ja opetukseen pitää sisältyä pakollista toimintaa. Opiskelijan suoritusta on arvioitava ja opiskelijan on saatava palautetta. Käytännön hyödyntämisellä tarkoitetaan, että aiheeseen ei liity varsinaisia osaamistavoitteita, mutta opiskelijat hyödyntävät tämän aiheen tietämystään saavuttaakseen muita osaamistavoitteita. ITU-analyysissä selvitetään mitä CDIO-opetussuunnitelman osa-alueita kullakin kurssilla esitellään, opetetaan ja hyödynnetään. Tämän jälkeen lasketaan I:n, T:n ja U:n väliset suhteet. Opetuksen tulisi edetä esittelystä hyödyntämiseen, eli ensin opiskelijalle pitäisi tarjota tarvittava teoriatausta ja sitten vasta tietoa ruvetaan hyödyntämään. (Jokinen ym. 2010, 15 – 16, 77 – 78; Crawley ym. 2007, 85 – 87.)

### 2.3. Käytännöt

Tässä luvussa kuvataan niitä käytäntöjä, joiden pohjalta työryhmän mukaan voidaan saavuttaa CDIO:n päätavoitteet ja visiot. Luvussa avataan myös CDIO:n käsitettä ja sitä mistä CDIO lyhenne tulee sekä esitellään elinkaariajattelua viitekehyksen sisällä. Samoin luvussa esitetään ajatuksia opetuksen aktivoimisesta ja erilaisia opetusmenetelmiä, joiden avulla oppimista voidaan aktivoida ja näin parantaa opiskelijoiden oppimistuloksia. Viimeisessä kohdassa käsitellään viitekehyksen mukaista opetussuunnitelmaa. Opetussuunnitelma koostuu pitkälti erilaisista osaamisalueista ja kyvyistä, joita pidetään olennaisina insinöörien koulutuksessa. Opetussuunnitelman tarkoituksena on lähinnä toimia muistilistana asioista, joita insinöörikoulutuksessa olisi syytä miettiä.

#### 2.3.1. Tuotteen elinkaariajattelu

Nykyään insinöörit joutuvat monesti vastaamaan tuotteen kaikista elinkaaren vaiheista, ja tätä näkemystä opettaakseen työryhmä on tehnyt viitekehyksestä elinkaarimallin mukaisen. CDIO:n mukainen elinkaariajattelu toimii itse tuotteen, prosessin, projektin tai koko systeemin elinkaaren suunnittelussa ja mallintamisessa. Kuvassa 5 on esitetty CDIO:n mukainen elinkaariajattelu ja, mitä toimintoja mihinkin vaiheeseen kuuluu. (Crawley ym. 2007, 8 – 9.) Tämä elinkaariajattelu voidaan nähdä viitekehyksen kantavana teemana.

Tuotteen elinkaariajattelu nähdään tärkeänä, koska kuluttajien ympäristötietoisuus kasvaa kokoajan, ja ympäristöasiat ovat yksi tärkeimmistä ostopäätöksen vaikuttavista asioista. Tästä johtuen yrityksille ympäristöasioista on tullut yksi tärkeimmistä kilpailutekijöistä. Tuotteiden ympäristövaikutusten arvioinnissa tuotteiden elinkaaren hallinta on yksi tärkeimmistä osa-alueista. Hyvällä tuotteiden elinkaaren hallinnalla yritykset voivat arvioida ja hallita tuotteiden sekä palveluiden ympäristökuormitusta koko tuotteen elinkaaren ajan, aina tuotteen raaka-aineiden hankinnasta tuotteen hylkäämiseen saakka. (Antikainen Riina (toim.) 2010, 11 – 13.)

Conceive		Design		Implement		Operate	
Tehtävä	Konsepti-suunnittelu	Esisuunnittelu	Yksityiskohtainen suunnittelu	Tuotteiden luominen	Järjestelmien Integrointi ja testaus	Elinkaaren tuki	Jatkokehtyis
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Liiketoiminnan strategia</li> <li>•Teknologiastrategia</li> <li>•Asiakastarpeet</li> <li>•Tavoitteet</li> <li>•Kilpailijat</li> <li>•Toiminnan suunnittelu</li> <li>•Liiketoimintasuunnitelmat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Vaatimukset</li> <li>•Toiminnot</li> <li>•Konseptit</li> <li>•Teknologia</li> <li>•Arkkitehtuuri</li> <li>•Toimintaohjelmat</li> <li>•Markkina-asemointi</li> <li>•Ohjeistukset</li> <li>•Toimintasuunnitelmat</li> <li>•Sitoutuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Vaatimusten toimeenpano</li> <li>•Mallien rakentaminen</li> <li>•Järjestelmä-analyytit</li> <li>•Järjestelmien levittäminen</li> <li>•Käyttöliittymien määrittäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tuotteiden suunnittelu</li> <li>•Vaatimusten tarkastus</li> <li>•Riski- ja muutos-analyytit</li> <li>•Suunnittelun validointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Valmistus</li> <li>•Ohjelmistojen koodaus</li> <li>•Hankinta</li> <li>•Testaus</li> <li>•Tuotteiden jatkokehitys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Järjestelmä-integraatiot</li> <li>•Järjestelmä-testaus</li> <li>•Jatkokehitys</li> <li>•Sertifiointi</li> <li>•Käyttöönotto</li> <li>•Toimitukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Myynti &amp; tilaukset</li> <li>•Tuotanto</li> <li>•Logistiikka</li> <li>•Asiakastuki</li> <li>•Ylläpito &amp; huolto</li> <li>•Kierrätys</li> <li>•Päivitykset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Järjestelmien jatkokehitys</li> <li>•Tuoteperheiden laajennukset</li> <li>•Kierrätys &amp; uudelleen-käsittely</li> </ul>

Kuva 5. CDIO-elinkaarimalli: Tuoteelle, prosessille, projektille tai järjestelmälle. (Tahvanainen ym. 2011, 54).

### 2.3.2. Aktivoivia opetusmenetelmiä massaluennoille

Korkeakoulutuksen opetuksesta suurin osa muodostuu massaluennoista, jotka eivät ole opiskelijoita aktivoivia ja oppimiseen kannustavia. Crawley ym. (2007, 140 – 146, 275.) mukaan aktiiviset opetusmenetelmät auttavat opiskelijaa ymmärtämään yhteydet kurssin päätavoitteiden välillä ja käyttämään oppimaansa tietoa uusissa sovelluksissa. Aktivoivissa menetelmissä oppiminen pohjautuu enemmän muokkaamiseen, analysointiin, soveltamiseen sekä arvioimiseen kuin passiiviseen tiedonvälittämiseen. Usein käytettyjä menetelmiä opiskelijoiden aktivoimiseksi massaluennoilla ovat esimerkiksi mutakortit, käsitekysymykset, elektroniset vastausjärjestelmät sekä rastitukset.

Mutakorteilla kerätään luennon jälkeen palaute, jolla voidaan tunnistaa epäselväksi jääneet asiat. Luennon jälkeen opiskelijoita pyydetään pohtimaan oppimiaan asioita ja kirjaamaan ylös epäselvimmiksi (mutaisimmiksi) jääneitä asioita. Palaute annetaan opettajalle, joka antaa vastaukset epäselvimpiin kohtiin. Vastaukset voidaan antaa useammalla tavalla kuten seuraavan luennon alussa, kurssin internetsivuilla, jakamalla vastaukset paperilla tai sähköpostilla. Kysymysten ja kommenttien ylöskirjaaminen auttaa opiskelijoita järjestämään ajatuksiaan ja opiskelemaan näin tehokkaammin. Samalla mutakortit auttavat opetushenkilökuntaa parantamaan kurssin sisältöä. (Jokinen ym. 2010, 50; Crawley ym. 2007, 141 – 142.)

Käsitekysymyksillä tarkoitetaan menetelmää, jossa luennolla esitetään monivalintakysymyksiä, joilla tarkastetaan opiskelijoiden tietämys ja korjataan harhaluulot. Oikein muotoiltuna kysymysten toteuttaminen on nopeaa. Kysymyksillä on, tai pitää olla, seuraavat ominaisuudet:

- Kysymys käsittelee vain yhtä käsitettä kerrallaan.
- Käsitteen ratkaisut eivät riipu vain yhdestä yhtälöstä.
- Kysymyksiä pitää paljastaa opiskelijoiden yleisimmät ongelmat käsitteiden kanssa.
- Kysymyksiin on olemassa mahdollisesti useita oikeita vaihtoehtoja. (Jokinen ym. 2010, 50; Crawley ym. 2007, 142 – 143.)

Kysymykset pitää esittää luennolla ratkaisuvaihtoehtojen kanssa ja opiskelijoille annetaan muutama minuutti aikaa vastata. Opiskelijat voivat kertoa vastaukset usealla eri tavalla, esimerkiksi nostamalla kättä, värikoodatuilla korteilla tai elektronisilla järjestelmillä. Tätä menetelmää käyttää moni CDIO-viitekehyksen omaksunut koulu, koska opetushenkilökunta näkee kysymysten avulla opiskelijoiden ymmärryksen tason ja voivat korjata virhekesitykset heti. (Jokinen ym. 2010, 50; Crawley ym. 2007, 142 – 143.)

Elektronisilla vastausjärjestelmillä käytetään yleensä yhdistettynä käsitekysymyksiin. Elektroniset järjestelmät ovat vain yksi tapa kerätä ja vetää yhteen luennolla saatuja tuloksia. Järjestelmät toimivat yleensä kaukosäätimillä, jotka on jaettu opiskelijoille luennon alussa. Kun opettaja

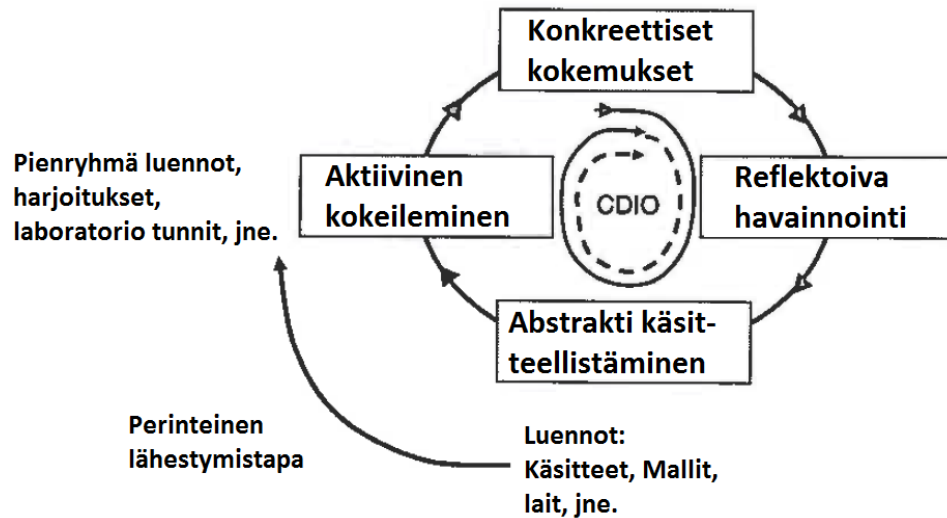
esittää kysymyksen jostakin aiheesta, voi opiskelija valita kaukosäätimellä hänen mielestään oikean vaihtoehdon. Näin luennoitsija, tai koko luentosali, saa reaaliajassa vastaukset näkyviin. Tämän menetelmän on havaittu lisäävän opiskelijoiden motivaatiota ja osallistumista luennoille. (Jokinen ym. 2010, 50; Crawley ym. 2007, 143.)

Rastittaminen on menetelmä, joka sopii useimmille tekniikan peruskursseille, joissa keskitytään ongelmanratkaisuun. Jokaiselle luennoille opiskelijaa pyydetään käymään läpi etukäteen ryhmä ongelmia ja etsimään niihin ratkaisut. Luennolla jokainen opiskelija sitten rastittaa listaan, mihin ongelmista hän on valmis esittämään ratkaisun luennolla luokan edessä. Opettaja valitsee sattumanvaraisesti listasta opiskelijan esittämään ratkaisunsa luokan edessä. Opiskelijat saavat rastituksesta hyvityspisteitä esimerkiksi tenttiin. Ratkaisujen oikeellisuus tai laatu ei vaikuta hyvityspisteisiin, jos opiskelija on selvästi miettinyt ongelmaa ja panostanut sen ratkaisuun. Rastitusta pidetään tehokkaana menetelmänä, koska:

- Viikoittaiset ongelmat motivoivat opiskelijoita käyttämään enemmän aikaa tehtävien ratkaisemiseen.
- Koska opiskelijan pitää valmistella myös esitys ratkaisusta, he rohkaistuvat selittämään toimintatapojaan sekä päätöksiään.
- Moni opiskelija on valmistellut ratkaisun samaan ongelmaan kuin muut opiskelijat. Näin heidän on helpompi seurata esitystä, vaikka se ei olisi täydellinen. Tällöin opiskelijalle tarjoutuu tilaisuus välittömään palautteeseen, joka johtaa usein tasokkaaseen keskusteluun vaihtoehtoisista ratkaisuista. (Jokinen ym. 2010, 51; Crawley ym. 2007, 143 – 144.)

### 2.3.3. Kokemuksellisia opetusmenetelmiä

Kokemuksellisella oppimisella pyritään sitomaan opiskelijan oppima tieto simuloituihin työelämän rooleihin ja tehtäviin. Crawley ym. (2007) mukaan kokemuksellisen oppimisen menetelmiin lukeutuu projektioppiminen, simulaatiot, CASE-oppimiset ja suunnittele – toteuta -oppimiskokemukset. CDIO:n lähestymistapa opetukseen on kokemuksellinen opettaminen, ja sen kuvaamiseen sopii Kolbin ympyrä. Kolbin ympyrällä voidaan helpottaa opettamisen ja oppimiskokemusten suunnittelua. Kuvassa 6 on esitetty työryhmän näkemys Kolbin ympyrästä. (Crawley ym. 2007, 144.)



Kuva 6. Kokemuksellinen oppimisen malli (Crawley ym. 2007, 144).

## Projektioppiminen

Projektioppimisella tarkoitetaan suhteellisen pitkäkestoista, mielekkäiden ongelmien ympärille rakentuvaa prosessia, joka integroi eri tieteen- tai tiedealojen käsityksiä ja käsitteitä. Oppiminen perustuu siihen, että oppijat pyrkivät ratkaisemaan yhteistyössä ryhmänsä kanssa mahdollisimman autenttisia tai todentuntuja ongelmia. Opiskelijat ratkaisevat ryhmässä ongelmia tämentämällä ongelmanasettelujaan, kokoamalla tietoa, keskustelemalla ideoista, keräämällä ja tulkitsemalla tietoa, tulkitsemalla tuloksia, tekemällä johtopäätöksiä sekä kommunikoimalla tuloksistaan ja löydöksistään muita. Työskentely vaatii opiskelijoilta organisointia ja yleensä tietotuotteen tekemistä. Yleensä projektioppimisella tarkoitetaan opetuksen organisointimuotoa eikä itse oppimisprosessia. Projektioppimisen lähtökohtana on vähentää opettajakeskeistä oppimista ja lisätä opiskelijoiden kesken tapahtuvaa sosiaalista oppimista, jolloin opiskelija rakentaa tietämystään sosiaalisessa vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden kanssa. Projektioppimisessa ongelmana nähdään työmäärän epätasainen jakautuminen opiskelijoiden kesken ja se, etteivät oppiainesisällöt tule selkeästi määritellyksi. Projektioppimisen projektille on täten asetettava reunaehdot, ja opettajan on toimittava projektin ohjaavana voimana. Täten projektioppimista voidaan pitää opettajaresurssien käytön kannalta hyvin aikaa vievänä menetelmänä. (Etäpelto & Tynjälä (toim.) 1999, 202 – 205.)

## Simulaatio

Pedagogisesti simulaatiot ovat hyvin lähellä projektioppimista. Simulaatioissa opiskelija ottaa insinöörin roolin ratkaistakseen jonkin ongelman tai harjoitellakseen jotain toimintaa. Simulaatioissa on yleensä tarkat säännöt, ohjeistukset, roolit sekä suhteet opiskelijoille ja opettajille. Opettajan roolina on antaa ohjeet, tilanne ja roolit opiskelijalle. Opettaja myös seuraa opiskelijoita simulaation edetessä, auttaa opiskelijoita reflektoimaan kokemuksiaan ja pitää yhteenvetotilaisuuden. Suurin osa simulaatioista perustuu tietotekniikan hyödyntämiseen, kuten

lentosimulaattorit. Simulaatioilla voidaan harjoitella toimintoja, jotka muuten saattaisivat olla vaarallisia. (Crawley ym. 2007, 145 – 146.)

### **CASE-oppiminen**

CASE-oppimista käytetään yleensä laki-, talous- sekä lääkäriopetuksessa, mutta sitä voidaan yhtä hyvin käyttää myös insinöörikoulutuksessa. Hyvä CASE-oppimisen ongelma on todellinen tilanne, johon on törmätty työelämässä. Kertomuksen lisäksi CASE-ongelman pitäisi sisältää yksityiskohtaiset taustatiedot ongelmasta, kuten piirustukset, laskut, budjetit, aikataulut, käytettävissä olevat materiaalit, tekniset rajoitteet ja kaikkien ihmisten sekä organisaatioiden tiedot, joita tarvitaan ongelman ratkaisemiseen. Opettajan tavoitteena on auttaa opiskelijoita kehittämään itsenäistä ajattelua ja päätösten tekoa koko harjoituksen ajan. Laitokset, jotka käyttävät tätä menetelmää ovat huomanneet, että opiskelijat oppivat tällä menetelmällä analyttisiä taitoja ja ongelman ratkaisutaitoja. (Crawley ym. 2007, 146.)

#### 2.3.4. Viitekehyksen mukainen opetussuunnitelma

CDIO:n mukainen opetussuunnitelma on käytännössä lista osaamistavoitteista. Lista koostuu erilaisista osaamisalueista ja kyvyistä, joita pidetään olennaisina insinöörien koulutuksessa. Opetussuunnitelman tarkoituksena on toimia lähinnä muistilistana, mitä asioita opetuksessa tulisi tai voisi huomioida. CDIO-viitekehystä opetuksessa käytävä taho saa itse määrätä, mitkä asiat nähdään tärkeiksi opetuksessa ja kuinka paljon resursseja niihin panostetaan. (Jokinen ym. 2010, 7.) Liitteessä 1 (CDIO Syllabus in Topical Form, liite 1) on esitelty huomioitavat kohdat opetussuunnitelmassa otsikkotasolla. Opetussuunnitelma jakaantuu neljään suurempaan kokonaisuuteen:

- 1) Alakohtaiseen tietämiseen/päättelemiseen.
- 2) Henkilökohtaisiin ja ammatillisiin taitoihin/ominaisuuksiin.
- 3) Vuorovaikutustaitoihin.
- 4) Määrittelyyn, suunnitteluun, toteuttamiseen, käyttäytymiseen yritys- ja sosiaalisessa asiayhteydessä.

### 3 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TAVOITTEET

Työn tavoitteena oli tuottaa Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) teknologiaosaamisen KT:n johtajalle tietoa muiden koulutusorganisaatioiden kokemuksista CDIO-viitekehyksen (Conceive – Design – Implement – Operate) implementoinnista ja tavoista toteuttaa implementointi. Tarkoituksena oli tuottaa tietoa esimerkiksi siitä, mitä tarvitsee huomioida implementoinnissa, mitä CDIO:n implementointi vaatii, miten sitä on tulkittu eri organisaatioissa ja saavutetaanko CDIO:lla paremmin työelämälähtöinen opetus? Työssä myös pyrittiin luomaan selkeä kuva siitä, mistä CDIO:ssa on kyse. HAMK on korkeakouluorganisaationa kiinnostunut CDIO-viitekehyksestä, koska viitekehystä yleisesti pidetään toimivana menetelmänä, kun halutaan parantaa insinööriopiskelijoiden työelämässä tarvittavien tietotaitojenopettamista. Samoin kiinnostusta lisää se, että monet kansainvälisesti tunnetut korkeakoulut ovat muuttaneet koulutuksensa CDIO:n mukaiseksi. Näistä ehkä kuuluisin on Massachusetts Institute of Technology (MIT). Työn tilaajaa myös kiinnosti tietää, miksi monet Suomessa (CDIO Collaborators 2012) toimivat korkeakoulut ovat liittyneet CDIO verkostoon. Saavutetaanko verkostoon kuulumalla jotain, johon myös HAMK:n olisi syytä osallistua, jotta HAMK ei jäisi koulutuksen kehittämisessä muiden korkeakoulujen jalkoihin. Työn tutkimuskysymyksiksi nousivat näiden syiden pohjalta kysymykset:

- Mitä CDIO:n implementointi vaatii koulutusorganisaatiolta?
- Mitä implementoinnissa tarvitsee huomioida?
- Miten eri koulutusorganisaatiot ovat toteuttaneet CDIO:n mukaiseen opetukseen siirtymisen?

Tutkimuskysymysten ja tavoitteiden selvittäminen toteutettiin tapaustutkimuksilla. Täydentävää tietoa haettiin kirjallisuudesta tai muista aiheeseen liittyvistä tutkimuksista. Tapaustutkimukset toteutettiin teemahaastatteluin valituissa tutkimuskohteissa haastatteleamalla tutkimuskohteiden CDIO vastaavaa. Teemahaastattelut pyrittiin pitämään mahdollisimman vapaamuotoisina, avoimina ja laajoina. Haastattelut pyrittiin pitämään lähempänä avointa haastattelua, kuin strukturoitua haastattelua. Haastattelijan rooliksi jäi lähinnä haastattelun pitäminen teemoissa. Haastattelujen tavoitteena oli saada aikaan mahdollisimman kattava näkemys tilanteesta. Työstä rajattiin pois esimerkiksi ulkomaalaiset CDIO:ta toteuttavat korkeakoulut, koska ulkomaalaiset koulutusrakenteet eivät vastaa kaikilta osin Suomalaista koulutusrakennetta. Työssä haluttiin pääsääntöisesti vain tietoa Suomalaisten korkeakoulujen kokemuksista.

Teemahaastattelujen tukena käytettiin muistilistaa (Teemahaastattelun muistilista, liite 2), johon oli ranskalaisin viivoin merkittynä teemoja, joihin pyrittiin saamaan vastaus. Haastateltava itse ei nähnyt muistilistaa, vaan se toimi pelkästään haastattelijan muistilistana. Kaiken kaikkiaan haastattelu pyrittiin pitämään vapaamuotoisena ja rentona tapahtumana, eikä siihen sisällytetty ennakkokysymyksiä tai vastaavia tehtäviä.

Avoimella haastattelulla pyrittiin saamaan näkyviin korkeakoulujen todellinen tilanne CDIO:n implementoinnissa. Esimerkiksi, jos haastateltava ei halunnut vastata johonkin kysymykseen, niin häntä ei painostettu vastaamaan, tai hän sai vastata siihen haluamallaan tavalla. Teemahaastattelut toteutettiin kahdessa koulutusorganisaatiossa, jotka ovat toteuttaneet CDIO:n mukaista koulutusta Suomessa ja jotka kuuluvat CDIO verkostoon. Tapaustutkimuksen kohteiksi valittiin seulonnan jälkeen Turun ammattikorkeakoulu (TurkuAMK) ja Lahden ammattikorkeakoulu (LAMK). Työstä rajattiin pois yliopistot, koska yksikään Suomalainen yliopisto ei vielä käytä virallisesti CDIO:a. Muut Suomessa CDIO:ta toteuttavat korkeakoulut jätettiin pois vaihtelevista syistä johtuen. Syitä olivat esimerkiksi, että CDIO vastuhenkilö ei ollut tavoitettavissa kohtuullisessa ajassa.

Turun ammattikorkeakoulu valittiin mukaan, koska koulu on toteuttanut CDIO:n mukaista koulutusta Suomessa kauimmin. Turun ammattikorkeakoulun Tietoliikenne ja sähköinen kauppa -tulosalue liittyi kansainväliseen CDIO-verkostoon ensimmäisenä suomalaisena korkeakouluna jo vuonna 2007. Turun ammattikorkeakoulu esimerkiksi isännöi CDIO Fall Meeting:n vuonna 2009 (Kontio 2007, 6). Näin ollen voidaan olettaa, että TurkuAMK:lla on hallussa laajin ja syvällisin näkemys CDIO:sta Suomessa. Varsinkin kun haastateltava CDIO vastaava on ollut alusta alkaen mukana CDIO:n implementoinnissa. Lahden ammattikorkeakoulu valittiin tutkimukseen mukaan, koska koulu on hyväksytty vuonna 2010 CDIO-verkoston jäseneksi (Kostia (toim.) 2011, 54). Näin ollen LAMK:n voidaan olettaa olevan alkutaipaleella CDIO:n implementoinnissa. Tällöin voidaan olettaa, että heillä pitäisi olla tuoreessa muistissa kaikki haasteet ja hyödyt CDIO:sta. Kahdella eri tapaustutkimuksella pyrittiin saamaan näkyviin kahden eri ammattikorkeakoulun näkemys CDIO:sta, jossa toisen näkemys on ”kokeneemman” näkemys ja toisen näkemys on ”vasta-alkajan” näkemys. Näin pyrittiin saamaan luotettavimmat vastaukset tutkimuskysymyksiin ja saamaan laajempi näkemys CDIO:sta.

