

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknistaloudellinen tiedekunta

Tuotantotalouden osasto

**UUDEN MUOVITEOLLISUUSTUOTTEEN KEHITTÄMINEN  
ANALYYTTISTA HIERARKIAPROSESSIA HYÖDYNTÄEN**

Työn tarkastaja: professori Petri Niemi

Työn ohjaaja: KTM Antti Leinonen

Nastolassa 18.4.2016

Jukka Smahl

## TIIVISTELMÄ

<b>Tekijä:</b> Jukka Smahl	
<b>Työn nimi:</b> Uuden muoviteollisuustuotteen kehittäminen analyyttistä hierarkiaproessia hyödyntäen	
<b>Vuosi:</b> 2016	<b>Paikka:</b> Nastola
Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous. 79 sivua, 27 kuvaa, 5 taulukkoa ja 3 liitettä Tarkastaja(t): professori Petri Niemi	
<b>Hakusanat:</b> AHP, Analyyttinen hierarkiaproessi, Usean kriteerin päätöksenteko, Konseptin valinta, Tuotekehitys	
<p>Tämä diplomityö on tehty case yritykselle nimeltä yritys X. Yritys X valmistaa alueelliseen lämmön- ja käyttöveden jakamiseen tarkoitettuja eristettyjä muoviputkia. Viime vuosina yrityksen kilpailijat ovat onnistuneet kehittämään omien vastaavien tuotteidensa ominaisuuksia, minkä seurauksena yritys X:n asema markkinoilla on heikentynyt. Vastauksena kiristyneeseen markkinatilanteeseen yritys X on kehittänyt kolme uutta potentiaalista tuotekonseptia, joista yhtä suunnitellaan kehitettäväksi nykyisen tuotteen rinnalle. Uusien tuotekonseptien keskinäinen vertailu on kuitenkin osoittautunut haasteelliseksi. Tämän työn päätavoitteena on hyödyntää analyyttistä hierarkiaproessia ja antaa sen perusteella suositus parhaan tuotekonseptin valinnasta.</p> <p>Työ sisältää kirjallisen osion, jossa käydään läpi tuotekehitystoimintaa yleisesti sekä esitellään analyyttisen hierarkiaproessin hyödyntäminen yksityiskohtaisesti. Työn jälkimmäisessä osiossa paneudutaan tarkemmin käytännön ongelmaan ja esitellään kuinka analyyttistä hierarkiaproessia on hyödynnetty yritys X:n tapauksessa.</p>	

Keskeisinä tuloksina työn lopussa esitellään analyttisen hierarkiaproessin avulla määritetyt päätöskriteerien painoarvot, vaihtoehtojen saamat kokonaispainoarvot sekä annetaan suositus uuden tuotekonseptin valinnasta.

## ABSTRACT

**Author:** Jukka Smahl

**Subject:** Development of a new plastic industry product using the analytic hierarchy process

**Year:** 2016

**Place:** Nastola

Master of Science Thesis. Lappeenranta University of Technology, Industrial Management.

79 pages, 27 figures, 5 tables and 3 appendices

Supervisor(s): professor Petri Niemi

**Keywords:** AHP, Analytic hierarchy process, Multi criteria decision making, Concept selection, Product development

This Thesis has been done to a case company called company X. Company X produces pre-insulated plastic pipes for local heat and tap water distribution. Recently company X's competitors have managed to improve the properties of their pipes, which has made the market situation of company X challenging. As a response to this challenge, company X has created three new potential product concepts, of which one could be sold along with current products. Comparison of these new product concepts has proven to be challenging. The main goal of this thesis is to utilize the analytic hierarchy process and give a recommendation on the selection of new product concept based on the results.

The report includes a literary part, where product development generally is discussed. In addition, literature part presents the phases and properties of the analytic hierarchy process in a detailed manner. In the latter part of the report the utilizing of the analytic hierarchy process in company X's situation is presented.

As a result the weights of different decision criteria and the total weights of the alternatives are presented. Based on the total weights a recommendation is given on the selection of the new product concept.

## **ALKUSANAT**

Tahdon kiittää tämän diplomityön mahdollistanutta yritystä sekä kaikkia työssä auttaneita ja neuvoneita henkilöitä yrityksen sisällä. Lisäksi kiitän valtavasti perhettäni ja erityisesti vanhempiani, jotka ovat olleet suurin tukeni opintojeni loppuun saattamisessa. Kiitos myös Jennille, joka on jaksanut tsemjata ja tukea kotioloissa työn aikana.

Nastolassa 18.4.2016

Jukka Smahl

# SISÄLLYSLUETTELO

## TIIVISTELMÄ

## LUETTELO TYÖN KUVISTA

1	JOHDANTO .....	1
1.1	Työn tausta .....	1
1.2	Tavoitteet ja rajaus .....	2
1.3	Tutkimuksen toteutus .....	2
1.4	Raportin rakenne .....	3
2	TUOTEKEHITYSTOIMINTA .....	5
2.1	Tuotekehitystoiminnan merkitys yritykselle .....	5
2.2	Tuotekehitysprojektin alkupään vaiheet .....	7
3	ANALYYTTINEN HIERARKIAPROSESSI (AHP) .....	12
3.1	Hyödynnettävän päätöksentekomallin valitseminen .....	12
3.2	Analyyttisen hierarkiaproessin toiminta .....	14
3.2.1	AHP-mallin vaiheet .....	15
3.2.2	AHP-mallin johdonmukaisuuden tarkastelu .....	25
3.3	AHP-mallin etuja ja ongelmakohtia .....	28
4	AHP-MALLIN LUOMINEN YRITYS X:LLE .....	31
5	AHP-MALLIN SOVELTAMINEN YRITYS X:N TAPAUKSESSA .....	39
5.1	Yritys X .....	40
5.2	Tuoteryhmä Y .....	41
5.3	Yritys X:n analyttinen hierarkiaproessi .....	43
5.3.1	Ongelman rajaaminen .....	43
5.3.2	AHP-mallin ensimmäiset vaiheet .....	44
5.3.3	Päätöksenteon vaihtoehdot .....	45
5.3.4	Päätöksentekoon vaikuttavat kriteerit .....	46

5.3.5	Päätöksenteon hierarkiapuu.....	48
5.3.6	Kriteerien keskinäisen tärkeyden määrittäminen .....	48
5.3.7	Kriteerien toteutuman määrittäminen eri vaihtoehtoilla.....	50
5.3.8	Vaihtoehtojen kokonaispainot.....	57
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	60
6.1	Työn keskeiset tulokset.....	60
6.2	Tulosten arviointi .....	60
6.3	Jatkotoimenpiteet ja suositukset.....	61
7	YHTEENVETO .....	63

## LÄHTEET

## LIITTEET

Liite 1. Päätöskriteerien keskinäisen tärkeyden kyselylomake

Liite 2. Päätöskriteerien toteutuksessa käytettävä vertailuasteikko

Liite 3. Vaihtoehtojen tuoteominaisuudet pienillä ja suurilla tuotteilla

## LUETTELO TYÖN KUVISTA

Kuva 1. Diplomityön rakenne

Kuva 2. Tuotekehitysprosessin alkupään vaiheet

Kuva 3. Hierarkiapuun periaatteellinen rakenne

Kuva 4. Vaihtoehtojen vertailumatriisi

Kuva 5. Vaihtoehtojen parivertailumatriisi esimerkkiarvoilla

Kuva 6. Matriisin sarakkeiden summan määrittäminen ja matriisin normalisointi

Kuva 7. Vaihtoehtojen painoarvojen määrittäminen normalisoidusta matriisista

Kuva 8. Kriteerien keskinäisen tärkeyden vertailumatriisi ja matriisin normalisointi

Kuva 9. Kriteerien painoarvojen määrittäminen normalisoidusta matriisista

Kuva 10. Vaihtoehtojen kokonaispainoarvojen määrittäminen

Kuva 11. Esimerkki vertailumatriisista A sekä määritetystä painoarvovektorista C

Kuva 12. Vektori AC:n määrittäminen ja tulokset esimerkkitapauksessa

Kuva 13. Päätöksenteon elementtien syöttäminen AHP-mallin lähtötietoihin

Kuva 14. Alakriteerien syöttäminen AHP-mallin lähtötietoihin

Kuva 15. AHP-mallin automaattisesti muodostuva hierarkiapuu

Kuva 16. Pääkriteerien parivertailumatriisi AHP-mallissa

Kuva 17. AHP-mallin kriteerien parivertailuissa käytettävä asteikko

Kuva 18. Esimerkki alakriteerien parivertailumatriisista

Kuva 19. Esimerkki kriteerien toteutumisen vertailumatriisista

Kuva 20. AHP-mallin yhteenvetotaulukko ilman alakriteerejä

Kuva 21. AHP-mallin yhteenvetotaulukko alakriteerien kanssa

Kuva 22. Tuoteryhmän Y tuotteiden rakenne

Kuva 23. Yritys X:n päätöksenteon hierarkiapuu

Kuva 24. Päätöskriteerien painoarvot eri tapauksissa

Kuva 25. Tuotevaihtoehtojen toteutus hinta-kriteerissä

Kuva 26. Tuotevaihtoehtojen toteutus lämpöhäviö-kriteerissä

Kuva 27. Tuotevaihtoehtojen toteutus joustavuus-kriteerissä



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Yritys X on yksi johtavista asumisen ja rakentamisen järjestelmätoimittajista Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa sekä markkinajohtaja yhdyskuntatekniikan putkijärjestelmissä Pohjoismaissa. Yrityksen päätuotteita ovat lämmitys- ja käyttövesijärjestelmät asuin- ja liiketilarakentamiseen sekä julkiseen rakentamiseen. Tässä diplomityössä käsitellään yritys X:n tuoteryhmän Y kohdalla ajankohtaiseksi nousutta ongelmaa. Tuoteryhmällä Y tarkoitetaan esieristettyjä ja joustavia lämmön ja käyttöveden jakamisessa käytettäviä muoviputkia.

Yritys X:n tuoteryhmän Y kolme tärkeintä tuoteominaisuutta ovat tuotteen hinta, lämpöhäviö sekä joustavuus. Selkein myyntivaltti tuoteryhmän Y tuotteilla on käytännössä aina ollut putkien joustavuus. Putkia joudutaan asennettaessa taivuttamaan, jolloin joustava rakenne helpottaa asennusprosessia merkittävästi. Yritys X:n tuotteiden lämmöneristys on ollut kilpailijoihin nähden keskinkertaista tai heikkoa, mutta joustavalla rakenteella on kyetty paikkaamaan tätä ongelmaa tuotteita myytäessä. Hinnan osalta yritys X:n tuotteet ovat olleet keskimäärin hieman kilpailijoitaan kalliimpia. Viime vuosina yritys X:n kilpailijat ovat onnistuneet kehittämään omia vastaavia tuotteitaan joustavammiksi. Kilpailevien tuotteiden lisääntynyt joustavuus ja alhaisempi hintataso ovat yhdessä tiukentuneiden lämpöhäviövaatimusten kanssa tehneet markkinatilanteen yritys X:n kannalta melko tukalaksi.

Nykyisen tuoteryhmän myynti tulevaisuudessa nähdään yrityksessä haastavaksi, minkä takia yritys X suunnittelee uuden energiatehokkaamman tuoteryhmän lisäämistä valikoimaansa nykyisten tuotteidensa rinnalle. Uudeksi tuoteryhmäksi yritys on alustavasti kehittänyt kolme potentiaalista tuotekonseptia, joista kaikki nähdään jossain määrin toteuttamiskelpoisina. Näiden tuotekonseptien keskinäinen vertailu on kuitenkin riippuvaista kaikista kolmesta tärkeimmästä tuotekriteeristä, minkä seurauksena sopivimman tuoteryhmän valitseminen on osoittautunut hankalaksi.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tämän diplomityön tarkoituksena on hyödyntää päätöksentekomallia nimeltä analyttinen hierarkiaprosessi (AHP), ja antaa sen pohjalta suositus uuden tuotekonseptin valitsemiseksi. Pienempi osatavoite diplomityössä on myös rakentaa AHP-päätöksentekomalli sellaiseksi, että yritys voi helposti hyödyntää sitä myös muissa vastaavissa useiden kriteerien tarkastelua vaativissa päätöksentekotilanteissa.

Työ rajautuu käsittelemään yritys X:n tuotekehitysprosessin alkupäätä. Tyypillisen tuotekehitysprosessin alkupään rakenne pitää sisällään seuraavat vaiheet: uuden asiakastarpeen tunnistaminen, suunnitteluspesifikaatioiden määrittäminen, ideoiden tai konseptien kehittäminen, konseptien arviointi ja suodattaminen, prototyyppien valmistaminen sekä uuden tuotteen testaaminen ja kaupallistaminen. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 16) Yritys X:n tapauksessa kolme ensimmäistä vaihetta on jo suoritettu, ja tästä syystä työ rajataan tarkastelemaan ennen kaikkea tuotekonseptien arviointia ja suodattamista.

Yritys X:n tuotekehitysprojektin merkittävin ajuri on nykyisen tuotteen heikko lämmöneristys. Työssä tarkasteltavaa tuoteryhmää Y myydään maailmanlaajuisesti eri käyttötarkoituksiin, mutta suurin paine lämmöneristyksen kehittämiseksi on kylmässä ilmastossa Pohjoismaiden markkinoilla. Tästä syystä työssä tarkasteltavaksi markkina-alueeksi rajataan Pohjoismaat.

## 1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutetaan hyödyntämällä analyttista hierarkiaprosessia. Analyttinen hierarkiaprosessi on useiden kriteerien tarkastelua vaativiin päätöksentekotilanteisiin kehitetty päätöksentekomalli. Mallin pääajatuksena on määrittää painoarvot päätöskriteerien tärkeydelle sekä selvittää miten hyvin kukin päätöksenteon vaihtoehdoista toteuttaa kunkin kriteerin. Kriteerien painoarvojen ja toteutuksen avulla voidaan määrittää kokonaispisteet sille, mikä vaihtoehdoista vaikuttaisi yritys X:n kannalta parhaalta.

Tiedot kriteerien keskinäisen tärkeyden tarkasteluun kerätään yrityksen sisäisesti lähettämällä kyselylomake ongelman kannalta olennaisille henkilöille. Saatuja vastauksia hyödynnetään määrittäessä AHP-mallin parametreja. Numeeriset arvot sille, miten hyvin tuotekonseptivaihtoehdot toteuttavat kunkin kriteerin saadaan testidatana konseptivaihtoehtojen prototyypeille suoritetuista testeistä ja laskelmista.

Tuoteryhmän Y myynnille kohdistuvat paineet ovat kasvamaan päin. Nopeammalla aikataululla tehty päätös uuden tuotekonseptin valinnasta nopeuttaisi myös koko tuotekehitysprojektin läpivientiä ja antaisi yritykselle mahdollisuuden nopeampaan tuotteiden lanseeraamiseen. Tästä syystä ongelma pyritään ratkaisemaan nopeahkolla aikataululla, mutta kuitenkin riittävän kattavasti tarkasteltuna.

#### **1.4 Raportin rakenne**

Tämä diplomityö rakentuu seitsemästä kappaleesta. Työ alkaa johdanto-kappaleella, jossa esitellään työn taustat, tavoitteet ja rajaukset sekä käytetyt tutkimusmenetelmät. Diplomityö liittyy aihealueeltaan tuotekehitykseen ja tarkemmin rajattuna tuotekehitysprosessin alkupäähän. Työn toisessa kappaleessa esitellään lyhyesti tuotekehitystoiminnan merkitystä yritykselle sekä käydään läpi tyypillisen tuotekehitysprosessin alkupään vaiheita.

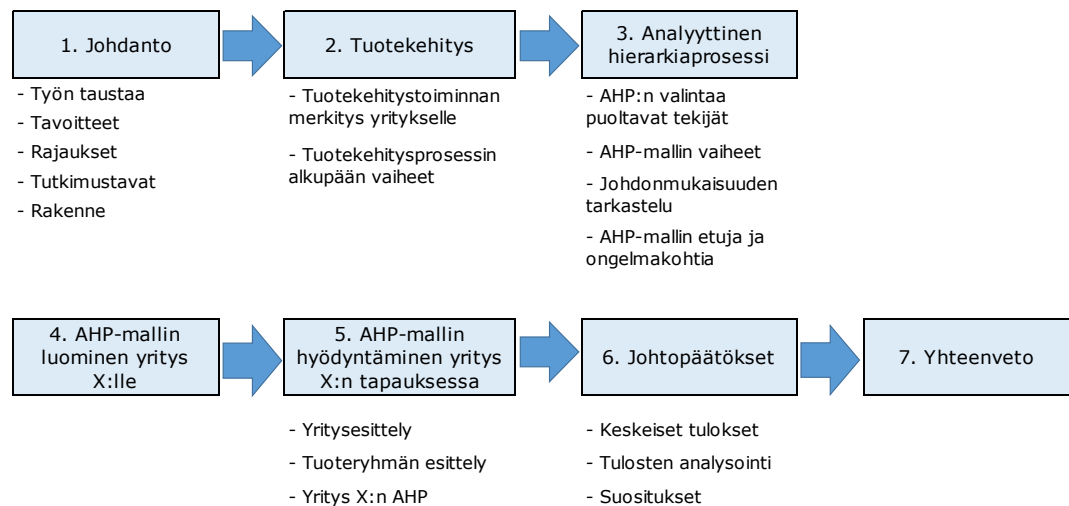
Kolmannessa kappaleessa käsitellään analyttisen hierarkiaproessin päätöksentekomallia. Osio alkaa kappaleella, jossa avataan hieman sitä miksi juuri analyttista hierarkiaproessia on päädytty hyödyntämään tässä työssä. Tämän jälkeen mallin toiminta ja käytännön vaiheet avataan yksityiskohtaisesti, sekä esitellään kuinka mallin johdonmukaisuuden tarkastelu tapahtuu. Osion lopuksi käydään vielä läpi analyttisen hierarkiaproessin etuja ja ongelmakohtia.

Neljännessä kappaleessa käydään läpi kuinka yritys X:n päätöksenteon tueksi kehitetty analyttisen hierarkiaproessin malli on luotu. Kappaleessa kerrotaan

tarkemmin mallin luomiseen vaikuttaneita tekijöitä ja ajatuksia sekä esitellään mallin toiminta käytännössä vaihe vaiheelta.

Työn viides kappale käsittelee luodun AHP-mallin hyödyntämistä käytännön tilanteessa. Osio alkaa yritys X:n lyhyellä yritysesittelyllä, jonka jälkeen työssä käsiteltävää tuoteryhmää käydään läpi hieman tarkemmin. Seuraavaksi osiossa esitellään tutkittavan ongelman tarkastelutapa sekä päätöksentekotilanteen osatekijät eli päätöskriteerit ja päätöksen vaihtoehdot. Kun ongelman tarkastelu ja päätöksenteon osatekijät on määritetty, siirrytään tarkastelemaan osatekijöiden välisiä suhteita. Osatekijöiden välisten suhteiden avulla määritetään kokonaispainoarvot eri vaihtoehdoille.

Työn kuudennessa kappaleessa esitellään työn keskeiset tulokset. Tuloksia analysoidaan eri näkökulmista ja niiden perusteella annetaan suositus uuden tuoteryhmän valinnasta. Työ päättyy yhteenvetokappaleeseen 7, jossa kerrataan koko työn vaiheet ja tärkeimmät tulokset sekä suositukset jatkotoimenpiteille. Työn rakennetta on vielä havainnollistettu kuvaajan muodossa oheisessa kuvassa 1.



**Kuva 1. Diplomityön rakenne**

## 2 TUOTEKEHITYSTOIMINTA

Tämä diplomityö liittyy aihepiiriltään tuotekehitystoimintaan ja tarkemmin määriteltynä uusien tuotekonseptien arviointiin ja suodattamiseen, joka on yksi tyypillisen tuotekehitysprosessin alkupään vaiheista. Tässä luvussa selvennetään lyhyesti tuotekehitystoiminnan merkitystä yrityksille sekä esitetään tyypillisen tuotekehitysprosessin alkupään vaiheet.

### 2.1 Tuotekehitystoiminnan merkitys yritykselle

Useimpien yritysten taloudellinen menestys riippuu yritysten kyvystä tunnistaa asiakastarpeet ja kyvystä vastata näihin tarpeisiin. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 2) Nykypäivän liiketoimintaympäristöt ovat luonteeltaan dynaamisia, minkä seurauksena markkinat, teknologiat ja asiakastarpeet muuttuvat nopeasti. Kyetäkseen toimimaan tehokkaasti muuttuvissa markkinatilanteissa, yrityksen tulee harjoittaa tuotekehitystoimintaa. (Ayağ 2014, s. 1; Baker 2003, s. 314) Tuotekehitystoiminnalla pyritään ylläpitämään yrityksen kilpailukykyä sekä mahdollistamaan liiketoiminnan kasvaminen uusien tuotteiden tai paranneltujen tuoteominaisuuksien myötä. (Kumar & Phrommahmed 2005, s. 3; Relich et al. 2015, s. 1)

Tuotekehitystoiminta voidaan nähdä toimintojen sarjana, joka alkaa uuden markkinatilaisuuden tunnistamisesta ja päättyy uuden tai muokatun tuotteen valmistukseen, myyntiin ja toimitukseen. Tuotekehitystoiminta ei rajoitu yrityksen sisällä vain yhteen kehitysorganisaatioon, vaan toiminnassa on tyypillisesti mukana jäseniä muun muassa markkinoinnin, suunnittelun ja kehityksen sekä tuotannon osa-alueilta. (Sorli & Stokic 2009, s. 11; Ulrich & Eppinger 2012, s. 3)

Markkinointiorganisaatio vastaa tuotekehitysprosessissa tyypillisesti uusien asiakastarpeiden tunnistamisesta ja niiden välittämisestä suunnitteluun ja kehitykseen. Näiden lisäksi markkinoinnin tehtävänä on pyrkiä määrittämään mille asiakassegmentille uutta tuotetta lähdetään kehittämään. Tuotekehitysprosessin

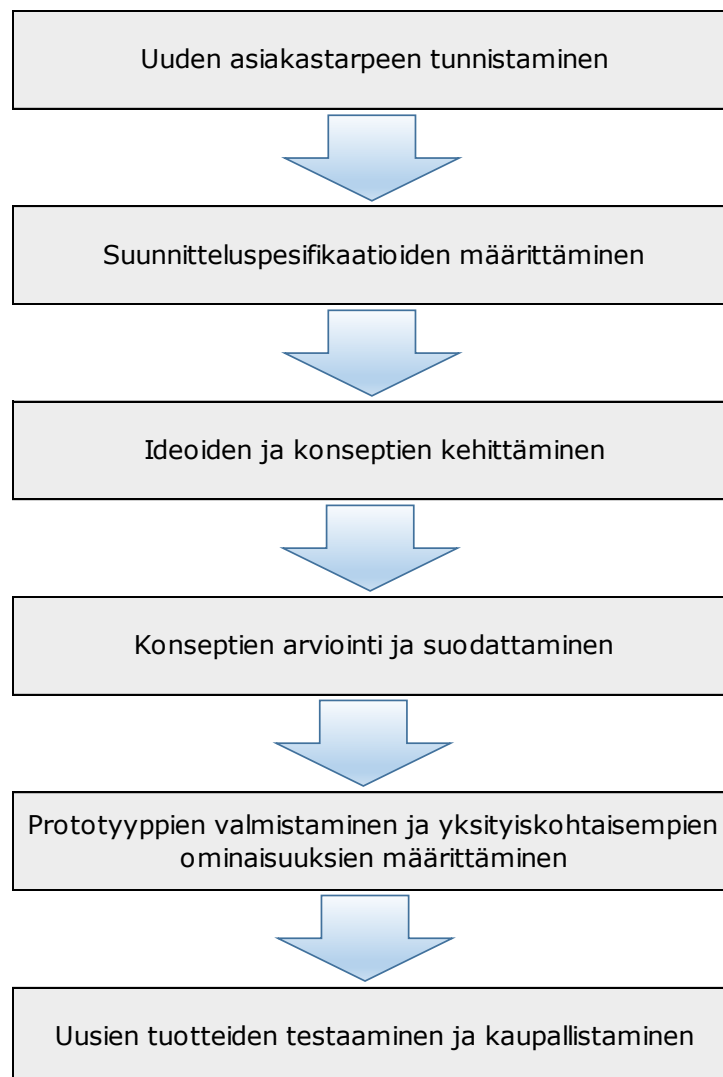
loppupäässä markkinointiorganisaation vastuulla on myös uuden tuotteen julkaisu sekä tähän liittyvät markkinointitoimenpiteet. (Sorli & Stokic 2009, s. 12; Ulrich & Eppinger 2012, s. 3)

Suunnittelu- ja kehitysryhmät puolestaan pyrkivät räätälöimään uuden tuotteen ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin määritettyjä asiakastarpeita vastaavaksi. Suunnittelu- ja kehitysryhmien tulee myös kommunikoida tuotannon henkilöstön kanssa suunnitellessaan uutta tuotetta. (Sorli & Stokic 2009, s. 12; Ulrich & Eppinger 2012, s.3) Aktiivisella kommunikoinnilla on tarkoitus varmistaa, että yrityksen on mahdollista valmistaa uutta tuotetta. Mikäli tuotantoprosesseihin tarvitaan muutoksia uuden tuotteen valmistuksen takia, tulee suunnittelu- ja kehitysryhmän kertoa näistä tuotantopuolen henkilöstölle. Kokonaisuudessaan tuotekehitystoiminta pitää sisällään tiivistä yhteistyötä yrityksen eri organisaatioiden välillä parhaaseen lopputulokseen pääsemiseksi. (Ulrich & Eppinger 2012, s.3)

Onnistuakseen tehokkaasti tuotekehitystoiminnassa, yrityksen tulee pyrkiä täyttämään tietyt kriteerit tuotekehitysprosessissa. Tällaisia kriteerejä ovat muun muassa lopputuotteen kiitettävä laatu, alhaiset tuote- ja kehittämiskustannukset, nopea kehitysaikataulu ja oikean kohdemarkkinan valinta. (Kottler & Keller 2012, s. 570; Ulrich & Eppinger 2012, s. 2) Tuotekehitystoiminta sisältää myös huomattavan määrän haasteita. Haasteiksi voidaan lukea muun muassa trade off-tilanteet tuotteen ominaisuuksien välillä, liiketoimintaympäristön dynaamisuus, nopeat aikataulutukset, kehitystoiminnan taloudellisuus sekä yksityiskohtien suuri merkitys lopullisen tuotteen kannattavuudessa. (Kottler & Keller 2012, s. 570; Ulrich & Eppinger 2012, s. 6) Sorli & Stokic (2009, s. 12) toteavat ongelmatilanteiksi tuotekehitystoiminnassa myös riittämättömän kommunikaation eri osastojen välillä, heikon kokonaiskuvan hahmottamisen sekä hitaan ja kankean päätöksenteon.

## 2.2 Tuotekehitysprojektin alkupään vaiheet

Perinteisen tuotekehitysprosessin alkupää pitää tavallisesti sisällään seuraavat vaiheet: Uuden asiakastarpeen tunnistaminen, suunnitteluspesifikaatioiden määrittäminen, ideoiden ja konseptien kehittäminen, konseptien arviointi ja suodattaminen, prototyyppien valmistaminen ja yksityiskohtaisempien ominaisuuksien määrittäminen sekä uusien tuotteiden testaaminen ja kaupallistaminen. (Nasr & Kamrani 2007, s. 7; Relich et al. 2015, s. 1, Ulrich & Eppinger 2012, s. 16). Tuotekehitysprosessin vaiheet on esitetty kuvassa 2 ja vaiheita käydään tarkemmin läpi seuraavissa kappaleissa.



**Kuva 2. Tuotekehitysprosessin alkupään vaiheet**

## Asiakstarpeen tunnistaminen ja suunnitteluspesifikaatioiden määrittäminen

Asiakstarpeiden tunnistamisen tavoitteena on ymmärtää loppuasiakkaiden tarpeet ja saada ne kommunikoitua kehitysyksikölle. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 16) Asiakstarpeen tunnistaminen lähtee siis tyypillisesti asiakasrajapinnasta asiakkaan antamana palautteena. Muita väyliä asiakstarpeiden arvioimiseksi ovat muun muassa yrityksen omien myyntilukujen tarkkaileminen ja niiden muutosten analysointi sekä kilpailevien tuotteiden ominaisuuksien ja myynnin vertailu omaan tuotteeseen nähden. (Nasr & Kamrani 2007, s. 7) Tuotekehitysprosessissa tiedot asiakstarpeista pyritään yleensä kokoamaan yhteen ja määrittämään niiden avulla yrityksen tuotekehitykselle tuotespesifikaatiot. (Ayağ 2014 s. 2; Nasr & Kamrani 2007, s. 11–13) Tuotespesifikaatiot toimivat yrityksen tuotekehitystoiminnan tavoitteina, ja seuraavaksi niiden pohjalta aletaan kehittää ideoita ja tuotekonsepteja.

## Ideoiden ja konseptien kehittäminen

Kun yritys on tunnistanut asiakstarpeensa ja määrittänyt niiden perusteella vaaditut tuotespesifikaatiot, tulee sen kehittää tarpeisiin vastaavia ideoita tai tuotekonsepteja. Ideoiden kehittämisen helpottamiseksi ongelma voidaan monimutkaisissa tapauksissa jakaa alatekijöihin, joista kunkin alatekijän tulee tukea päätoimisen ongelman ratkaisemista. (Nasr & Kamrani 2007, s. 14; Ulrich & Eppinger 2012, s. 121–122) Ideoiden kehittämiseen voidaan käyttää erilaisia tekniikoita, kuten tuotekehitysryhmän aivoriisiä, kirjallisuuden tutkimista tai loppukäyttäjien haastattelua. Hyvä keino ideoiden kehittämiseen on myös etsiä muilta toimialoilta ratkaisuja, jotka voisivat olla käyttökelpoisia yrityksen omassa tapauksessa. (Nasr & Kamrani 2007, s.15) Toimiympäristöstä riippuen yrityksen on myös mahdollista kehittää ideoita asiakstarpeeseen yhteistyössä asiakkaan kanssa. (Cui & Wu 2015, s. 1)



## Konseptien arviointi ja suodattaminen

Pyrkiessään vastaamaan uusiin asiakastarpeisiinsa mahdollisimman laadukkaasti, yritykset pyrkivät kehittämään mahdollisimman kattavan määrän ratkaisuvaihtoehtoja ongelmaan. Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa voidaan kuitenkin jatkaa eteenpäin vain yhdellä tuotekonseptillä, jolloin yrityksen tulee pystyä valitsemaan kehittämistään ideoista ja tuotekonsepteista paras mahdollinen. (Ayağ 2014, s. 2; Ulrich & Eppinger 2012, s. 144) Ulrich & Eppinger (2012, s. 145) esittelevät kirjassaan kahdeksan eri tapaa, joilla päätös konseptin valinnasta tehdään. Tällaisia tapoja ovat:

- Ulkoinen päätös: Ulkoinen osapuoli (esimerkiksi asiakas) tekee päätöksen konseptin valinnasta.
- Tuotejohtaja: Tuotekehitysryhmän vaikutusvaltainen jäsen tekee päätöksen henkilökohtaiseen kokemukseensa perustuen.
- Intuitio: Konsepti valitaan intuitiivisesti tarkempaa tutkimusta tekemättä, koska se vaikuttaa paremmalta.
- Äänestys: Kukin kehitysprosessissa mukana olevista jäsenistä äänestää parhaita konsepteja ja eniten ääniä saanut konsepti valitaan.
- Web-kysely: Kaikki konseptit arvostellaan web-kyselyllä ja parhaan arvion saanut konsepti valitaan.
- Edut ja haitat: Kustakin konseptista listataan edut ja haitat, joiden perusteella ryhmä tekee päätöksen.
- Prototyypin testaus: Kaikista konsepteista valmistetaan prototyypit joita testataan. Päätös konseptin valinnasta tehdään testidatan perusteella.
- Päätösmatriisit: Kehitysryhmä arvioi kunkin konseptin toimivuutta määritettyjen kriteerien perusteella. Kriteerit voivat olla painotettuja.