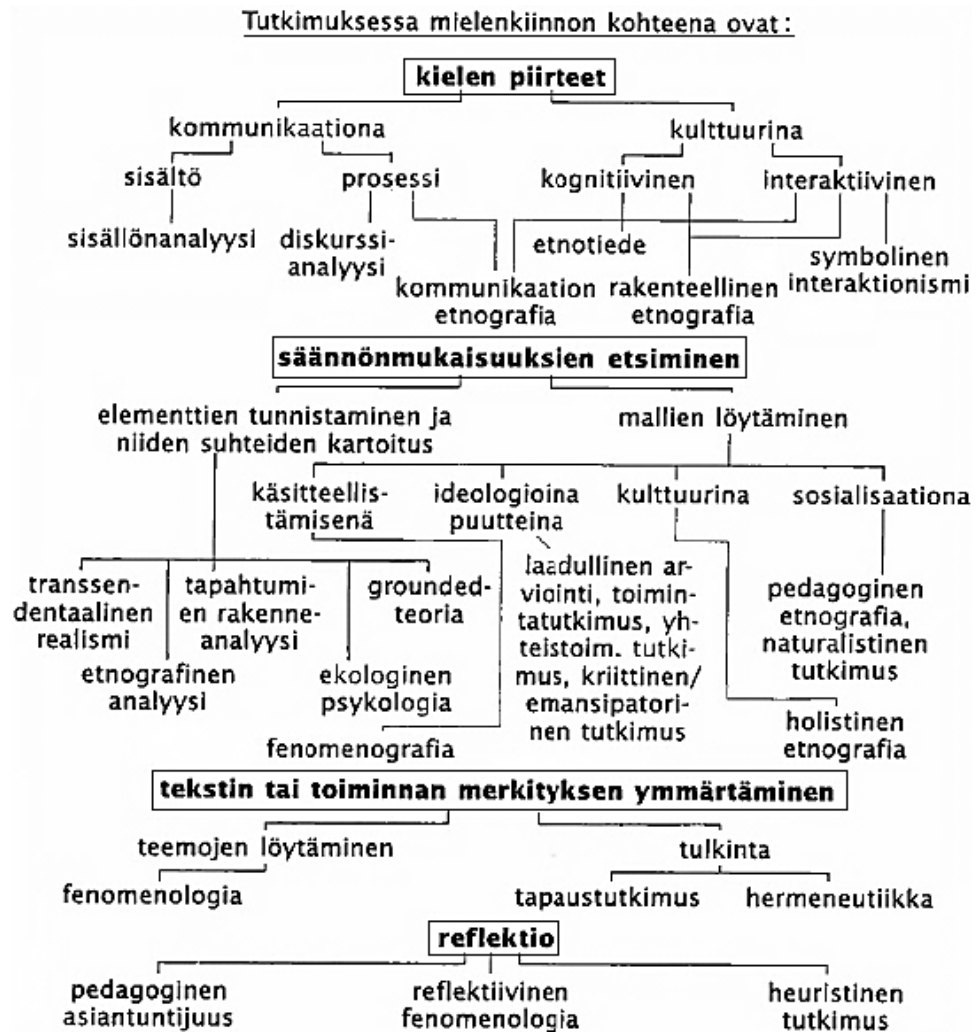


## 4 TUTKIMUSMENETELMÄ

Tutkimusmenetelmiä on monia, ja juuri tutkimuksen tyyppiin sekä tavoitteisiin sopivan tutkimusmenetelmän valinta voi olla hankalaa. Tieteet ja tutkimukset ovat monimutkaisia toimintoja, joille ei ole tarkkoja määritteitä. Varsinaiselle tieteelliselle tutkimukselle on kyllä asetettu joukko vaatimuksia. Nämä vaatimukset ovat muodostuneet vuosisatojen aikana, mutta niitäkin kohtaan esitetään kritiikkiä. Helpointa on asettaa vaatimuksia tutkimusmenetelmälle. Loppujen lopuksi viime kädessä tutkimuksen arvo määräytyy valitun aiheen ja saatujen tuloksien perusteella. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2001, 14, 23 – 25; Hirsjärvi & Huttunen 1995, 164 – 165.) Tutkimuksen onnistumisen kannalta on oleellista valita tutkimustyyppiin ja tavoitteisiin sopiva tutkimusmenetelmä. Tutkimusmenetelmän valintaa määrittelee tutkimukseen käytettävät tiedonkeruumenetelmät ja analysointitavat, joilla haetaan vastauksia asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Haasteeksi tutkimuksessa muodostui tutkimustyyppiin määrittäminen ja sitä kautta sopivan tutkimusmenetelmän ja siihen sopivien tiedonkeruumenetelmien sekä analysointitapojen valinta.

Hirsjärven (2001, 122 – 127, 178) mukaan tutkimukset voidaan jakaa karkeasti kolmeen päätyyppiin: Kvantitatiiviset-, kvalitatiiviset-, ja tapaustutkimustyyppisiin tutkimuksiin. Kvantitatiiviset tutkimukset ovat määrällisiä tutkimuksia, joiksi yleensä luetaan esimerkiksi kokeelliset tutkimukset, strukturoidut kyselyt ja strukturoidut haastattelut. Määrälliset tutkimukset mittaavat yleensä yhden muuttujan vaikutusta toiseen muuttajaan (muuta muuttujia kontrolloidaan) ja muutokset mitataan numeerisesti sekä niissä korostetaan yleispäteviä syyn ja seurauksen lakeja. Laadullisten (kvalitatiivisten) tutkimusten termejä, lajeja ja suuntauksia on lukuisia (kuva 7). Laadullisissa tutkimuksissa tutkija ei voi sanoutua irti arvolähtökohdistaan sillä arvot muovaavat sitä, mitä ja miten pyrimme ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä. Tutkija saa tulokseksi vain ehdollisia selityksiä johonkin aikaan ja paikkaan rajoittuen. Laadullisten tutkimusten keskeisimpinä ja tyypillisimpinä piirteinä pidetään:

- 1) Tutkimus on luonteeltaan kokonaisvaltaista tiedon hankintaa ja aineisto kootaan luonnollisissa, todellisissa tilanteissa.
- 2) Suositaan ihmistä tiedon keruun instrumenttina. Tutkija luottaa enimmäkseen omiin havaintoihinsa ja keskustelelee tutkittavien kanssa kuin mittausvälineillä hankittavaan tietoon.
- 3) Käytetään induktiivista analyysia. Tutkija ei määrää, mikä on tärkeää.
- 4) Laadullisten metodien käyttö aineiston keruussa. Suositaan menetelmiä, joissa tutkittavien näkökulmat ja ”ääni” pääsee esille.
- 5) Kohdejoukko valitaan tarkoituksenmukaisesti, ei satunnaisotoksin.
- 6) Tutkimussuunnitelma muotoutuu tutkimuksen edetessä.
- 7) Käsitellään tapauksia ainutlaatuisina ja tulkitaan aineistoa sen mukaan. (Hirsjärvi ym. 2001, 122 – 127, 151 – 157, 178 – 181; Hirsjärvi ym. 1995, 178 – 181.)



Kuva 7. Kvalitatiivisten tutkimustyyppien ryhmittelyä yhdellä tavalla (Hirsjärvi ym. 2001, 157).

Tapaustutkimukset eivät ole selvärajaisia, yhdenmukaisia ja muuttumattoman lähestymistavan omaavia tutkimuksia. Tapaustutkimustyyppisissä tutkimuksissa käytettävät tutkimusmenetelmät voivat olla joko kvantitatiivisia tai kvalitatiivisia. Tapaustutkimuksissa etsitään yksityiskohtaista, intensiivistä tietoa yksittäisistä tapauksista tai pienestä joukosta toisiinsa suhteessa olevista tapauksista, ja kiinnostuksen kohteena ovat usein prosessit. Tapaustutkimusten keskeisin tavoite on tapausten määrittely, analysointi ja ratkaisu, jolloin tapausten valinta ei ole yhdentekevää, vaan tapaukset valitaan, rajataan ja perustellaan. Tärkein tapausten valintakriteeri on kysymys: Mitä me voimme oppia tästä tapauksesta? Tapausten valinnassa pitää myös kiinnittää huomiota käytännöllisiin asioihin tapausten valinnassa, kuten käytössä olevien resurssien riittävyteen. Tapaustutkimuksissa voidaan käyttää kaikkia laadullisille tutkimuksille kehitettyjä analyysimenetelmiä, ja oleellista onkin valita omaan tutkimukseen parhaiten sopivat menetelmät. (Eriksson & Koistinen 2005, 1 – 6, 22 – 24, 27 – 30; Hirsjärvi ym. 2001, 122 – 127; Hirsjärvi ym. 1995, 178 – 181.)

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia vain kahta tapausta, joten tutkimuksen tutkimustyyppi määräytyi luontevasti tapaustutkimus. Ongelmaksi muodostui se, että tapaustutkimukset voivat olla joko laadullisia tai määrällisiä. Laadulliset ja määrälliset tutkimukset eroavat jonkin verran toisistaan tietojen keräämisen ja analysoinnin kannalta. Näin ollen piti määrittää, onko tutkimuksessa kyseessä määrällinen vai laadullinen tapaustutkimustyyppi. Tutkimuksessa oli myös tarkoitus kuvata todellista elämää, ainutlaatuisia tapauksia niiden luonnollisessa ympäristössä ja kerätä tietoa ihmisiltä eikä tuottaa määrällistä, kokeellista tietoa ja mitata muuttujien vaikutuksia, joten käytettävät tutkimusmenetelmät eivät voineet olleet määrällisiä. Näin laadulliset tutkimusmenetelmät jäivät ainoiksi käyttökelpoisiksi, eli tutkimustyyppi muodostui laadullinen tapaustutkimus. Laadullisissakin tapaustutkimuksissa voidaan käyttää useita erilaisia tiedonkeruumenetelmiä. Haasteeksi muodostui, mikä olisi sopivin tiedonkeruumenetelmä tutkimuksen tarpeisiin, jotta saataisiin luotettavat vastaukset asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Hirsjärven ym. (2001, 192) ja Erikssonin ym. (2005, 27 – 28) mukaan tapaustutkimuksissa käytetään päätiedonkeruumenetelmänä haastattelua, mutta muita tyyppillisiä tiedonkeruumenetelmiä ovat esimerkiksi media-aineistot, tilastot, havainnot, dokumentit ja osallistuvat havainnot.

Haastattelu on eräällä tavalla ainutlaatuinen tiedonkeruumenetelmä, koska siinä ollaan suoraan tutkittavan kanssa kielellisessä vuorovaikutuksessa. Tästä on sekä haittaa, että etua. Haastattelun suurimpana etuna pidetään joustavuutta ja, että vastaajaksi kaavailtu henkilö saadaan mukaan tutkimukseen helpohkosti. Haastattelun valinta tutkimusmenetelmäksi riippuu pitkälti tutkijan esittämistä perusteluista. Perusteluista voivat olla esimerkiksi: Halutaan sijoittaa tulos laajempaan kontekstiin, tutkimuksen kohde on vähän kartoitettu, tuntematon alue tai tiedetään etukäteen, että aihe tuottaa monitahoisia vastauksia. Haastattelu on yhdenkaltaista keskustelua, jossa haastattelijä ottaa keskustelun ohjat itselleen. Haastattelun katsotaan sisältävän monia virhelähteitä. Virhelähteitä ovat esimerkiksi se, että haastateltava tuntee itsensä uhatuksi tai haastattelussa annetaan sosiaalisesti hyväksytyjä vastauksia. Haastateltava saattaa haluta esiintyä esimerkiksi hyvänä kansalaisena, tietoja hyvin omaavana ja kulttuuripersoonana tai moraaliset ja sosiaaliset velvollisuudet täyttävänä ihmisenä. Kaiken kaikkiaan haastattelut ovat konteksti- ja tilannesidonnaisia, joten tutkittavat saattavat puhua eri tavalla kuin toisessa tilanteessa. Tämä täytyy huomioida tulosten tulkitsemisessa. Eri tutkimushaastattelutyypit voidaan jaotella monella tavalla. Yleensä ne jaotellaan muodollisuuden mukaan eli kuinka tarkasti haastattelu on säädelty. Tutkimushaastattelut jaetaan monesti kolmeen ryhmään: Strukturoituun haastatteluun (lomakehaastattelu), teemahaastatteluun ja avoimeen haastatteluun. (Hirsjärvi ym. 2001, 191 – 196; Eriksson ym. 2005, 27 – 28.)

Tiedonkeruumenetelmäksi valittiin haastattelu, koska haluttiin tutkia tapauksia laajemmassa kontekstissa ja tiedettiin, että saadut vastaukset tulevat olemaan monitahoisia ja tulkinnallisia. Haastattelulla saadaan myös kohdeorganisaation ”ääni” näkyviin, eli haastattelijä pystyy

tarvittaessa saamaan näkyviin haastateltavan todellisen mielipiteen asiaan. Samoin haastattelua on mahdollista säädellä ja ohjata, joten haluttuihin kysymyksiin saa todennäköisemmin vastauksen. Näin on mahdollista saada syvällistä tietoa tapauksista. Ongelmaksi muodostui se, minkälainen haastattelu olisi tutkimuksen tarpeisiin sopivin, strukturoitu haastattelu, teemahaastattelu vai avoin haastattelu.

Strukturoitu haastattelu tapahtuu lomaketta apuna käyttäen, jossa kysymykset, vastaukset ja niiden esittelyjärjestys on täysin ennalta määrätty. Strukturoiduilla haastatteluilla saatuja aineistoja pidetään pinnallisina ja tutkimuksia teoreettisesti vaatimattomina. Kysymysten laadinnan jälkeen strukturoitu haastattelu on yleensä helppo tehdä. Avoimella haastattelulla on monia nimiä kuten vapaa haastattelu ja syvähaastattelu. Haastattelija pyrkii selventämään haastateltavan ajatuksia, mielipiteitä, käsityksiä ja tunteita sen mukaan kuinka ne tulevat aidosti haastattelussa esille, jolloin haastattelu on lähellä keskustelua. Avoin haastattelu vaatii aikaa ja usein useita haastattelukertoja sekä haastattelijalta taitoa ohjailta tilannetta. Tamminen (1993, 100) toteaa, että koska tutkijat rakastavat omia ajatuksiaan, ja haastateltavat vierastavat ohjailematonta haastattelua, on tavallista käyttää teemahaastatteluja haastatteluissa. (Hirsjärvi ym. 2001, 182, 191 – 199.)

Teemahaastattelu on strukturoidun- ja avoimen haastattelun välimuoto, jossa haastattelun aihepiirit (teemat) ovat tiedossa, mutta kysymysten muoto ja järjestys puuttuu. Teemahaastattelut vastaavat hyvin monia kvalitatiivisen tutkimuksen lähtökohtia, mutta on käyttökelpoinen menetelmä kvantitatiivisiin menetelmiin painottuvissakin tutkimuksissa. (Hirsjärvi ym. 2001, 195.) Hirsjärvi & Hurme (2001) kuvaavat teemahaastattelua kirjassaan, että se etenee valmiiksi mietittyjen teemojen varassa, mutta haastattelussa on liikkumavaraa. Itse haastattelutilanne saattaa olla hyvin vapaamuotoista keskustelua, joka sisältää sekä avoimia, että suljettuja kysymyksiä. Vuorela (2005, 40.) kuvaa Hirsjärvi & Hurme (1995) näkemystä, että teemahaastattelu on lähempänä avointa haastattelua kuin strukturoitua haastattelua. Teemahaastattelu on todennäköisesti yleisimmin käytetty tutkimushaastattelun muoto, ja siitä voidaan käyttää myös nimitystä puolistrukturoitu haastattelu (Vilkkä 2005, 100).

Teemahaastattelussa haastattelija luo ennen haastattelua luettelon teemoista, joista hän haluaa keskustella haastateltavan kanssa. Teemoja ei muokata täsmällisiksi kysymyksiksi. Teemaluettelo toimii haastattelun ohjailuvälineenä. Teemoja ei tarvitse käydä järjestyksessä läpi, vaan keskustelun pitäisi edetä luontevasti. Teemaa tarkentavia kysymyksiä tehdään haastateltavan antamien vihjeiden perusteella ja varmistetaan, että haastattelija ymmärtää, mitä haastateltava oikeasti tarkoittaa. Huomiota kannattaa kiinnittää myös erityyppisten tietojen selville saamiseen: täsmälliset tosiasiat ja tosiasioiksi arvioidut väitteet, syyt tekemisiin ja tapahtumisiin, myös historialliset sekä asenteet, arvot ja haastateltavan tunteet. (Tamminen 1993, 100 – 101.) Vilkkä (2005, 103) määrittelee, että

haastattelijan yhtenä tärkeimmistä tehtävistä on pitää haastattelu sille määrättyissä teemoissa.

Koska tavoitteena oli saada näkyviin kohdeorganisaatioiden ”ääni” ja vastauksia tutkimuskysymyksiin, joten haastattelujen kumppaakaan ääripäätä ei voitu käytännössä valita tutkimuksen tiedonkeruumenetelmäksi. Avoimessa haastattelussa ei välttämättä olisi tullut esille asioita, joita olisi tarvittu tutkimuskysymysten selvittämiseen, ja lisäksi avoimet haastattelut vaativat paljon aikaa ja resursseja. Strukturoidussa haastattelussa ei olisi kohdeorganisaation ”ääni” päässyt kuulumaan ja saadut vastaukset olisivat saattaneet jäädä pinnallisiksi. Näin haastattelumuodoksi muodostui teemahaastattelu. Ongelmaksi muodostui nyt se, että miten teemahaastattelu tulisi analysoida?

Kun haastattelu on suoritettu, niin se pitää muuttaa muotoon, jossa sitä voidaan tutkia, eli haastattelu muutetaan tekstimuotoon (litteroidaan). Litterointi on työlästä, mutta se helpottaa analysointia. Litteroinnin tarkkuus riippuu pitkälti siitä mitä tutkimuksella tavoitellaan, mutta haastateltavan puhetta ei saa muuttaa tai muokata. Saadun aineiston analysointi on ehkä tutkimuksen haastavin vaihe, ja se voidaan tehdä monilla eri tavoilla. Analyysit voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan: Selittämiseen pyrkivät ja ymmärtämiseen pyrkivät. Selittämiseen pyrkivissä menetelmissä käytetään yleensä tilastollista analyysia ja päätelmien tekoa, joten ne sopivat hyvin määrällisiin tutkimuksiin. Ymmärtämiseen perustuvissa analysointimenetelmissä käytetään laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmiä. Analysointimenetelmiä on useita. Jokainen tutkija valitsee omiin tutkimuskysymyksiinsä ja tutkimusasetelmiinsa sopivan analysointimenetelmän, jolla saa vastauksen asetettuihin kysymyksiin. Karkeasti ottaen saatu aineisto pitää järjestää (luokittelemalla, teemoittelemalla, tyypittelemällä, kategorisoimalla) yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Tämän jälkeen aineistoa tulkitaan ja annetaan tehdyille havainnoille merkitys. Niille tarjotaan selityksiä, ymmärrystä ja niiden väliin rakennetaan yhteyksiä sekä tehdään johtopäätöksiä. (Vilka 2005, 115 – 119; Eriksson ym. 2005, 29 – 34; Hirsjärvi ym. 2001, 207 – 212.)

Tutkimuksessa päädyttiin nauhoittamaan haastattelut digitaaliseen muotoon ja litteroimaan ne sanatarkasti. Näin haastateltavien antama tieto ei muuttunut tai sitä ei muokattu. Litteroinnin jälkeen saadusta tekstistä poimittiin keskeisimmät asiasisällöt. Asiasisällöistä tehtiin lyhennetyt tekstit, jotka liitettiin tutkimukseen ja joiden asiasisältöä, ilmaisuasua tai ilmaissisältöä ei muutettu. Tämän jälkeen kumpikin haastattelu analysoitiin ensin erikseen ja sitten yhdessä ja tämän jälkeen tehtiin yhteenvetoanalyseista. Analysoinneissa pyrittiin antamaan selityksiä ja ymmärrystä saaduille havainnoille ja tekemään johtopäätöksiä niistä. Näin tutkimuksen tutkimusmenetelmäksi muodostui lopulta laadullinen tapaustutkimus, jonka tiedonkeruu suoritettiin teemahaastattelulla. Teemahaastatteluilla saatu tieto järjestettiin ja analysoitiin asiasisällöittäin. Analyysi tehtiin antamalla havainnoille selityksiä ja tekemällä niistä johtopäätöksiä.

## 5 TAPAUSTUTKIMUKSET

Tapaustutkimukset toteutettiin yksilöhaastatteluna haastatteleamalla teemahaastattelulla kohde -koulutusorganisaation CDIO vastuuhenkilöä. Haastattelut nauhoitettiin sanelukoneella digitaaliseen muotoon ja litteroitiin myöhemmin tekstimuotoon. Litteroitua tekstiä tuli haastattelusta yli 40 sivua. Litterointi suoritettiin mahdollisuuksien mukaan sanatarkasti, joitakin kohtia lukuun ottamatta, joten tekstiä muodostui paljon. Kohtia, joita ei litteroitu, olivat esimerkiksi täytesana litaniat, ei aiheeseen liittyvät keskustelupätkät, täysin epäselvät kohdat tai muut näihin verrattavissa olevat syyt. Litteroinnissa pyrittiin pitämään asiasisältö muuttumattomana. Joissakin kohdin litterointia kommentoitiin haastattelun yleistä tunnelmaa tai mitä haastattelussa siinä kohdassa juuri tapahtui. Tämän jälkeen litteroidusta haastattelusta pyrittiin poimimaan keskeisimmät asiat ja lyhentämään nämä kohdat ilman asiasisällön, ilmaisuasun tai ilmaisusisällön muuttumista. Näistä johtuen tekstin tyyli vaihtelee voimakkaasti kirjakielestä aina puhekieleen. Näin saatu keskustelu liitettiin varsinaiseen tutkimukseen. Tämän jälkeen arvioitiin tutkimuksen luotettavuus, erikseen jokaisen merkittävän osa-alueen osalta. Tämän jälkeen kumpikin haastattelu analysoitiin erikseen ja lopuksi kummastakin analyysistä tehtiin synteesi.

Haastatteluilla pyrittiin samaan vastaukset tutkimuskysymyksiin ja tavoitteisiin. Haastatteluilla pyrittiin saamaan selville, mitä CDIO:n implementointi vaatii koulutusorganisaatiolta, mitä siinä tarvitsee huomioida ja miten sitä on toteutettu tutkimuksen kohdeorganisaatiossa. Itse haastattelutapahtuma pyrittiin pitämään mahdollisimman epämuodollisena ja joustavana, jotta haastattelulla saataisiin todenmukaista ja luotettavaa tietoa. Haastattelijan rooli oli haastatteluissa helppo. Haastateltavat olivat tottuneita esiintyjiä ja luennoitsijoita, jolloin haastattelijan ei tarvinnut ylläpitää keskustelua, vaan haastateltavat itse ylläpitivät itsenäisesti keskustelua. Haastattelijan rooli oli monesti kuunteleva kuin keskusteleva. Kummatkin haastattelut suoritettiin haastateltavien edustaman koulutusorganisaation tiloissa ja toimistoaikoina. Haastateltaviksi koulutusorganisaatioiksi valittiin Turun ja Lahden ammattikorkeakoulut.

Turun ammattikorkeakoulu liittyi ensimmäisenä Suomalaisena korkeakouluna mukaan kansainväliseen CDIO verkostoon (Tiedote: Kansainvälinen verkosto kehittää insinöörikoulutusta Turun ammattikorkeakoulu ensimmäisenä suomalaisena mukaan 2007). Näin ollen voidaan olettaa, että heillä on kattavin Suomessa saatavilla oleva näkemys CDIO:sta. Turun ammattikorkeakoulussa haastateltiin Kontio Juhaa, joka toimii TurkuAMK:ssa koulutusjohtajana Tietoliikenne ja sähköinen kauppa – tulosalueella. Hän on myös vastuussa oman koulutusorganisaatiossa CDIO:n toteuttamisesta ja kehittämisestä. Samoin hän oli yksi niistä henkilöistä, jotka toivat alun perin CDIO:n Suomen korkeakoulutukseen. Lahden ammattikorkeakoulu valittiin tutkimuskohteeksi, koska siellä on liitytty CDIO verkostoon vasta vuonna 2010 (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012). Näin voidaan olettaa, että heillä on

tuoreessa muistissa kaikki hankaluudet ja positiiviset kokemukset CDIO:sta. Haastateltu Lahtinen on kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman, mekatroniikan suuntautumisvaihtoehdon, lehtori ja vastuuhenkilö CDIO:sta LAMK:ssa. Valintaan vaikutti myös Lahden ammattikorkeakoulun kuuluminen FUAS (Federation of Universities of Applied Science) liittoutumaan, johon myös Hämeen ammattikorkeakoulu kuuluu.

Turun ja Lahden ammattikorkeakoulut valittiin tutkimukseen, koska toisessa CDIO:ta on toteutettu jo pidempään ja toinen on vasta lähtenyt sitä toteuttamaan. Näin oli mahdollista saada tietoa siitä, miten aika ja kokemus vaikuttavat koulutuksen kehittämiseen CDIO:n tavoitteiden mukaisesti. Myös sekin vaikutti voimakkaasti valintaan, että molemmat koulut olivat ammattikorkeakouluja, jolloin tutkimuskohteiden keskinäinen vertailu helpottui. Turun ammattikorkeakoulun valintaan vaikutti huomattavasti myös sekin, että Kontio Juha on ollut merkitsevässä asemassa CDIO:n Suomeen tuomisessa. Tutkimuskohteita valittiin vain kaksi, jotta saatu tietomäärä pysyisi kohtuullisena ja tutkimus saataisiin toteutettua kohtuullisessa ajassa. Kohteiden määrään vaikutti myös tutkimuksen suorittamisen ajankohta. Tutkimukset suoritettiin kesällä, joten kaikissa korkeakouluissa ei ollut CDIO:sta vastaavaa henkilöä tavoitettavissa tutkimuksen toteuttamisajankohtana.