Tuotekonsepteja tulee arvioida kaikkien oleellisten osa-alueiden valossa ja arvioinnin perusteella tulee tehdä päätös valittavasta konseptista. Tuotekonseptin valinta on yksi kriittisimmistä vaiheista tuotekehitysprosessissa, sillä valinnalla on suuri vaikutus lopulliseen yksityiskohtaisempaan tuotesuunnitteluun sekä siihen

miten hyvin lopullinen tuote vastaa asiakkaan tarpeisiin. (Ayağ 2014, s. 2) Tuotekonseptien valintatilanteet ovat yrityksen kannalta usein kompleksisia, sillä niissä joudutaan huomioimaan useita päätöksentekoon vaikuttavia kriteerejä. Päätöksentekokriteerit voivat olla konkreettisia mitattavissa olevia tuoteominaisuuksia tai abstrakteja vaikeammin mitattavia ominaisuuksia kuten esimerkiksi tuotteen uniikkisuus tai yrityksen brändin mukaisuus. (Ayağ 2014, s. 1–2)

Prototyyppien valmistaminen ja yksityiskohtaisempien ominaisuuksien määrittäminen

Valittuaan sopivan tuotekonseptin kehitetyistä ratkaisuista, yrityksen tulee testata konseptin toimintaa käytännössä. Konseptin testaamista varten tulee kehittää prototyyppisiä, jotka simuloivat suunnitellun lopputuotteen ominaisuuksia. (Nasr & Kamrani 2007, s. 16) Tuotteiden suunnittelussa mennään tällöin konseptivaihetta yksityiskohtaisemmalle tasolle ja prototyyppien rakenne pyritään muokkaamaan mahdollisimman lähelle suunniteltua lopputuotetta määritettyjen suunnitteluspesifikaatioiden mukaisesti. Prototyyppien kehitystyössä pyritään siis määrittämään yksityiskohtaisella tasolla lopulliseen tuotteeseen vaadittavat komponentit, tuotteen ominaisuudet sekä tarkemmat kustannusarviot. (Nasr & Kamrani 2007, s. 17)

Prototyyppien valmistusta, kustannusanalyyssejä ja kilpailevien tuotteiden ominaisuuksien tarkastelua tehdään usein jatkuvasti läpi koko tuotekehitysprosessin. (Ayağ 2014, s. 1–2; Ulrich & Eppinger 2012, s. 16) Tällöin prototyyppien valmistamista ja yksityiskohtaisempien ominaisuuksien määrittämistä ei varsinaisesti käydä läpi omana vaiheenaan, vaan lopputuotteeseen liittyvät suunnitelmat tarkentuvat jatkuvasti prosessin edetessä.

## Uuden tuotteen testaaminen ja kaupallistaminen

Kun uuden tuotekonseptin prototyypit on valmistettu, pyritään niiden avulla testaamaan toteutuvatko halutut suunnitteluspesifikaatiot tuotteen ominaisuuksien ja kustannusvaikutusten osalta. Mikäli testauksissa esiintyy ongelmatilanteita, voidaan prototyyppiä muokata tarpeen vaatiessa. (Nasr & Kamrani 2007, s. 17) Jos taas prototyyppi läpäisee tarvittavat testit, voidaan aloittaa lopputuotteen kaupallistaminen. Uusien tuotteiden kaupallistaminen ei enää täysin suoranaisesti liity tuotekehitystoiminnan osa-alueelle, mutta tuotekehitysyksikön on hyvä olla osallisena mikäli tuotteen kaupallistamisen ja markkinoinnin yhteydessä havaitaan vielä tuotteeseen liittyviä ongelmia. (Nasr & Kamrani 2007, s.18)

### 3 ANALYYTTINEN HIERARKIAPROSESSI (AHP)

Tämä työ käsittelee edellisessä osiossa esitellyistä tuotekehitysprosessin alkupään vaiheista ensisijaisesti tuotekonseptien arviointia ja suodattamista. Tuotekonseptien arviointi ja suodattaminen on päätöksentekotilanne, jossa päätöksentekijä joutuu usein arvioimaan vaihtoehtojaan ottaen huomioon useita valintakriteerejä. (Ayağ 2014, s. 1–2) Tässä kappaleessa mainitaan muutamia usean kriteerin päätöksentekotilanteisiin kehitettyjä malleja, sekä kerrotaan miksi näistä malleista on päädytty hyödyntämään juuri analyyttistä hierarkiaproessia. Tämän jälkeen esitellään valitun AHP-mallin toiminta yksityiskohtaisella tasolla. Osion lopussa käydään läpi AHP-malliin liittyviä etuja sekä ongelmakohtia.

#### 3.1 Hyödynnettävän päätöksentekomallin valitseminen

Yleisesti käytettyjä usean kriteerin päätöksentekomalleja ovat muun muassa AHP (Analytic hierarchy process), TOPSIS (Technique for order preference), ELECTRE (Elimination and choice translating reality), GP (Goal programming) sekä MAUT (Multi attribute utility theory). (Jahan et al. 2009, s. 700; Zardari et al. 2014, s. 10) Kaikilla päätöksentekomalleilla on tiettyjä vahvuuksia ja heikkouksia. Edellä mainituista menetelmistä on päädytty hyödyntämään analyyttistä hierarkiaproessia (AHP). Yritys X:n päätöksenteon ongelman rakenne esitellään tarkemmin työn jälkimmäisellä puoliskolla, mutta seuraavaksi on mainittu muutamia päätöksentekotilanteeseen liittyviä kohtia jotka puoltavat analyyttisen hierarkiaproessin valitsemista päätösmodelliksi yritys X:n tapauksessa.

##### 1. Päätöksentekotilanteen ”yksinkertaisuus”

Yritys X:n tavoitteena on valita uusi tuotekonsepti kolmesta alustavasti kehitetystä tuotekonseptista nykyisen tuotteen rinnalle. Päätöksentekotilanne on näennäisesti yksinkertainen, sillä päätöksenteon osatekijöitä eli kriteerejä ja vaihtoehtoja on melko vähän. Ongelmallisen päätöksestä tekee se, että kriteerien painoarvot voivat vaihdella tuoteryhmän sisällä myyntikanavasta ja tuotteen kokoluokasta riippuen.

Tällaisessa tilanteessa päätöksentekomallilla täytyy tarkastella useita eri tapauksia. AHP-mallin yhtenä vahvuutena on sen yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys juuri silloin kun päätöksenteon osatekijöiden määrä on suhteellisen vähäinen (Zardari et al. 2014, s. 18) Tämän seurauksena AHP-mallia voidaan hyödyntää helposti ja nopeasti useamman tapauksen tarkastelussa.

## 2. Alustavien tuotekonseptien testidatan hyödyntäminen

Yritys X on valmistanut alustavista tuotekonsepteistaan prototyyppejä ja testannut niitä. AHP-mallissa määritetään parivertailuilla kuinka hyvin kukin malli toteuttaa päätöksenteon kriteerit. (Zardari et al. 2014, s. 18) Prototyyppeiden testeistä saatua dataa voidaan hyödyntää parivertailuissa, mikä tehostaa ja helpottaa mallin käyttöä.

## 3. Päätöksentekokriteerien painoarvojen määrittäminen

Yritys X:n päätöksentekotilanteessa ei ole tarkkaa tietoa päätöksentekokriteerien keskinäisestä tärkeydestä. AHP-mallin avulla voidaan määrittää kriteerien keskinäiset painoarvot päätöksessä. (Zardari et al. 2014, s. 18) Päätöksenteon kriteerien painoarvot ovat arvokasta tietoa yritykselle ja niitä voidaan jatkossa hyödyntää myös yrityksen tuotekehitystoiminnan ohjaamisessa.

## 4. Monikäyttöisyys

Usean kriteerin päätöksentekotilanteet ovat yritys X:llä melko tavallisia. Tämän työn sivutavoitteena on luoda yritys X:lle päätöksentekomalli, jota voidaan helposti hyödyntää usean kriteerin päätöksentekotilanteissa myös jatkossa. Yksi AHP-mallin vahvuuksista on sen monikäyttöisyys, sillä sitä voidaan hyödyntää laajasti useissa sovelluskohteissa. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 147–148; Coyle 2004, s. 8) Oikein hyödynnettynä yrityksen on siis mahdollista hyödyntää AHP-malliaan myös muiden päätöksentekotilanteidensa tukena.

### 3.2 Analyttisen hierarkiaproessin toiminta

AHP eli analyttinen hierarkiaproessi (Analytic hierarchy process) on päätöksentekoa avustava malli, jonka tarkoituksena on ottaa huomioon kaikki oleellimmat päätöksentekoon vaikuttavat kriteerit sekä määrittää näille kriteereille keskinäiset painoarvot päätöksessä. Kriteerien painoarvojen avulla voidaan selvittää mikä päätöksenteon kohteena olevista vaihtoehdoista olisi kaikki kriteerit huomioon ottaen paras ratkaisu päätöksenteon kohteena olevaan ongelmaan. AHP-mallin kehitti ensimmäisenä professori Thomas L. Saaty vuonna 1971, joskin malliin on myöhemmin tullut lisää variaatioita ja tarkennuksia. (Bhushan & Rai 2004, s. 22; Saaty & Vargas 2012, s. 3; Banuelas & Anthony 2004, 3852–3853)

AHP-malli on erityisen hyödyllinen päätöksentekotilanteissa, joissa päätökseen vaikuttavia kriteerejä on useampia ja kriteerien keskinäisen tärkeyden arviointi on hankalaa. Malli on yksinkertaisuutensa ja tehokkuutensa vuoksi levinnyt laajasti eri toimialoille ja sitä on hyödynnetty muun muassa liiketoiminnassa, hallitustoiminnassa, tuotekehityksessä sekä hankintatoimessa. (Bhushan & Rai 2004, s. 15) AHP-malli perustuu kolmeen pääajatukseseen, jotka ovat ongelman ”kehikon” muodostaminen hierarkian muodossa, ongelman osatekijöiden vertailu pareittain sekä päätöksenteon johdonmukaisuuden tarkastelu. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 141; Hambali et al. 2010, s. 247)

Yksi AHP-mallin hyödyntämisen selkeimmistä eduista on se, että sen avulla päätöksenteossa saadaan selkeät painoarvot valintakriteereille. Tämä on mahdollista riippumatta siitä onko kriteeri kvantitatiivinen vai kvalitatiivinen. AHP-mallilla siis konkreettisesti mitattavien kriteerien sekä päätöksentekijöiden intuition perustuvien kriteerien keskinäisen painoarvon vertaaminen keskenään on mahdollista. (Saaty & Vargas 2012, s. 324)

### 3.2.1 AHP-mallin vaiheet

#### Vaihe 1. Vaihtoehtojen listaaminen

AHP-mallin tarkoituksena on antaa päätöksentekijälle perusteltu valinta tai suositus parhaasta päätöksenteon kohteena olevista vaihtoehdoista. Tästä syystä mallin hyödyntämisen alussa tulee listata kaikki potentiaaliset vaihtoehdot joita päätöksentekoprosessissa halutaan tarkastella. Ensimmäisessä vaihtoehtojen listaamisessa ei ole tarkoitus karsia vähemmän potentiaalisia vaihtoehtoja, sillä tämä karsinta suoritetaan mallin myöhemmässä vaiheessa. (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 4)

#### Vaihe 2. Kynnyskriteerien määrittäminen

Toisinaan päätöksenteossa huomioon otettavia vaihtoehtoja saattaa olla todella paljon. Osa vaihtoehdoista saattaa olla sellaisia, etteivät ne täytä selkeitä kynnyskriteerejä, eikä niitä siksi ole järkevää ottaa mukaan syvällisempään tarkasteluun. Tällaisten kynnyskriteerien määrittäminen on seuraava vaihe AHP-prosessissa. Kynnyskriteerien määrittämisen tarkoitus on siis karsia vähiten houkuttavat vaihtoehdot pois jo prosessin alkuvaiheessa, ja siten tehostaa ja nopeuttaa päätöksentekoa. (Ayağ 2014, s. 7; Huizingh & Vrolijk 1995, s. 4) Esimerkki tällaisesta kynnyskriteeristä voisi olla tuotteen ostohinta. Mikäli ostettavaan tuotteeseen käytettäväksi maksimibudjetiksi on määritetty esimerkiksi tuhat euroa, eivät selkeästi tämän hinnan ylittävät tuotteet ole järkeviä vaihtoehtoja tarkasteltaviksi ostopäätöksessä.

#### Vaihe 3. Kynnyskriteerit täyttämättömien vaihtoehtojen karsiminen

Seuraavaksi AHP-mallissa tutkitaan, mitkä ensimmäisessä vaiheessa listatuista vaihtoehdoista täyttävät edellisen vaiheen kynnyskriteerit. Ne vaihtoehdot, jotka eivät täytä kynnyskriteerejä voidaan tässä vaiheessa sulkea pois päätöksenteosta. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 146; Huizingh & Vrolijk 1995, s. 5) Käytännön

tilanteissa päätöksenteon vaihtoehtoja on usein voitu karsia jo ennen AHP-mallin hyödyntämistä. Tästä syystä useat kirjallisuuden lähteet aloittavat mallin käsittelyn suoraan vaihtoehtojen listaamisesta.

#### Vaihe 4. Päätöksenteon kriteerien määrittäminen

Päätöksenteon vaihtoehtojen tarkempaan analysointiin tulee määrittää selkeät valintaan vaikuttavat kriteerit, joiden mukaan vaihtoehtojen keskinäisen paremmuuden punnitseminen tapahtuu. Kriteerejä on tyypillisesti noin 5-9 kappaletta (Haapalinna & Korpela 1995, s. 142) ja ne voivat olla objektiivisia tai subjektiivisia. Objektiivisilla kriteereillä tarkoitetaan mitattavissa olevia kriteerejä kuten esimerkiksi tuotteen hinta tai toimitusaika. Subjektiivisilla kriteereillä puolestaan tarkoitetaan sellaisia kriteerejä, joille tarkan numeerisen arvon määrittäminen on mahdotonta. Objektiivisista ja subjektiivisista kriteereistä voidaan toisinaan käyttää myös käyttää nimityksiä kvantitatiiviset ja kvalitatiiviset kriteerit. (Huizing & Vrolijk 1995, s. 10; Liu & Hai 2004, s. 310)

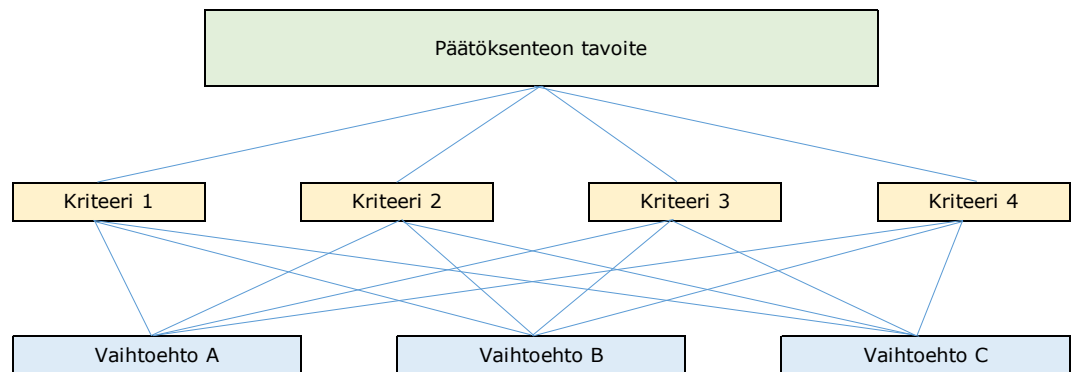
#### Vaihe 5. Hierarkiapuun muodostaminen

Kun ongelmaan liittyvät osatekijät eli päätöksenteon kriteerit ja vaihtoehdot on määritetty, muodostetaan niiden pohjalta päätöksenteolle kehikko, jota kutsutaan hierarkiapuuksi. Hierarkiapuun avulla päätöksenteko-tilanne voidaan ilmaista yhdessä kuvassa, josta voidaan nähdä kaikki päätökseen vaikuttavat osatekijät eriteltyinä. (Huizing & Vrolijk 1995, s. 5) Tätä kautta päätöksentekijän on helpompi hahmottaa kaikki päätökseen liittyvät elementit sekä niiden väliset vuorovaikutussuhteet. Hierarkiapuun avulla päätöksentekoprosessi on myös helpompi tarvittaessa selventää ulkopuolisille (Haapalinna & Korpela 1995, s. 143).

Hierarkiapuu sisältää päätöksenteon elementeistä riippuen vähintään kolme riviä. Puun ylimmälle riville kirjataan selkeästi ja yksiselitteisesti päätöksenteon tavoite. Seuraavalle riville listataan erillisiin elementteihin aiemmin määritetyt päätöksentekoon vaikuttavat kriteerit sekä niiden alle omille riveilleen mahdolliset



alakriteerit. Viimeiselle riville puolestaan listataan ensimmäisissä vaiheissa määritetyt kynnyskriteerit täyttäneet vaihtoehdot. (Huizing & Vrolijk 1995, s. 5) Hierarkiapuun kunkin rivin elementit ovat aina riippuvuussuhteessa ylemmän ja alemman rivin elementteihin. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 142) Hierarkiapuun periaatteellista rakennetta on selvennetty kuvassa 3.