### 5.1. Tapaus 1: Lahden ammattikorkeakoulu

Lahden ammattikorkeakoulu (LAMK) kertoo itsestään, että se on yksi Suomen suurimmista ja monialaisimmista ammattikorkeakouluista, jossa on 23 koulutusohjelmaa ja yli 40 suuntautumisvaihtoehtoa seitsemässä toimipisteessä. Koulutusohjelmista tekniikanalan koulutusohjelmia on viisi. Lahden ammattikorkeakoulu kertoo myös, että heillä opiskelee reilut 5000 opiskelijaa. Avoimessa ja täydennyskoulutuksessa opiskelee noin tuhat henkilöä tämän lisäksi. Henkilökuntaa koulutusorganisaatiossa mainitaan olevan noin 400, joista 250 on varsinaisia opettajia. Lahden ammattikorkeakoulu myös mainitsee, että he ovat tunnettuja erityisesti muotoilu- ja ympäristöosaamisestaan sekä innovatiivisuudestaan. Tästä he mainitsevat todisteena, että heidän muotoilun koulutusohjelma valittiin ammattikorkeakoulujen koulutuksen laatuyksiköksi vuosiksi 2010–2012. Lahden ammattikorkeakoulussa kerrotaan olevan kolme toimialaa: hyvinvointitoimiala (matkailu, musiikki, sosiaali- ja terveysala), yritys- ja kulttuuritoimiala (liiketalous, muotoilu ja kuvataide, tekniikka) ja innovaatiokeskus. Näistä aloista vain tekniikanala toteuttaa tällä hetkellä CDIO:n mukaista koulutusta. Lahden ammattikorkeakoulu kuuluu, yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun ja Laurea-ammattikorkeakoulun, kanssa Suomen suurimpaan ammattikorkeakoulu liittoutumaan nimeltä FUAS (Federation of Universities of Applied Sciences). Samoin Lahden ammattikorkeakoulu mainitsee tekevänsä merkittävää yhteistyötä metropoolialueen ammattikorkeakoulujen kanssa. Erityisesti näiden kumppanuustoimien hedelmät Lahden ammattikorkeakoulun mukaan näkyvät aikuis- ja tilauskoulutustarjonnassa, kansainvälisessä yhteistyössä, tutkimus- ja kehitystyössä sekä hanketoiminnassa. Samoin esitellään, että

Lahden ammattikorkeakoulu on laajasti verkostoitunut. Käytännössä jokainen toimiala on kansainvälisesti verkostoitunut, mutta vain tekniikanala on verkostoitunut CDIO verkoston kanssa. (Esittely; Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Ensimmäiset projektioppimisen kokeilut kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa aloitettiin 1990-luvun alussa. Näissä kokeiluissa rakennettiin opintojakson sisälle projektiopintojakso aiheesta tai sitten kerättiin useammasta opintojaksosta sopivia palasia ja näiden palasten avulla luotiin isompi projektikonaisuus. 1990-luvun puolivälissä uusittiin OPS:t (opetussuunnitelmat) siltä osin, että muutettiin kone ja automaation painotukset vanhasta 3/7 suhteesta, suhteeseen 1/1. Tämä OPS:n päivitys liittyi haluun vahvistaa automaatio-osaamista ja haluun erottaa koneautomaatio alasta. Tämä koneen ja automaation 1/1 suhde on siitä lähtien pysynyt lähes muuttumattomana kone- ja tuotantotekniikassa. Kone- ja tuotantotekniikka koulutusohjelmassa on enää jäljellä mekatroniikan suuntautumisvaihtoehto. OPS:n päivityksen jälkeen 2000-luvun alussa LAMK:ssa käynnistettiin Problem-based learning (PBL) -kokeilut ja vuonna 2003 siirryttiin, ensimmäisenä Suomessa, ongelma- ja projektioppimiseen perustuvaan opetussuunnitelmaan. Vuonna 2008 LAMK:ssa tutustuttiin INSSI-hankkeen lomassa ensimmäisen kerran CDIO:hon. Ensimmäinen kontakti CDIO:hon tapahtui CDIO verkoston vuoden 2008 Fall meetingissä. Tässä tapahtumassa Lahden ammattikorkeakoulun edustaja tapasi Turun ammattikorkeakoulun edustajia, jotka olivat olleet ratkaisevassa asemassa CDIO:n käyttöönottoon Turun ammattikorkeakoulussa. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Tästä tapaamisesta LAMK lähti pikku hiljaa kehittämään koulutusta CDIO:n suuntaan. Ensimmäiset askeleet CDIO:n implementoimisessa oli, että jokaiseen koulutusohjelmaan rakennettiin ensimmäiselle vuodelle projekti kurssi. Tämä projekti vastaa/toimii pitkälti CDIO:n neljännen standardin, johdatus insinööriopintoihin, kurssina. Kurssin laajuus on 5 – 7 opintopistettä riippuen koulutusohjelmasta. Mekatroniikassa kurssin laajuus on ollut 7 opintopistettä. Näiden kurssien muodostamisen jälkeen LAMK jätti hakemuksen CDIO verkoston jäseneksi Montrealissa vuonna 2010, ja heidät hyväksyttiin syksyllä verkoston jäseneksi. Vuosien 2010 ja 2011 aikana LAMK:ssa ruvettiin käyttämään koulutuksessa myös PBL:ä triggerinä. Kahtena ensimmäisenä vuonna käytetään koulutuksessa PBL:ä ja samat PBL:n opiskelijaryhmät tekevät projektit. PBL:llä ja projekteilla pyritään opettamaan opiskelijoille ryhmätyöskentelytaitoja ja PBL ryhmät ja projektiryhmät pyritään pitämään samoina. CDIO-verkoston liittymisen jälkeen CDIO on korvannut strategisena työkaluna Lahden ammattikorkeakoulussa käytetyn projektioppimisen. Samoihin aikoihin LAMK:ssa ruvettiin tehokkaammin huomioimaan ympäristöasioita koulutuksessa CleanTech-projektiin liittyneen opetuksen kehittämisprojektin johdosta. Tässä kehittämisprojektissa tavoitteena on tuoda jokaiseen koulutusohjelman opetukseen ympäristöllinen näkökulma. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)



Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa (mekatroniikka) jokaisena vuonna on projekti. Kahden ensimmäisen vuoden projektit ovat koulun itsensä suunnittelema ja pitämä. Näin saadaan varmistettua helpommin se, että opiskelijat oppivat vaaditut perusasiat ja voidaan helpommin puuttua mahdollisiin ongelmiin. Kaikki projektit on rakennettu niin, että niillä on ”sisäinen juoni”, ja kaikki kyseisen vuoden opinnot on pyritty muotoilemaan niin, että ne tukevat projektia. Ideana on, että projektin sisältö määräisi pitkälti kyseisen vuoden kurssien sisällön ja kurssien sisällöt tukisivat projekteja. Kurssit on myös pyritty muotoilemaan isommiksi kokonaisuuksiksi, moduuleiksi, joiden koko saattaa olla jopa 19 opintopistettä. Ensimmäisenä vuonna projekti on 7 opintopistettä ja koulun määrittelemä. Se toimii samalla myös CDIO:n mukaisena johdatus insinööriopintoihin -kurssina. Kurssi aloitetaan heti ensimmäisenä päivänä, kun uudet opiskelijat tulevat kouluun, ja se jatkuu koko lukuvuoden. Kyseisessä kurssissa koulu toimii projektissa ”asiakkaana” ja opiskelijat pyrkivät täyttämään ”asiakkaan” asettamat tavoitteet. Tällä pyritään matkimaan mahdollisimman todenmukaisesti työelämää. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Projektin tavoitteet on määritelty etukäteen kohtuullisen tarkkaan yhdellä A4:llä. Näin yritetään varmistaa oppiminen. Fyysisenä tavoitteena kurssissa on tehdä mekatroniikassa automaattinen laite tai systeemi. Yleensä se on ollut laite, joka siirtää tavaroita yhdestä paikasta toiseen tiettyjen vaatimusten mukaan. Laite suunnitellaan, tehdään, dokumentoidaan ja laitteen toimivuus todistetaan esimerkiksi videolla. Ensimmäisen vuoden projekti sisältää esimerkiksi automaatio suunnittelua, sähkösuunnittelua, ohjausjärjestelmäsuunnittelua, teknistä piirtämistä ja mekaniikkasuunnittelua. Kaikki ensimmäisen vuoden opinnot pyrkivät tukemaan projektia, ja näillä opinnoilla pyritään vielä entisestään kirkastamaan, minkälaista on mekatroniikkainsinöörin työ. Samoin ensimmäisen vuoden projekti vaatii opiskelijoilta itseohjautuvuutta, vaikka ohjausta annetaankin henkilökunnan toimesta. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Myös toisena lukuvuonna on koulun itsensä määrittelemä projekti, jonka laajuus on myös 7 opintopistettä. Se vastaa monelta osin ensimmäisen vuoden projektia, mutta kantavana teemana on paikoittaminen. Siinäkin koulu toimii tilaajana, ja opiskelijoiden olisi kyettävä täyttämään tilaajan vaatimukset. Kolmannen ja neljännen vuoden projektit ovat pitkälti yrityksiltä tulevia projekteja. Aina ei ole yrityksistä saatavilla koulumaailmaan sopivia projekteja, joten näissä tapauksissa koulu ottaa ”asiakkaan” roolin ja ”tilaa” opiskelijoilta tuotteen. Tällöin projektit vastaavat pitkälti ensimmäisenä ja toisena lukuvuonna olleita projekteja. Kaikki projektit jatkuvat aina läpi koko lukuvuoden. Opiskelijoilla on käytössä pajat, joissa he voivat rakentaa projektin vaatimia laitteita. Oli kyseessä mikä tahansa projekti, niin se pyritään määrittelemään mahdollisimman tarkasti etukäteen. Tällä pyritään varmistamaan mahdollisimman hyvä oppimistulos ja että saavutetaan halutut oppimistavoitteet. Ensimmäisenä vuonna ryhmien koko on noin kahdeksan opiskelijaa. Erinäisten syiden takia ryhmien koko pienenee

lukuvuoden sekä koulutuksen loppua kohden. Kaikkien näiden projektien tavoitteena on, että koulussa opiskelijat tekisivät asioita kuin yritysmaailmassa. Projekteilla pyritään simuloimaan asioita, joihin opiskelijat joutuvat valmistuttuaan koulusta. Näin opiskelijoille saadaan aikaan ”työkokemusta”. Ammatillista polkua tulleet koetaan tärkeinä, koska heidän tuoma ammattitaito auttaa projektien läpiviennissä varsinkin käytännön asioissa. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.) Lahtinen (haastattelu 5.6.2012) käytti termiä ”pedagoginen insinööri-toimisto” tai ”Pedagogical engineering” kuvaamaan tilannetta. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Näissä projekteissa ilmenee ”normaaleja” projekti että koulutus -ongelmia. Suurimpia ongelmia ovat ryhmien sisäiset ongelmat, kuten töiden epätasainen jakaantuminen, henkilökemiaongelmat sekä ”teollisuusvakoilu”-ongelmat, eli toiset ryhmät pyrkivät kopioimaan toisten ryhmien hyvät ideat. Tätä ei nähdä aina suurena ongelmana, jos idean alkuperäinen keksijä saadaan selville, koska tällöin kaikki opiskelijat näkevät/toteuttavat toimivan ratkaisun. Henkilökunnan kannalta projektien vaatima ohjaus on haastavinta, koska jos ryhmä kohtaa ongelman niin se pitäisi saada ratkaistua nopeasti, ettei ilmene turhaantumisia. Ohjauksen rooli on merkittävä projektin onnistumisen kannalta, koska sillä voidaan muokata opiskelijoiden motivaatiota. Jokainen projekti pyritään määrittelemään niin, että kaikilla opiskelijoilla olisi sen parissa riittävästi haastetta. Ohjauksella varmistetaan jokaisen opiskelijan osallistuminen sekä oppiminen. Jokaista projektia ohjaa se henkilökunnan edustaja, joka on määritellyt projektin. Näin vähennetään opiskelijoiden saamien ristiriitaisten ohjeiden määrää, koska jos ohjaajia olisi 5 niin opiskelijat saavat pahimmillaan 5 erilaista ohjetta/käskyä ongelman ratkaisuun. Koulun kannalta projektit vaativat tiloilta yleensä enemmän kuin perinteinen opetus, koska projektit tarvitsevat yleensä materiaaleja, laitteita ja tilaa. Ensimmäisen ja toisen vuoden projektien materiaalikustannukset ovat olleet suurimmillaan 1000€ per ryhmä. Tulevaisuudessa rahallisen panostuksen tarve vähenee, koska materiaaleja ja komponentteja voidaan kierrättää. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

CDIO nähdään LAMK:ssa kansainvälisenä verkostona, jonka tavoitteena on parantaa insinöörikoulutusta vastaamaan paremmin työelämän vaatimuksia ja keinona jakaa opetuksellisia kokemuksia. CDIO:ssa nähdään olevan kaksi keskeistä dokumenttia: CDIO standards (CDIO standardit) ja CDIO Syllabus (CDIO opetussuunnitelma). CDIO syllabus nähdään eräänlaisena check-listana, jonka avulla voi tarkistaa mitä insinöörikoulutuksen opetussuunnitelman pitäisi pitää sisällään tai huomioida. Syllabus nähdään yhdenkaltaisena mallina tai ehdotuksena opetussuunnitelmasta. Standardit nähdään koulutusohjelman/yksikön kehittämisen liittyvänä check-listana. Kaikki koulun toiminnat pyritään rakentamaan standardien mukaisiksi ja ne luovat kehittämisstrategialle reunaehdot. Lahdessa on esimerkiksi tulkittu, että projektioppiminen kattaa hyvin standardien, että opetussuunnitelman vaatimukset. Lahden ammattikorkeakoulussa nähdään kansainvälisen CDIO verkoston tuoma kokemustenvaihto tärkeänä. Verkostossa on mahdollista nähdä oman korkeakoulun tuottama koulutus suuremmissa mittakaavassa ja päästä

kontakteihin muiden korkeakoulujen kanssa. Näin saa paremman kuvan omasta toiminnastaan, ja näin koulu pystyy paremmin kehittämään toimintaansa. Verkoston kautta voidaan myös rakentaa tärkeitä kansainvälisiä kontakteja ja luoda erilaisia yhteistyökumppanuuksia sekä projekteja. CDIO:n yhtenä suurimpana vahvuutena pidetään verkoston avoimuutta ja sitä, että CDIO on luotu alun perin insinöörikoulutukseen. Lahden ammattikorkeakoulu on ollut vasta vuodesta 2010 CDIO verkoston jäsen, joten monet toiminnot vielä hakevat paikkaansa. LAMK:ssa koetaan olevan vielä alkutaipaleella CDIO:n implementoimisessa. Tärkeänä on pidetty rauhallista lähestymistapaa ja toiminnan pikkuhiljaista korjailua. CDIO koetaan vuosien urakkana, joka ei varsinaisesti lopu koskaan. CDIO:ssa kehittämistoiminta on jatkuvaa, koska insinöörikoulutusta voidaan aina parantaa jollain tavalla. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Lahden ammattikorkeakoulussa Lahtisen (haastattelu 5.6.2012) mukaan heidän ydinryhmänsä on sisäistänyt CDIO:n mukaisen ajattelun hyvin, mutta vuosien ”juttu” se on ollut. Suurimpana ongelmana on koettu muutosvastarinta. Varsinkin ajatusmaailmat ”onko tuossa mitään järkeä” ja ”taas yksi tällainen kehittämis -homma” ovat olleet ongelmallisia. Mutta kun on tehty sisäistä markkinointia ja kerrottu asioista, niin asenteet on saatu muuttumaan. Ilman hyvää sisäistä markkinointia, perusteluja ja tiedottamista CDIO:n implementoiminen olisi ollut vaikeaa tai mahdotonta. Henkilökunta ja johtotaso täytyy saada yhdessä mukaan muutokseen ja kaikkien on myös varauduttava vuosien urakkaan CDIO:n implementoinnissa. LAMK:ssa ei ole koettu suurena ongelmana CDIO:n mukaiseen opetukseen siirtymistä, koska he ovat aikaisemmin käyttäneet PBL:n mukaista opetusta koulutuksessaan. Kuten kaikki muutokset, myös siirtyminen CDIO:hon vaatii aikaa ja vaivaa, joten kaikkien osapuolien sitoutuminen pitää varmistaa. Vaikka LAMK:ssa toteutetaan laajassa mittakaavassa PBL:n mukaista opetusta, niin suurin osa opetuksesta on vielä perinteistä luentoja. Perinteisiä luento-opetuksia pyritään vähentämään mahdollisuuksien mukaan. Koulutukseen pyritään saamaan mukaan yritysmaailmasta luennoitsijoita ja projektien vetäjiä, mutta yleensä koulumaailman ja yritysmaailman aikataulujen yhteensovittaminen muodostuu ylitsepääsemättömäksi ongelmaksi. Projekteissa, joissa pidetään säännöllisiä yrityspalavereita, yleensä kaikki toimii, ja kummatkin osapuolet ovat tyytyväisiä. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

Lahtisen (haastattelu 5.6.2012) mukaan CDIO ei ota varsinaisesti kantaa opetusmenetelmiin ja miten opetus lopulta hoidetaan. CDIO:ssa ei sanota eikä määritellä mitä opetusmenetelmiä pitää käyttää, vaan ilmapiiri on hyvin avoin ja keskustelevalta, mutta toivotaan käytettäväksi aktivoivia opetusmenetelmiä. Lahden ammattikorkeakoulussa opetuksessa käytetään PBL:ä ja erilaisia projektitöitä. CDIO nähdään LAMK:ssa enemmän yleisluontoisena kehittämisstrategiana kuin ohjeena miten opetus pitää tehdä. Tärkeänä CDIO:ssa pidetään ajatusmaailmojen muuttumista niin, ettei ajatella opetuksesta samalla tavalla kuin 20 vuotta sitten. Samoin LAMK:ssa koetaan, että esimerkiksi ITU -menetelmä on lähinnä

hienosäätötyökalu, jota käytetään kun, kaikki muut osa-alueet ovat kunnossa. Varsinaisesti CDIO ei ole vielä muuttanut radikaalisti itse opetusta, vaan muutokset ovat kohdistuneet lähinnä muihin toimintoihin. (Lahtinen, haastattelu 5.6.2012.)

## 5.2. Tapaus 2: Turun ammattikorkeakoulu

Turun ammattikorkeakoulu mukaan heiltä valmistuneiden opiskelijoiden vetovoimaisuus ja työllistymisaste on yksi ammattikorkeakoulujen korkeimmista. Samoin mainitaan, että kansainvälisyys on heillä arkipäivää. Kansainvälisyyden painopiste on itämeren rantavaltioissa ja muussa Euroopassa. Tästä mainitaan esimerkkinä ARPE (Consortium on Applied Research and Professional Education), joka on viiden Eurooppalaisen korkeakoulun kanssa muodostettu strateginen yhteistyöverkosto. TurkuAMK:n tietoliikenteen ja sähköisen kaupan – tulosalue käyttää täysipainoisesti CDIO:n mukaista koulutusta opetuksessaan ja se oli ensimmäinen korkeakoulu Suomessa CDIO verkostossa (Kontio, haastattelu 14.6.2012). Opiskelijoita TurkuAMK:ssa on noin 9500, ja asiantuntijoita heillä on 800 kolmella eri paikkakunnalla (Turku, Loimaa ja Salo). Toiminta on aloitettu vuonna 1992 ja vakinaistettu vuonna 1997. Nettomenoista puolet kohdistuu tutkintoon johtavaan koulutukseen. Työelämäyhteistyön kolme tärkeintä muotoa ovat opiskelijoiden työharjoittelut, palvelutoiminta ja opinnäytetyöt. Turun ammattikorkeakoulussa voi opiskella seitsemää koulutusala, jotka jakaantuvat 34 koulutusohjelmaan. Erilaisia suuntautumisvaihtoehtoja on yli 70. Ylemmän AMK-tutkinnon voi suorittaa 13 koulutusohjelmassa. Turun ammattikorkeakoulun vaikutusalue on Varsinais-Suomi ja valmistuneista valta-osa työllistyy samalle alueelle. Samoin koulu kehittää maakuntaa tukevaa monialaista innovaatiopedagogiikkaa, jossa korostuu T&K, joustavat opetussuunnitelmat, yrittäjäyys ja palvelutoiminta sekä kansainvälisyys. (Esittely 2011; Yleisesite 2011.)

Henkilökunta julkaisee vuosittain noin 300 artikkelia, jotka kuvaavat TurkuAMK:n T&K tuloksia. Työelämänedustajille TurkuAMK tarjoaa T&K toiminnan lisäksi täydennyskoulutusta ja erilaisia palvelutoimintoja, sekä suosittaa opinnäytetöiden käyttöä uuden tutkimustiedon tuottamiseksi. Turku AMK:sta valmistuu vuosittain noin 1500 ammattilaista, jotka vastaavat alueellisen työvoiman tarpeita. TurkuAMK tekee laajaa yhteistyötä erilaisten projektien kautta paikallisten yritysten kanssa. Toiminta on jakaantunut kuuteen opetuksen tulosalueeseen, jotka ovat: Bioalat ja liiketalous, hyvinvointipalvelut, taideakatemia, terveysala, tietoliikenne ja sähköinen kappi sekä tekniikka, ympäristö ja talous. TurkuAMK on tehnyt esimerkiksi JOO-sopimukset kaikkien Turussa toimivien yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen kanssa, jolloin opiskelijan opintopolku saadaan joustavaksi ja yksilölliseksi. (Esittely 2011; Yleisesite 2011.)

Turun ammattikorkeakoulu on ollut vuodesta 2006 saakka CDIO:n kanssa jollain tavalla tekemisissä, mutta vuodesta 2007 saakka ollut vasta varsinaisesti verkoston jäsen. Verkostoon liittyessään TurkuAMK oli

ensimmäinen suomalainen korkeakoulu verkostossa. Verkostoon liittyminen oli osa koulutuksen kehittämisprojektia, joka toteutettiin näinä vuosina. Projektin tavoitteena oli kehittää koulutusta tietoliikenteen ja sähköisen kaupan tulosalueella vastaamaan paremmin tulevaisuuden tarpeita. Suurimpana hyötynä, ja koko CDIO:n ytimenä TurkuAMK:n tietoliikenteen ja sähköisen kaupan tulosalueella nähdään CDIO:ssa sen tarjoama kokonaisvaltainen kehys koulutuksen kehittämiseen. Kehystä ennen TurkuAMK:lla ei ollut käytössä mitään kokonaisvaltaista koulutuksen kehittämistyökalua, vaan koulutusta kehitettiin aina tarpeen vaatiessa niiltä osin kuin se todettiin tarpeelliseksi. Kehyksen myötä kehittämiseen on tullut tiettyä jämakkyyttä joka samalla on tuonut potkua koulutukseen. Samalla koulu on päässyt myös verkostoitumaan monien ulkomaalaisten toimijoiden kanssa. CDIO:n kokonaisvaltaisuudella tarkoitetaan, että kehys laittaa miettimään koko koulutusta, eikä vain jotain tiettyä osa-aluetta siitä. Samoin tavoitteena on saada korkeakoulu miettimään koulutustaan niin, että se vastaisi paremmin sidosryhmien tarpeita. Näin valmistuvilla insinööreillä olisi nykyistä paremmat työelämävalmiudet valmistuttuaan. CDIO:ta ei pitäisi käyttää laadunvarmistustyökaluna tai vastaavana, vaan sitä pitäisi käyttää vain työkaluna koulutuksen kehittämiseen. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

CDIO:ssa voidaan pitää korkeakoulun itsearviointi keskeisenä elementtinä. Koulutuksen arviointi voidaan tehdä tarvittaessa ulkopuolisen toimestakin, mutta tärkeämpää on korkeakoulun itsensä suorittama itsearviointi. Itsearvioinnissa on äärimmäisen tärkeätä olla rehellinen, koska ei ole järkevää antaa itselleen valheellista kuvaa omasta toiminnastaan. Tavoitteena on saada aikaan rehellinen näkemys omasta koulutuksestaan ja sen tasosta. Ilman rehellistä ja todenmukaista näkemystä omasta koulutuksesta, on hyvin hankala lähteä kehittämään omaa toimintaansa paremmaksi. Huonon itsearvioinnin seurauksena ei tiedetä mitä pitäisi kehittää tai mikä on jo hyvin. Ongelmana itsearvioinneissa on alussa liian hyvän kuvan antaminen itselleen. Itsearvioinnin tärkein kriteeri on siis rehellisyys, jotta korkeakoulu saisi todenmukaisen kuvan omasta toiminnastaan. Tämän pohjalta voi vasta lähteä kehittämään toimintaansa. Kun tätä itsearviointia suorittaa systemaattisesti ja sen pohjalta kehittää toimintaansa systemaattisesti niin koulutuksen pitäisi kehittyä kaikkia hyödyttävällä tavalla. Onnistuneen itsearvioinnin avulla korkeakoulu pystyy aina tarvittaessa selvittämään oman koulutuksen tason. Arvioinnin voi suorittaa ulkopuolinen tahokin, korkeakoulu pyynnöstä, mutta se ei ole CDIO:n tarkoitus, kuten ei ole korkeakoulujen keskinäinen vertailukaan. Korkeakouluja voidaan tietenkin verrata tarvittaessa keskenään, ja niitä voidaan arvioida myös toisen korkeakoulun toimesta. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Kun itsearvioinnilla on saatu omasta toiminnasta selkeä käsitys, voidaan koulutusta lähteä miettimään ja kehittämään. CDIO:ssa on joitakin elementtejä, joiden merkitystä korostetaan, kun koulutusta mietitään itsearvioinnin jälkeen. Yksi elementti on standardit ja toinen on CDIO opetussuunnitelma. Itsearvioinnin tuloksia pyritään sitten peilaamaan näitä vasten. CDIO opetussuunnitelma ottaa kantaa enemmän siihen,

minkälaista sisältöä voisi mieltää koulutukseen. Tätä opetussuunnitelmaa käytetään vaihtelevasti verkoston korkeakouluissa, ja tuskin kukaan sitä orjallisesti noudattaa. CDIO opetussuunnitelma toimii hyvänä check-listana mitä koulutus voisi sisältää. Itsearviointi toimii standardeista viimeisenä eli koulutusohjelman arviointina. Kaiken kaikkiaan CDIO on kokonaisvaltainen kokonaisuus, mutta hyvin joustava sellainen. Kukaan ei tule sanomaan tai pakottamaan, että ”tee näin” tai ”sin pitää tehdä nämä kaikki CDIO korostamat asiat”, vaan ennemminkin kyseessä on kehittymisaloite. Kukaan ei pakota korkeakoulua tekemään mitään, vaan CDIO nostaa esiin asioita, joita korkeakoulun olisi hyvä mieltää koulutuksessaan. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Korkeakoulu itse päättää mitä haluaa lähteä kehittämään, missä tahdissa ja millä tavalla. Tärkeintä on koulutuksen kehittäminen paremmin työelämän tarpeita vastaamaan. CDIO:ssa on kaksitoista standardia, jotka pitäisi huomioida, mutta korkeakoulu voi keskittyä omalla päätöksellään parantamaan vain esimerkiksi yhtä niistä ja myöhemmin jotain toista. Käytännössä korkeakoulun pitäisi, kuului se CDIO verkostoon tai ei, mieltää niitä kaikkia. Standardien esittämät asiat ovat hyvin yleispäteviä, ja jokaisen korkeakoulun tulisikin niitä mieltää koulutuksessaan. Samoin jokaisen korkeakoulun olisi myös hyvä mieltää CDION opetussuunnitelmaa, vaikka ei kuuluisikaan CDIO verkostoon. Voidaan sanoa, että CDIO:ssa on löydetty kohtuullisen hyvin ne osat, joita korkeakoulun olisi hyvä mieltää opetuksessaan. Sitä voidaan myös soveltaa lähes suoraan muillekin koulutusaloille kuin vain tekniikanalan insinöörikoulutukseen. CDIO on vain kehitetty alun perin tekniikanalan tarpeisiin, mutta sitä voidaan soveltaen hyödyntää muihinkin aloihin. Kaikilla koulutusaloilla voidaan hyödyntää esimerkiksi standardin neljän (johdatus insinööriopintoihin) ajatuksia ongelmitta. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Korkeakoulun päättäessä liittyä CDIO verkostoon on sen haettava ensin verkoston jäsenyyttä hakemuksella. Hakemuksen saa CDIO:n kotisivuilta. Hakemuksen jättämisen jälkeen CDIO organisaatiossa käsitellään koulutusorganisaation lähettämä hakemus ja todennäköisesti se hyväksytään verkoston jäseneksi. Tämän jälkeen korkeakoulu rupeaa laittamaan omaa ”big picture:a” kuntoon ja vasta tämän jälkeen korkeakoulussa keskitytään yksityiskohtiin. Odotettavissa olevat suurimmat ongelmat ovat lähes aina muutosvastarinnassa ja sen voittamisessa. Muilta osin CDIO sopii hyvin suomalaisen korkeakoulumaailmaan. Koulun mieltiessä verkoston jäsenyyttä on tärkeää, että liittymiselle on olemassa korkeakoulussa laaja tuki. Hyvin tärkeää on johdon vahva sitoutuminen asiaan samoin kuin se, että joku koulutusohjelma on valmis toteuttamaan CDIO:ta vapaaehtoisesti. Verkostoon liittymisen jälkeen ruvetaan myymään CDIO ajatusta eli aloitetaan korkeakoulun sisäinen markkinointi. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Tällä hetkellä verkostoon kuuluminen on ilmaista, mutta tulevaisuudessa saattaa tulla pieni ylläpitomaksu verkostoon kuulumisesta. Verkosto on

laajentunut niin suureksi, että kaikenkaltainen tiedottaminen ja muu toiminta vaatii jo jonkun sitä tekemään. Maksuilla pyrittäisiin siis kattamaan verkoston ylläpitokuluja. Tällä hetkellä verkostoon kuuluu noin 80 korkeakoulua, joten verkoston toiminnan organisoiminen vaatii aikaa ja vaivaa. Suurin osa organisaatioon kuuluvista korkeakouluorganisaatioista on verkostossa aidosti mukana ja aidosti koulutustaan kehittämässä. Verkosto ei ole keskinäisen kehumisen kerho, vaan verkosto, jossa kaikki jakavat omia ajatuksiaan ja kokemuksiaan rehellisesti toisille korkeakouluille. Kaikilla verkoston jäsenillä on tavoitteena saada aikaan parempaa koulutusta, jolloin rehellisyys ja avoimuus on tärkeää korkeakoulujen välillä. Samoin verkostossa kohdellaan korkeakouluja tasapuolisesti, eikä erotella kouluja huonoihin ja hyviin. Konferensseissa voidaan kertoa yhtä hyvin epäonnistumisista kuin onnistumisistakin, koska tavoitteena ei ole ”vetää mattoa alta” toiselta korkeakoululta, vaan kaikkien kokemusten avoin jakaminen. Samoin verkoston sisäisellä tiedottamisella pyritään avoimuuteen. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