**Kuva 3. Hierarkiapuun periaatteellinen rakenne**

#### Vaihe 6. Päätöksenteon elementtien parivertailu

Kun päätöksenteon kehikko eli hierarkiapuu elementteineen on muodostettu, lähdetään arvioimaan elementtien välisiä suhteita parivertailujen avulla. Elementtien parivertailu on hierarkiapuun muodostamisen ohella oleellisimpia AHP-prosessin vaiheita. Mallin ensimmäisissä parivertailuissa tarkastellaan sitä, miten hyvin päätöksenteon kohteeksi valitut vaihtoehdot toteuttavat kunkin kriteerin. Vertailussa päätöksenteon kohteena olevat vaihtoehdot listataan kuvan 4 mukaisesti matriisiin siten, että kaikki vaihtoehdot ovat samassa järjestyksessä sekä matriisin riveillä että sarakkeilla. (Coyle 2004, s. 3; Haapalinna & Korpela 1995, s. 144)

	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C	Vaihtoehto D	Vaihtoehto E
Vaihtoehto A					
Vaihtoehto B					
Vaihtoehto C					
Vaihtoehto D					
Vaihtoehto E					

**Kuva 4. Vaihtoehtojen vertailumatriisi**

Kun vaihtoehdot on listattu matriisin riveille ja sarakkeille, suoritetaan parivertailu siitä, kuinka hyvin vaihtoehdot toteuttavat tarkasteltavat päätöksentekokriteerit. Matriisivertailu suoritetaan kunkin listatun kriteerin kohdalla erikseen, jolloin muut kriteerit jätetään pois tarkastelusta. (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 5). Vaihtoehtojen parivertailussa käytetään numeerista asteikkoa väliltä 1-9. (Taulukko 1)

**Taulukko 1. Vaihtoehtojen vertailuasteikko kriteerien toteutuksessa**

Suhteellinen toteutus	Määritelmä	Selvennys
1	Vaihtoehdot toteuttavat kriteerin yhtä hyvin	Vaihtoehdot ovat yhtä hyviä tiettyä kriteeriä tarkasteltaessa
2		
3	Toinen vaihtoehdoista toteuttaa kriteerin lievästi paremmin	Kokemus tai harkinta suosii toista vaihtoehtoa lievästi kriteeriä tarkasteltaessa
4		
5	Toinen vaihtoehdoista toteuttaa kriteerin selkeästi paremmin	Kokemus tai harkinta suosii toista vaihtoehtoa selkeästi kriteeriä tarkasteltaessa
6		
7	Toinen vaihtoehdoista toteuttaa kriteerin erittäin paljon paremmin	Toinen vaihtoehto toteuttaa kriteerin erittäin paljon paremmin, toteutus voidaan osoittaa käytännössä
8		
9	Toinen vaihtoehdoista toteuttaa kriteerin äärimmäisen paljon paremmin	Toinen vaihtoehdoista on täydellisesti toista parempi kriteeriä tarkasteltaessa

Parivertailua käytetään määrittämään numeeriset arvot sille, kuinka hyvin kukin vaihtoehdoista toteuttaa kunkin listatun päätöksentekokriteerin. (Saaty & Vargas 2012, s. 3) Itse parivertailu tapahtuu rakennetun matriisin sisällä. Matriisin

lävistäjälle sijoitetaan arvot 1, sillä näillä alkioilla vaihtoehdot ovat tasavertaisia itsensä kanssa. Tällöin ei siis voida sanoa, että vaihtoehto toteuttaisi kriteerin itseään paremmin. Lävistäjän yläpuoli käydään alkio alkioilta läpi, ja kunkin alkion kohdalla verrataan vastaavalla rivillä ja sarakkeella olevia vaihtoehtoja keskenään. Alkioihin sijoitetaan vaihtoehtojen vertailuista riippuen arvoja väliltä  $1/9 - 9$ . Mikäli vaakarivillä oleva vaihtoehto toteuttaa käsiteltävän kriteerin paremmin kuin sarakkeen vaihtoehto, asetetaan alkioon arvo, joka on suurempi kuin 1. Jos taas sarakkeen vaihtoehto toteuttaa kriteerin paremmin, asetetaan alkioon arvo, joka on pienempi kuin 1. Kun lävistäjän yläpuoliset arvot on määritetty, sijoitetaan lävistäjän alapuolelle peilaten näiden arvojen käänteisluvut (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 6; Saaty & Vargas 2012, s. 3). Matriisin rakennetta ja arvojen määrittämistä on esimerkinomaisesti havainnollistettu kuvassa 5.

Kriteeri 1	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C	Vaihtoehto D	Vaihtoehto E
Vaihtoehto A	1	3	7	5	7
Vaihtoehto B	1/3	1	3	2	3
Vaihtoehto C	1/7	1/3	1	1/3	2
Vaihtoehto D	1/5	1/2	3	1	5
Vaihtoehto E	1/7	1/3	1/2	1/5	1

**Kuva 5. Vaihtoehtojen parivertailumatriisi esimerkkiarvoilla**

Kaikille vertailumatriisin sarakkeille lasketaan matriisista kokonaissumma sarakkeen alkioden summana. Jotta eri osatekijöiden väliset toteutumukset saadaan keskenään vertailukelpoisiksi, täytyy vertailumatriisit normalisoida. Normalisointi tapahtuu siten, että kukin sarakkeen alkio jaetaan sarakkeen kokonaissummalla. Tällöin myös kokonaissumma jaetaan itsellään, jolloin kyseiselle summariville sijoitetaan kaikkiin alkioihin arvo 1 (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 6; Saaty & Vargas 2012, s. 5–6). Matriisin normalisointia on havainnollistettu kuvassa 6.

Kriteeri 1	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C	Vaihtoehto D	Vaihtoehto E
Vaihtoehto A	1	3	7	5	7
Vaihtoehto B	1/3	1	3	2	3
Vaihtoehto C	1/7	1/3	1	1/3	2
Vaihtoehto D	1/5	1/2	3	1	5
Vaihtoehto E	1/7	1/3	1/2	1/5	1
Sarakkeiden summa	1,82	5,17	14,50	8,53	18,00



	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C	Vaihtoehto D	Vaihtoehto E
Vaihtoehto A	1 / 1,82	3 / 5,17	7 / 14,50	5 / 8,53	7 / 18,00
Vaihtoehto B	(1/3) / 1,82	1 / 5,17	3 / 14,50	2 / 8,53	3 / 18,00
Vaihtoehto C	(1/7) / 1,82	(1/3) / 5,17	1 / 14,50	(1/3) / 8,53	2 / 18,00
Vaihtoehto D	(1/5) / 1,82	(1/2) / 5,17	3 / 14,50	1 / 8,53	5 / 18,00
Vaihtoehto E	(1/7) / 1,82	(1/3) / 5,17	(1/2) / 14,50	(1/5) / 8,53	1 / 18,00
Sarakkeiden summa	1	1	1	1	1

**Kuva 6. Matriisin sarakkeiden summan määrittäminen ja matriisin normalisointi**

Lopullinen arvo sille, miten hyvin kukin vaihtoehto toteuttaa matriisissa käsitellyn kriteerin, saadaan laskemalla normalisoidusta matriisista rivien keskiarvo. Koska kunkin vaihtoehdon sarakkeen summa on 1, tulee myös rivien keskiarvojen summaksi 1. Saadut keskiarvot antavat pisteytyksen sille, miten hyvin vaihtoehdot toteuttavat käsitellyn kriteerin. Mitä suurempi vaihtoehdon saama keskiarvo on, sitä parempi on vaihtoehdon toteutuma kyseisen kriteerin kohdalla. (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 6) Keskiarvojen määrittämistä on havainnollistettu tarkemmin kuvassa 7. Esittämistävän selventämiseksi edellisen kuvan 6 normalisoidun matriisin arvot on nyt muutettu desimaaliluvuiksi.

	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C	Vaihtoehto D	Vaihtoehto E	Keskiarvo
Vaihtoehto A	0,55	0,58	0,48	0,59	0,39	0,52
Vaihtoehto B	0,18	0,19	0,21	0,23	0,17	0,20
Vaihtoehto C	0,08	0,06	0,07	0,04	0,11	0,07
Vaihtoehto D	0,11	0,10	0,21	0,12	0,28	0,16
Vaihtoehto E	0,08	0,06	0,03	0,02	0,06	0,05

**Kuva 7. Vaihtoehtojen painoarvojen määrittäminen normalisoidusta matriisista**

Kuvan 7 esimerkkimatriisista voidaan todeta, että vaihtoehto A toteuttaa käsiteltävän kriteerin parhaiten, koska sillä on suurin keskiarvo 0,52. Seuraavaksi paras toteutus on vaihtoehdolla B (0,20), jota seuraavat järjestyksessä vaihtoehdot D, C ja E. Kuvan matriisin mukainen vertailu toteutetaan AHP-prosessissa erikseen kunkin kriteerin kohdalla, jolloin saadaan määritettyä arvot kunkin kriteerin toteutumille kaikilla vaihtoehdoilla.

Kun vaihtoehtojen välinen kriteerien toteutus on määritetty, on aika tutkia päätöksenteon valintakriteerien välisiä suhteita. Tarkoituksena on nyt siis selvittää, kuinka paljon enemmän tai vähemmän painoarvoa yhdellä kriteerillä on päätöksenteossa kuin muilla kriteereillä (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 7; Saaty & Vargas 2012, s. 13). Kriteerien painoarvojen määrittäminen toteutetaan vastaavalla prosessilla kuin eri vaihtoehtojen kriteerien toteuttaminen edellisissä kappaleissa. Kriteerit sijoitetaan painoarvomatriisiin siten, että sama kriteeri asettuu matriisiin vastaavalle riville ja sarakkeelle. Matriisin lävistäjälle asetetaan jälleen arvot 1, sillä kriteerit ovat aina itsensä kanssa yhtä tärkeitä. Tämän jälkeen lävistäjän yläpuolelle asetetaan alkiokohtaisesti arvot taulukon 2 mukaisesti. Mikäli vaakarivillä oleva kriteeri koetaan tärkeämmäksi kuin pystysarakkeella oleva kriteeri, asetetaan alkion arvoksi suurempi kuin yksi. Jos taas sarakkeen kriteeri koetaan vaakarivin kriteeriä tärkeämmäksi, asetetaan alkion arvoksi pienempi kuin yksi. Lävistäjän alapuolelle asetetaan saatujen lukujen käänteisarvot peilaten. Käytännössä tämä peilaus tarkoittaa siis sitä, että jos kriteeri A on kaksi kertaa tärkeämpi kuin kriteeri B, niin tällöin kriteeri B on puolet vähemmän tärkeä kuin kriteeri A (Chakraborty & Banik 2006, s. 1239; Huizingh & Vrolijk 1995, s. 6; Saaty & Vargas 2012, s. 6).

**Taulukko 2. Kriteerien tärkeyden parivertailussa käytettävä vertailuasteikko**

Suhteellinen tärkeys	Määritelmä	Selvennys
1	Kriteerit yhtä tärkeitä	Kriteerit vaikuttavat yhtä paljon päätöksenteossa
2		
3	Lievästi tärkeämpi	Kokemus tai harkinta suosii toista kriteeriä lievästi
4		
5	Selkeästi tärkeämpi	Kokemus tai harkinta suosii toista kriteeriä selkeästi
6		
7	Erittäin paljon tärkeämpi	Kriteeri on erittäin paljon toista tärkeämpi, tärkeys voidaan osoittaa käytännössä
8		
9	Äärimmäisen paljon tärkeämpi	Toinen kriteereistä on täydellisesti tärkeämpi

Alkioiden arvojen asettamisen jälkeen kriteerien vertailumatriisi normalisoidaan laskemalla sarakkeiden alkioiden kokonaissumma sekä jakamalla kaikki alkiot saman sarakkeidensa kokonaissummalla. Tämän jälkeen kriteerien painoarvo päätöksessä määritetään laskemalla riveittäin normalisoidusta matriisista keskiarvot. Kriteerien painoarvojen määrittämisen periaate on esitetty esimerkin avulla kuvissa 8 ja 9.

	Kriteeri 1	Kriteeri 2	Kriteeri 3	Kriteeri 4	Kriteeri 5
Kriteeri 1	1	5	3	1	5
Kriteeri 2	1/5	1	1/2	1/5	1
Kriteeri 3	1/3	2	1	1/3	1/2
Kriteeri 4	2	5	3	1	5
Kriteeri 5	1/5	1	2	5	1
Summa	3,73	14,00	9,50	7,53	12,50



	Kriteeri 1	Kriteeri 2	Kriteeri 3	Kriteeri 4	Kriteeri 5
Kriteeri 1	1 / 3,73	5 / 14,00	3 / 9,50	1 / 7,53	5 / 12,50
Kriteeri 2	(1/5) / 3,73	1 / 14,00	(1/2) / 9,50	(1/5) / 7,53	1 / 12,50
Kriteeri 3	(1/3) / 3,73	2 / 14,00	1 / 9,50	(1/3) / 7,53	(1/2) / 12,50
Kriteeri 4	2 / 3,73	5 / 14,00	3 / 9,50	1 / 7,53	5 / 12,50
Kriteeri 5	(1/5) / 3,73	1 / 14,00	2 / 9,50	5 / 7,53	1 / 12,50
Summa	1	1	1	1	1

**Kuva 8. Kriteerien keskinäisen tärkeyden vertailumatriisi ja matriisin normalisointi**

	Kriteeri 1	Kriteeri 2	Kriteeri 3	Kriteeri 4	Kriteeri 5	Keskiarvo
Kriteeri 1	0,27	0,36	0,32	0,13	0,40	0,29
Kriteeri 2	0,05	0,07	0,05	0,03	0,08	0,06
Kriteeri 3	0,09	0,14	0,11	0,04	0,04	0,08
Kriteeri 4	0,54	0,36	0,32	0,13	0,40	0,35
Kriteeri 5	0,05	0,07	0,21	0,66	0,08	0,22
Summa	1	1	1	1	1	1

**Kuva 9. Kriteerien painoarvojen määrittäminen normalisoidusta matriisista**

Kuvasta 9 voidaan todeta, että esimerkin tapauksessa eniten päätökseen vaikuttava kriteeri on kriteeri 4 painokertoimella 0,35. Seuraavaksi merkittävimmät kriteerit päätöksenteossa ovat kriteeri 1 (0,29) sekä kriteeri 5 (0,22). Kriteerien 2 ja 3

puolestaan voidaan todeta olevan vähemmän merkityksellisiä päätöksenteossa, mutta tästä huolimatta niidenkään osuutta ei voida jättää täysin huomioimatta.

### Vaihe 7. Vaihtoehtojen kokonaispainoarvojen määrittäminen

Kun kriteerien painoarvot sekä toteutuminen eri vaihtoehtojen kohdalla on määritetty matriisien avulla numeerisesti, päästään selvittämään eri vaihtoehtoilta lopulliset kokonaispainoarvot joiden avulla päätöksenteko voidaan toteuttaa. Painoarvojen määrittäminen tapahtuu siten, että kunkin kriteerin kohdalla saatu vaihtoehdon toteutumisen arvo kerrotaan kyseisen kriteerin painoarvolla. Kaikkien kriteerien kohdalla saadut pisteet summataan vaihtoehdolle yhteen, jolloin saadaan vaihtoehdon kokonaispainoarvo. Mitä suurempi saatu kokonaispainoarvo on, sitä parempi vaihtoehto on päätöksenteossa. (Huizingh & Vrolijk 1995, s. 8; Saaty & Vargas 2012, s. 23) Vaihtoehtojen lopullisten kokonaispainoarvojen määrittäminen on havainnollistettu esimerkin avulla kuvassa 10. Kuvan matriisien alkioden arvot ovat kuvitteellisia, ja niiden tarkoituksena on vain osoittaa menetelmän periaatteellinen toiminta.

Toteutuma	Kriteeri 1	Kriteeri 2	Kriteeri 3	Kriteeri 4	Kriteeri 5		Painoarvo
Vaihtoehto A	0,25	0,33	0,44	0,19	0,51	Kriteeri 1	0,2
Vaihtoehto B	0,13	0,11	0,16	0,2	0,06	Kriteeri 2	0,14
Vaihtoehto C	0,05	0,15	0,19	0,19	0,07	Kriteeri 3	0,46
Vaihtoehto D	0,19	0,25	0,05	0,11	0,17	Kriteeri 4	0,15
Vaihtoehto E	0,38	0,16	0,16	0,31	0,19	Kriteeri 5	0,05

	Kokonaispainoarvo	Tulos
Vaihtoehto A	$0,25*0,2 + 0,33*0,14 + 0,44*0,46 + 0,19*0,15 + 0,51*0,05$	0,353
Vaihtoehto B	$0,13*0,2 + 0,11*0,14 + 0,16*0,46 + 0,2*0,15 + 0,06*0,05$	0,148
Vaihtoehto C	$0,05*0,2 + 0,15*0,14 + 0,19*0,46 + 0,19*0,15 + 0,07*0,05$	0,150
Vaihtoehto D	$0,19*0,2 + 0,25*0,14 + 0,05*0,46 + 0,11*0,15 + 0,17*0,05$	0,121
Vaihtoehto E	$0,38*0,2 + 0,16*0,14 + 0,16*0,46 + 0,31*0,15 + 0,19*0,05$	0,228

Summa

1

**Kuva 10. Vaihtoehtojen kokonaispainoarvojen määrittäminen**



Kuvan 10 esimerkistä voidaan todeta, että vaihtoehto A koettaisiin tilanteessa selkeästi parhaaksi vaihtoehdoksi, koska sillä on suurin kokonaispainoarvo 0,352. Seuraavaksi paras vaihtoehto olisi vaihtoehto E (0,228), jota seuraavat järjestyksessä vaihtoehdot C, B ja A. Kaikkien vaihtoehtojen kokonaispainoarvojen summaksi tulee aina 1, jolloin vaihtoehtojen vertailu kattaa 100 % päätöksestä.

### 3.2.2 AHP-mallin johdonmukaisuuden tarkastelu

Joissain tilanteissa AHP-malli saattaa perustua paljon päätöksentekijän omaan intuitioon faktapohjaisen tiedon sijaan. Intuitioon perustuvassa parivertailussa saattaa toisinaan esiintyä epäjohdonmukaisuutta. (Saaty 2003, s. 1; Saaty & Vargas 2012, s. 51) Tällaista tilannetta on havainnollistettu seuraavassa esimerkissä: Vertailtaessa kolmea eri kriteeriä keskenään, koetaan kriteeri A kaksi kertaa tärkeämpänä kuin kriteeri B ja kriteeri B kaksi kertaa tärkeämpänä kuin kriteeri C. Johdonmukaisesti toimivassa vertailussa kriteerin A tulisi tällöin olla neljä kertaa tärkeämpi kuin kriteerin C. Epäjohdonmukaisessa vertailussa kriteerien A ja C välinen tärkeyssuhde on kuitenkin luvusta neljä poikkeava.

Epäjohdonmukaisuuden tarkempaa tarkastelua varten AHP-mallissa määritetään johdonmukaisuusindeksi. (CI, Consistency Index) (Ayağ 2014, s. 8; Chakraborty & Banik 2006, s. 1239) Johdonmukaisuusindeksin tarkoituksena on varmistaa suoritettujen vertailujen loogisuus sekä vähentää inhimillisiä erehdyksiä AHP-mallia käytettäessä. (Saaty 2003, s. 88) Mikä tahansa mallin aikana määritetyistä matriiseista voi osoittaa epäjohdonmukaisuutta vertailussa, minkä vuoksi johdonmukaisuusindeksi tulee määrittää kunkin vertailumatriisin kohdalla. Indeksien määrittämistä on esitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Johdonmukaisuusindeksin määrittäminen aloitetaan kertomalla normalisoimaton vertailumatriisi A kokonaisuudessaan saaduilla painoarvoilla (keskiarvoilla) eli painoarvovektorilla C. Tämän laskutoimituksen tuloksena saadaan uusi vektori AC. Seuraavaksi määritetyn vektorin AC alkioden arvot jaetaan painoarvovektorin C alkioden arvoilla. Saadut tulokset summataan yhteen, minkä jälkeen koko tulos

jaetaan vertailun muuttujien lukumäärällä. Tämän laskutoimituksen tuloksena saadaan määritettyä matriisin suurin ominaisarvo  $\lambda$ . (Ayağ 2014, s. 8; Chakraborty & Banik 2006, s. 1239)

Johdonmukaisuusindeksi määritetään vähentämällä saadusta ominaisarvosta muuttujien määrä ja jakamalla saatu arvo muuttujien määrällä vähennettynä yhdellä. (Ayağ 2014, s. 8; Chakraborty & Banik 2006, s. 1239) Kun johdonmukaisuusindeksi on määritetty, verrataan sitä muuttujien määrästä riippuvaan satunnaisindeksiin RI. (Taulukko 3) Mikäli suhde CI/RI on alle arvon 0,1, voidaan matriisissa tehtyä vertailua pitää johdonmukaisena. Jos taas johdonmukaisuusindeksin CI ja satunnaisindeksin RI välinen suhde on suurempi kuin 0,1, tulee päätöksentekijän tarkastella asettamiaan vertailuparametreja uudelleen. (Chakraborty & Banik 2006, s. 1239; Saaty & Vargas 2012, s. 9)

**Taulukko 3. Satunnaisindeksin arvot eri muuttujien määrällä (Chakraborty & Banik 2006; Hambali et al. 2010)**

Satunnaisindeksi RI	
Muuttujien määrä	2      3      4      5      6      7      8      9      10
Satunnaisindeksi RI	0      0,58      0,9      1,12      1,24      1,32      1,41      1,45      1,49

AHP-malli sallii siis jonkin verran epäjohdonmukaisuutta, mutta johdonmukaisuusindeksillä voidaan varmistua siitä että vertailu on toteutettu riittävän hyvällä tarkkuudella. Selvennyksen vuoksi johdonmukaisuusindeksin määrittäminen esitetään vielä esimerkin avulla seuraavissa kappaleissa.

	Matriisi A					Painoarvo- vektori C
	Vaihtoehto A	Vaihtoehto B	Vaihtoehto C	Vaihtoehto D	Vaihtoehto E	C
Vaihtoehto A	1	3	7	5	7	0,52
Vaihtoehto B	1/3	1	3	2	3	0,20
Vaihtoehto C	1/7	1/3	1	1/3	2	0,07
Vaihtoehto D	1/5	1/2	3	1	5	0,16
Vaihtoehto E	1/7	1/3	1/2	1/5	1	0,05

**Kuva 11. Esimerkki vertailumatriisista A sekä määritetystä painoarvovektorista C**

Kuvassa 11 on esitetty esimerkki vertailumatriisista A sekä määritetystä painoarvovektorista C. Painoarvovektori C on määritetty matriisin A normalisoidusta matriisista rivien keskiarvona. Johdonmukaisuusindeksin määrittämisen ensimmäisessä vaiheessa matriisi A kerrotaan painoarvovektorilla C. Tuloksena saadaan vektori AC, jonka muodostaminen on esitetty seuraavassa kuvassa 12.

Vektori AC	Tulos
$1 \cdot 0,52 + 3 \cdot 0,20 + 7 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,16 + 7 \cdot 0,05$	2,78
$(1/3) \cdot 0,52 + 1 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,16 + 3 \cdot 0,05$	1,06
$(1/7) \cdot 0,52 + (1/3) \cdot 0,20 + 1 \cdot 0,07 + (1/3) \cdot 0,16 + 2 \cdot 0,05$	0,37
$(1/5) \cdot 0,52 + (1/2) \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,07 + 1 \cdot 0,16 + 5 \cdot 0,05$	0,84
$(1/7) \cdot 0,52 + (1/3) \cdot 0,20 + (1/2) \cdot 0,07 + (1/5) \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,05$	0,26

**Kuva 12. Vektori AC:n määrittäminen ja tulokset esimerkkitapauksessa**

Seuraavaksi määritetään käsitellyn matriisin suurin ominaisarvo  $\lambda$ . Tämä tapahtuu jakamalla lasketun vektorin AC alkio painoarvovektorin C alkioilla. Saadut arvot summataan yhteen ja saatu summa jaetaan muuttujien lukumäärällä. Tämän esimerkin tapauksessa vaihtoehtoja oli viisi kappaletta, joten muuttujien määrä on myös viisi. Ominaisarvoksi saadaan näin toimien:

$$\lambda = \frac{((2,78 / 0,52) + (1,06 / 0,20) + (0,37 / 0,07) + (0,84 / 0,16) + (0,26 / 0,05))}{5}$$

5

$$\lambda = 5,22$$

Ominaisarvoa käytetään laskettaessa matriisin johdonmukaisuusindeksiä CI. Johdonmukaisuusindeksin laskeminen tapahtuu vähentämällä saadusta ominaisarvosta muuttujien määrä (Tässä esimerkissä 5) ja jakamalla saatu tulos muuttujien määrällä vähennettynä yhdellä.

$$CI = (5,22 - 5)/(5-1) = 0,0552$$

Saatu johdonmukaisuusindeksin CI arvo verrataan satunnaisindeksin RI viiden muuttujan arvoon, joka on suuruudeltaan 1,12. (Taulukko 3) Tuloksena saatu suhde CI/RI on tämän esimerkin tapauksessa 0,0493. Koska saatu arvo on pienempi kuin johdonmukaisuuden raja-arvona käytetty 0,1, voidaan matriisissa tehtyä vertailua pitää riittävän johdonmukaisena. Mikäli saatu suhde CI/RI olisi ollut suurempi kuin 0,1, ei vertailun tuloksia voitaisi pitää luotettavina päätöksenteossa. Tällöin esimerkin päätöksentekijän tulisi arvioida vertailuparametrejaan uudelleen.

### 3.3 AHP-mallin etuja ja ongelmakohtia

Analyttisen hierarkiaproessin käytössä voidaan havaita selkeitä etuja, mutta kirjallisuudessa se on saanut myös kritiikkiä tietyistä heikkouksista ja ongelmakohtista. Näitä etuja ja heikkouksia pyritään seuraavissa kappaleissa esittelemään hieman tarkemmin. Mainitut edut ja heikkoudet on esittelyn jälkeen listattu taulukkoon 4.

Selkeimpinä AHP-mallin etuina nähdään useissa kirjallisuuden lähteissä mallin yksinkertaisuus, (Haapalinna & Korpela 1995, s. 147; Huizing & Vrolijk 1995, s. 9) päätöksenteon osatekijöiden parivertailu, (Coyle 2004, s. 7; Hambali et al. 2010, s. 248) sekä päätöksentekotilanteen rakenteen luominen hierarkiapuun muodossa. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 148; Huizing & Vrolijk 1995, s. 9) Näiden lisäksi

AHP-mallin eduiksi on mainittu muun muassa kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tiedon hyödyntäminen, monikäyttöisyys, menetelmän iterointimahdollisuus sekä johdonmukaisuuden tarkastelu. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 147–148; Coyle 2004, s. 8)

Analyttisen hierarkiaproessin mallille on esitetty myös kritiikkiä. Coyle (2004, s. 8) kirjoittaa artikkelissaan, että AHP-mallin parivertailussa käytetty asteikko 1/9–9 on saanut joiltain käyttäjiltä negatiivista palautetta. Lisäksi Coyle toteaa että asteikon muuttaminen voisi myös muuttaa saatuja elementtien painoarvoja. Positiivisena puolena Coyle kuitenkin mainitsee, että tilanteissa joissa vaihtoehtojen painoarvot ovat lähellä toisiaan, voidaan asteikkoa muokkaamalla saada eroja vaihtoehtojen välille. (Coyle 2004, s. 8)

Haapalinna & Korpela (1995, s. 148–149) puolestaan huomauttavat, että mikäli päätöksentekotilanne sisältää merkittävän määrän elementtejä, kasvaa määritettävien parivertailujen määrä suureksi. Tämä pidentää mallin käyttöprosessia ja voi vähentää lopputulosten luotettavuutta. Samassa artikkelissa todetaan myös, että uuden vaihtoehdon lisääminen täytettyyn AHP-malliin voi muuttaa alkuperäisten vaihtoehtojen painoarvoja. (Haapalinna & Korpela 1995, s. 149)

Taulukko 4. AHP-mallin etuja ja ongelmakohtia

Etuja	Heikkouksia tai ongelmakohtia
<p>Yksinkertainen</p> <p>Osatekijöiden parivertailut</p> <p>Havainnollistava hierarkiarakenne (Hierarkiapuu)</p> <p>Kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten tekijöiden huomioiminen</p> <p>Monikäyttöisyys</p> <p>Iterointimahdollisuus</p> <p>Johdonmukaisuuden tarkastelu</p>	<p>Vertailuasteikko 1/9 - 9 ei selkein mahdollinen kaikille käyttäjille</p> <p>Laajoissa päätöstilanteissa laskentavaiheiden määrä kasvaa</p> <p>Vaihtoehtojen lisääminen täytettyyn malliin voi muuttaa alkuperäisten vaihtoehtojen painoarvoja</p>

## 4 AHP-MALLIN LUOMINEN YRITYS X:LLE

Yritys X:n AHP-malli luotiin Microsoft Excel-ohjelmalla. Mallia lähdettiin luomaan sillä ajatuksella, että sen hyödyntämisen tulee onnistua helposti myös muissa usean kriteerin päätöksentekotilanteissa. Malli on pyritty siis tekemään käyttäjän kannalta mahdollisimman yksinkertaiseksi ja selkeäksi. Kukin AHP-mallin tärkeimmistä vaiheista on AHP-mallissa jaettu omalle välilehdelle, ja nämä välilehdet käydään läpi seuraavissa kappaleissa. Yritykselle on lisäksi laadittu yksityiskohtaiset käyttöohjeet mallin käyttöön liittyen, mutta niiden esittely rajataan tästä työstä pois.

### Lähtötietojen syöttäminen

AHP-päätöksentekomallin ensimmäiselle välilehdelle sijoitetaan päätöksenteon elementit. Päätöksenteon elementtejä ovat päätöksenteon tavoite, päätöskriteerit ja mahdolliset alakriteerit sekä päätöksenteon kohteena olevat vaihtoehdot. Päätöskriteerejä malliin voi syöttää enintään yhdeksän kappaletta ja kullekin kriteerille tarvittaessa kolme alakriteeriä. Vaihtoehtojen määrä mallissa on rajattu seitsemään kappaleeseen. Tavallisesti AHP-mallissa vaihtoehtojen määrä karsiutuu kynnyskriteerien myötä pienemmäksi, mutta mallia luodessa tahdottiin jättää riittävästi joustovaraa käyttäjälle. Mallin käyttäjä kirjaa määrittämänsä elementit ensimmäiselle välilehdelle oheisten kuvien keltaisiin ruutuihin. (Kuvat 13 ja 14)

**Target**

Goal of decision/target

**Decision criteria**Main criteria

Factors or criteria affecting the decision	
Criterion 1	
Criterion 2	
Criterion 3	
Criterion 4	
Criterion 5	
Criterion 6	
Criterion 7	
Criterion 8	
Criterion 9	

**Alternatives**

Alternatives	
Alternative A	
Alternative B	
Alternative C	
Alternative D	
Alternative E	
Alternative F	
Alternative G	

**Kuva 13. Päätöksenteon elementtien syöttäminen AHP-mallin lähtötietoihin**

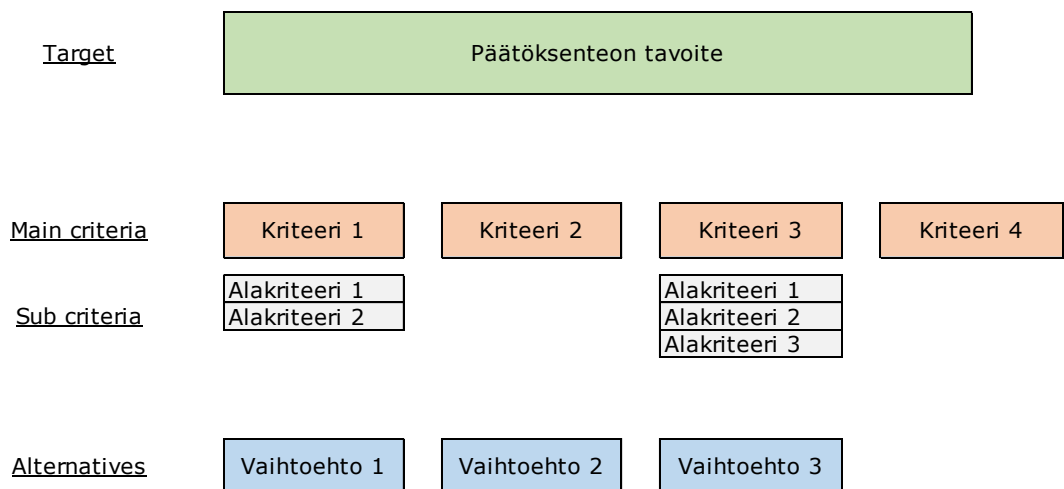
Main criteria	Sub criterion 1	Sub criterion 2	Sub criterion 3
Criterion 1			
Criterion 2			
Criterion 3			
Criterion 4			
Criterion 5			
Criterion 6			
Criterion 7			
Criterion 8			
Criterion 9			

**Kuva 14. Alakriteerien syöttäminen AHP-mallin lähtötietoihin**



## Hierarkiapuun muodostaminen

Kun päätöksenteon elementit on määritetty, malli muodostaa niiden pohjalta automaattisesti hierarkiapuun seuraavalle välilehdelle. Hierarkiapuu pyritään esittämään heti mallin alkupäässä, jotta päätöksentekijä voi varmistua että päätöksenteon elementit ovat oikeat ja kehikko halutun kaltainen. Esimerkki mallin avulla rakennetusta hierarkiapuusta on esitetty alla olevassa kuvassa 15.