CDIO verkosto järjestää jäsenille erilaisia konferensseja ja tapaamisia säännöllisesti. Näitä tapahtumia on periaatteessa neljää eri ”tasoa”. Näissä tapahtumissa korkeakoulut pääsevät vaihtamaan ajatuksia ja tutustumaan toisiinsa. Näin korkeakoulut voivat luoda tärkeitä kansainvälisiä yhteyksiä ja huomata, että kaikilla korkeakouluilla maailmanlaajuisesti on samankaltaisia ongelmia. Verkosto kokoontuu joka kesä kansainväliseen konferenssiin, joka on kaikille avoin tapahtuma. Konferenssi on kiertävä ja pyritään pitämään vuoronperää Euroopassa, Amerikassa, Aasiassa ja Australiassa. Vuoden 2012 konferenssi on Australiassa ja vuonna 2013 konferenssi pidetään Yhdysvalloissa MIT:ssä. Tätä konferenssia voidaan pitää tyypillisenä koulutukseen keskittyvänä konferenssina, joka on rakennettu CDIO ajattelutavan ympärille. Tässä konferenssissa on tarjolla esimerkiksi CDIO aiheisia workshop:ia, tapahtumia, sessioita ja ym., joissa kerrotaan mitä on tehty erialueilla. Toinen joka vuosi tapahtuva konferenssi on syksyisin tapahtuva ”collaborator meeting”, jossa jäsenkorkeakoulut tapaavat. Myös nämä tapahtumat kiertävät neljän vuoden sykleissä, kuten kesäisenkin konferenssi. Turun ammattikorkeakoulu isännöi vuonna 2009 kyseisen tapahtuman, ja se kantoi nimeä ”CDIO Fall Meeting 2009”. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Tämä syksyinen konferenssi on lähinnä tarkoitettu jo verkostossa mukana oleville korkeakouluille. Usein näissä tapahtumissa on kuitenkin mukana paikallisia korkeakouluja, jotka haluavat tutustua toimintaan. Näiden tapahtumien osatavoitteena on CDIO verkoston kehittäminen ja toiminnan eteenpäin vieminen, mutta ei varsinainen CDIO:n esittely. Tavoitteena on keskittyä CDIO ”juttuihin”, eikä esitellä CDIO:a. Tähän tapahtumaan ei kirjoiteta konferenssipapereita tai muita, vaan siihen osallistuu kutsuvierastyypillisesti puhujia ja on muuta toimintaa. Tässä tapahtumassa ajatuksena on pitää todellisia työkokouksia CDIO:n edistämiseksi. Kolmas tapaamisten taso on alueellinen taso, jossa alueen korkeakoulut kokoontuu keskustelemaan CDIO:sta. Aikaisemmin Suomi kuului nordic region:n, mutta nykyään Suomi kuuluu European region:n. European region:n kuuluu muuten koko Eurooppa, paitsi Irlanti ja UK, jotka muodostavat oma

region:n. Nämä tapahtumat pyritään pitämään alkuvuonna. Kaikkien näiden tapahtumien välissä pyritään pitämään korkeakoulujen yhdyshenkilöiden välisiä telekonferensseja. Näiden kolmen isomman tapahtuman lisäksi on vielä olemassa neljännen tason tapahtumia, eli maan sisäisiä tapahtumia. Näissä tapahtumissa kunkin maan CDIO korkeakoulut kokoontuvat keskustelemaan kokemuksista ja pyrkivät kehittämään asioita eteenpäin. Näihin tapaamisiin voidaan kutsua myös muita osallistujia. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

CDIO:n mukaisen koulutuksen ylläpitäminen ei vaadi suurempaa panostusta kuin mikään muukaan koulutuksen kehittäminen. CDIO:n siirtyminen vaatii alussa kylläkin panostusta ja erilaisia projekteja, joilla ajetaan korkeakouluun CDIO ajattelu sisään. Alussa joudutaan kouluttamaan henkilökuntaa, rakentamaan tiloja, muuttamaan vanhoja tiloja, ostamaan välineitä ja niin edelleen. Tässä vaiheessa tilat kannattaa rakentaa mahdollisimman muunneltaviksi ja monipuolisiksi, jotta tulevaisuudessakin ne olisivat käyttökelpoisia. Itsessään CDIO:n ylläpitäminen on nopeasti rutiinia, jolloin se ei vaadi varsinaisesti mitään lisäresursseja, vaan tällöin ideana on miettiä jatkuvasti sitä miten me voimme tehdä nämä asiat paremmin olevilla resursseilla. CDIO itsessään helpottaa koulutuksen kehittämistä, koska se tarjoaa valmiin raamin ja logiikan kehittämiselle. Samoin se esittää miten eri asiat ovat yhteydessä toisiinsa, jolloin kehittäminen helpottuu. CDIO:n yhtenä kantavana ajatuksenahan on jatkuva koulutuksen kehittäminen. Jatkuva kehittyminen on mahdollista vain, jos kehittämistä tehdään jatkuvasti rutiininomaisesti tietyllä logiikalla. Perinteisillä kehittämisen projekteilla, jotka alkavat ja loppuvat, ei yleensä saavuteta pysyviä tuloksia, joten kehittämisen täytyy olla systemaattista ja jatkuvaa. Koulutuksen kehittämisessä on perinteisesti keskitytty vain yhteen osa-alueeseen kerrallaan. Joissakin korkeakouluissa pyritään laittamaan kerralla koko koulutus uusiksi, mutta yleensä muutokset tehdään hitaasti. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

CDIO saadaan toimimaan, kun koko organisaatio sitoutuu siihen, ja se saadaan kiinteäksi osaksi jokapäiväistä toimintaa. Tärkeätä olisi muistaa, että CDIO:n tavoite on kehittää koulutusta eikä olla vain yksi meriitti koulun meriittilistalla. Pelkästään mainitsemalla sana ”CDIO” mikään korkeakoulu ei ole toista parempi. CDIO ei ole tehty pröystäilyä tai markkinointia varten, vaan koulutuksen kehittämistä varten kaikkia yhteistyökumppaneita hyödyttävällä tavalla. Esimerkiksi aktiivisten opetusmenetelmien käyttöönotossa on nähty paljon vaivaa TurkuAMK:ssa, samoin kuin työtiloissa. Itsessään mitään tiettyä pedagogista opetusmenetelmää ei ole määrätty käyttöönotettavaksi, koska työelämässäkin tavat ja menetelmät vaihtelevat. Tuntuu hassulta puhua työelämälähtöisestä koulutuksesta, jos kaikki opetus pidettäisiin yhdellä tavalla. Yleensä CDIO ymmärretään siltä osin väärin, että se vaatisi tietyn pedagogisen opettamistavan. CDIO:ssa halutaan koulutuksessa käytettäväksi aktiivisen oppimisen menetelmiä, mutta nämä menetelmät korkeakoulu voi valita vapaasti. TurkuAMK:ssa on myös luotu toimivampia laboratorio-tiloja, projektityötiloja, järjestetty opettajille työelämäjaksoja ja niin edelleen. Näillä muutoksilla on pyritty



kehittämään koulutusta paremmin työelämän tarpeita vastaamaan. CDIO:n tuomat muutokset opetukseen vanhaan systeemiin verrattuna, ovat hankalia näytettäviä ja todennettavia ehkä johdantokurssia lukuun ottamatta. Suurin työ tapahtuu CDIO:ssa taustalla siten, että se ei näy koulun ulkopuolelle välittömästi tai edes välttämättä opiskelijoillekaan. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Tietoliikenne ja sähköinen kauppa-tulosalueella Turun ammattikorkeakoulussa on jokaisessa koulutusohjelmassa käytössä CDIO:n mukainen johdantokurssi. Johdantokurssien käyttöönotto oli ensimmäinen konkreettinen askel kohti CDIO:n mukaista ajattelua Turun ammattikorkeakoulussa. Elektroniikassa kurssin projektina on ollut yleensä jonkin elektronisen laitteen rakentaminen. Liiketaloudessa projektina on ollut virtuaalisen oman yrityksen pyörittäminen yhden tilikauden verran. Johdantokurssin jälkeen ruvetaan vasta käsittelemään yksityiskohtaisemmin asioita. Johdantokurssin tärkeimpänä tavoitteena on kertoa, mitä työtä valmistuttuaan opiskelija joutuu todennäköisesti tekemään. Tämän jälkeen tulosalueella on otettu käyttöön projektit, joissa pyritään toteuttamaan CDIO:n mukaista ajattelua. Opiskelijat osallistuvat näihin projekteihin myöhemmässä opiskeluvaiheessa. Projektit vaihtelevat laajuudeltaan ja toteutustavoiltaan eri koulutusohjelmien välillä. Projekteja on todellisista yritys-case:sta aina simuloituihin tapauksiin saakka. Simuloiduilla projekteilla saadaan hyödynnettyä paremmin koulun omat resurssit, kuten oppimisympäristöt, materiaalit, aika ja niin edelleen. Yritys-case:t taas näyttävät paremmin mitä työelämässä tarvitaan. Kurssit pyritään rakentamaan niin, että samaan aikaan tapahtuva opetus tukee projektia. Eli jos esimerkiksi projekti vaatii ohjelmointia, niin samaan aikaan opiskelijoille pidetään ohjelmoinnin kurssi, jossa käsitellään projektissa tarvittavia asioita. Näissä kursseissa minimi laajuutena pidetään viittä opintopistettä, mutta on olemassa kymmenen- ja kahdenkymmenenkin opintopisteen kokonaisuuksia. Projektien koko vaihtelee koulutusohjelman ja projektin tyypin mukaan samoin kuin niiden kustannuksetkin. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

Kerättyjen palautteiden mukaan opiskelijat ovat pitäneet CDIO:n mukaisista kursseista, parannetuista oppimisympäristöistä ja siitä, että tehdään ”oikeita asioita” kursseilla. Opettajat ovat myös kertoneet opiskelijoiden parantuneesta motivaatiosta. Tilastollisesti CDIO:n tuomaa muutosta on hankala näyttää, koska alusta saakka TurkuAMK:ssa ei kerätty oikeanlaista dataa. Yksi tärkeimmistä asioista on palautteen kerääminen opiskelijoilta ja yhteistyökumppaneilta sekä itsearviointilla saatu palaute. Palautteen pohjalta kyetään kehittämään koulutusta haluttuun suuntaan ja voidaan keskittyä olennaiseen. Itsearviointien jälkeen katsotaan osa-alue, joka tarvitsee eniten kehittämistä, mutta tällöin paikalla on hyvä olla koko henkilökunta. Tämän kaltainen isompi arviointi toteutetaan yleensä 1,5–2 vuoden välein. Tämän jälkeen kyseistä osa-aluetta on ruvettu systemaattisesti kehittämään. Näin saadaan sitoutettua koko henkilökunta muutokseen helpommin. CDIO ei ota kantaa, missä järjestyksessä mitään lähdetään kehittämään, kunhan kehitetään ja viedään koulutusta eteenpäin. Opetuksen ja kehittämisen

kannalta on tärkeää kyetä myymään CDIO ajattelu korkeakoulun henkilökunnalle ja saada heidät sitoutumaan siihen. Yleensä CDIO kyetään omaksumaan helposti, koska se ei sisällä mitään tiettyä pedagogista tapaa, jota kaikkien pitäisi käyttää opetuksessa. Samoin CDIO:n asioita voidaan tehdä rauhallisesti ja hitaasti, kuten Aalto-yliopistossa tehdään. Aalto-yliopistossa esimerkiksi käytetään CDIO:n ajatuksia opetuksessa, mutta he eivät ole liittyneet CDIO verkostoon. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

CDIO:ssa on olemassa kaksi tärkeää elementtiä, standardit ja opetussuunnitelma (Syllabus). Standardien tarkoituksena on olla koulutusta ohjaavia periaatteita, kun taas opetussuunnitelma ottaa kantaa siihen, minkä kaltaisia sisältöjä koulutuksessa olisi ehkä hyvä olla. Opetussuunnitelmaa käytetään korkeakouluissa hyvin vaihtelevasti. Todennäköisesti mikään koulu ei ole rakentanut omaa koulutusta puhtaasti sen pohjalta. Opetussuunnitelma toimii hyvänä check-listana kun katsotaan mitä asioita voisi olla hyvä käydä läpi koulutuksessa. Kun korkeakoulut rupeavat katsomaan ensimmäisiä kertoja standardeja ja opetussuunnitelmaa, ajatellaan yleensä, että ”Hei, mehän tehdään tuota jo!”. Näin saattaa olla, mutta onko koulutuksen kehittäminen jatkuvaa ja systemaattista? Yleensä näin ei ole, vaan koululla on yleensä jollakin tavalla virheellinen käsitys omasta koulutuksestaan. Tyypillistä on, että aloittava korkeakoulu arvioi koulutuksensa turhan hyväksi. CDIO:n tavoitteena on juuri pistää korkeakoulut miettimään omaa koulutustaan systemaattisesti ja rehellisesti sekä tehdä koulutuksen kehittämisestä jatkuvaa jokaisen opintojakson kohdalla. CDIO:n sisäänajo korkeakouluun ottaa aikaa vuosia eikä tapahdu sormia napsauttamalla. Yleensä aikaa on kulunut kuudesta seitsemään vuoteen, joten implementointi ei ole nopeata. (Kontio, haastattelu 14.6.2012)

### 5.3. Luotettavuusarvio

Tutkimuksen luonteen takia luotettavuuden arvioimisessa ei voida käyttää määrällisiä menetelmiä, vaan ainoastaan laadullisia menetelmiä. Tämä tuo oman haasteen luotettavuuden arvioimiseen. Luotettavuudesta voitaneen tehdä arvio vain arvioimalla kaikkien vaiheiden luotettavuus. Kokonaisluotettavuutta laskee se, että tutkimustyökaluina käytössä oli vain haastattelut, eikä tutkimuksessa voitu esimerkiksi käyttää määrällisiä menetelmiä. Koko tutkimuksen luotettavuutta voitaneen pitää vähintään kohtuullisena, vaikka tutkittavia tapauksia oli vain kaksi. Haastattelijan taitoja saada selville vastaukset haluttuihin kysymyksiin ja raportoida ne luotettavasti voidaan pitää kohtuullisena. Haastattelijan luotettavuutta laskee hänen kokemattomuutensa haastattelujen suorittamisesta, oikeiden kysymysten esittämisestä ja raportoinnista. Luotettavuutta parantaa haastattelijan perehtyneisyys taustamateriaaliin ja aiheeseen. Haastattelujen luotettavuutta lisäsi saatujen vastausten samankaltaisuus ja vastaukset olivat pitkälti linjassa kirjallisuuden kanssa. Teoreettisen viitekehyksen luotettavuutta voidaan pitää hyvänä, koska se perustuu pitkälti CDIO:n kehittäjien kirjoittamaan kirjallisuuteen. Teorian tukena käytetyn muun kirjallisuuden luotettavuutta voidaan myös pitää hyvänä,

koska lähteinä on pyritty käyttämään vain tunnettujen ja luotettavien kirjoittajien tuotoksia tai muuten luotettaviksi luettavia lähteitä.

Tapaustutkimuskohteiden luotettavuutta ja soveltuvuutta tutkimuksen tarpeisiin voi pitää vähintään hyvänä. Toinen tutkittavista tapauksista oli ensimmäinen korkeakoulu Suomessa, joka liittyi CDIO verkostoon, ja haastateltava on ollut mukana siinä koko ajan aktiivisesti sekä oli vastuussa oman organisaation CDIO:n implementoimisesta. Toinen tutkittavista tapauksista oli juuri liittynyt CDIO verkostoon, ja haastateltava oli vastuussa oman koulutusorganisaation CDIO:n implementoimisesta. Näin valinnoilla saatiin kahden eri implementoimisen vaiheessa olevan korkeakoulun näkemys asiaan. Luotettavuutta olisi parantanut se, että tutkittavia tapauksia olisi ollut enemmän. Valittujen koulutusorganisaatioiden luotettavuutta voi perustella myös haastateltavien vastausten samankaltaisuudella sekä sillä, että kirjallisuudessakin tuodaan esille samoja asioita kuin haastateltavat.

Samoin luotettavuutta lisää se, että haastateltavat eivät antaneet ristiriitaisia tietoja missään vaiheessa, vaan kommentit ja annetut tiedot olivat alusta loppuun loogisia ja johdonmukaisia. Näin voi olettaa, että muiden koulutusorganisaatioiden lisääminen tutkimukseen tuskin olisi muuttanut saatuja tuloksia. Haastateltavien antamien vastausten luotettavuutta saattoi heikentää se, että he puhuivat sekaisin ”minä”, ”me”, ”he”, ”Turun/Lahden ammattikorkeakoulussa” muodoissa. Näin ei aina ollut selvää puhuttiinko nyt koulutusorganisaation yleisestä mielipiteestä vai haastateltavan omasta mielipiteestä. Tämä näkyy varsinkin tapaustutkimusosion tekstin kieliasussa, koska tutkija ei halunnut muuttaa sitä, jotta asiasisältö ei muuttuisi. Luotettavuutta heikensi se, ettei kysymyksiin vastattu aina suoraan, vaan annettiin ympärilyöntejä, sosiaalisesti hyväksytyjä tai yleisluontoisia vastauksia.

Turun ammattikorkeakoulun tapauksen hyvä luotettavuus perustuu pitkälti siihen, että se oli ensimmäinen korkeakoulu, joka rupesi CDIO:ta käyttämään Suomessa. Samoin sen luotettavuutta nostaa se, että haastateltava on ollut alusta saakka mukana CDIO:n implementoinnissa Turun ammattikorkeakoulussa ja, myös on ollut vaikuttamassa voimakkaasti CDIO:n yleistymiseen Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun tapauksessa toisaalta luotettavuutta laskee se, että siellä on toteutettu jo pidemmän aikaa CDIO:ta. Näin ollen he ovat jo ehkä ruvenneet unohtamaan CDIO:n aloituksen vaikeuksia, tai osa opettajista on palannut vanhaan järjestelmään ja niin edelleen. Toisaalta luotettavuutta laskee myös se, että haastateltava tuntui antavan aina välillä rutiininomaisia, ennalta mietittyjä tai sosiaalisesti hyväksytyjä vastauksia kysymyksiin. Nämä vastaukset saattoivat olla kyllä täysin todenmukaisia tai sitten vähän kaunisteltuja totuuksia, mutta tuskin valheita.

Lahden ammattikorkeakoulun luotettavuus syntyy siitä, että se on juuri liittynyt CDIO verkostoon, ja siellä voidaan olettaa implementoimisen olevan vielä kesken. Samoin voidaan olettaa, että siellä on vielä tuoreessa muistissa kaikki alkuvaikeudet, ja miten se on vaikuttanut koulutukseen.

Luotettavuutta parantaa myös haastateltavan henkilön asema organisaatiossa, koska hän oli vastuussa organisaation CDIO:sta. Luotettavuutta heikentää koulutusorganisaation kokemattomuus, jolloin CDIO:n mukainen ajattelu ei ole vielä juurtunut organisaatioon ja koko ajattelumaailma on vielä jotenkin vieras. Luotettavuutta lisäävänä tekijänä voidaan pitää sitä, ettei haastateltava tuntunut antavan kysymyksiin rutiininomaisia vastauksia. Luotettavuutta heikensi haastatteluympäristö ja -aika. Haastattelu suoritettiin työhuoneessa, joka toimi useamman työntekijän työhuoneena, joten muiden työntekijöiden paikallaolo saattoi vaikuttaa vastauksiin. Samoin vastauksiin saattoi vaikuttaa se, että samana päivänä korkeakoulussa oli sisäänpääsykokeet, joiden järjestelyissä haastateltava oli mukana. Kaiken kaikkiaan voitaneen olettaa haastateltavan antaneen luotettavia ja totuudenmukaisia vastauksia.

#### 5.4. Analyysi

Tutkimuksella pyrittiin löytämään vastauksia kysymyksiin, mitä CDIO:n implementointi vaatii koulutusorganisaatiolta, mitä implementoinnista tarvitsee huomioida ja miten eri koulutusorganisaatiot ovat käytännössä toteuttaneet CDIO:n mukaiseen opetukseen siirtymisen. Näihin kysymyksiin haettiin vastauksia haastattelemalla kahta korkeakoulua, jotka toteuttavat opetuksessaan CDIO:a. Ensimmäiseksi tutkittavaksi tapaukseksi valittiin Lahden ammattikorkeakoulu ja toiseksi valittiin Turun ammattikorkeakoulu. Lahden ammattikorkeakoulu on vasta ruvennut toteuttamaan CDIO:a, kun taas Turun ammattikorkeakoulu oli Suomessa ensimmäinen CDIO verkostoon liittynyt korkeakoulu. Seuraavissa kohdissa on analysoitu kummatkin tapaukset ensin erikseen ja lopuksi erillisistä analyyseista on tehty yhteenveto.

##### **Tapaus 1: Lahden ammattikorkeakoulu**

LAMK oli ensimmäinen haastateltava korkeakoulu, koska haastatteluajan sai sovittua heidän kanssaan nopeimmin. Jälkeenpäin ajateltuna parempi vaihtoehto olisi ollut, jos Turun ammattikorkeakoulu olisi haastateltu ensin. Turun ammattikorkeakoululla oli laajempi näkemys, koska he ovat toteuttaneet CDIO:n mukaista opetusta jo pidempään. Näin haastattelijalla olisi ollut laajemmat tiedot CDIO:n implementoinnin kulusta, jolloin haastattelun sujuvuus olisi saattanut olla parempi Lahden tapauksessa. Korkeakoulu on oppilasmäärä ja henkilökuntamäärältään esimerkiksi Hämeen ammattikorkeakoulua pienempi ja sillä on myös vähemmän toimipisteitä. Näin ollen muutoksien läpivienti voidaan olettaa olevan helpompaa, koska muutosten tekoon tarvitaan vähemmän resursseja ja muutosvastarinta voidaan olettaa olevan pienempi. LAMK:ssa ainoastaan tekniikanalat toteuttavat CDIO:ta tällä hetkellä, joten implementoiminen on vielä yksinkertaisempaa. Pienemmän henkilökuntamäärän voi olettaa myös helpommin hyväksyvän uuden ajattelumallin, koska yleensä pienemmissä organisaatioissa on vähemmän byrokratiaa, joka voi hidastaa muutoksia. Yleensä pienemmillä yhteisöillä on myös parempi ”me”-henki, jolloin henkilöstö saadaan helpommin toimimaan yhteen eli muutosvastarinta on vähäisempää. Samoin pienemmissä organisaatioissa

on yleensä kevyempi hallinnollinen puoli. Juuri muutosvastarinta Lahden ammattikorkeakoulussa on koettu suurimpana haasteena CDIO:n implementoimisessa ja ongelmaa on pyritty ratkaisemaan sisäisellä markkinoinnilla. Tämä on haaste, joka jokaisen korkeakoulun täytyy huomioida, kun ruvetaan miettimään verkostoon liittymistä.

Tilojen voisi olettaa olevan helpommin muokattavissa ja paremmin CDIO tarkoituksiin sopivia, kun ne sijaitsevat keskitetympään pienemmällä alueella, ja tiloja käyttää pienempi määrä opiskelijoita. Kaiken kaikkiaan voitaneen olettaa, että pienemmän korkeakoulun on helpompi siirtyä CDIO:n mukaiseen ajatteluun. Pienemmät koulut ovat yleensä joustavampia ja ketterämpiä liikkeissään, jolloin suurienkin muutosten läpivieminen on helpompaa. Ketteryys perustuu monessa tapauksessa parempaan me-henkeen, keskitetympään rakenteeseen ja kevyempään hallintoon. Sitä, miten henkilöstön ikärakenne vaikuttaa muutokseen, ei päästy miettimään, koska tarjolla ei ollut tietoa henkilöstö ikärakenteesta. Voitaneen olettaa, että nuoremmat omaksuisivat uudet ajatukset tässäkin helpommin, kuten he yleensä tekevät uusien asioiden kanssa. Mitä isompi, hajanaisempi ja vanhempi korkeakoulu on, sitä hitaampaa ja tuskaisempaa voidaan muutoksen olettaa olevan.

LAMK siis tutustui INSSI-hankkeen tiimoilta CDIO:n ja erilaisten tapahtumien johdosta he liittyivät vuonna 2010 verkostoon. Karkeasti ottaen tätä ennen olivat he ajaneet sisään järjestelmään CDIO ajatusta ja koulutusta noin kaksivuotta. Tätä sisäänajoa tehtiin sisäisellä markkinoinnilla ja opetussuunnitelmien uudelleen mietinnällä sekä tilojen uudelleen järjestelyillä. Tässä vaiheessa PBL (Problem-based learning), joka oli tätä ennen heidän opetussuunnitelmasa perusta, rupesi siirtymään vain yhdeksi aktiivisen opettamisen menetelmäksi. Itsessään CDIO ei sido korkeakoulua mihinkään tiettyyn pedagogiseen lähestymistapaan, vaan asenne on avoin eri pedagogisiin lähestymistapoihin, kunhan suositaan aktiivisen oppimisen menetelmiä. Käytännössä korkeakoulun tarvitsee ensin tutustua CDIO:n rauhassa ja vasta perusteellisen tutustumisen jälkeen lähteä hitaasti muokkaamaan omaa toimintaansa sen tavoitteita kohti. Tässä vaiheessa on hyvä tutustua muihin verkoston jäseniin, taustamateriaaliin ja tehdä muitakin selvitystöitä, kuten itsearviointia. Näiden tietojen pohjalta saadaan selville tarvittavat muutokset ja saadaan käsitys resurssien tarpeesta muutoksessa. Tämä vaihe voitaneen nähdä osana CDIO:n ensimmäistä standardia. Nämä muutokset eivät tapahdu hetkessä, vaikka CDIO on ajatukseltaan yksinkertainen. Esimerkiksi Lahdessa on otettu tietoisesti rauhallinen lähestymistapa opetuksen muuttamiseen CDIO:n ajatusten mukaiseksi. Tällöin koululle jää paremmin aikaa reagoida muutosten tuomiin haasteisiin. Näin muutokset pystytään hallitsemaan paremmin. Koulutuksen muuttaminen CDIO:n mukaiseksi vaatii jatkuvaa sisäistä markkinointia, johdon hyvää sitoutumista, aikaa ja myös rahallista panostusta. Suurimmat haasteet syntyvät alussa organisaation sisäisestä markkinoinnista ja johdon sitoutumisesta.

Lahden ammattikorkeakoulu lähti toteuttamaan tosissaan CDIO:a rakentamalla ensimmäisen vuoden opiskelijoille neljännen standardin mukaisen johdanto-kurssi. Tämän jälkeen rakennettiin jokaiselle vuosikurssille projekti, joka sitoo kyseisen vuoden opettavat aiheet käytännön projektiksi. Ensimmäisenä ja toisena vuotena olevat kurssit ovat koulun itsensä suunnittelema, jolloin niiden hallinta saadaan helpommaksi. Näin voidaan helpommin hallita, mitä ongelmia opiskelija kohtaa projektin edetessä ja mitä taitoja hän tulee oppimaan. Ne vastaavat pitkälti todellisia yritysprojekteja, joissa on tilaaja, tavoitteet, rajoitteet ja niin edelleen. Tämän kaltaisten projektien luominen on yleensä tavanomaista toimintaa korkeakouluille, koska monella korkeakoululla on jo olemassa vastaavankaltaisia projekteja. Näiden projektien uudelleen mietinnällä voidaan saavuttaa CDIO:n tavoitteet kohtuullisella vaivalla. Näin ne ovat myös loogisia ensimmäisiä askeleita CDIO:n implementoimisessa ja vasta näiden kurssien jälkeen ruvetaan miettimään muita asioita tarkemmin.

Projektien tärkeänä asiana on nähtävä hyvä ohjeistus, selkeä ohjaaminen ja sopiva haasteellisuus, koska muuten ei voida taata tavoitteen mukaisia oppimistuloksia. Nämä projektit vaativat lähes poikkeuksetta tiloilta, opettajilta, opiskelijoilta, materiaaleilta, laitteilta ym. enemmän kuin perinteinen luento opetus. Näin ollen ei voida kaikissa tapauksissa olettaa, että projektit voidaan toteuttaa samoilla resursseilla kuin normaalit luennot, vaan niihin joudutaan panostamaan enemmän, jotta oppimistulos olisi toivottu. Ehkä suurimmaksi ongelmaksi näistä muodostuu se, että projektit voivat vaatia enemmän henkilökohtaista sitoutumista henkilökunnalta kuin perinteiset luennot. Tutustumiskurssin ja ensimmäisen vuoden projektin ei tarvitse olla sama kurssi, vaan ne voidaan toteuttaa erikseen, riippuen miten korkeakoulu näkee asian hyväksi toteuttaa. Verkostoituminen on ollut eräs kantavia teemoja CDIO:n liittymisessä LAMK:ssa. CDIO verkostoon liittymällä he ovat saaneet kontakteja muihin korkeakouluihin ja ovat samalla päässeet vertailemaan omaa toimintaansa muihin korkeakouluihin nähden. Samoin he ovat päässeet luomaan kansainväliseen toimintaan vaadittuja kontakteja. Verkostoon liittymällä he ovat saaneet vertailtua omaa koulutustaan ja toimintaansa kansainväliseen tasoon. Näin on saatu selville se, mitä osia koulutuksesta onärkevintä kehittää.

Lahden ammattikorkeakoululle CDIO:n siirtymistä voitaneen pitää luontevana askeleena, koska Lahdessa on jo 1990-luvulta lähtien pyritty kehittämään opetusta paremmin työelämän tarpeita vastaamaan, kuten CDIO:ssa toivotaan. LAMK:ssa ruvettiin 1990-luvulla muokkaamaan OPS:a työelämälähtöisemmäksi ja muutoksilla pyrittiin erottumaan muista korkeakouluista koulutustarjonnalla. Opettamisen kehittämisen tarpeen pohjalta 2000-luvun alussa siirryttiin jopa PBL perusteiseen opetussuunnitelmaan ensimmäisenä Suomessa. 2000-luvulla LAMK liittyi myös Suomen suurimpaan ammattikorkeakoulu liittoutumaan (FUAS). Tällä liittoutumalla haettiin verkostoitumisen tuomia hyötyjä, jotka myös CDIO tarjoaa. Toisaalta LAMK:n (tekniikaalalla) tuntui puuttuneen

yhtenäinen ja selkeä ajatus siitä, miten ja mihin suuntaan koulutusta pitäisi kehittää. Juuri tähän ongelmaan CDIO tarjoaa oman ratkaisunsa.

Toisaalta ammattikorkeakoulut ovat, taas kerran, muutoksien edessä, joten kaikki koulutusta kehittävät toimet todennäköisesti suojelevat korkeakoulua haitallisilta muutoksilta. CDIO:n liittyminen voitaneen nähdä loogisena jatkona tälle toiminnalle, koska CDIO tarjoaa valmiit raamit, miten opetusta pitäisi tehdä ja valmiin kansainvälisen korkeakouluverkoston. CDIO:n liittymisen jälkeen LAMK:lla on käytössään valmiiksi mietityt raamit opetukseen, valmiiksi rakennettu kansainvälinen korkeakouluverkosto ja he voivat myös sanoa kuuluvansa kansainväliseen CDIO verkostoon, joka tuntuu olevan maailmanlaajuisesti mukavassa myötätulessa tällä hetkellä. CDIO:n liittymällä Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan puoli on kyennyt ratkaisemaan monia opetuksellisia haasteita. Sillä edellytyksellä, että he pystyvät olemaan aktiivisesti mukana CDIO verkostossa ja kehittämään systemaattisesti ja aktiivisesti omaa opetustaan paremmin työelämän tarpeita vastaamaan.

## **Tapaus 2: Turun ammattikorkeakoulu**

Turun ammattikorkeakoulun haastattelu suoritettiin Lahden ammattikorkeakoulun jälkeen, vaikka jälkeinpäin ajateltuna haastattelu olisi pitänyt suorittaa toisinpäin. Aikatauluongelmien takia haastattelu suoritettiin tässä järjestyksessä. Turun ammattikorkeakoulu on vähän isompi kuin Hämeen ammattikorkeakoulu ja sillä on kuusi toimipistettä kolmella paikkakunnalla. Näin TurkuAMK:n toiminnot ovat kohtuullisen keskittyneet verrattuna esimerkiksi Hämeen ammattikorkeakouluun. Suuren henkilömäärän voisi olettaa hidastavan muutoksia muutosvastarinnan muodossa, mutta keskittyneemmän rakenteen voi olettaa toisaalta helpottavan muutosten tekoa. Samalla keskittyneempi rakenne vähentää tarvittavien resurssien käyttöä, koska esimerkiksi samaa tilaa ei tarvitse ylläpitää kahdessa eri paikassa. Suuremmalla korkeakoululla voisi olettaa samoin olevan suuremmat resurssit käytössä ja näin suuremmat muutokset, kuten uusien tilojen rakentaminen, voitaneen toteuttaa helpommin. Toisaalta järjestelmän kasvaessa myös byrokratian määrä yleensä kasvaa niin, että suuruuden hyöty voi kadota tehottomaan hallintoon.

Muutosvastarinta on koettu TurkuAMK:ssa haasteeksi, joka pitkälti määrää käytännön tasolla opetuksellisten muutosten onnistumisen. Muutosvastarinnan voittamiseen onkin jouduttu TurunAMK:ssa tekemään paljon työtä, ja työ jatkuu vielä eri muodoissa. Muutosvastarintaa yritetään esimerkiksi hälventää yhteisillä tapaamisilla, joissa mietitään koko henkilökunnan avulla ratkaisuja esiin tulleisiin ongelmiin. Tällä tavalla saadaan yhdessä selvitettyä mikä on ongelma ja miten se voitaisiin ratkaista. Tässä kohtaa CDIO on ”ratkaisevassa” asemassa. Ratkaisuvaihtoehtoja mietittäessä voidaan tuoda esille CDIO:n tarjoamat eri vaihtoehdot ja sitten yhdessä päätetään millä tavalla ratkaistaan ongelmat, oli kyseessä CDIO:n tarjoama ratkaisu tai ei. Tällöin jokainen on päässyt vaikuttamaan päätöksiin, ja osallistujien on hankala kieltäytyä

muutosten teosta, koska he ovat olleet mukana päätösten teossa. Tällä tavalla saadaan luotua henkilökunnalle tunne, että he ovat olleet vaikuttamassa koulutuksen kehittämiseen. Ajan myötä muutostavastarinta helpottaa, jos systemaattisesti tehdään työtä sisäisellä markkinoinnilla sen vähentämiseksi. Sisäisen markkinoinnin lisäksi muutokselle tarvitaan ehdoton johdon tuki, koska opetushenkilökunta voi vaikuttaa toimillaan vain rajallisesti asioihin. Käytännössä henkilökunnan ja johdon täytyy olla motivoituneita sekä sitoutuneita muutokseen, joka ei varsinaisesti koskaan ole valmis.

Turun ammattikorkeakoulun oli ensimmäinen CDIO verkostoon Suomessa liittynyt korkeakoulu, joten heillä voi olettaa täten olevan eniten kokemusta CDIO:sta Suomessa. Verkostoon liittyminen oli yksi koulutuksen kehittämiseen liittyvistä toimista, joilla pyrittiin lisäämään työelämälähtöisyyttä insinöörikkoulutukseen. Verkostoon liittymällä TurkuAMK sai itselleen valmiit raamit siihen, miten koulutusta voidaan muuttaa paremmin työelämälähtöiseksi. Samoin he saivat myös laajan kansainvälisen verkoston taakseen. Tämän verkoston avulla korkeakoulu on päässyt tutustumaan laajasti muihin korkeakouluihin ja päässyt solmimaan kansainvälisiä suhteita. CDIO:n tärkein hyöty on ollut sen tarjoama kokonaisvaltainen näkemys koulutuksen kehittämisestä ja toiseksi tärkein hyöty on ollut muihin korkeakouluihin tutustuminen. Näin viitekehys on tuonut kehittämiseen järjestystä eikä kehittämistä tehdä enää sattuman varaisesti silloin tällöin tai vain pakon edestä. Nyt viitekehysten ansiosta koulu voi esimerkiksi katsoa miten mikäkin asia vaikuttaa ja miten siihen pitäisi reagoida, ennen kuin muutos on pakko tehdä.

Muihin korkeakouluihin tutustuminen on taas tuonut laajemman näkemyksen koulutuksen tasoon. Esimerkiksi on huomattu, että Suomessa koulutus on erittäin hyvällä tasolla monessa suhteessa. Tämä johtune ammattikorkeakouluja vaivaavasta jatkuvasta muutoksesta, joiden ansiosta koulutusta muutetaan jatkuvasti. Esimerkiksi Suomessa korkeakouluissa jopa opetetaan käytännön asioita ja opetettavia asioita yritetään sitoa todellisiin ongelmiin eri tavoin. Monessa korkeakoulussa opetus on puhtaasti teoreettinen, ja koulutus keskittyy teoreettiseen matematiikkaan ja fysiikkaan.

Turun ammattikorkeakoulussa pidettiin hyvin tärkeänä rehellistä itsearviointia. CDIO:n ajatuksena ei ole ulkopuolisten toimijoiden tekemä koulutuksen arviointi, vaan kaikki arvioinnit tapahtuvat korkeakoulun omasta toimesta. Näin huijaamalla itsearvioinnissa huijaa vain itseään, ja tuloksena on omasta toiminnastaan liian ruusuisen kuvan. Tämä on yleensä jokaisen itsearviointia suorittavan organisaation ongelma. Tämä on varsinkin byrokraattisen ja hierarkkisen järjestelmän ongelma, koska niissä pyritään osoittamaan oma paremmuus ja tarpeellisuus kaikilla mahdollisilla keinoilla hierarkiassa ylemmille oleville. Onnistuneen itsearvioinnin avulla korkeakoulu saa itsestään todenmukaisen kuvan ja arviointia pitäisi tämän takia suorittaa realistisesti. Itsearviointi vaatii korkeakoululta hyvää kykyä kestää kritiikkiä ja halua tehdä asioille jotain. Tämän kuvan pohjalta voidaan toimintaa kehittää oikeaan suuntaan ja vain



niitä alueita, joita pitää silloin kehittää. Ilman todenmukaista kuvaa on mahdotonta tietää mitä me olemme oikeasti nyt tekemässä, missä me oikeasti olemme ja minne me oikeasti haluamme? Itsearviointin epäonnistuessa lähdetään yleensä kehittämään väärä toimintoja tai tekemään muuten vaan väärä ratkaisuja. Päätösten tekovaiheessa oikeellisten tietojen saaminen on ehdottoman tärkeää. CDIO:n implementoimisen aloitusvaiheessa on myös mahdollista aloittaa erilaisten tilastotietojen kerääminen. Näiden avulla voidaan luotettavasti todentaa muutosten vaikutukset myöhemmin. Onnistuneessa opetuksen kehittämisessä itsearviointin kriittisyyttä ja oikeellisuutta tuskin ei voi liikaa korostaa.

CDIO:ssa tärkein elementti on sen sisältämät kaksitoista standardia, jotka ovat koko viitekehyksen sydän. Toinen tärkeä elementti on CDIO:n opetussuunnitelma eli syllabus. Itsearviointin tuloksina saadut tiedot peilataan näitä vasten. Tärkeintä on peilata saatuja tuloksia standardeihin, ja opetussuunnitelma toimii tässä vaiheessa vain listana, mitä koulutuksessa voisi olla mukana. Itsearviointin pohjalta saatujen tulosten mukaan tehdään päätökset, mitä standardien asioita lähdetään kehittämään ja miten. Käytännössä lähes poikkeuksetta lähdetään kehittämään sitä asiaa, joka on helpoiten toteutettavissa. Tällöin riskinä on, että kaikki haasteellisimmat asiat jäävät aina tekemättä, ja parannetaan vain niitä asioita, jotka ovat jo hallinnassa. Monessa organisaatiossa keskitytään vain vahvuuksien parantamiseen ja unohdetaan kokonaan heikkouksien kehittäminen, koska niiden ratkaiseminen tuntuu vastenmieliseltä. Kukaan ei kylläkään kiellä tekemästä tätä, koska CDIO verkosto on löyhä ja vapaaehtoisuuteen perustuva. Suurin hyöty saadaan kuitenkin kehittämällä koko toimintaa, eikä vain osia siitä. Se kehitetäänkö kerralla vain yhden standardin asiaa vai kaikkien, on korkeakoulun päätettävissä. Yleensä keskitytään kerralla vain yhteen tai kahteen, jotta muutosten hallinta olisi helpompaa. Tärkeintähän on koulutuksen parantaminen, ja sitä tuskin voit tehdä tehokkaasti, jos kaikkia osa-alueita ei paranneta. Tätä varten jossain vaiheessa koulutuksen kehittämistä pitää ruveta tutustumaan CDIO:n opetussuunnitelmaan. Tämä ottaa kantaa siihen mitä aiheita opetuksessa pitäisi olla viitekehyksen mukaan. Nämä asiat ovat hyvin yleisluontoisia. Jokaisen tekniikanalan korkeakoulun olisi hyvä tutustua niihin, ja sopivasti soveltaen se soveltuu myös muille aloille. Se, miten loppujen lopuksi korkeakoulutusta parannetaan, on korkeakoulusta itsestään kiinni. Päätavoitteena on, että opiskelijoilla olisi paremmat työelämävalmiudet valmistuttuaan.

Verkostoon kuuluessa on tärkeää olla rehellinen, koska verkoston tavoitteena ei ole olla keskinäisen kehumisen kerho, vaan tavoitteena on parantaa insinöörikoulutusta. Tähän liittyy esimerkiksi tiedottamisen avoimuus ja toisten korkeakoulujen tukeminen hankalissa asioissa. Verkostossa ei täten voi olla mitään tasoja sen mukaan, kuinka hyvin CDIO:n ajatukset on implementoitu koulutukseen, vaan kaikki on samalla tasolla. Tämä luo avoimuutta, jolloin jokainen korkeakoulu pääsee samalle tasolle muiden kanssa. Totta kai jokainen korkeakoulu haluaa antaa itsestään edustavan kuvan, mutta rehellisyys on päätavoite, koska itsestään

paremman kuvan antamisella ei saavuteta mitään käytännön hyötyjä verkostossa. CDIO on vapaaehtoinen verkosto, jossa ei pakoteta mihinkään, joten itsekehu on käytännössä turha ajan ja vaivan haaskausta. Tapahtumia, joissa CDIO verkoston jäsenet tapaavat toisiaan, on kohtuullisen tiuhaan, ja niiden tavoitteena on jakaa kokemuksia siitä, miten koulutusta olisi hyvä kehittää ja miten ei kannata tehdä. On paljon helpompaa tehdä muutoksia koulutukseen, jos kaikkea ei tarvitse itse kokeilla. Yleensä epäonnistumiset antavat eniten tietoa siitä, miten koulutusta pitäisi kehittää. Epäonnistumiset yleensä kertovat selkeästi sen, mitä ei kannata tehdä. Onnistumisien kohdalla on monesti vaikeaa sanoa, mikä yksittäinen asia takasi onnistumisen. Tapaamisia on vuodessa neljä, joten toisiin korkeakouluihin tutustuminen on kohtuullisen helppoa. Näissä tapaamisissa pääsee suhteellisen helposti verkostoitumaan ja näkemään miten muut ovat toteuttaneet korkeakoulutusta, jolloin oman koulutuksen taso asettuu paremmin maailmanlaajuiseen kontekstiin.

CDIO:n ylläpitäminen ei itsessään vaadi sen enempää panostusta kuin mikään muukaan jatkuva opetuksen kehittäminen. Korkeakoulu saa päättää itse miten ja kuinka paljon panostaa koulutuksen kehittämiseen missäkin vaiheessa, joten teoriassa koulun ei tarvitse panostaa yhtään koulutuksen kehittämiseen. Tällöin tosin CDIO verkostoon kuulumisen on tarpeetonta. Joskus on tilanteita, joissa koulutuksen kehittämiseen ei ole siihen tarvittavia resursseja käytössä, mutta tilanteen jatkuessa pitkään voitaneen olettaa korkeakoulun olevan verkostossa vain sen antaman statuksen takia. Käytännössä kehittämisen kannattaa olla jatkuvaa, mutta kohdistuvan aina eri aiheeseen. Esimerkiksi jonain vuonna voidaan kehittää oppimisympäristöjä ja toisena vuotena sitten keskittyä vaikka opetustaitojen kehittämiseen. Yleensä ei kannata keskittyä kehittämään kaikkia osa-alueita kerralla, koska tällöin muutosten hallinta on osoittautunut äärimmäisen haastavaksi. Kaikissa muutoksissa täytyy saada organisaation joka tason hyväksyntä ja sitoutuminen muutokseen. Ilman sitoutumisia ja hyväksymisiä muutosten läpivienti, varsinkin isompien, on käytännössä mahdotonta. Korkeakoulun liittyessä CDIO verkostoon sen kannattaa lähteä kehittämään niitä alueita, jotka ovat kohtuullisella vaivalla toteutettavissa.

Monien korkeakoulujen ensimmäinen konkreettinen askel on johdantokurssin tekeminen. Tämä kurssi kertoo opiskelijoille, mistä koulutuksessa on loppujen lopuksi kyse. Näin voidaan olettaa opiskelijoiden opiskelumotivaation paranevan. Toisaalta johdantokurssi voi myös näyttää opiskelijalle sen, että opiskeltava ala ei ole häntä varten. Seuraava askel CDIO:n implementoinnissa on yleensä suunnittele – toteuta -kokemusten tekeminen. Nämä toteutetaan käytännössä erilaisilla projekteilla, jotka muuttuvat haasteellisemmiksi opiskelujen edetessä. Nämä projektit voivat olla yrityksiltä tulevia tai korkeakoulun määräämiä. Tavoitteena on, että projekteissa tarvittavia tietoja opetetaan luennoilla samaan aikaan, jolloin opiskelija voi sitoa luennolla käydyt teoriat käytäntöön. Näiden projektien hallinta on todennäköisesti haastavaa, koska ryhmät ovat hyvin eritasoisia. Ryhmän sisälläkin saattaa ilmetä ryhmädynamiikka-ongelmia ja tieto-taitotaso eroja. Näin esimerkiksi

ryhmien kokoamiset, ohjaamiset ja arvioimiset muuttuvat haastaviksi. Yleensä nämä projektit saavat hyvää palautetta opiskelijoilta, mutta ne voivat myös mennä lukemattomista syistä pieleen. Suurimpia ongelmia ovat yleensä ryhmädynamiikkaan liittyvät ongelmat. Samoin ne vaativat opettajilta hyvää panostusta projektiin.

Turun ammattikorkeakoulun liittyminen CDIO:n oli omalla tavallaan rohkea veto, koska kukaan Suomesta ei ollut vielä liittynyt siihen. Näin ollen he joutuivat toimimaan tienraivaajina muille suomalaisille korkeakouluille. Liittymisen aikoihin monelta taholta oli tullut viestiä, että insinöörikoulutuksen pitäisi olla enemmän työelämälähtöistä. Juuri tähän tarpeeseen TurkuAMK haki CDIO verkoston jäsenyyttä. Voi olettaa, että CDIO on tarjonnut juuri tätä apua Turun ammattikorkeakoululle, koska nyt koulutukseen on lisätty elementtejä, joissa opiskelijat joutuvat tekemään käytännön työelämän asioita. Tällöin voi olettaa työelämälähtöisyyden parantuneen opetuksessa. Samoin viitekehys on tarjonnut yhtenäisen näkemyksen siitä, miten koulutusta pitäisi parantaa systemaattisesti. Koulutuksen kehittämiseen on tällöin tullut jämäkkyyttä, selkeyttä ja jatkuvuutta. CDIO verkoston tuoma laaja korkeakouluverkosto on tarjonnut TurkuAMK:lle paljon näkemyksiä siitä, miten korkeakoulutusta voi tehdä, ja miten muut sitä tekevät. Näin he ovat saaneet selkeämmän näkemyksen omasta koulutuksen tasostaan ja siitä, missä he ovat hyviä tai huonoja. Näin ollen CDIO on ratkaissut monia koulutukseen liittyviä ongelmia, mutta toisaalta se vaatii myös jatkuvaa koulutuksen parantamista. TurkuAMK on nähnyt viitekehysten käytännössä pelkästään positiivisena asiana. Heillä on tavoitteena pysyä verkoston aktiivisena jäsenenä.

### **Yhteenveto**

Haastatteluissa tuli selkeästi esiin joitakin yhteneväisyyksiä, jotka voitaneen olettaa olevan kaikille CDIO:a toteuttaville kouluille yhteneväisiä. Haastatteluissa tuli myös esille asioita, jotka olivat joko tärkeitä tai huomionarvoisia asioita CDIO:n implementoinnissa. Nämä asiat on kerätty yhteenvetoon. Kummassakin tapauksessa käytännössä tärkeimpänä asiana pidettiin muutosvastarinnan voittamista ja henkilökunnan sitoutumista muutokseen. Nämä teemat toistuivat jatkuvasti jossain muotoa kummassakin haastattelussa. Muutosvastarinta ilmeni keskeisenä implementoinnin ongelmana, kun ollaan muuttamassa opetusta käytännössä tasolla. Yleensä opettajat eivät mielellään vaihda opetustyyliään, vaikka se myöhemmin voisikin helpottaa opettamista, koska se lisää heidän kuormitustaan muutoshetkellä. Muutosvastarinta ilmenee käytännössä jokaisella tasolla, mutta se on voitettavissa hyvällä sisäisellä markkinoinnilla ja antamalla todellinen mahdollisuus tehdä muutos. Sisäistä markkinointia täytyy tehdä jatkuvasti ja siihen täytyy panostaa voimakkaasti. Ilman onnistunutta ja aktiivista sisäistä markkinointia kukaan ei usko, että tästä muutoksesta on oikeasti hyötyä kenellekään. Todellisella muutosmahdollisuudella tarkoitetaan, että annetaan henkilökunnalle oikeasti tarvittavat resurssit toteuttaa muutos.

Muutosvastarintaa ilmenee myös johtotasossa, koska CDIO vaatii jatkuvaa opetuksen kehittämistä, joka yleensä lisää työtaakkaa.

Muutosvastarintaa on ilmennyt myös opiskelijoilla. Toiset opiskelijat pitävät ja omaksuvat uudet tavat saman tien, mutta toisille opiskelijoille muutos on haasteellinen. Vastarintaa tulee siitä, että monet projektit ja aktiiviset opetusmenetelmät lisäävät opiskelijoiden työmäärää heidän mielestään kohtuuttomasti. Monet näistä muutoksista ovat ryhmätöitä, jolloin ryhmädynamiikan onnistuminen on kriittistä, jotta opiskelija saa hyvän arvosanan. Opiskelijoita harmittaa yleensä epätasainen työmäärän jakaantuminen. Ryhmädynamiikka-ongelmien ratkaisemiset ovat näissä tapauksissa yleensä kriittisiä. Toisaalta tietyt opiskelijat pitävät ryhmätöistä ja he pystyvät toimimaan helposti kaikissa ryhmissä. Osa opiskelijoista taas ei pidä projekteista, koska he kokevat, etteivät he saa siitä tarvittavaa hyötyä. Osalla opiskelijoista on jo olemassa hyvät käytännön tieto-aidot, kuten monilla ammatillisista polkua tulevalle opiskelijalla on. Toiset opiskelijat haluaisivat olla luennoilla ja opiskella perinteisillä menetelmillä, kun taas toiset pitävät hyvin paljon CDIO:n mukaisista opetuksista. Pääsääntöisesti opiskelijat kuitenkin pitävät muutoksia hyödyllisinä ja he kokevat käytännön tekemisen hyvin antoisana sekä opettavaisena.