**Kuva 15. AHP-mallin automaattisesti muodostuva hierarkiapuu**

## Päätöskriteerien parivertailu

Mallin kolmannella välilehdellä suoritetaan päätöksentekokriteerien parivertailut, joiden avulla kriteerien keskinäisen tärkeyden vertailu tapahtuu. Välilehdelle muodostuu automaattisesti lähtötietojen perusteella kuvan 16 mukainen vertailumatriisi, johon lähdetään syöttämään arvoja kuvan 17 vertailuasteikon mukaisesti. Vertailuasteikko sijaitsee vertailumatriisin vieressä, jotta käyttäjä voi jatkuvasti tarkistaa syötettävien arvojen merkityksen. Mallin käyttämisestä on lukittu siten, että käyttäjä voi syöttää arvoja vain keltaisella merkittyihin soluihin. Tällä tavoin pyritään välttymään ylimääräisiltä virheiltä vertailuissa sekä mahdollisilta laskentakaavojen sotkemiselta.

Vertailumatriisin ohessa ilmaistaan myös johdonmukaisuussuhteen arvo, jotta käyttäjä voi varmistua vertailunsa johdonmukaisuudesta. Johdonmukaisuussuhteen tulee olla alle ohjearvon 0,1. Johdonmukaisuussuhde sekä matriisissa olevat kriteerien painoarvot lasketaan normalisoidusta matriisista, joka on piilotettuna kunkin vertailumatriisin alla. Normalisoituun matriisiin vaikuttavat lähtötietoihin syötetyt päätöksenteon elementit sekä vertailumatriisiin syötetyt parivertailujen arvot. Normalisoidut matriisit on piilotettu jotta malli näyttäisi selkeämmältä ja yksinkertaisemmalta käyttäjälle.

Relative main criteria importance	Kriteeri 1	Kriteeri 2	Kriteeri 3	Kriteeri 4	Criteria weight in decision
Kriteeri 1	1	3	6	1	0,40
Kriteeri 2	1/3	1	1/2	1/3	0,10
Kriteeri 3	1/6	2	1	1/5	0,11
Kriteeri 4	1	3	5	1	0,38
Sum	2,50	9,00	12,50	2,53	1,00

Consistency ratio  
CI/RI has to be

CI/CR  
0,085 OK!

Kuva 16. Pääkriteerien parivertailumatriisi AHP-mallissa

Criterion on the <b>ROW</b> is more important	
9	Extremely more important
8	
7	A lot more important
6	
5	Moderately more important
4	
3	Slightly more important
2	
1	Equally important
1/2	
1/3	Slightly more important
1/4	
1/5	Moderately more important
1/6	
1/7	A lot more important
1/8	
1/9	Extremely more important
Criterion on the <b>COLUMN</b> is more important	

Kuva 17. AHP-mallin kriteerien parivertailuissa käytettävä asteikko

## Alakriteerien parivertailu

Seuraavalla välilehdellä käydään läpi mahdollisten alakriteerien keskinäisen tärkeyden vertailu. Alakriteerien keskinäisen tärkeyden vertailu tapahtuu vastaavanlaisella matriisilla kuin pääkriteerien vertailu. (Kuva 18) Mikäli usealla pääkriteerillä koetaan olevan alakriteerejä, tulee käyttäjän käydä läpi alakriteerien parivertailut kunkin pääkriteerin kohdalla. Alakriteerien vertailumatriisit muodostuvat allekkain lähtötietoihin syötettyjen pääkriteerien ja alakriteerien perusteella. Vertailussa käytetään samaa asteikkoa kuin pääkriteerien vertailussa ja asteikko on myös esitetty kunkin alakriteerin vertailumatriisin vieressä.

### Kriteeri 1

Alakriteerien tärkeys	Alakriteeri 1	Alakriteeri 2	Alakriteeri 3	Alakriteerin painoarvo	Consistency ratio CI/RI has to be below
Alakriteeri 1	1	1	5	<b>0,47</b>	CI/CR 0,005 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">OK!</span>
Alakriteeri 2	1	1	4	<b>0,43</b>	
Alakriteeri 3	1/5	1/4	1	<b>0,10</b>	
SUM	2,20	2,25	10,00	1,00	

**Kuva 18. Esimerkki alakriteerien parivertailumatriisista**

Seuraaville välilehdille syötetään arvot siitä, kuinka hyvin kukin vaihtoehdoista toteuttaa lähtötietoihin syötetyt pääkriteerit ja alakriteerit. Vertailu toimii samalla tavoin kuin kriteerien keskinäisen tärkeyden vertailut aiemmilla välilehdillä. Kustakin pääkriteeristä muodostuu oma matriisinsa, jonka sisällä kriteerin toteutumista vertaillaan eri vaihtoehtojen kesken. Myös vaihtoehtojen kriteerien toteutuksessa tarkastellaan vertailun johdonmukaisuutta, joten johdonmukaisuusindeksi on ilmaistu kunkin matriisin ohessa. Esimerkki vaihtoehtojen vertailumatriisista on esitetty kuvassa 19. Alakriteerien toteutumisen vertailu käydään läpi omalla välilehdellä, mutta toimintatapa on täysin identtinen pääkriteerien toteutuksen vertailuun nähden.

**Kriteeri 1**

Kriteeri 1	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Alternative performance
Vaihtoehto 1	1	5	2	0,59
Vaihtoehto 2	1/5	1	1/2	0,13
Vaihtoehto 3	1/2	2	1	0,28
Sum	1,70	8,00	3,50	1,00

Consistency ratio CI/RI has to be below **0,1**

CI/RI  
0,005

OK!

**Kuva 19. Esimerkki kriteerien toteutumisen vertailumatriisista**

### AHP-mallin yhteenveto

Kun päätöksentekoon tarvittavat lähtötiedot on syötetty ja vaaditut parivertailut täytetty, voidaan siirtyä tarkastelemaan tulosten yhteenvetoa. Yhteenveto on esitetty omalla välilehdellään ja se koostuu kahdesta taulukosta. Ensimmäistä taulukkoa luetaan tilanteissa, joissa päätöskriteereillä ei ole alakriteerejä. (Kuva 20) Taulukko sisältää aiemmilla välilehdillä määritetyt painokertoimet kriteerien tärkeydelle ja eri kriteerien toteutumille kullakin vaihtoehdolla. Näiden arvojen avulla mallissa lasketaan kunkin vaihtoehdon kokonaispainokerroin, joka näkyy kuvan 20 kohdassa ”TOTAL SCORE”. Yhteenvetotaulukon yhteydessä on myös esitetty kunkin vertailumatriisin johdonmukaisuussuhde, sekä kommentti onko johdonmukaisuussuhde riittävän alhainen. Tällä tavoin mallin käyttäjä huomaa vielä yhteenvedon yhteydessä, mikäli parivertailuissa on epäjohdonmukaisuutta.

**Summary without sub criteria**

		ALTERNATIVES			CONSISTENCY RATIO	
MAIN CRITERIA	Weight	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	CI/CR	
		Performance	Performance	Performance		
Kriteeri 1	0,40	0,59	0,13	0,28	0,005	OK!
Kriteeri 2	0,10	0,44	0,17	0,39	0,016	OK!
Kriteeri 3	0,11	0,68	0,10	0,22	0,002	OK!
Kriteeri 4	0,38	0,59	0,13	0,28	0,005	OK!
CONSISTENCY RATIO	0,085	OK!				
<b>TOTAL SCORE</b>		<b>0,589</b>	<b>0,130</b>	<b>0,281</b>		

Kuva 20. AHP-mallin yhteenvertotaulukko ilman alakriteerejä

Yhteenvedon toinen taulukko toimii vastaavalla periaatteella kuin ensimmäinenkin, mutta siinä on huomioitu myös mahdolliset alakriteerit. Taulukossa on ilmaistu kaikki vertailumatriiseista saadut painokertoimet pääkriteereille, alakriteereille sekä kunkin kriteerin tai alakriteerin toteutumalle eri vaihtoehdoilla. Vaihtoehtojen kokonaispainoarvot on esitetty kohdassa ”TOTAL SCORE”. Näiden lisäksi yhteenvertotaulukko näyttää myös kunkin vertailumatriisin kohdalla sen, onko matriisin johdonmukaisuussuhde sallitulla tasolla. (Kuva 21)

**Summary with sub criteria**

MAIN CRITERIA	Weight	SUB CRITERIA	Weight	Consistency ratio	ALTERNATIVES			CONSISTENCY RATIO		
					Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Main criteria	Sub criteria	
Kriteeri 1	0,40	Alakriteeri	0,47	OK!	0,19	0,17	0,63		0,008	OK!
		Alakriteeri	0,43	OK!	0,56	0,12	0,32		0,016	OK!
		Alakriteeri	0,10	OK!	0,60	0,20	0,20		0,000	OK!
Kriteeri 2	0,10				0,44	0,17	0,39	0,016	OK!	
Kriteeri 3	0,11	Alakriteeri	1,00	OK!	0,08	0,60	0,32		0,002	OK!
		Alakriteeri	1,00	OK!	0,16	0,76	0,08		0,001	OK!
Kriteeri 4	0,38				0,59	0,13	0,28	0,005	OK!	
CONSISTENCY RATIO				0,085						
				OK!						
TOTAL SCORE					0,458	0,282	0,373			

Kuva 21. AHP-mallin yhteenvetotaulukko alakriteerien kanssa

## **5 AHP-MALLIN SOVELTAMINEN YRITYS X:N TAPAUKSESSA**

Tämä diplomityö on tehty yritykselle X ja työssä tarkastellaan yrityksen tuoteryhmää Y. Tuoteryhmällä Y tarkoitetaan esieristettyjä, muovipohjaisia ja joustavia lämmön- ja käyttövedenjakeluun valmistettuja putkia. Tuotteiden rakenne ja valmistus on ollut samanlaista lähes 25 vuotta. Perinteisesti yrityksen X tuotteiden myyntivaltteina ovat olleet tuotteiden joustavuus sekä vahva yritysbrändi ja myyntityö. Lämmöneristyspuolella yritys X:n tuotteet ovat olleet kilpailijoita heikompia, mutta tätä ongelmaa on pystytty paikkaamaan putkien kiitettävällä joustavuudella sekä laadukkaalla myyntityöllä ja asiakaspalvelulla.

Viime vuosina yritys X:n markkinatilanne tuoteryhmän Y kohdalla on kuitenkin kiristynyt. Kilpailijat ovat onnistuneet kehittämään omia vastaavia tuotteitaan joustavammiksi ja lisääntyneen joustavuuden ja parempien lämmöneristysominaisuuksien myötä kilpailijoiden asema markkinoilla on vahvistunut. Kilpailijoiden vahvistuneen aseman lisäksi markkinatilannetta kiristävät lisääntyneet lämmöneristysvaatimukset ympäristöpuolella sekä asiakkaiden lisääntynyt ympäristötietoisuus. Yritys X:n näkökulmasta tilanne nähdään vaikeana ja nykyisten tuotteiden myynnin nähdään tulevaisuudessa olevan laskevassa suunnassa.

Vastauksena kiristyneeseen markkinatilanteeseen yritys X on suunnitellut lisäävänsä toisen uuden tuotelinjan nykyisen tuoteryhmän Y rinnalle. Uudeksi tuotelinjaksi on alustavasti kehitetty kolme erilaista tuotekonseptia. Näiden konseptien keskinäinen vertailu on kuitenkin osoittautunut hankalaksi, sillä tuotteiden myynti on riippuvaista useammasta tuoteominaisuudesta. Tästä syystä Yritys X tarvitsee päätöksentekomallin, jolla uusia tuotekonsepteja voidaan vertailla keskenään ottamalla perustellusti huomioon eri kriteerien väliset painoarvot päätöksessä. Päätöksentekomallina on tässä työssä hyödynnetty AHP-mallia (Analyttinen hierarkiaprosessi). Mallin avulla annetaan yritykselle perusteltu suositus siitä, mikä suunnitelluista tuotekonsepteista palvelisi parhaiten

yrittäjien tulevaisuutta. Seuraavissa kappaleissa esitellään kohdeyritys yritys X sekä käsiteltävä tuoteryhmä Y yksityiskohtaisemmalla tasolla. Tämän jälkeen siirrytään käsittelemään AHP-mallin hyödyntämistä yritys X:n tapauksessa.

## **5.1 Yritys X**

Yritys X on yksi johtavista rakennus- ja ympäristötekniikan järjestelmien toimittajista maailmassa. Yritys tarjoaa rakentajille ja remontoijille kattavan valikoiman lämmitykseen, veden- ja energianjakeluun sekä ilmanvaihtoon ja jäteveden käsittelyyn tarkoitettuja järjestelmiä. Yrityksen toiminta on maailmanlaajuista ja maantieteellisesti kattavaa toimintaa pidetään myös yhtenä yrityksen selkeistä vahvuuksista. Yrityksen X liiketoiminta jakautuu karkeasti kahteen osa-alueeseen, jotka ovat talotekniikka sekä julkisen sektorin rakentaminen.

Talotekniikan puolella yritys X tarjoaa kattavasti järjestelmiä lämmitykseen, ilmanvaihtoon, käyttöveden jakeluun sekä jätevesien käsittelyyn. Tyypilliset talotekniikan tuotteiden käyttökohteet liittyvät uusien asuinkiinteistöjen rakentamiseen sekä saneeraukseen. Talotekniikan liiketoiminta toi vuonna 2015 yhteensä noin 70 % yrityksen X liikevaihdosta.

Julkisen sektorin rakentamisen osa-alueella yritys X tarjoaa viemärintijärjestelmiä veden- ja kaasun jakeluun, tulvavesien käsittelyyn, ilmanvaihtoon, jätevesien käsittelyyn sekä televerkostojen kaapeleiden suojaamiseen. Julkisen sektorin rakentamisen liiketoiminta kattoi vuonna 2015 noin 30 % yritys X:n liikevaihdosta. Useat julkisen sektorin rakentamisen käyttökohteet ovat vastaavanlaisia kuin talotekniikan puolella, mutta eroavaisuutena ovat tuotteiden ja asennuskohteiden kokoluokat, sillä julkisen rakentamisen tuotteet ovat dimensioiltaan merkittävästi talotekniikan tuotteita suurempia.



## 5.2 Tuoteryhmä Y

Yritys X valmistaa ja myy joustavia valmiiksi lämpöeristettyjä muovipohjaisia putkia osaksi lämmitys- ja käyttövesiverkostoja. Valmiiksi eristettyjä putkia kutsutaan yrityksessä tuoteryhmäksi Y. Tuoteryhmän Y tuotteet ovat osa yrityksen talotekniikan liiketoimintaa. Tuoteryhmän Y tuotteiden myynti tapahtuu tukkumyyntinä jakelijoiden välityksellä sekä projektimyyntinä, jossa myydään kokonainen lämmön- ja käyttöveden jakelujärjestelmä laajemman asuinalueen rakentamiseen tai saneeraukseen. Tuoteryhmän tuotteet voitaisiin jakaa myös asennuskohteen tyyppin mukaan uudisrakentamiseen ja saneeraukseen, mutta tässä työssä rajaudutaan tarkastelemaan myyntikanavien perusteella tehtyä jakoa.

Tärkeimmät tuoteryhmän Y tuotteiden käyttökohteet voidaan jakaa karkeasti lämmitys- tai jäähdytysveden jakeluun sekä käyttöveden jakeluun. Tarkemmin eriteltynä lämmitys- ja jäähdytyspuolen käyttösovelluksia ovat muun muassa maalämpö, aluelämmitys, sekä maatilojen vaihtoehtoisten energiajärjestelmien lämpöenergian jakaminen. Käyttövesipuolella puolestaan merkittävimpiä käyttökohteita ovat käyttövesiverkostot sekä jäätymättömät vesijohtojärjestelmät.