Sitoutuminen CDIO:n nousi keskusteluissa monesti esille, koska korkeakoulun täytyy oikeasti sitoutua muuttamaan omaa opetustaan CDIO:n tavoitteiden mukaisiksi. Monet korkeakoulut tuntuvat ymmärtävän CDIO:n jonkin kaltaisena projektina, joka alkaa ja loppuu, ja sitten kaikki on valmista. Tämä ei ole viitekehyksen tavoitteena, vaan tavoitteena on jatkuva opetuksen kehittäminen ja siihen sitoutuminen eli kyseessä ennemminkin on kehittymisaloite. Tähän ei päästä, jos sitoutuminen muutokseen on vain osittaista tai hetkellistä. Käytännössä korkeakoulun täytyy sitoutua koulutuksen kehittämiseen pysyvästi jokaisella organisaation tasolla ja tehdä jatkuva kehittäminen mahdolliseksi resurssien puolesta. Yleensä korkeakouluilla on ongelmia jatkuvaan muutokseen sitoutumisen kanssa, koska korkeakoulut ovat tottuneet lähinnä vain projekteihin, joilla on selkeä alku ja loppu. Itse CDIO:n ylläpito ei vaadi sen suurempia panostuksia kuin mikään mukaan opetuksen jatkuva kehittäminen. Yleensä opetusta voidaan kehittää pienillä muutoksilla, jos muutokset tehdään pikku hiljaa. On tietenkin mahdollista tehdä kerralla kaikki muutokset, mutta yleensä se tuottaa vain ongelmia. Tällöin jokainen henkilökunnan jäsen joutuu opettelemaan kerralla kaikki toimintatapansa uusiksi. CDIO:n implementoinnin alkuvaiheissa on käytännössä tehtävä erilaisia ja eritasoisia kehittämisprojekteja. Näillä projekteilla saatetaan tilat, laitteet ja asenteet vastaamaan CDIO:n tavoitteita. Näihin projekteihin voidaan luetella esimerkiksi sisäisen markkinoinnin, uusien tilojen rakentamisen, rakennusosien-, raakamateriaalien-, työkalujen hankkimisen -projektit. Opetustilojen muuttaminen on monesti koettu haasteelliseksi, koska niihin kohdistuu monia vaatimuksia ja toivomuksia. Samoin henkilökunnan kouluttaminen uusien tilojen ja laitteiden käyttämiseen saattaa muodostua

ongelmaksi. Muutokset olisi syytä tehdä rauhallisesti, jotta ne pysyvät hallinnassa ja muutosvastarinnan määrä kohtuullisena.

Korkeakoulut lähtevät yleensä toteuttamaan CDIO:a tutustumalla siihen erilaisilla tutkimuksilla, tutustumiskäynneillä, konsultoinneilla ja niin edelleen. Tutustuminen lähtee yleensä liikkeelle tarpeesta muuttaa koulutusta kilpailukykyisemmäksi muihin korkeakouluihin verrattuna. Tämän tarpeen taustalla on kilpailu opiskelijoista ja heidän tuomasta rahoituksesta. Laadukas ja kilpailukykyinen koulutus tuo korkeakoululle laadukkaampaa opiskelija ainesta, jolloin korkeakoulutuksen rahoitus on tukevalla pohjalla. Tutustumisvaiheessa on äärimmäisen hyvä tutustua korkeakouluihin, jotka jo toteuttavat CDIO:a. Tällöin on mahdollista saada ensikäden tietoa ja kokemuksia viitekehyksestä. Tällöin asiat saadaan asetettua realistiseen perspektiiviin. Tutustumisvaiheessa on myös hyvä tehdä suunnitelmia siitä, miten ja missä järjestyksessä muutokset tehtäisiin, jos niille tarvetta ilmenee. Tämä tutustumisvaihe on yleensä myös aktiivisen sisäisen markkinoinnin ja sitouttamisen vaihetta. Tässä vaiheessa voidaan vaikuttaa vielä helposti henkilökunnan mielipiteisiin suuntaan tai toiseen, joten markkinoinnissa täytyy käyttää oveluutta ja saada kaikki sitoutumaan asiaan. Markkinoinnin avulla on mahdollista löytää ne koulutusohjelmat ja henkilöt, jotka haluavat sitoutua toteuttamaan viitekehyksen ideoita. Tällöin on muistettava antaa todellinen mahdollisuus toteuttaa muutos. Myös johdon on sitouduttava ja tuettava muutosta. Tämä vaihe tuntuu olevan monesti tärkein vaihe CDIO:n implementoinnin onnistumisessa, koska tällöin tehdään ns. perustukset CDIO:n implementoinnin onnistumiselle.

Tutustumisen jälkeen tehdään päätökset verkostoon liittymisestä ja jätetään hakemus verkoston jäsenyydestä. Tämän jälkeen ruvetaan toteuttamaan jatkuvaa opetuksen kehittämistä CDIO:n tavoitteiden mukaisesti. Tämä tapahtuu käytännössä kaikilla korkeakouluilla luomalla standardin 4 mukainen opintojakso. Tähän opintojaksoon voidaan myös yhdistää standardin viisi mukainen suunnittele – toteuta kokemus esimerkiksi koulun määrittelemällä projektilla. CDIO:n implementoinnissa on myös huomattava, että se ei ole pedagoginen malli, vaikka monet korkeakoulut sen näin käsittävät, vaan se kehottaa ainoastaan käyttämään aktiivisen opettamisen menetelmiä. CDIO ei sido korkeakoulua käyttämään jotain tiettyä pedagogista mallia, vaan antaa vinkkejä miten opetusta voisi järjestää. Yleensä aktiivista opettamista ruvetaan toteuttamaan erilaisilla projekteilla, joista osa on yritysprojekteja ja osa korkeakoulun tekemiä räätälöityjä projekteja. Projekteilla pyritään toteuttamaan CDIO:n suunnittele – toteuta kokemuksia, joiden ei aina tarvitse olla välttämättä projekti-tyyppisiä, vaan ne voidaan toteuttaa muillakin keinoilla.

Haastatteluissa nousi esille verkostoitumisen merkitys. CDIO:ssa on vuosittain monia tapaamisia, joiden avulla jaetaan kokemuksia ja tietoa. Näiden tapaamisten tavoitteena on kertoa avoimesti ja rehellisesti, ilman kerskailua, onnistumisista sekä epäonnistumisista koulutuksen kehittämisessä. Verkoston tarkoituksena ei ole olla keskinäisen kehumisen

verkostoa vaan verkosto, jossa pyritään avoimessa ilmapiirissä kehittämään insinöörikoulutusta. Tämän takia verkostossa pyritään rehellisyyteen. Verkoston kantavana voimana on vapaaehtoisuus, jolloin totuuden vääristelyllä todennäköisesti vain vahingoitetaan omaa toimintaa. Virheistä kertomalla myös muut saavat tietoon, mitä ei kannata tehdä. Näin muiden verkoston jäsenten ei tarvitse toistaa samoja virheitä.

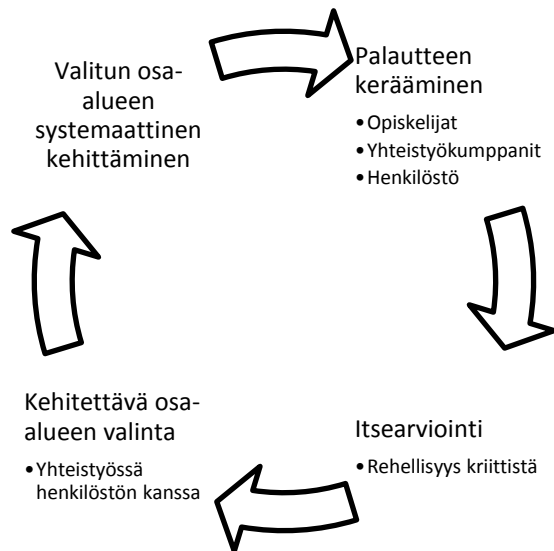
Yleensä korkeakoulut näkevät verkoston kokoontumiset ja jaetut kokemukset hyvin tärkeinä, koska tällöin korkeakoulu pystyy asettamaan oman opetuksen oikeisiin mittasuhteisiin. CDIO:ssa on kaksi tärkeää työkalua. Tärkein työkalu koulutuksen kehittämiseen on standardit ja toiseksi tärkein CDIO:n tarjoama opetussuunnitelma. Opetussuunnitelman avulla voidaan katsoa mitä insinöörikoulutus voisi sisältää, kun taas standardit keskittyvät koko koulun muuttamiseen. Yleensä korkeakoulu pyrkii saamaan standardien esittämät asiat toimimaan ja vasta myöhemmin rupeaa miettimään opetussuunnitelmia. Käytännössä kukaan ei ole suoraan tehnyt omia opetussuunnitelmiaan CDIO:n opetussuunnitelman pohjalta, vaan siitä on poimittu vain tärkeiksi koettuja asioita, eli se toimii käytännössä eräänkaltaisena check-listana. Standardien ja opetussuunnitelmien lähtökohtana on korkeakoulun itsearvio. CDIO:ssa kukaan ei tule sanomaan mitä korkeakoulun tulee tehdä, vaan kaikki toiminnot perustuvat korkeakoulun itsensä tekemään itsearviointiin. Ilman arviointia ei pystytä tietämään, mitä pitää kehittää tai mitä ei tarvitse. Itsearvioinnissa rehellisyys on tärkein tekijä, koska yleensä itsearvioissa annetaan omalle toiminnalle liian hyviä arvioita. Taulukossa 1 on esitelty joitakin CDIO:n haasteita ja hyötyjä, jotka nousivat tutkimuksen aikana esille. Tutkimuksessa ei noussut esille, että CDIO:sta olisi yksiselitteisesti haittaa sitä toteuttavalle korkeakoululle.

Taulukko 1. CDIO:n haasteita ja hyötyjä.

Hyötyjä	Haasteita
Valmis näkemys koulutukseen Vapaaehtoinen Verkoston avoimuus Insinöörikoulutukseen suunnattu Kansainvälinen Suomen koulujärjestelmään sopiva Laittaa miettimään koulutusta ja kehittämään sitä	Muutosvastarinta Itsearvioinnin rehellisyys Tilojen ja laitteiden sopivuus Resurssit Organisaation byrokratia Sisäinen markkinointi Kaikkien sidosryhmien tarpeiden huomioiminen koulutuksessa Opetussuunnitelman muuttaminen Jatkuvan koulutuksen kehittämisen ylläpitäminen

Yhteenvedona johdannossa esitettyihin kysymyksiin voin sanoa, että CDIO:n implementointi vaatii koululta halua sitoutua jatkuvaan muutokseen. CDIO vaatii koulutusorganisaatiolta loppujen lopuksi vähän rahallista tai ajallista panostusta. Kumpikaan haastateltavista ei maininnut, että verkostoon kuulumisesta olisi ollut haittaa. Monesti riittää, kun opetusta muutetaan yksinkertaisilla pedagogisilla menetelmillä enemmän opiskelijoita aktivoivaksi. Opetuksen aktivoimiseksi on olemassa

lukemattomia erilaisia pedagogisia keinoja, kuten PBL. Jokaisen korkeakoulun täytyy valita itselleen sopivat keinot siihen. Opetustilojen muokkaaminen paremmin oppimista tukeviksi vaativat enemmän aikaa ja vaivaa, mutta yleensä pedagogiset mallit antavat myös tähän hyviä ehdotuksia. Käytännössä suurimmat ongelmat ilmenevät muutosvastarintana ja muutokseen sitoutumattomuutena organisaation kaikilla tasoilla. Käytännössä koulut tutustuvat erilaisilla menetelmillä CDIO:n ja tämän jälkeen aloitetaan sisäinen markkinointi aiheesta. Sitten ruvetaan erilaisilla projekteilla muokkaamaan tiloja ja opetusta paremmin CDIO:n tavoitteiden mukaisiksi. Tässä vaiheessa voidaan aloittaa esimerkiksi standardin neljä ja viisi mukaiset opetuskokonaisuudet. Tämän jälkeen haetaan verkoston jäsenyyttä ja keskitytään jatkuvaan koulutuksen kehittämiseen, jossa itsearviointilla on ratkaiseva rooli. Kuviossa 1 on esitetty CDIO:n mukaisissa korkeakouluissa yleinen koulutuksen kehittämisen kulku.



Kuvio 1. Koulutuksen kehittämisen yleinen kulku.

Ensimmäinen askel on kerätä palautetta kaikilta tahoilta, joiden kanssa korkeakoulu on yhteistyössä. Palautetta pitää kerätä organisaation kaikista toimista ja kaikilta yhteistyökumppaneilta, eikä vain yhdestä osa-alueesta. Tätä palautetta kerätään yleensä pitkäaikoinen aika, esim. vuoden verran. Tämän jälkeen korkeakoulu suorittaa oman toiminnan itsearvioinnin. Itsearviointi pitää tehdä säännöllisesti ja rehellisesti, koska ilman luotettavaa arviota omasta tilasta, ei pystytä tekemään oikeita päätöksiä opetuksen kehittämisestä. Palautteen ja itsearviointitietojen pohjalta korkeakoulu päättää yhdessä koko henkilöstön kanssa kehitettävän osa-alueen. Tämän jälkeen ruvetaan systemaattisesti kehittämään valittua osa-alueita.

## 6 POHDINTA

Valituilla tutkimusmenetelmillä saatiin selville esitettyihin tutkimuskysymyksiin vastaukset. Valittua tutkimusmenetelmää voidaan pitää onnistuneena. Haastattelu tilanteita voidaan pitää onnistuneina ja niistä saatuja tietoja luotettavina. Haastatteluissa olisi todennäköisesti pitänyt saada aikaan enemmän dialogia, koska kummatkin haastateltavista olivat kokeneita luennoitsijoita. Näin haastattelu siirtyi joskus luennon puolelle ja varsinainen haastattelu jäi vähemmälle. Tämä ei noussut tässä tutkimuksessa ongelmaksi, koska olin osannut varautua tähän ongelmaan ja osasi keskeyttää tilanteen kysymyksillä. Tuloksia voidaan pitää luotettavina ja pitkälti yleistettävissä olevina. Kummassakin tapauksessa vastaukset olivat samankaltaisia ja linjassa kirjallisuuden kanssa. Itse tutkimuksen kulussa, tai vastauksissa, ei ilmennyt varsinaisia yllätyksiä. Ehkä ainoaksi yllätykseksi voisi luetella haastatteluissa noussut muutosvastarinta ja sen merkitys onnistumiseen.

Saadut tulokset tuskin olisivat muuttuneet, vaikka tutkittavia tapauksia olisikin lisätty. Tätä voi perustella Suomalaisen korkeakoulutuksen kentän laadukkuudella ja hyvällä valvonnalla. Suomessa tuotettua korkeakoulutusta voidaan pitää laadukkaana, tasalaatuisena ja modernina. Näin ollen korkeakoulujen väliset erot ovat pieniä. Tästä seuraa se, että jos kaksi korkeakoulua lähtee erikseen toteuttamaan jotain, niin suurella todennäköisyydellä tulos on sama, vaikka korkeakoulut eivät keskustelisi keskenään asioista. Tutkimustulokset vastasivat pitkälti teorioita. Kumpikaan tutkituista organisaatioista eivät vielä olleet saaneet vietyä läpi muutoksia kokonaan, joten kaikkia tutkimuksen osa-alueita ei voi verrata suoraan teorioihin. Kummassakin korkeakoulussa muutokset olivat vielä kesken, koska muutoksia toteutetaan rauhallisesti. Tällä pyritään vähentämään organisaation kipuilua muutoksessa, joka syntyy lähinnä muutosvastarinnasta. Muutosvastarintaa voidaan vähentää kaikilla siihen tarkoitetuilla menetelmillä, mutta CDIO ei itsessään ota selkeää kantaa miten se pitäisi hoitaa. Käytännössä avoin ja riittävä tiedottaminen voitaneen nähdä tärkeimpänä työkaluna siinä.

CDIO esittelemät ajatukset, tavoitteet ja keinot tuntuvat äärimmäisen kiinnostavilta ja toimivilta, eikä niistä mitään voi suoraan tuomita tai kumota. Varsinkin viitekehyksen tavoitteet ovat äärimmäisen kunnianhimoisia, kun muistaa, että verkostoon kuuluminen on täysin vapaaehtoista ja, että arvioinnit ovat pääsääntöisesti korkeakoulun itsensä tekemiä. Verkoston suurimpana tavoitteena tuntuu olevan, että korkeakoulut saadaan miettimään omaa toimintaansa, josko koulutuksen voisi tehdä toisella tavalla. Toisena suurena tavoitteena tuntuu olevan kokemusten jakaminen. Kummassakin tavoitteessa CDIO onnistuu, jos korkeakoulu liittyy verkostoon ja rupeaa kehittämään toimintaansa aktiivisesti sekä rehellisesti. Suomessa CDIO:n esittämät ongelmat eivät ole niin suuria kuin monissa muissa maissa, joissa koulutus on hyvin autoritääristä, hierarkkista ja teoreettista. Näissä maissa yleensä panostetaan matematiikkaan ja fysiikkaan muiden oppiaineiden kustannuksella. Yhtenä mahdollisena ongelmana voi olla se että koulu



sanoo toteuttavansa CDIO:n mukaista opetusta, mutta opiskelijat eivät näe sitä tai tunnista sitä opetuksessa. Tämä voi johtua esimerkiksi huonosta tiedottamisesta, muutos on alkuvaiheessa, CDIO:n mukainen opetus ei eroa merkittävästi aikaisemmasta toiminnasta, CDIO:a on toteutettu vain paperilla tai jostain muusta syystä. On myös muistettava, että CDIO on vain yksi koulutuksellisista viitekehysistä. CDIO on monessa mielessä ainoa puhtaasi insinöörikoulutukseen suunnattu viitekehys, joten sille ei löydy varsinaista kilpailijaa. Samoin se on hyvin laaja- ja avoinviitekehys, joka ei pakota lukitsemaan opetusta tiettyyn kaavaan. Samoin se tarjoaa valmiin kansainvälisen yhteistyöverkoston. Suurin osa opetuksellisista viitekehysistä keskittyy käytännössä vain erilaisiin pedagogisiin menetelmiin, kuten PBL, LdL ja DIANA. CDIO pitäisi nähdä yläkäsitteenä, jonka alle asettuvat erilaiset opetukselliset menetelmät, ajatukset ja käsitteet, kuten PDCA, PBL, LdL, DIANA. CDIO:ssa voidaan käyttää esimerkiksi PDCA:n mukaisia ajatuksia projekteissa, kunhan opetuksessa muistetaan ylläpitää Conceive – Design – Implement – Operate – ajatusmaailma.

Yleensä ammattikorkeakoulut Suomessa, ovat jo pitkään kokeilleet sekä muuttelleet omaa toimintaansa ja monesti koulutusta on jo kehitetty CDIO:n tavoitteiden suuntaan. Käytännössä suomalaisten korkeakoulujen on helpompi täyttää CDIO:n tavoitteet, kuin monien ulkomaisten korkeakoulujen. Toisaalta kaikilla Suomenkin korkeakouluilla on paljon työtä tehtävissä, jos halutaan saavuttaa kaikki CDIO:n tavoitteet. CDIO itsessään ei ole mikään ihmelääke koulutukseen, vaan se on yksi näkemys aiheesta muiden näkemysten joukossa. Se toimii Suomessa ja sen ajatukset on siirrettävissä suomalaisen koulutukseen, mutta jokaisen korkeakoulun täytyy itse miettiä saavutetaanko verkostoon liittymällä mitään hyötyä heille. Toisaalta ei verkostoon kuulumisesta suurta vaivaa tai haittaakaan ole, koska verkostoon kuulumisen perustuu vapaaehtoisuuteen ja haluun kehittää opetusta. CDIO:a miettiessä täytyy muistaa, ettei se ole pedagoginen lähestymistapa koulutukseen, vaan suosittelee käytettäväksi aktiivisen oppimisen menetelmiä. Tärkeintä on, että käytetyt pedagogiset menetelmät ovat aktivoivia ja kokemusperäisiä.

Jokaisen korkeakoulun tulisi katsoa ja perehtyä CDIO:ssa esitettyihin asioihin, koska siihen on yllättävän hyvin kerätty tärkeitä huomioita koulutuksesta, ja miten sitä voisi tehdä. Jokaisen tekniikanalan korkeakoulun tulisi miettiä CDIO:n esittämiä asioita, vaikka korkeakoulu ei liittyisikään verkostoon. Monet korkeakoulut toteuttavat CDIO ajatusta, mutta eivät ole liittyneet verkostoon, koska ovat nähneet sen tarpeettomana. CDIO:n tutustumallakin on mahdollista saada perspektiiviä siitä, mikä korkeakoulutuksen opetuksen taso on tällä hetkellä. Onko jotain jäänyt huomioimatta tai ollaanko jossain jo hyviä? Verkostoon liittyminen voi olla jossain tapauksissa turhaa, jos muuten kehittää koulutusta eikä korkeakoulu tarvitse CDIO:n tarjoamaa statusta. Verkostossa hyvänä puolena on pidettävä siinä tapahtuvaa kokemusten jakamista. Verkoston avulla on mahdollista myös päästä kansainvälisiin yhteyksiin ja saada näkemystä siitä, miten muilla korkeakouluilla menee. Samoin on mahdollista huomata, että kaikilla korkeakouluilla on

samankaltaisia ongelmia. Verkostoon liittymällä saa kyllä CDIO statuksen, mutta se ei ole mikään taikakeino, jolla korkeakoulun opetus on yhtäkkiä parempaa kuin muiden. CDIO ei ole mikään taikakalu tai vastaava, vaan se on työkalu oman opetuksen arvioimiseen ja kehittämiseen. Huomioitava asia on se, että kyseessä ei ole varsinaisesti sertifiointiprosessi, vaikka standardeja siihen voikin käyttää, vaan kehittymisaloite ja tahtotila paremman koulutuksen puolesta. CDIO:n standardeja ja ajatuksia ymmärretään yleensä tältä osin väärin ja CDIO:ta pidetään pitkälti sertifiointiprosessina.

Käytännössä jokaisen korkeakoulun tulisi kuitenkin perehtyä CDIO:n ajatuksiin, tutustua sitä käyttäviin korkeakouluihin ja miettiä soveltuuko se meille, koska näin on mahdollista löytää koulutuksesta mahdollisia heikkouksia ilman käytännön riskejä. Jos päädytään CDIO:n implementoimiseen, niin silloin on myös varmistettava, että muutoksia tehdään oikeasti. Tähän on johdon, koulutusohjelman ja henkilökunnan sitouduttava, jotta saadaan aikaan muutoksia, joilla on merkitystä. Verkostoon liittymisen jälkeen suurimmat ongelmat keskittynevät kehittämisen ja itsearvioinnin jatkuvuuteen. Muutaman itsearviointi ja kehittämiskierroksen jälkeen on riskinä, että CDIO jää pikkuhiljaa pois käytöstä, koska se ”ottaa aikaa”, ”meillähän tämä on hallinnassa” ja niin edelleen. Tämän jälkeen pitää sitten korkeakoulun miettiä tosissaan, miksi he kuuluvat CDIO:n vielä? Korkeakoulujen voisi olla kannattavaa miettiä CDIO:a strategisena vetona, jolla turvataan koulutusorganisaation tulevaisuus. Tällöin sitoutuminen muutokseen olisi varmempaa.

CDIO:sta voidaan miettiä, soveltuvatko kaikille opiskelijoille aktiivisien oppimisien menetelmät? Kaikki opiskelijat eivät halua olla jatkuvasti ”mukana” opetuksessa, vaan he haluavat, että heitä oikeasti ”opetetaan” eikä vain johdatella itse hakemaan tietoa. Samoin monille ammatillista polkua tuleville opiskelijoille käytännön työt voivat olla täysin turhia. He voivat jo osata asiat hyvin ja näin ollen he vain pitkästyvät tunneilla. Suurin osa opiskelijoista kyllä kannattaa käytännön töitä ja projekteja, mutta näiden vaikeusasteen ja laajuuden määrittäminen on hyvin haasteellista. Näissä täytyy huomioida tarkasti, että neuvonta, materiaalit, ryhmadynamiikka, aika, opetettavat aiheet, tilat jne. ovat hyvin määritettyjä sekä saatavilla. Tässä täytyy huomauttaa, että näiden suunnittele – toteuta kokemusten ei tarvitse olla projekteja, vaan ne voivat olla käytännössä melkein mitä vain, kuten hitsausharjoituksia tai koneistusharjoituksia, jos ne vain on suunniteltu opiskelijoiden toimesta hyvin. On myös syytä miettiä tarkasti, miten paljon käytännön kädentaitoja ja millaisia käytännön kädentaitoja insinööri oikeasti tarvitsee? Tarvitseeko insinöörin olla hyvä käytännön hitsaaja vai riittääkö hänelle alkeet aiheesta, jotta hän kykenee mitoittamaan hitsausaumat tehokkaasti? Käytännössä insinööriopiskelijoille tarvitsee antaa vain perustiedot yleisimmistä valmistustekniikoista, jotta hän kykenee hyvään insinööriyöhön.

Parasta todennäköisesti olisi, jos opiskelijoilla olisi käytännön töistä työkokemusta ennen kuin he tulevat korkeakouluun opiskelemaan. Tällöin

koulutus voisi keskittyä lähes puhtaasti insinööritaitojen ja tieteiden opettamiseen. Näin opiskelijoiden olisi helpompi sisäistää jo alusta alkaen opetettavat aiheet. Tällöin opiskelijat kyllä saattaisivat valmistua vähän vanhempana kuin nykyään, mutta toisaalta heillä olisi valmistuttuaan todennäköisesti laajempi osaaminen kuin nyt. Toisaalta, jos opiskelija jo valmiiksi osaa käytännön asioita, voisi hänen olettaa pääsevän nopeammin ja helpommin koulutuksen läpi. Tällöin harvempi opiskelija tarvitsisi jatkoaikaa opiskelujen loppuun saattamiseen, ja näin ollen opiskelijat valmistuisivat nuorempina. Käytännön työelämässä saavutettu käytännön osaaminen on lähes poikkeuksetta laadukkaampaa kuin koulutuksessa saavutettu, joten sen päälle olisi erittäin hyvä rakentaa teoreettinen osaaminen.