Tuoteryhmän Y tuotteet valmistetaan tyypillisesti 100m tai 200m pituisille keloille. Tukkumyynnin puolella kelat myydään suoraan jakelijalle, joka leikkaa putken täydeltä kelalta loppuasiakkaan haluamaan pituuteen. Projektimyynnin puolella voidaan hyödyntää täysimittaisia keloja putkien asennuksessa ja leikata putki haluttuun pituuteen kenttä-asennuksen yhteydessä. Toinen vaihtoehto on valmistaa putki räätälöitynä suoraan asiakkaan haluamaan mittaan tuotannon yhteydessä.

Tuoteryhmän Y tuoterakenne ja -valikoima

Yritys X:n tuoteryhmän Y pääkomponentit ovat virtausputki/putket, useamman virtausputken tapauksissa puna-sininen keskitysprofiili, polyeteeni-muoviset eristematot sekä muovinen profiloitu ulkosuojakuori. Tuotteiden käyttökohteissa lämmitys- ja käyttövettä siirretään virtausputkien sisällä. Virtaava vesi on yleensä

kuumaa, jolloin eristemattojen tehtävä on vähentää veden lämpöenergian karkaamista ympäristöön. Profiloitun ulkosuojakuoren tarkoitus puolestaan on suojata sisällä olevaa rakennetta sekä estää maaperän veden pääseminen eristepaketin sisään.

Yritys X:n tuoteryhmä Y pitää sisällään myös tuotteita, joissa eristepaketin sisällä on yhden virtausputken sijasta kaksi tai neljä virtausputkea. Näiden tuotteiden tapauksessa erillisenä komponenttina on kaksivärinen keskitysprofiili, jonka tehtävinä ovat virtausputkien keskinäisen lämmönvaihdon vähentäminen, putkien paikallaan pitäminen sekä asennustilanteen helpottaminen. Keskitysprofiilin kaksi väriä helpottavat asentajaa tunnistamaan meno- ja paluuputket asennustilanteessa. Periaatteellinen kuva yhden, kahden ja neljän virtausputken tuotteista on esitelty kuvassa 22.



**Kuva 22. Tuoteryhmän Y tuotteiden rakenne**

Tuoteryhmän Y tuotevalikoima pitää sisällään 210 eri tuotetta. Tuotteet voivat vaihdella joko sisällä kulkevien virtausputkien määrän, virtausputkien halkaisijan tai ulkokuoren halkaisijan mukaan. Virtausputkien halkaisijat vaihtelevat välillä 25–125 mm, kun taas ulkokuoren halkaisijat ovat 68–250mm väliltä. Perustuotteiden lisäksi tuoteryhmässä on tarjolla erikoistuotteita, kuten esimerkiksi lämmityskaapeleilla varustettuja putkia jaksottaista talvikäyttöä varten.

## Asennuskohteet

Tuoteryhmän Y putkia käytetään yleisimmin lämmitys- ja käyttöveden jakeluun. Tyypillisessä asennustilanteessa rakennetaan vedenjakeleyhteys lämmönjakokeskukselta asuinkiinteistöihin. Tukkumyynnin puolella myytävien putkien asennuskohteet ovat tavallisesti lyhyitä pätkiä yksityisille rakentajille ja urakoitsijoille. Yksi tyypillisistä tukkujakelumyynnin asennuskohteista on tilanne, jossa asiakas tahtoo yhdistää lähellä asuinkiinteistöä sijaitsevan lämmönvaihtimen kiinteistöön. Tällainen asennustilanne on luonteeltaan melko yksinkertainen. Lämmönvaihtimen ja kiinteistön välille kaivetaan oja, johon putki upotetaan. Putki liitetään liitoskomponenteilla sekä lämmönvaihtimeen että kiinteistöön. Lämmönvaihtimeen tai kiinteistöön yhdistettäessä putkea voidaan joutua taivuttamaan jyrkästi, jolloin putken rakenteen joustavuus helpottaa asennusta.

Projektimyynnin puolella tyypillinen asennuskohde on asuinalue, jolla on keskitetty lämmönjakokeskus. Tällöin lämmönjakokeskukselta viedään suuremman kokoluokan putkilla koko alueen kattava pääjakelulinja kiinteistöjen välille. Pääjakelulinjaan liitetään pienemmän kokoluokan putkilla osahaaroja, joilla jakeluverkosto saadaan yhdistettyä yksittäisiin kiinteistöihin.

## **5.3 Yritys X:n analyttinen hierarkiaproessi**

### 5.3.1 Ongelman rajaaminen

Yritys X:n päätöksenteon tavoitteena on valita paras vaihtoehto suunnitelluista tuotekonsepteista uudeksi tuoteryhmäksi nykyisen tuotteen rinnalle. Nykyisen tuoteryhmän Y liiketoiminta tapahtuu tukkumyynninä ja projektimyynninä. Päätöksentekoon vaikuttavien kriteerien painoarvot voivat vaihdella näiden kahden myyntimuodon välillä, minkä takia kumpaakin tapausta tarkastellaan työssä erikseen.

Tuoteryhmän Y tuotteiden sisällä olevien virtausputkien kokoluokat vaihtelevat käyttökohteen siirtotehosta riippuen. Virtausputkien halkaisijat tuotteissa ovat 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110 sekä 125mm. Päätöksentekokriteerien painoarvot voivat vaihdella myös putkien kokoluokkien välillä. Tällä tarkoitetaan sitä, että tuoteryhmän sisällä suuremman kokoluokan putkissa päätöskriteerien painoarvot voivat olla erilaisia kuin pienemmän pään tuotteilla. Seurauksena myös suuret ja pienet putket otetaan erikseen tarkasteluun. Näin ollen tutkittavaksi muodostuu neljä erillistä tapausta:

1. Tukkuymyyni, pienet putket
2. Tukkuymyyni, suuret putket
3. Projektimyynti, pienet putket
4. Projektimyynti, suuret putket

Pieniksi putkiksi luetaan yhden virtausputken tuotteissa putkikoot 25–50mm ja kahden putken tapauksissa 25–40mm. Kahden virtausputken tuotteista suurin sisältää kaksi 63mm virtausputkea, joten tällöin suuriksi putkiksi lasketaan virtausputkikoot 50mm ja 63mm. Neljän virtausputken tuotteet jätetään tässä työssä tarkastelematta, sillä uutta tuotekonseptia on toistaiseksi suunniteltu ensisijaisesti yhden ja kahden virtausputken tuotteille.

Esiteltyjen tapausten tarkastelu tapahtuu siten, että kriteerien keskinäiset painoarvot määritetään kullekin tapaukselle erikseen. Kustakin suunnitellusta tuotekonseptista on valmistettu prototyyppejä sekä pienen että suuren kokoluokan putkista. Näiden prototyyppien testituloksia ja niille suoritettuja laskelmia hyödynnetään määrittäessä kuinka hyvin eri vaihtoehdot toteuttavat kriteerit kussakin esitellyssä tapauksessa.

### 5.3.2 AHP-mallin ensimmäiset vaiheet

AHP-mallia hyödynnettäessä ensimmäiset vaiheet ovat kaikkien potentiaalisten vaihtoehtojen selvittäminen ja listaaminen, kynnyskriteerien määrittäminen sekä

kynnyskriteerit täyttävien vaihtoehtojen selvittäminen. Yritys X:n tapauksessa tuotekonseptien kehitystyötä on kuitenkin tehty jo jonkin aikaa, minkä seurauksena vähiten potentiaaliset vaihtoehdot on jo karsittu pois päätöksenteosta. Jäljelle jääneistä tuotekonsepteista kaikki nähdään jossain määrin toteuttamiskelpoisina. Tästä syystä AHP-mallin hyödyntämisessä siirrytään suoraan tutkittavien vaihtoehtojen esittelyyn.

### 5.3.3 Päätöksenteon vaihtoehdot

Yritys X on alustavasti kehittänyt kolme tuotekonseptia mahdolliseksi uudeksi tuoteryhmäksi. Näistä konsepteista käytetään tässä työssä nimityksiä vaihtoehto 1, vaihtoehto 2 sekä vaihtoehto 3. Vaihtoehtojen ominaisuuksia on esitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Vaihtoehto 1 on tuotekonsepti, jossa tuotteiden rakennetta on muokattu siten, että lämpöhäviö-ominaisuudet paranevat kaikilla tuotteilla merkittävästi. Negatiivisena ominaisuutena tuote kuitenkin jäykistyisi nykyiseen tuotteeseen verrattuna kaikkien tuotteiden kohdalla. Tuotekustannusten osalta vaihtoehto asemoituisi pienten putkien tapauksessa hieman nykyistä tuotetta halvemmaksi, mutta suurilla putkilla keskimäärin hieman nykyistä tuotetta kalliimmaksi.

Vaihtoehto 2 on tuotekonsepti, jossa suuren kokoluokan putket on valmistettu samalla tavoin kuin vaihtoehdossa 1, mutta pienen kokoluokan putkissa on painotettu enemmän tuotteiden joustavuutta. Tässä tuotekonseptissa siis pienen kokoluokan putkilla joustavuus pysyisi lähes samalla tasolla nykyiseen tuotteeseen nähden ja lämpöhäviöt paranisivat jonkin verran, mutta negatiivisena puolena tuotekustannukset kasvaisivat aavistuksen nykyiseen tuotteeseen nähden.

Vaihtoehto 3 on tuotekonsepti, jossa pääajureina ovat lämpöhäviöiden ja kustannusten minimoiminen. Tämä tapahtuu kuitenkin merkittävästi joustavuuden kustannuksella. Pienen kokoluokan putkissa tällä vaihtoehdolla saataisiin huomattavia parannuksia lämpöhäviöissä sekä kustannuksissa. Suuren kokoluokan

putkissa tuote olisi hintatasoltaan samaa luokkaa nykyisen tuotteen kanssa, mutta lämpöhäviö-ominaisuudet paranisivat huomattavasti. Negatiivisena puolena putkien joustavuus kärsisi sekä pienissä että suurissa putkissa paljon.

#### 5.3.4 Päätöksentekoon vaikuttavat kriteerit

##### Lämpöhäviö

Tuoteryhmän Y putkia käytetään pääasiassa lämmön- ja käyttöveden jakeluun. Lämmönjakeluosalla vettä kuljetetaan tyypillisesti noin 70-asteisena jakelulinjan menoputkessa ja noin 40-asteisena paluuputkessa. Käyttövesipuolella vastaavat lämpötilat ovat tyypillisesti noin 35 ja 30 astetta. Kun lämmin vesi virtaa putken sisällä, häviää vedestä lämpöenergiaa putken vaipan läpi ympäristöön. Lämpöhäviön kasvaessa virtavaa vettä joudutaan lämmittämään lämmönjakokeskuksella enemmän, mistä seuraa kasvavia käyttökustannuksia.

Suurimmat lämpöhäviöön vaikuttavat tekijät ovat käytettävän eristemateriaalin eristystehokkuus sekä virtausputkea ympäröivän eristeen paksuus. Lämpöhäviö on tuotteelle merkittävä ominaisuus niin asiakkaan kuin yrityksenkin kannalta. Asiakkaan näkökulmasta alhaiset lämpöhäviöt pienentävät veden lämmitykseen kuluvia energiakustannuksia. Yrityksen on puolestaan tällöin helpompi myydä ja markkinoida tuotettaan alhaisempia käyttökustannuksia myyntiargumenttina käyttäen.

##### Joustavuus

Yrityksen X tuotannossa tuoteryhmän Y tuotteet ajetaan tuotantolinjan päätteeksi tyypillisesti 100m tai 200m pituisille keloille. Tämän jälkeen tuotteet myydään valmiina keloina joko tukkumyyntiin eteenpäin jaeltavaksi tai projektimyyntiin sellaisenaan. Putkia asennettaessa kela puretaan kierittämällä valmiiksi kaivettuun ojaan. Kelan purkamisen on tapahduttava kontrolloidusti, jolloin putken joustavuus on tilanteessa eduksi. Esikaivetut ojat voivat myös mutkitella, jolloin putken tulee

mukautua ojan muodon mukaisesti. Purkamisen jälkeen putken pää asennetaan kohdekiinteistöön.

Pään asennuksessa putkia joudutaan usein manuaalisesti taittamaan ahtaissakin paikoissa. Mikäli tuote on äärimmäisen jäykkä, voi manuaalinen taivuttaminen tällaisissa tilanteissa olla hankalaa. Tuoteryhmän Y putkissa virtausputken osuus koko tuotteen taivutusjäykkyydestä kasvaa kun virtausputken kokoa kasvatetaan. Suuremmissa putkissa siis virtausputken ulkopuolisen rakenteen jäykistäminen vaikuttaa vähemmän koko tuotteen taivutusjäykkyyteen. Tämä on yksi ratkaisevista tekijöistä jonka seurauksena ongelman rajauksessa päädyttiin tarkastelemaan suuria ja pieniä putkia erikseen.

## Hinta

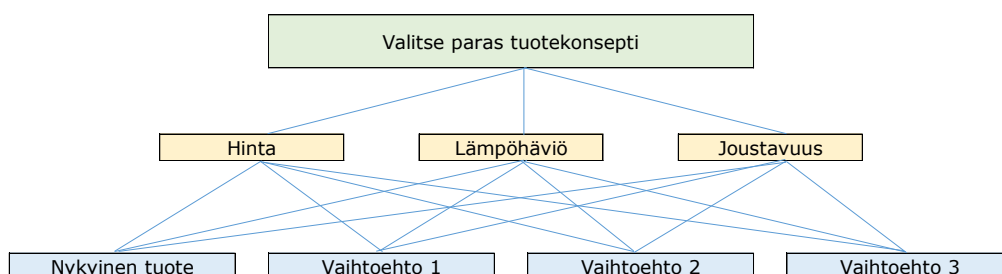
Yritys X on vahvan markkina-asemansa ja laadukkaan yritysbrändinsä turvin voinut hinnoitella tuotteensa hieman keskimääräistä markkinahintaa korkeammaksi. Kilpailijoiden tuotteet ovat keskimäärin yrityksen X tuotteita edullisempia, ja kilpailijoiden parantuneiden ominaisuuksien myötä myös hintapaine yrityksen X tuotteilla on kasvanut. Erityisesti projektimyyntipuolella hinta voi usein olla ratkaiseva kriteeri asiakkaan ostopäätöksessä, mikäli lämpöhäviöominaisuudet ovat vain riittävällä tasolla. Uuden tuotekonseptin kohdalla tuotteiden tulisi siis mielellään olla edullisempia kuin nykyiset. Suurta hinnan nousua nykytuotteisiin verrattuna ei ainakaan yrityksen puolelta sallita.

Muita uuden tuotteen kehittämiseen liittyviä ominaisuuksia ovat muun muassa tuotteen uniikkisuus markkinoilla, liitososien asentamisen helppous sekä mahdollisten uusien liitososien kehittämiskustannukset. Nämä ominaisuudet on kuitenkin rajattu tämän työn tarkastelussa pois, sillä yritys haluaa ensisijaisesti tarkastella juuri edellä esiteltyjä asiakkaan ostopäätöksen kannalta tärkeimpiä pääkriteerejä.

### 5.3.5 Päätöksenteon hierarkiapuu

Yritys X:n tapauksessa päätöksenteon tavoitteena on valita parhaiten yritystä palveleva tuotekonsepti kolmesta alustavasti suunnitellusta tuotekonseptista. AHP-mallin hierarkiapuun ylimmän rivin elementtiin kirjataan siis tämä tavoite yksiselitteisesti. Toiselle riville kirjataan esitellyt päätöksentekokriteerit, jotka ovat siis tuotteen lämpöahiö, joustavuus sekä hinta. Viimeiseksi alimmalle riville kirjataan omiin elementteihinsä päätöksenteon kohteeksi valitut vaihtoehdot. Kolme suunniteltua tuotekonseptivaihtoehtoa verrataan testituloksissa ja laskennoissa nykyiseen tuotteeseen, minkä vuoksi myös nykyinen tuoteryhmä otetaan mukaan tarkasteluun.

Yritys X:n päätöksenteon hierarkiapuu on esitetty kuvassa 23. Tässä työssä tarkastellaan uuden tuotekonseptin valintaa erikseen neljässä tapauksessa, mutta periaatteellinen hierarkiapuu on kaikissa tapauksissa vastaavanlainen.