Yleensä ne opiskelijat, joilla on hankittuna alan työkokemusta ennen opiskelua, ovat halutuimpia työntekijöitä työnantajan näkökulmasta. Toisaalta voi miettiä minkälaisia insinöörejä työelämään tulee, jos koulutus on puhtaasti käytäntölähtöistä tai vain muutaman yrityksen halujen mukaista? Katoaako innovatiivisuus, jos opiskelijoille opetetaan vain niitä asioita ja tapoja, joita tällä hetkellä käytetään tai pidetään hyvänä? Olisiko perinteisillä menetelmillä, ajatuksilla tai vain käytäntölähtöisillä ajatuksilla syntynyt esimerkiksi sähkö? Monet tärkeimmistä innovaatiosta on syntynyt ennakkoluulottoman asenteen ja epänormaalien ratkaisujen liitosta. Kuinka paljon insinööriopiskelija tarvitsee oikeasti työelämälähtöistä opetusta, ja saavutetaanko sillä oikeasti parempi opetus pitkässä juoksussa vai tukahdutetaanko sillä luovuus ja ennakkoluulottomuus? Ehkä on hyvä, jos insinöörikoulutus on mahdollisimman laaja-alaista, jolla ei pyritä kahlitsemaan opiskelijoita yhteen tiettyyn ajatusmalliin. Insinööriopiskelijoiden on kuitenkin syytä tuntea kaikki oman alan perustyöt, vaikka hän ei olisikaan niissä hyvä. Näin hänelle ainakin syntyy kohtuullisella vaivalla karkea käsitys, mitkä asiat ovat mahdollisia ja mitkä eivät.

Tutkimuksessa käsiteltyä aihetta pitäisi mielestäni lisätutkia erilaisilla jatkotutkimuksilla. Esimerkiksi miten CDIO:n kaltainen opetuksen kehittäminen todellisuudessa vaikuttaa opiskelijoihin, korkeakouluun, opetus- ja kulttuuriministeriöön ja työelämänedustajiin. Tällöin saataisiin tietoa siitä, mitkä CDIO:n ominaisuudet kannattaa laajemminkin kontekstissa ottaa osaksi koulutusta ja mitkä ei. Samoin saataisiin ymmärrystä siitä, mitkä osa-alueet korkeakoulutuksessa ovat eniten ongelmissa. Toisena jatkotutkimuksen aiheena voisi olla, mitä eri sidosryhmät haluavat vastavalmistuneilta insinööreiltä. Kaikkia sidosryhmiä ei voida täydellisesti miellyttää, vaan koulutuksen on oltava jonkin kaltainen kompromissi, mutta minkälainen olisi paras? Yhtenä jatkotutkimuksen aiheena voisi olla myös, miten CDIO on vaikuttanut eri koulujen tunnuslukuihin, kuten läpäisyasteeseen. Samoin olisi mielenkiintoista, jos lisätutkimuksella saataisiin selville erimaalaisten korkeakoulujen välisiä eroja koulutuksessa. Tällöin olisi mahdollista löytää hyviä käytänteitä ja tietoa asioista, miten kannattaa tehdä tai miten ei kannata tehdä. Tässä tutkimuksessa olisi mielestäni hyvä käyttää CDIO verkostoa hyödyksi, koska siinä on mukana korkeakouluja joka puolelta

maapalloa, aina huippu yliopistoista alkaen. Yhtenä mahdollisena jatkotutkimuksen aiheena voisi olla, miten CDIO on vaikuttanut opiskelijoiden näkökulmasta opetukseen ja verrattaisiin tätä näkemystä muiden sidosryhmien näkemyksiin. Näin olisi mahdollista saada selville kuinka paljon opiskelijoiden näkemykset eroavat esimerkiksi työelämän näkemyksestä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että jokaisen tekniikanalan korkeakoulun tulisi tutustua CDIO:n ja pyrkiä hyödyntämään sen oivalluksia koulutuksessa, vaikka ei liittyisikään itse verkostoon. CDIO:ssa on kohtuullisen hyvin löydetty insinööriopetuksen ongelmia ja ratkaisuja, joita jokaisen tekniikanalan korkeakoulun olisi syytä miettiä omassa opetuksessaan. CDIO voi tarjota toimivia ratkaisuja korkeakouluille tulevaisuudessa, kun Bolognan prosessi etenee ja korkeakoulujen täytyy siirtyä osaamisperustaiseen koulutukseen.

## 7 KONTRIBUUTIO

Tutkimuksella saatiin tietoa siitä mitä CDIO on, mitä implementointi vaatii, miten sitä on toteutettu ja mitä se vaatii korkeakoululta eli työlle asetetut tavoitteet täyttyivät tutkimuksen resurssien sallimissa rajoissa. Työn myötä saatiin yleistä ymmärrystä CDIO:n hyödyllisyydestä ja missä järjestyksessä CDIO:a tulisi ruveta implementoimaan koulutukseen. Tutkimuksen avulla voitiin todeta CDIO toimivaksi opetuksen kehittämisen keinoksi Suomessa, kunhan joitakin asioita huomioidaan sen implementoimisessa ja ylläpidossa. Voidaan todeta, että jokaisen tekniikanalan korkeakoulun tulisi tutustua CDIO:n ajatuksiin ja pyrkiä hyödyntämään sen oivalluksia koulutuksessa.

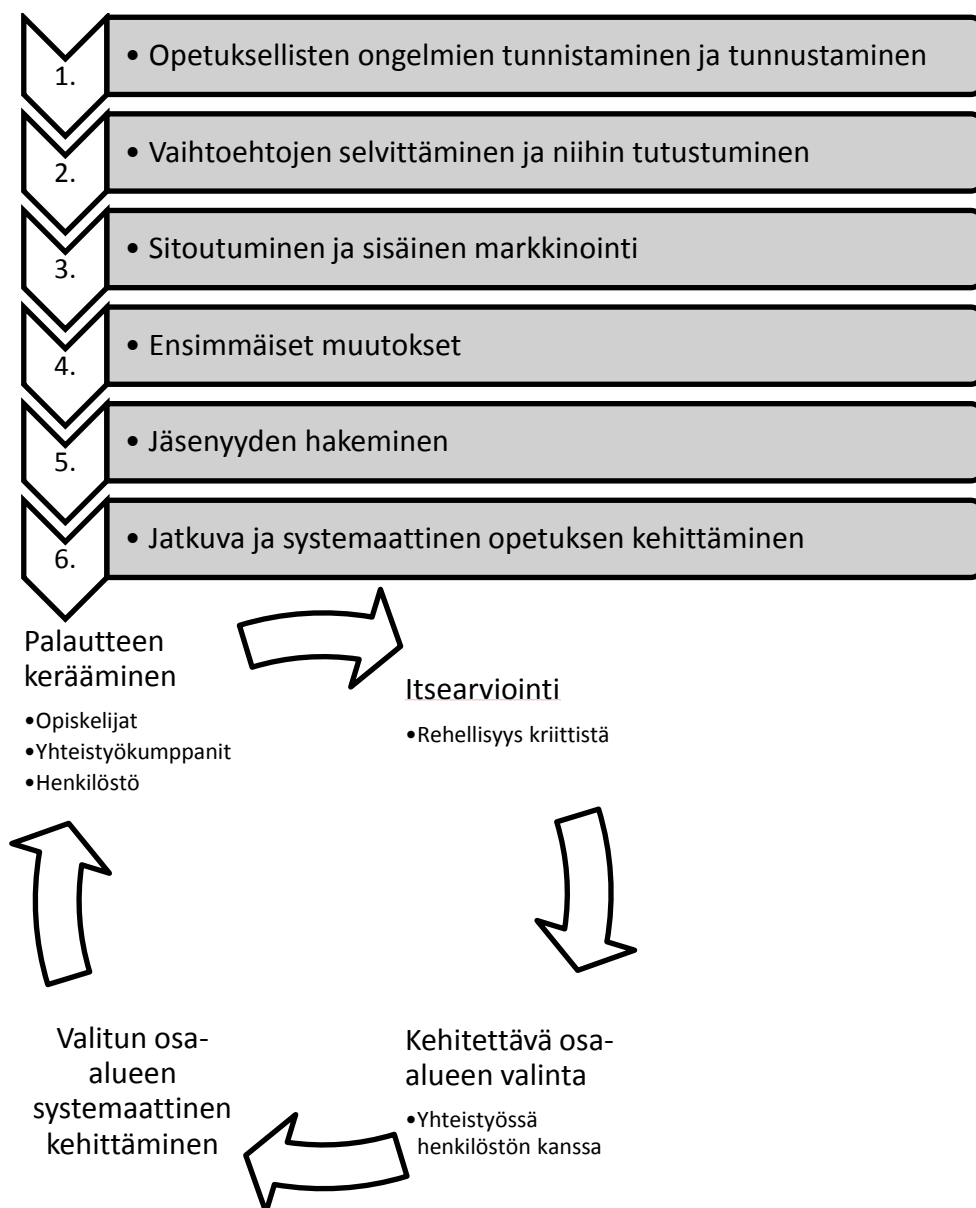
Suurimpia huomioitavia asioita ovat muutosvastarinta, sitoutuminen, itsearviointi ja sitoutuminen jatkuvaan koulutuksen kehittämiseen. Kaikkien insinööritieteitä opettavien korkeakoulujen tulisi vähintään tutustua CDIO:n ja sen esittämiin ajatuksiin, vaikka korkeakoulu ei liittyisikään itse verkostoon. Insinööritieteitä opettavien korkeakoulujen kannattaa tutustua CDIO:n, koska siihen on löydetty kohtuullisen hyvin insinöörikoulutuksen perusajatus ja se, miten sitä voitaisiin kehittää. Korkeakoulujen olisi hyvä ymmärtää, että CDIO:n perusajatuksena on jatkuva koulutuksen kehittäminen, eli CDIO verkostoon liittyminen ei ole yhden kerran projekti, vaan siihen liittymällä korkeakoulu osoittaa halunsa sitoutua jatkuvaan koulutuksen kehittämiseen. Verkostoon liittyminen ja siinä oleminen on täysin vapaaehtoista korkeakoululle sekä moni korkeakoulu on kokenut saavansa siitä hyötyä. Täytyy myös muistaa, että CDIO ei ole varsinaisesti sertifiointiprosessi, vaikka sitä siihenkin voi käyttää. Käytännössä korkeakoulun kannattaa ensin rauhassa tutustua CDIO:n, toteuttaa sen ideoita koulutuksessa, käydä eri tapaamisissa ja vasta sitten tehdä päätös itse verkostoon liittymisestä. Tällöin voidaan pienentää joitakin ongelmia, kuten muutosvastarinnan tuomia ongelmia.

CDIO:ssa korkeakoulun opetuksen ja toiminnan kehittämisen pohjana on korkeakoulun itsensä tekemä itsearviointi. CDIO:ssa kukaan ulkopuolinen taho ei tule arvioimaan korkeakoulun toimintaa tai käskä mitä pitäisi tehdä, vaan kyseessä on ennemminkin koulutuksen kehittymisaloite. Onnistunut itsearviointi vaatii korkeakoululta systemaattista ja rehellistä arviointia omasta toiminnastaan. Käytännössä korkeakoulut antavat alussa itselleen liian hyviä arvioita ja saattavat jopa ajatella, että heidän toiminnassaan ei ole enää parannettavaa jollain osa-alueilla. Jokaisessa korkeakoulussa on aina parannettavaa tai korjattavaa koulutuksessa, koska pelkästään jo kehittyvä maailma muuttaa jatkuvasti koulutuksen tavoitteita ja tarpeita.

Suomessa CDIO:n ajatusten implementointi on huomattavasti helpompaa kuin monissa ulkomaisissa korkeakouluissa. Tämä johtuu siitä, että Suomessa on jo pitkään tehty töitä monien CDIO:n esittelemien ongelmien ratkaisemiseksi. Toisaalta muutospainet ovat tulleet lähinnä korkeakoulujen ulkopuolelta, kuten opetus- ja kulttuuriministeriöltä eikä koulutusorganisaation sisältä. Suurimmat ongelmat ilmenevät siinä, että

korkeakoulun täytyy systemaattisesti tehdä rehellistä ja vapaaehtoista itsearvioita ja niiden pohjalta kehittää jatkuvasti toimintaansa vapaaehtoisesti. Tämä vaatii korkeakoululta muutosvastarinnan voittamista ja asiaan sitoutumista. Lähes poikkeuksetta muutosvastarinta ja sitoutumattomuus pilaavat kaikki mahdolliset positiiviset muutokset koulutuksessa. Opetustilojen ja muiden fyysisten muutosten tekeminen on yleensä helpointa muutoksissa, koska tällöin tarvittavien toimintatapojen muuttaminen organisaatiossa on vielä vähäistä.

Kuviossa 2 on esitetty yleinen järjestys siitä, missä järjestyksessä korkeakoulut ovat ruvenneet implementoimaan CDIO:a. Toteuttamisjärjestykseen vaikuttaa monet asiat, kuten organisaation kulttuuri, lainsäädäntö ja organisaation rakenne. Kuvion jälkeen on pyritty selventämään mitä milläkin vaiheella tarkoitetaan.



Kuvio 2. CDIO:n implementoimisen yleinen kulku.

## **1. Opetuksellisten ongelmien tunnistaminen ja tunnustaminen**

Tässä vaiheessa korkeakoulu huomaa opetuksen olevan puutteellista tai, että se ei vastaa asetettuja tavoitteita. Tämä tieto saattaa tulla organisaation sisältä tai ulkopuolelta, kuten esimerkiksi opetus ja kulttuuriministeriöltä. Monesti tarve huomataan erilaisten projektien lomassa, kun ollaan muiden korkeakoulujen, tai yhteistyökumppaneiden kanssa yhteistyössä muiden asioiden tiimoilta. Muutoksen tarpeen tunnistaminen voi tulla henkilökunnalta, mutta yleensä näin saatuja signaaleja ei yleensä huomioida. Kun ongelma on tunnistettu, vaaditaan sen tunnustaminen organisaation päättävissä elimissä, jotta muutos saadaan käyntiin. Tässä vaiheessa koulutusorganisaation johtoporras toteaa ongelman todelliseksi ja käynnistää toimet ongelman korjaamiseksi. Tämä vaihe on koulutusorganisaatioille yleensä hankala, koska on haasteellista arvioida ja arvostella omaa toimintaansa. Yleensä tämän takia muutospaine tulee koulutusorganisaation ulkopuolelta, jolloin muutokset eivät ole koulutusorganisaatiolle vapaaehtoisia. Tämä vaihe vaatii päättävältä tasolta tietoa ongelmista, sitoutumista ongelmien ratkaisemiseen ja todellista tahtoa korjata ongelmat.

## **2. Vaihtoehtojen selvittäminen ja niihin tutustuminen**

Kun tarve muuttaa koulutusta on tunnistettu, ruvetaan etsimään tietoa miten ongelmat saataisiin ratkaistua korkeakoululle sopivimmalla tavalla. Tässä vaiheessa koulutusorganisaatio yleensä käynnistää erilaisia kehittämisprojekteja, joilla pyritään selvittämään vaihtoehtoja ongelmien ratkaisemiseen. Vaihtoehdot voivat olla myös ulkopuolisten tahojen määräämiä tai konsultointien ehdottamia. Tässä vaiheessa yleensä tutustutaan myös muihin koulutusorganisaatioihin, miten he ovat toteuttaneet koulutuksen kehittämistä, esimerkiksi CDIO:n avulla. Yleensä tutustumiskäynnit ja erilaiset ristiin arvioinnit tuovat eniten tietoa toimivista vaihtoehdoista ja niiden toteuttamismahdollisuuksista. Tässä vaiheessa olisi hyvä saada mukaan myös kokonainen koulutusohjelma, joka olisi vapaaehtoisesti toteuttamassa muutosta ja selvittämässä sen soveltuvuutta omaan toimintaan. Tämä vaihe vaatii käytännössä kaikkiin mahdollisiin vaihtoehtoihin tutustumista ja niiden käyttökelpoisuuden arvioimista omaan käyttöön, eikä vain CDIO:n tutustumista. Vaihtoehtoihin tutustumisen ja selvittämisen jälkeen esitellään päättävälle elimelle ne mahdollisuudet, joilla ongelmat on mahdollista ratkaista. Esittelyn pitäisi olla rehellinen, perusteellinen ja kaikki vaihtoehdot huomioon ottava. Tällöin kerrotaan jokaisen vaihtoehdon vahvuudet, heikkoudet ja mihin niiden kanssa sitouduttaisiin. Tämän jälkeen koulutusorganisaatio valitsee itselleen sopivimman vaihtoehdon. Monesti tekniikan-aloilla valittu vaihtoehto on CDIO.

## **3. Sitoutuminen ja sisäinen markkinointi**

Valinnan jälkeen johdon täytyy aidosti sitoutua muutosten tekemiseen ja toimillaan mahdollistaa tämä muutos. Tämä vaihe vastaa pitkälti CDIO:n standardeista ensimmäistä. Ilman johdon tukea riittäviä muutoksia ei voida

yleensä toteuttaa. Tässä vaiheessa johdon on ymmärrettävä myös, että CDIO:ssa pyritään jatkuvaan koulutuksen kehittämiseen kaikkia sidosryhmiä hyödyttävällä tavalla. Tämä sitoo johdon, henkilökunnan ja organisaation vähintään vuosiksi koulutuksen kehittämiseen. Johdon sitouduttua ruvetaan sitouttamaan myös muuta henkilökuntaa. Sitouttaminen toteutetaan laajalla sisäisellä markkinoinnilla. Yleensä sisäisessä markkinoinnissa rehellisyydellä saavutetaan hyviä tuloksia. Kehumalla CDIO:a ainoaksi oikeaksi vaihtoehdoksi ei yleensä saada aikaan hyviä tuloksia. Samoin henkilökunnalle on yleensä tärkeää nähdä, että johto on oikeasti sitoutunut asiaan eikä vain vaadi muita sitoutumaan muutokseen. Sitouttaminen muutokseen on onnistumisen kannalta ratkaisevassa roolissa, koska muuten toimintatavat pysyvät samoina kuin ennenkin. Sitouttaminen toteutetaan tehokkaalla sisäisellä markkinoinnilla ja antamalla muutokselle sen tarvitsemat resurssit.

#### **4. Ensimmäiset muutokset**

Tämä vaihe toteutetaan yleensä osittain samaan aikaan edellisen vaiheen kanssa. Tässä vaiheessa ruvetaan muuttamaan koulutusorganisaatiota CDIO:n tavoitteiden mukaiseksi. Yleensä korkeakouluissa tehdään ensin standardin 4 mukainen kurssi ja sitten standardin 5 mukaiset kurssit. Näillä muutoksilla saadaan yleensä nopeinten muutettua koulutusta CDIO:n tavoitteiden mukaisiksi. Näiden jälkeen yleensä ruvetaan toteuttamaan standardeja 2, 3 ja 6, mutta järjestys voi vaihdella paljonkin korkeakoulusta riippuen. Tässä vaiheessa ei yleensä pystytä ottamaan käyttöön kaikkia standardeja, vaan niiden käyttöönotto tehdään vasta jäsenyyden haun jälkeen. Tärkeintä on ruveta tekemään muutoksia ja kerätä kokemuksia CDIO:sta. Tässä vaiheessa korkeakoululta vaaditaan todennäköisesti resursseja, jotta muutokset saadaan alkuun. Jos kaikki on onnistunut hyvin tähän mennessä, niin koulutuksen kehittäminen lähtee etenemään luontevasti. Tässä vaiheessa kannattaa pyrkiä tapaamaan viimeistään eri korkeakouluja, jotka ovat tehneet samoja muutoksia. Näin saadaan selkeä näkemys, mikä asiat toimivat ja mitkä eivät. Näin saadaan helpohkosti pienennettyä muutosten aiheuttamia riskejä.

#### **5. Jäsenyyden hakeminen**

Kun koulutuksen kehittäminen on saatu alkuun, voidaan CDIO verkoston jäsenyyttä hakea. Tässä vaiheessa kannattaa vielä selvittää, kuinka hyvin organisaatiossa on sitouduttu CDIO:n ja onko todellista kannatusta verkoston jäsenyyden hakemiselle. Tämän jälkeen jätetään verkoston jäsenyyshakemus. Hakemus on itsessään yksinkertainen paperi, jossa kysellään muutamia korkeakouluun liittyviä asioita. Hakemuksen käsittelyn jälkeen korkeakoulu yleensä hyväksytään verkoston jäseneksi. Tässä vaiheessa korkeakoululla on mennyt aikaa tyypillisesti parisen vuotta.



## **6. Jatkuva ja systemaattinen opetuksen kehittäminen**

Viimeinen vaihe on korkeakoululle samalla vaikein sekä helpoin. Tällöin koulu on jo verkoston jäsen ja ottanut vaikeimmat askeleet koulutuksen kehittämisessä ja aloittanut koulutuksen jatkuvan kehittämisen. Korkeakoululla pitäisi olla kaikki standardit huomioituna opetuksessaan ja toiminnassaan. Suurin muutosvastarinta on jo voitettu, ja korkeakoulu on löytänyt oman tapansa toteuttaa jatkuvaa koulutuksen kehittämistä. Korkeakoululle haastavinta on ylläpitää jatkuvaa ja systemaattista koulutuksen kehittämistä. Ensimmäinen askel tässä on kerätä palautetta kaikilta tahoilta, joiden kanssa korkeakoulu on yhteistyössä. Palautetta pitää kerätä organisaation kaikista toimista ja kaikilta yhteistyökumppaneilta, eikä vain yhdestä osa-alueesta. Palautetta kerätään pitkähkö aika eikä vain pistokoemaisesti. Tämän jälkeen korkeakoulu suorittaa oman toimintansa itsearviointin. Palautteen ja itsearviointitietojen pohjalta se päättää yhdessä koko henkilöstön kanssa kehitettävän osa-alueen ja toimet kehittämiselle. Tämän jälkeen korkeakoulu rupeaa systemaattisesti kehittämään valittua osa-aluetta. Tämä jatkuvuuden ylläpitäminen vaatii korkeakoululta hyvää ja todellista sitoutumista aiheeseen.

## LÄHTEET

Ammattikorkeakoulutuksen työelämälähtöisyyden kehittäminen. 2009. Valtiontalouden tarkastusviraston tuloksellisuustarkastuskertomukset 188/2009. Viitattu: 8.11.2012.

[http://www.vtv.fi/files/1783/1882009\\_AMKkoulutuksen\\_tyoelamalahtoisyyden\\_kehittaminen\\_NETTI.pdf](http://www.vtv.fi/files/1783/1882009_AMKkoulutuksen_tyoelamalahtoisyyden_kehittaminen_NETTI.pdf)

Antikainen Riina (toim.). 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7 | 2010. Suomen ympäristökeskus. Viitattu: 8.11.2012.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=116835&lan=fi>

CDIO Collaborators. 2012. CDIO Collaborators. Worldwide CDIO Initiative. Viitattu: 8.11.2012.

CDIO History. History of the Worldwide CDIO Initiative - Returning to Engineering Fundamentals. Worldwide CDIO Initiative. Viitattu: 8.11.2012. <http://www.cdio.org/cdio-history>

CDIO Syllabus in Topical Form. 2011. CDIO – Conceive – Design – Implement – Operate. Worldwide CDIO Initiative. Viitattu: 8.11.2012 <http://www.cdio.org/benefits-cdio/cdio-syllabus/cdio-syllabus-topical-form>

Crawley Edward, Malqvist Johan, Östlund Sören, Brodeur Doris. 2007. Rethinking Engineering Education – The CDIO Approach. Springer. Milton Keynes UK: Lightning Source UK Ltd.

Eriksson Päivi, Koistinen Katri. 2005. Monenlainen tapaustutkimus. Kuluttajatutkimuskeskus, julkaisuja 4:2005.

Esittely. Esittely. Lahden ammattikorkeakoulu. Viitattu: 5.7.2012 <http://www.lamk.fi/esittely/Sivut/default.aspx>

Esittely 2011. 2011. Esittely. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu: 10.7.2012. <http://www.turkuamk.fi/public/default.aspx?nodeid=7569&culture=fi-FI&contentlan=1>

Etäpelto Anneli, Tynjälä Päivi (toim.). 1999. Oppiminen ja asiantuntijuus – työelämän ja koulutuksen näkökulmasta. Juva: WSOY – kirjapainoyksikkö.

Gustafsson Jukka. 2012. Työelämä valmistaa ammattilaiseksi. Uusi insinööri 6/2012. 14 – 15.

Helander Jaakko (toim.). 2009. Ammatillisen opettajan käsikirja. Hämeen ammattikorkeakoulu. Julkaisu. Saarijärvi: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Hirsjärvi Sirkka, Remes Pirkko, Sajavaara Paula. 2001. Tutki ja kirjoita. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.

Hirsjärvi Sirkka, Huttunen Jouko. 1995. Johdatus kasvatustieteeseen. Juva: WSOY:n graafiset laitokset.

Hyvönen Pia. 2012. Insinööreistä parhaita. 3T. 28.9.2012. 12 – 13.

Insinöörikoulutus 100 vuotta. 2012. Osat 1 – 5. Insinöörikoulutusta 100 vuotta. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu: 8.11.2012.  
<http://www.insinoorisatavuotta.fi/site/materiaalit/artikkelit/>

Jokinen Lauri, Kinnunen Janne. 2010. Integroidun tuotekehityksen ja tuotannon johdantokurssin opetuksen kehittäminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekunta. Tuotantotekniikan laitos. Pro gradu –tutkielma.

Kontio Juha. 2007. IQUC International Quality Up with CDIO. Turun ammattikorkeakoulu, kehitysohjelma: OP-innot 2007. Loppuraportti. Viitattu: 8.11.2012.  
[http://turkuamk.academia.edu/JuhaKontio/Papers/990652/International\\_Quality\\_Up\\_with\\_CDIO](http://turkuamk.academia.edu/JuhaKontio/Papers/990652/International_Quality_Up_with_CDIO)

Kontio Juha. 2012. Koulutusjohtaja, Tietoliikenne ja sähköinen kauppa – tulosalue. Turun ammattikorkeakoulu. Haastattelu 14.6.2012.

Kostia Silja (toim.). 2011. Uudet ympäristömittausmenetelmät – haasteita, mahdollisuuksia ja liiketoimintaa. Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu Sarja C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut, osa 82. Tampere: Tampereen Yliopistopaino (Juvenes Print)

Koulutuspoliittinen asiakirja. 2011. Korkeakouluverkoston ja insinöörikoulutuksen kehittäminen. Insinööriopiskelijaliitto IOL ry. Hyväksytty IOL ry:n liittokokouksessa 13.11.2011. Viitattu: 8.11.2012.  
[http://www.uil.fi/pls/portal/docs/PAGE/UIIL\\_VERKKOSIVUT/06OPISKELIJAT/01\\_IOL/04\\_KULMAKIVET/01\\_KOULUTUS/KOPO-ASIAKIRJA\\_2011.PDF](http://www.uil.fi/pls/portal/docs/PAGE/UIIL_VERKKOSIVUT/06OPISKELIJAT/01_IOL/04_KULMAKIVET/01_KOULUTUS/KOPO-ASIAKIRJA_2011.PDF)

Kurki Mika, Mäki-komsi Saija. 1996. Konstruktivistinen näkemys oppimiseen. Oppimiseen liittyvien näkemysten kehittyminen. Oppiminen tietokoneavusteisessa oppimisympäristössä. Etäkamu-raportti. Etäopiskelun menetelmät –työryhmä. Tampereen yliopiston täydennyskoulutuskeskus. Viitattu: 8.11.2012.  
<http://matwww.ee.tut.fi/kamu/julkaisut/raportit/oppimi09.htm>

Lahtinen Teijo. 2012. Lehtori, mekatroniikka. Lahden ammattikorkeakoulu. Haastattelu 5.6.2012.

Laitinen-Väänänen Sirpa, Vanhanen-Nuutinen Liisa, Hyvönen Ulla (toim.). 2012. Askelmerkkejä työelämäkumppanuuteen. Osaamisen

kehittäminen ammattikorkeakouluissa. Jyväskylän ammattikorkeakoulu julkaisuja 121.

Lehto Simo. 2001. Kokemuksia projektioppimisesta Tupa-työtä varten. Tupa-projekti. Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu: 8.11.2012.  
[http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Tutkimus\\_ja\\_kehitys/Tupa1/Simo\\_Lehto.pdf](http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Tutkimus_ja_kehitys/Tupa1/Simo_Lehto.pdf)

Luopajarvi Timo, Savunen Liisa. 2012. Osaamislähtöisyys korkeakoulujen OPS-työssä, osaamista opetussuunnitelmiin. Osaamisperustaisuus korkeakouluissa. Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry ja Suomen yliopistot UNIFI ry. Osaamista opetussuunnitelmiin –seminaari. Viitattu: 8.11.2012.  
[http://ospe.utu.fi/materiaalit/Osaamista\\_opetussuunnitelmiin\\_091012\\_Liisa\\_Savunen-Timo\\_Luopajarvi.pdf](http://ospe.utu.fi/materiaalit/Osaamista_opetussuunnitelmiin_091012_Liisa_Savunen-Timo_Luopajarvi.pdf)

Neuvonen-Rauhala, Marja-Liisa. 2009. Työelämälähtöisyyden määrittäminen ja käyttäminen ammattikorkeakoulun jatkotutkintokokeilussa. Jyväskylän yliopisto, yhteiskuntatieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. Viitattu: 8.11.2012.  
<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/21622/9789513936594.pdf?sequence=1>

Rissanen Riitta. 2003. Työelämälähtöinen opinnäytetyö oppimisen kontekstina, Fenomenografisia näkökulmia tradenomin opinnäytetyöhön. Tampereen yliopisto, kasvatustieteiden laitos. Väitöskirja. Viitattu: 8.11.2012.  
<http://acta.uta.fi/pdf/951-44-5806-0.pdf>

Suomi tarvitsee maailman parasta insinööri-osaamista. 2009. Tekniikan yhteistyöryhmä. Tekniikan Akateemisten Liitto TEK. Viitattu: 11.10.2012  
[http://www.tek.fi/ci/tekstra/opetuksen\\_laatu\\_final.pdf](http://www.tek.fi/ci/tekstra/opetuksen_laatu_final.pdf)

Tiedote: Kansainvälinen verkosto kehittää insinöörikoulutusta Turun ammattikorkeakoulu ensimmäisenä suomalaisena mukaan. 2007. Turun ammattikorkeakoulun tiedote. Viitattu: 8.11.2012.  
<http://www.turkuamk.fi/public/default.aspx?contentId=80077>

Ruohotie Pekka. 2000. Oppiminen ja ammatillinen kasvu. Juva: WS Bookwell Oy.

Tamminen Rauno. 1993. Tiedettä tekemään! Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Tahvanainen Tuomo, Inkilä Vesa, Liljenbäck Heikki. 2011. Opettajankoulutuksen kehittämishanke - Rakennusmestarien sekä kone- ja tuotantotekniikan opetussuunnitelmien kehittäminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Ammatillinen opettajakorkeakoulu. Tampere. Viitattu: 8.11.2012.

[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28618/Tahvanainen\\_Tuomo.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28618/Tahvanainen_Tuomo.pdf?sequence=1)

Tenhunen Lauri, Niittymäki Seppo (toim.). 2011. ROCKET-hanke, väliraportti 1. HAMK:n julkaisuja 1/2011. Hämeenlinna. Viitattu: 8.11.2012.

[publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34379/ROCKET\\_valiraportti.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34379/ROCKET_valiraportti.pdf?sequence=1)

Vilka Hanna. 2005. Tutki ja kehitä. Keuruu: Otava Kirjapaino Oy.

Vuorela Suvi. 2005. Haastattelumenetelmät. Ovaska, S., Aula, A. & Majaranta, P. (toim.) Käytettävyytutkimuksen menetelmät, 37-52. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1. Viitattu: 8.11.2012.

<http://www.cs.uta.fi/usabsem/luvut/3-Vuorela.pdf>

Vuorinen Birgitta. 2012. Bolognan prosessi Suomalaisessa korkeakoulutuksessa. Osaamista opetussuunnitelmiin –seminaari. 9.10.2012. Viitattu: 8.11.2012.

[http://ospe.utu.fi/materiaalit/Osaamista\\_opetussuunnitelmiin\\_091012\\_Birgitta\\_Vuorinen.pdf](http://ospe.utu.fi/materiaalit/Osaamista_opetussuunnitelmiin_091012_Birgitta_Vuorinen.pdf)

Vuosina 2011-17 toteutettavat laatujärjestelmien auditoinnit pähkinänkuoressa. Arvioinnit. Auditoinnit. Korkeakoulujen arviointineuvosto. Viitattu: 8.11.2012.

[http://www.kka.fi/files/1265/KKA\\_Auditoinnit\\_2011-2017.pdf](http://www.kka.fi/files/1265/KKA_Auditoinnit_2011-2017.pdf)

Yleisesite 2011. 2011. Yleisesite 2011. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu: 8.11.2012.

[www.turkuamk.fi/public/download.aspx?ID=143504&GUID={E15CC8A1-AADD-4F7F-8F8D-B26AF4240587}](http://www.turkuamk.fi/public/download.aspx?ID=143504&GUID={E15CC8A1-AADD-4F7F-8F8D-B26AF4240587})

## CDIO Syllabus in Topical Form

### 1 TECHNICAL KNOWLEDGE AND REASONING

#### 1.1 KNOWLEDGE OF UNDERLYING SCIENCES [a]

##### 1.1.1 Mathematics (including statistics)

##### 1.1.2 Physicsa

##### 1.1.3 Chemistry

##### 1.1.4 Biology

#### 1.2 CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE [a]

#### 1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE [k]

### 2 PERSONAL AND PROFESSIONAL

### SKILLS AND ATTRIBUTES

#### 2.1 ENGINEERING REASONING AND PROBLEM SOLVING [e]

##### 2.1.1 Problem Identification and Formulation

- Data and symptoms
- Assumptions and sources of bias
- Issue prioritization in context of overall goals
- A plan of attack (incorporating model, analytical and numerical solutions, qualitative analysis, experimentation and consideration of uncertainty)

##### 2.1.2 Modeling

- Assumptions to simplify complex systems and environment
- Conceptual and qualitative models
- Quantitative models and simulations

##### 2.1.3 Estimation and Qualitative Analysis

- Orders of magnitude, bounds and trends
- Tests for consistency and errors (limits, units, etc.)
- The generalization of analytical solutions

##### 2.1.4 Analysis With Uncertainty

- Incomplete and ambiguous information
- Probabilistic and statistical models of events and sequences
- Engineering cost-benefit and risk analysis
- Decision analysis
- Margins and reserves

##### 2.1.5 Solution and Recommendation

- Problem solutions
- Essential results of solutions and test data
- Discrepancies in results
- Summary recommendations
- Possible improvements in the problem solving process

#### 2.2 EXPERIMENTATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY [b]

##### 2.2.1 Hypothesis Formulation

- Critical questions to be examined
- Hypotheses to be tested
- Controls and control groups

##### 2.2.2 Survey of Print and Electronic Literature

- The literature research strategy
- Information search and identification using library tools (on-line catalogs, databases, search engines)
- Sorting and classifying the primary information
- The quality and reliability of information
- The essentials and innovations contained in the information
- Research questions that are unanswered
- Citations to references

##### 2.2.3 Experimental Inquiry

- The experimental concept and strategy
- The precautions when humans are used in experiments
- Experiment construction
- Test protocols and experimental procedures
- Experimental measurements

- Experimental data
- Experimental data vs. available models

##### 2.2.4 Hypothesis Test, and Defense

- The statistical validity of data
- The limitations of data employed
- Conclusions, supported by data, needs and values
- Possible improvements in knowledge discovery process

#### 2.3 SYSTEM THINKING

##### 2.3.1 Thinking Holistically

- A system, its behavior, and its elements
- Trans-disciplinary approaches that ensure the system is understood from all relevant perspectives
- The societal, enterprise and technical context of the system
- The interactions external to the system, and the behavioral impact of the system

##### 2.3.2 Emergence and Interactions in Systems

- The abstractions necessary to define and model system
- The behavioral and functional properties (intended and unintended) which emerge from the system
- The important interfaces among elements
- Evolutionary adaptation over time

##### 2.3.3 Prioritization and Focus

- All factors relevant to the system in the whole
- The driving factors from among the whole
- Energy and resource allocations to resolve the driving issues

##### 2.3.4 Trade-offs, Judgement and Balance in Resolution

- Tensions and factors to resolve through trade-offs
- Solutions that balance various factors, resolve tensions and optimize the system as a whole
- Flexible vs. optimal solutions over the system lifetime
- Possible improvements in the system thinking used

#### 2.4 PERSONAL SKILLS AND ATTITUDES

##### 2.4.1 Initiative and Willingness to Take Risks

- The needs and opportunities for initiative
- The potential benefits and risks of an action
- The methods and timing of project initiation
- Leadership in new endeavors, with a bias for appropriate action
- Definitive action, delivery of results and reporting on actions

##### 2.4.2 Perseverance and Flexibility

- Self-confidence, enthusiasm, and passion
- The importance of hard work, intensity and attention to detail
- Adaptation to change
- A willingness and ability to work independently
- A willingness to work with others, and to consider and embrace various viewpoints
- An acceptance of criticism and positive response
- The balance between personal and professional life

##### 2.4.3 Creative Thinking

- Conceptualization and abstraction
- Synthesis and generalization
- The process of invention
- The role of creativity in art, science, the humanities and technology

##### 2.4.4 Critical Thinking

- The statement of the problem
- Logical arguments and solutions
- Supporting evidence
- Contradictory perspectives, theories and facts
- Logical fallacies
- Hypotheses and conclusions

**2.4.5 Awareness of One's Personal Knowledge, Skills and Attitudes**

- One's skills, interests, strengths, weaknesses
- The extent of one's abilities, and one's responsibility for self-improvement to overcome important weaknesses
- The importance of both depth and breadth of knowledge

**2.4.6 Curiosity and Lifelong Learning [ i ]**

- The motivation for continued self-education
- The skills of self-education
- One's own learning style
- Developing relationships with mentors

**2.4.7 Time and Resource Management**

- Task prioritization
- The importance and/or urgency of tasks
- Efficient execution of tasks

**2.5 PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES**

**2.5.1 Professional Ethics, Integrity, Responsibility and Accountability [f]**

- One's ethical standards and principles
- The courage to act on principle despite adversity
- The possibility of conflict between professionally ethical imperatives
- An understanding that it is acceptable to make mistakes, but that one must be accountable for them
- Proper allocation of credit to collaborators
- A commitment to service

**2.5.2 Professional Behavior**

- A professional bearing
- Professional courtesy
- International customs and norms of interpersonal contact

**2.5.3 Proactively Planning for One's Career**

- A personal vision for one's future
- Networks with professionals
- One's portfolio of professional skills

**2.5.4 Staying Current on World of Engineer**

- The potential impact of new scientific discoveries
- The social and technical impact of new technologies and innovations
- A familiarity with current practices/technology in engineering
- The links between engineering theory and practice

**3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION**

**3.1 TEAMWORK [d]**

**3.1.1 Forming Effective Teams**

- The stages of team formation and life cycle
- Task and team processes
- Team roles and responsibilities
- The goals, needs and characteristics (works styles, cultural differences) of individual team members
- The strengths and weakness of the team
- Ground rules on norms of team confidentiality, accountability and initiative

**3.1.2 Team Operation**

- Goals and agenda
- The planning and facilitation of effective meetings
- Team ground rules
- Effective communication (active listening, collaboration, providing and obtaining information)
- Positive and effective feedback
- The planning, scheduling and execution of a project
- Solutions to problems (team creativity and decision making)

- Conflict negotiation and resolution

**3.1.3 Team Growth and Evolution**

- Strategies for reflection, assessment, and self-assessment
- Skills for team maintenance and growth
- Skills for individual growth within the team
- Strategies for team communication and writing

**3.1.4 Leadership**

- Team goals and objectives
- Team process management
- Leadership and facilitation styles (directing, coaching, supporting, delegating)
- Approaches to motivation (incentives, example, recognition, etc)
- Representing the team to others
- Mentoring and counseling

**3.1.5 Technical Teaming**

- Working in different types of teams :
- Cross-disciplinary teams (including non-engineer)
- Small team vs. large team
- Distance, distributed and electronic environments
- Technical collaboration with team members

**3.2 COMMUNICATIONS [g]**

**3.2.1 Communications Strategy**

- The communication situation
- Communications objectives
- The needs and character of the audience
- The communication context
- A communications strategy
- The appropriate combination of media
- A communication style (proposing, reviewing, collaborating, documenting, teaching)
- The content and organization

**3.2.2 Communications Structure**

- Logical, persuasive arguments
- The appropriate structure and relationship amongst ideas
- Relevant, credible, accurate supporting evidence
- Conciseness, crispness, precision and clarity of language
- Rhetorical factors (e.g. audience bias)
- Cross-disciplinary cross-cultural communications

**3.2.3 Written Communication**

- Writing with coherence and flow
- Writing with correct spelling, punctuation and grammar
- Formatting the document
- Technical writing
- Various written styles (informal, formal memos, reports, etc)

**3.2.4 Electronic/Multimedia Communication**

- Preparing electronic presentations
- The norms associated with the use of e-mail, voice mail, and videoconferencing
- Various electronic styles (charts, web, etc)

**3.2.5 Graphical Communication**

- Sketching and drawing
- Construction of tables, graphs and charts
- Formal technical drawings and renderings

**3.2.6 Oral Presentation and Inter-Personal Communications**

- Preparing presentations and supporting media with appropriate language, style, timing and flow
- Appropriate nonverbal communications (gestures, eye contact, poise)
- Answering questions effectively

### 3.3 COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES

#### 3.3.1 English

#### 3.3.2 Languages of Regional Industrialized Nations

#### 3.3.3 Other Languages

### 4 CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE AND SOCIETAL CONTEXT

#### 4.1 EXTERNAL AND SOCIETAL CONTEXT [h]

##### 4.1.1 Roles and Responsibility of Engineers

- The goals and roles of the engineering profession
- The responsibilities of engineers to society

##### 4.1.2 The Impact of Engineering on Society

- The impact of engineering on the environment, social, knowledge and economic systems in modern culture

##### 4.1.3 Society's Regulation of Engineering

- The role of society and its agents to regulate engineering
- The way in which legal and political systems regulate and influence engineering
- How professional societies license and set standards
- How intellectual property is created, utilized and defended

##### 4.1.4 The Historical and Cultural Context

- The diverse nature and history of human societies as well as their literary, philosophical, and artistic traditions
- The discourse and analysis appropriate to the discussion of language, thought and values

##### 4.1.5 Contemporary Issues and Values [j]

- The important contemporary political, social, legal and environmental issues and values
- The process by which contemporary values are set, and one's role in these processes
- The mechanisms for expansion and diffusion of knowledge

##### 4.1.6 Developing a Global Perspective

- The internationalization of human activity
- The similarities and differences in the political, social, economic, business and technical norms of various cultures
- International inter-enterprise and inter-governmental agreements and alliances

### 4.2 ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT

#### 4.2.1 Appreciating Different Enterprise Cultures

- The differences in process, culture, and metrics of success in various enterprise cultures:
- Corporate vs. academic vs. governmental vs. non-profit/NGO
- Market vs. policy driven
- Large vs. small
- Centralized vs. distributed
- Research and development vs. operations
- Mature vs. growth phase vs. entrepreneurial
- Longer vs. faster development cycles
- With vs. without the participation of organized labor

#### 4.2.2 Enterprise Strategy, Goals, and Planning

- The mission and scope of the enterprise
- An enterprise's core competence and markets
- The research and technology process
- Key alliances and supplier relations
- Financial and managerial goals and metrics
- Financial planning and control
- The stake-holders (owners, employees, customers, etc.)

#### 4.2.3 Technical Entrepreneurship

- Entrepreneurial opportunities that can be addressed by technology
- Technologies that can create new products and systems

- Entrepreneurial finance and organization

#### 4.2.4 Working Successfully in Organizations

- The function of management
- Various roles and responsibilities in an organization
- The roles of functional and program organizations
- Working effectively within hierarchy and organizations
- Change, dynamics and evolution in organizations

### 4.3 CONCEIVING AND ENGINEERING SYSTEMS [c]

#### 4.3.1 Setting System Goals and Requirements

- Market needs and opportunities
- Customer needs
- Opportunities which derive from new technology or latent needs
- Factors that set the context of the requirements
- Enterprise goals, strategies, capabilities and alliances
- Competitors and benchmarking information
- Ethical, social, environmental, legal and regulatory influences
- The probability of change in the factors that influence the system, its goals and resources available
- System goals and requirements
- The language/format of goals and requirements
- Initial target goals (based on needs, opportunities and other influences)
- System performance metrics
- Requirement completeness and consistency

#### 4.3.2 Defining Function, Concept and Architecture

- Necessary system functions (and behavioral specifications)
- System concepts
- The appropriate level of technology
- Trade-offs among and recombination of concepts
- High level architectural form and structure
- The decomposition of form into elements, assignment of function to elements, and definition of interfaces

#### 4.3.3 Modeling of System and Ensuring Goals Can Be Met

- Appropriate models of technical performance
- The concept of implementation and operations
- Life cycle value and costs (design, implementation, operations, opportunity, etc.)
- Trade-offs among various goals, function, concept and structure and iteration until convergence

#### 4.3.4 Development Project Management

- Project control for cost, performance, and schedule
- Appropriate transition points and reviews
- Configuration management and documentation
- Performance compared to baseline
- Earned value recognition
- The estimation and allocation of resources
- Risks and alternatives
- Possible development process improvements

### 4.4 DESIGNING [c]

#### 4.4.1 The Design Process

- Requirements for each element or component derived from system level goals and requirements
- Alternatives in design
- The initial design
- Experiment prototypes and test articles in design development
- Appropriate optimization in the presence of constraints
- Iteration until convergence
- The final design
- Accommodation of changing requirements

#### 4.4.2 The Design Process Phasing and Approaches

-



- The activities in the phases of system design (e.g. conceptual, preliminary, and detailed design)
  - Process models appropriate for particular development projects (waterfall, spiral, concurrent, etc.)
  - The process for single, platform and derivative products
- 4.4.3 Utilization of Knowledge in Design**
- Technical and scientific knowledge
  - Creative and critical thinking, and problem solving
  - Prior work in the field, standardization and reuse of designs (including reverse engineer and redesign)
  - Design knowledge capture
- 4.4.4 Disciplinary Design**
- Appropriate techniques, tools, and processes
  - Design tool calibration and validation
  - Quantitative analysis of alternatives
  - Modeling, simulation and test
  - Analytical refinement of the design
- 4.4.5 Multidisciplinary Design**
- Interactions between disciplines
  - Dissimilar conventions and assumptions
  - Differences in the maturity of disciplinary models
  - Multidisciplinary design environments
  - Multidisciplinary design
- 4.4.6 Multi-Objective Design (DFX)**  
Design for:
- Performance, life cycle cost and value
  - Aesthetics and human factors
  - Implementation, verification, test and environmental sustainability
  - Operations
  - Maintainability, reliability, and safety
  - Robustness, evolution, product improvement and retirement
- 4.5 IMPLEMENTING [c]**
- 4.5.1 Designing the Implementation Process**
- The goals and metrics for implementation performance, cost and quality
  - The implementation system design:
  - Task allocation and cell/unit layout
  - Work flow
  - Considerations for human user/operators
- 4.5.2 Hardware Manufacturing Process**
- The manufacturing of parts
  - The assembly of parts into larger constructs
  - Tolerances, variability, key characteristics and statistical process control
- 4.5.3 Software Implementing Process**
- The break down of high level components into module designs (including algorithms and data structures)
  - Algorithms (data structures, control flow, data flow)
  - The programming language
  - The low-level design (coding)
  - The system build
- 4.5.4 Hardware Software Integration**
- The integration of software in electronic hardware (size of processor, communications, etc)
  -
- The integration of software with sensor, actuators and mechanical hardware
  - Hardware/software function and safety
- 4.5.5 Test, Verification, Validation, and Certification**
- Test and analysis procedures (hardware vs. software, acceptance vs. qualification)
  - 
  - The verification of performance to system requirements
  - The validation of performance to customer needs
  - The certification to standards
- 4.5.6 Implementation Management**
- The organization and structure for implementation
  - Sourcing, partnering, and supply chains
  - Control of implementation cost, performance and schedule
  - Quality and safety assurance
  - Possible implementation process improvements
- 4.6 OPERATING [c]**
- 4.6.1 Designing and Optimizing Operations**
- The goals and metrics for operational performance, cost, and value
  - Operations process architecture and development
  - Operations (and mission) analysis and modeling
- 4.6.2 Training and Operations**
- Training for professional operations:
  - Simulation
  - Instruction and programs
  - Procedures
  - Education for consumer operation
  - Operations processes
  - Operations process interactions
- 4.6.3 Supporting the System Lifecycle**
- Maintenance and logistics
  - Lifecycle performance and reliability
  - Lifecycle value and costs
  - Feedback to facilitate system improvement
- 4.6.4 System Improvement and Evolution**
- Pre-planned product improvement
  - Improvements based on needs observed in operation
  - Evolutionary system upgrades
  - Contingency improvements/solutions resulting from operational necessity
- 4.6.5 Disposal and Life-End Issues**
- The end of useful life
  - Disposal options
  - Residual value at life-end
  - Environmental considerations for disposal
- 4.6.6 Operations Management**
- The organization and structure for operations
  - Partnerships and alliances
  - Control of operations cost, performance and scheduling
  - Quality and safety assurance
  - Possible operations process improvements
  - Life cycle management

### Teemahaastattelun muistilista

- Mitä CDIO:n mukaiseen opetukseen siirtyminen on vaatinut Teiltä?
  - o Rahan kannalta?
  - o Henkilökuntaa/työvoiman kannalta?
  - o Koulutuksen kannalta?
  - o Aijan kannalta?
  - o ”Vaivan” kannalta?
  - o Resurssien kannalta?
  
- Mitä teidän mielestänne pitäisi huomioida, kun siirrytään CDIO mallin mukaiseen opetukseen?
  - o Mitä tarvitsee huomioida käytännössä?
  - o Mitkä ovat ensimmäiset askeleet siirryttäessä CDIO:n?
  - o Kuivailisitko mitkä asiat ovat suurimpia kompastuskiviä?
  - o Mitkä asiat onnistuvat helposti?
  - o Millaisen panostuksen vaatii?
  
- Mitä yksi CDIO:n mukainen kurssi/opintojakso vaatii:
  - o Mitä vaatii rahan, opetusmateriaalin, koneiden ym. kannalta?
  - o Mitä vaatii henkilökunnan ja kurssiin osallistuvilta taholta? (siivojat/talonmiehet/toimisto henkilökunta/opettajilta)
  - o Mitä vaatii kurssin vetäjältä?
  - o Mitä vaatii opetustiloilta?
  - o Mitä vaatii opetuslaitteilta?
  
- Mitkä asiat muuttuivat, kun siirryttiin CDIO:n?
  - o Mitkä asiat muuttuivat?
  - o Mitkä asiat eivät muuttuneet?
  
- Mitä mieltä olette olleet CDIO-viitekehykseen siirtymisestä?
  
- Miten käytännössä on koettu parhaimmaksi toteuttaa CDIO:n mukainen kurssi?
  
- Mitä mieltä henkilökunta ja opiskelijat ovat CDIO:sta?
  
- Ovatko CDIO:n mukaisten kurssien aiheet todellisesta elämästä, kuten yritys casejä?
  
- Millaiseksi ITU prosentit/osuudet muotoutuvat opetuksessa?
  
- Mitä tarvitsee huomioida CDIO:n mukaisen opetuskokonaisuuden teossa?
  
- Miten olette huomioineet kaikki sidosryhmät ja niiden tarpeet opetuksessa?
  
- Kuinka suuri osa opetuksesta (kursseista) on CDIO:n mukaista?

- Kuinka suuri osa tiloista on CDIO:n mukaisia?
- Onko teillä mukana työelämän edustajia opetuksessa?
- Miten CDIO on parantanut opiskelijoiden oppimistuloksia?
- Mitkä asiat ovat CDIO:ssa parempia kuin vanhassa käyttämässänne opetussysteemissä?
  - o Mitä opetussysteemiä käytitte ennen CDIO:a?
  - o Mitkä olivat vanhan opetussysteemin hyvät/huonot puolet verrattuna CDIO:n
- Mitä etuja/haittoja opettajan ja opiskelijan näkökulmasta saavutetaan CDIO:lla?
- Miten hyvin mielestäsi CDIO soveltuu Suomalaiseen koulutusjärjestelmään?
- Mitä opetuksellisia ratkaisuja käytetään tunneilla tai harjoituksissa?
  - o Muta-kortteja, kyselyjä, jne..?
  - o CASE-oppimista, projektioppimista,...?
- Mitä/mikä asia/asioita pitäisi parantaa CDIO:ssa?
- Miten teillä on toteutettu CDIO:n standardit?
  - o Standardi 1. CDIO-viitekehyksenä\*
  - o Standardi 2. Opetuksen tavoitteet\*
  - o Standardi 3. Integroitu opetussuunnitelma\*
  - o Standardi 4. Johdatus insinööriopintoihin
  - o Standardi 5. Suunnittele - toteuta kokemukset\*
  - o Standardi 6. Oppimisympäristöt
  - o Standardi 7. Integroitu oppiminen\*
  - o Standardi 8. Aktiivinen oppiminen ja opetus
  - o Standardi 9. CDIO taitojen kehittäminen\*
  - o Standardi 10. Opetustaitojen kehittäminen
  - o Standardi 11. OPiskelijoiden taitojen arviointi\*
  - o Standardi 12. Koulutusohjelman arviointi