**Kuva 23.** Yritys X:n päätöksenteon hierarkiapuu


### 5.3.6 Kriteerien keskinäisen tärkeyden määrittäminen

Päätöskriteerien keskinäisen tärkeyden määrittäminen on toteutettu kyselylomakkeen avulla. (Liite 1) Kyselylomake on lähetetty neljälle pohjoismaiden markkinoilla toimivalle markkinointi- ja kehitysorganisaation toimihenkilölle. Kyselyyn vastanneet henkilöt ovat avainhenkilöitä tuoteryhmän




johtamisessa Pohjoismaissa ja omaavat kattavan tietotaidon niin tuoteryhmän Y tuotteista ja niiden käyttösovelluksista kuin tuotteiden markkinoinnistakin.

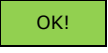
Kyselylomake pitää sisällään pääkriteerien parivertailut kaikille neljälle tarkasteltavalle tapaukselle. Vertailuasteikkona kyselyssä on käytetty AHP-mallin mukaista asteikkoa 1/9–9. Konkreettiset arvot parivertailujen matriiseihin on määritetty kyselylomakkeella kerättyjen vastausten keskiarvoina. Kyselyn perusteella saadut parivertailuarvot sekä näiden avulla lasketut painoarvot kriteereille on esitetty kuvassa 24.

<b>Tukkumyynti, pienet putket</b>	Hinta	Lämpöhäviö	Joustavuus	<b>Kriteerin painoarvo</b>	Johdonmukaisuus-suhde CI/CR
Hinta	1,00	2,63	0,35	<b>0,25</b>	CI/CR 0,009 
Lämpöhäviö	0,38	1,00	0,18	<b>0,11</b>	
Joustavuus	2,86	5,56	1,00	<b>0,64</b>	
Summa	4,24	9,19	1,53	1,00	


  

<b>Tukkumyynti, suuret putket</b>	Hinta	Lämpöhäviö	Joustavuus	<b>Kriteerin painoarvo</b>	Johdonmukaisuus-suhde CI/CR
Hinta	1,00	1,11	0,54	<b>0,27</b>	CI/CR 0,000 
Lämpöhäviö	0,90	1,00	0,48	<b>0,24</b>	
Joustavuus	1,85	2,08	1,00	<b>0,50</b>	
Summa	1,00	1,00	1,00	1,00	

<b>Projektimyynti, pienet putket</b>	Hinta	Lämpöhäviö	Joustavuus	<b>Kriteerin painoarvo</b>	Johdonmukaisuus-suhde CI/CR
Hinta	1,00	5,39	5,99	<b>0,74</b>	CI/CR 0,005 
Lämpöhäviö	0,19	1,00	0,89	<b>0,13</b>	
Joustavuus	0,17	1,12	1,00	<b>0,13</b>	
Summa	1,00	1,00	1,00	1,00	

<b>Projektimyynti, suuret putket</b>	Hinta	Lämpöhäviö	Joustavuus	<b>Kriteerin painoarvo</b>	Johdonmukaisuus-suhde CI/CR
Hinta	1,00	5,64	6,75	<b>0,73</b>	CI/CR 0,096 
Lämpöhäviö	0,18	1,00	3,20	<b>0,19</b>	
Joustavuus	0,15	0,31	1,00	<b>0,08</b>	
Summa	0,00	0,00	0,00	1,00	

**Kuva 24. Päätökriteerien painoarvot eri tapauksissa**

Tulosten perusteella voidaan havaita, että tukkumyynnin puolella niin pienissä kuin suurissakin putkissa selkeä dominoiva kriteeri on putken joustavuus. Tämä on seurausta siitä, että tukkumyynnin puolella asiakkaat ovat tyypillisesti lyhyitä pätkiä ostavia pienurakoitsijoita. Lyhyellä pätkällä erot tuotteiden metrihinnoissa vaikuttavat vähemmän ostopäätökseen. Myös lämpöhäviöominaisuuksien vaikutus putken käyttökustannuksiin on sitä pienempi, mitä lyhemmästä putkesta on kysymys. Näiden tekijöiden myötä asiakasta kiinnostaa tällä segmentillä selkeästi eniten putken helppo ja vaivaton asennettavuus. Suurten ja pienten putkien välillä erona on se, että suuret putket ovat rakenteensa puolesta luonnostaan jäykempiä ja veden virtausmäärät suurempia. Tällöin lämpöhäviön merkitys korostuu hieman verrattuna pieniin putkiin.

Projektimyynnin puolella puolestaan selkeästi dominoivin ominaisuus pienten ja suurten putkien tapauksissa on tuotteen hinta. Toisin kuin tukkumyynnin puolella, projektimyynnissä ostopäätöksen tekee usein erillinen lämpöverkkosuunnittelija. Tyypillinen lämpöverkkosuunnittelija on enemmän kiinnostunut putkien hankinta- ja käyttökustannuksista kuin asennettavuudesta. Projektimyynnin puolella kiitettävää lämpöhäviötasoa pidetään niin sanottuna ”must have”-ominaisuutena. Yritys X:n tapauksessa kaikki alustavat tuotekonseptit on kuitenkin räätälöity siten, että lämpöhäviöissä päästään riittävälle tasolle. Kun riittävä taso lämpöhäviöiden osalta on varmistettu, astuu hintakilpailu suurempaan rooliin. Edullisen hankintahinnan merkitys suunnittelijalle on siis huomattavasti tärkeämpi kuin lämpöhäviöiden tai joustavuuden parantaminen lämpöhäviöiden minimivaatimusten saavuttamisen jälkeen.

### 5.3.7 Kriteerien toteutumien määrittäminen eri vaihtoehdoilla

Seuraavana vaiheena yritys X:n päätöksentekotilanteessa vertaillaan sitä, miten hyvin kukin vaihtoehdoista toteuttaa kunkin päätöksenteon kriteereistä. Yritys X:n tapauksessa kustakin tuotekonseptivaihtoehdosta on valmistettu prototyyppisiä, joiden testi- ja laskentadataa voidaan hyödyntää lämpöhäviöiden ja joustavuuden osalta vertailumatriiseissa. Lämpöhäviön osalta on tehty myös tietokonepohjaisia

analyyseja ulkoisen yhteistyökumppanin toimesta, ja näiden analyysien tuloksia hyödynnetään osittain parivertailuissa. Kustannuslaskennan osalta yritys X:llä on valmiita laskentamalleja, joiden avulla voidaan määrittää tuotekustannusten muutokset eri vaihtoehdoilla.


Testitulosten ja laskelmien muutokset ovat absoluuttisina eri vaihtoehtojen välillä melko pieniä, minkä seurauksena AHP-mallissa on haastavaa saada selkeitä eroja vaihtoehtojen välille. Näennäisesti pienetkin muutokset tuotteiden ominaisuuksissa voivat kuitenkin vaikuttaa merkittävästi tuotteiden myyntiin. Tämän seurauksena ominaisuuksien muutoksille on laadittu asteikko, jonka avulla AHP-mallissa käytettävät parametrit saadaan määritettyä. (Liite 2) Kaikkia uusien tuotevaihtoehtojen ominaisuuksia verrataan nykyiseen tuotteeseen, ja ominaisuuksien muutosten perusteella saadaan määritettyä arvot parivertailumatriiseihin. Tuotekonseptivaihtoehtojen ominaisuuksien suhteelliset muutokset on esitetty tarkemmin liitteessä 3. (Liite 3)

Parivertailuissa tarkastellaan pieniä ja suuria putkia erikseen tukku- ja projektimyynnin osalta. Sekä pienten että suurten putkien ryhmät sisältävät yhden ja kahden virtausputken tuotteita. Muutokset tuotteiden ominaisuuksissa voivat vaihdella tuotekohtaisesti. Jotta konsepteja voidaan vertailla keskenään, määritetään kunkin ryhmän sisällä keskiarvot yhden ja kahden virtausputken ominaisuuksien muutoksille.


Koska yhden ja kahden virtausputken tuotteiden vuosittaiset myyntimäärät ovat erisuuruisia, on määritetyt keskiarvot ominaisuuden kohdalla yhdistetty ottamalla niistä euro-määräisellä myynnillä painotettu keskiarvo. Painotuksessa on käytetty tuotekohtaisia myyntitietoja Pohjoismaiden markkina-alueelta. Painotettua keskiarvoa verrataan kussakin tapauksessa laadittuun asteikkoon, jonka perusteella parivertailumatriiseissa käytettävät arvot määritetään. (Liitteet 2 ja 3)

## Tuotteen hinta


Tuotevaihtoehtojen hinnat on määritetty yritys X:n valmiita laskentamalleja hyödyntäen. Laskentamalleissa määritetään tuotekohtaiset kustannukset raaka-ainehintojen ja -painojen sekä uusien tuotevaihtoehtojen geometrioiden avulla. Oletuksena laskentamalleissa on, että yrityksen sisäisen siirtohinnan (ITP, Internal transfer price) kate pysyy vakiona, vaikka tuotteen rakenteeseen tehtäisiin muutoksia. Uusien tuotteiden aiheuttamia kustannusmuutoksia sisäisessä siirto hinnassa verrataan nykytuotteiden kustannustasoihin, ja niiden perusteella määritetään keskimääräiset kustannusten muutosprosentit sekä pienille että suurille putkille. Parivertailumatriisit sille, kuinka hyvin tuotteet suoriutuvat hinnan osalta kussakin tutkitussa tapauksessa on esitetty kuvassa 25.

<b>Tukkumyynti, pienet putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	0,50	2,00	0,11	<b>0,08</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	2,00	1,00	4,00	0,22	<b>0,16</b>	
Vaihtoehto 2	0,50	0,25	1,00	0,06	<b>0,04</b>	
Vaihtoehto 3	9,00	4,50	18,00	1,00	<b>0,72</b>	
Summa	12,50	6,25	25,00	1,39	1,00	


  

<b>Tukkumyynti, suuret putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	3,00	3,00	1,00	<b>0,38</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	0,33	1,00	1,00	0,33	<b>0,13</b>	
Vaihtoehto 2	0,33	1,00	1,00	0,33	<b>0,13</b>	
Vaihtoehto 3	1,00	3,00	3,00	1,00	<b>0,38</b>	
Summa	2,67	8,00	8,00	2,67	1,00	

<b>Projektimyynti, pienet putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	0,50	2,00	0,11	<b>0,08</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	2,00	1,00	4,00	0,22	<b>0,16</b>	
Vaihtoehto 2	0,50	0,25	1,00	0,06	<b>0,04</b>	
Vaihtoehto 3	9,00	4,50	18,00	1,00	<b>0,72</b>	
Summa	12,50	6,25	25,00	1,39	1,00	

<b>Projektimyynti, suuret putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	3,00	3,00	1,00	<b>0,38</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	0,33	1,00	1,00	0,33	<b>0,13</b>	
Vaihtoehto 2	0,33	1,00	1,00	0,33	<b>0,13</b>	
Vaihtoehto 3	1,00	3,00	3,00	1,00	<b>0,38</b>	
Summa	2,67	8,00	8,00	2,67	1,00	

**Kuva 25. Tuotevaihtoehtojen toteutus hinta-kriteerissä**

Vertailumatriisien painokerrointen voidaan todeta olevan linjassa aiemmin mainittujen vaihtoehtojen ominaisuuksien kanssa. Pienissä putkissa vaihtoehto 3 on selkeästi edullisin ja omaa siten suurimman painokertoimen. Vaihtoehto 1 on pienten putkien osalta edullisempi kuin nykyinen tuote, minkä takia painokerroin on suurempi kuin nykyisellä tuotteella. Vaihtoehto 2 on pienten putkien osalta puolestaan kallein, joten sen painokerroin hintakategoriassa on kaikista vaihtoehtoista pienin.


Suuremman luokan putkissa puolestaan vaihtoehto 3 on samalla tasolla nykyiseen tuotteeseen nähden, joten niiden osalta painokertoimet ovat myös yhtä suuret. Vaihtoehdot 1 ja 2 ovat suurten putkien osalta rakenteeltaan vastaavia ja hieman

nykyistä tuotetta kalliimpia, minkä seurauksena niiden painokertoimet ovat myös pienempiä.


### Lämpöhäviö

Yhden virtausputken tuotteiden osalta lämpöhäviön arvojen määrittämisessä hyödynnetään yritys X:n valmista lämpöhäviölaskenta-mallia. Laskentamallin avulla saatuja tuloksia on aiemmin verrattu virallisiin testattuihin tuloksiin, ja tulosten on havaittu olevan hyvin lähellä toisiaan. Näin ollen laskentamallia voidaan pitää riittävän tarkkana työkaluna vaihtoehtojen lämpöhäviöiden muutoksia tarkasteltaessa. Laskentamalliin syötetään uusien tuotevaihtoehtojen geometriat sekä käytettävien materiaalien lämmönjohtavuusarvot. Syötettyjen arvojen perusteella laskentamalli määrittää uudelle tuotevaihtoehdolle lämmöneristyksen kokonaisarvon, jota kutsutaan U-arvoksi. Putken U-arvo on suoraan verrannollinen lämpöhäviöön metriä kohden, joten tulosten analysoinnissa hyödynnetään U-arvojen muutoksia nykyisen tuotteen ja uusien tuotevaihtoehtojen välillä.


Kahden virtausputken tuotteiden lämpöhäviön laskenta on monimutkaisemman geometrian vuoksi haastavampaa. Tästä syystä kahden virtausputken tuotteiden analysoinnissa on hyödynnetty ulkoista laskentayritystä, joka määrittää tuotevaihtoehtojen U-arvot ja lämpöhäviöt tietokonepohjaisen laskennan avulla. Tietokonepohjaisen laskennan on aiemmin todettu korreloivan hyvin todellisia mitattuja tuloksia, minkä seurauksena laskettuja tuloksia voidaan pitää riittävän tarkkoina. Saatuja tuloksia verrataan nykyisen tuotteen U-arvoihin, jolloin saadaan suhteelliset tuotekohtaiset muutokset lämpöhäviöissä. Lämpöhäviön parivertailumatriisit kunkin tarkasteltavan tapauksen osalta on esitetty kuvassa 26.

<b>Tukkumyynti, pienet putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	0,11	0,20	0,13	<b>0,04</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	9,00	1,00	1,80	1,13	<b>0,39</b>	
Vaihtoehto 2	5,00	0,56	1,00	0,63	<b>0,22</b>	
Vaihtoehto 3	8,00	0,89	1,60	1,00	<b>0,35</b>	
Summa	23,00	2,56	4,60	2,88	1,00	


  

<b>Tukkumyynti, suuret putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	0,11	0,11	0,11	<b>0,04</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	9,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,32</b>	
Vaihtoehto 2	9,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,32</b>	
Vaihtoehto 3	9,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,32</b>	
Summa	28,00	3,11	3,11	3,11	1,00	

<b>Projektimyynti, pienet putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	0,11	0,20	0,13	<b>0,04</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	9,00	1,00	1,80	1,13	<b>0,39</b>	
Vaihtoehto 2	5,00	0,56	1,00	0,63	<b>0,22</b>	
Vaihtoehto 3	8,00	0,89	1,60	1,00	<b>0,35</b>	
Summa	23,00	2,56	4,60	2,88	1,00	

<b>Projektimyynti, suuret putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuussuhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	0,11	0,11	0,11	<b>0,04</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	9,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,32</b>	
Vaihtoehto 2	9,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,32</b>	
Vaihtoehto 3	9,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,32</b>	
Summa	28,00	3,11	3,11	3,11	1,00	

**Kuva 26. Tuotevaihtoehtojen toteutus lämpöhäviö-kriteerissä**


Yritys X:n tuotekehitysprojektin merkittävin ajuri oli tuotteiden lämmöneristyksen kehittäminen. Kaikki kolme tuotekonseptivaihtoehtoa on siis kehitetty tätä ajuria silmällä pitäen. Tämä näkyy selkeästi myös lämpöhäviön vertailumatriiseista, sillä sekä pienten että suurten putkien tapauksissa kaikki uudet vaihtoehdot ovat nykyistä tuotetta parempia. Pienten putkien tapauksessa huomataan, että vaihtoehdossa 2 on pyritty ylläpitämään putken joustavuutta lämpöhäviön parannuksen kustannuksella. Vaihtoehdot 1 ja 3 sen sijaan ovat lämpöhäviöominaisuuksiltaan lähes toisiaan vastaavalla tasolla. Suuremman kokoluokan tuotteissa kaikki uudet tuotekonseptivaihtoehdot on räätälöity siten, että niillä päästään halutulle tasolle lämpöhäviön osalta. Tämän seurauksena

kaikkien uusien vaihtoehtojen painokerroin on suurten putkien tapauksessa yhtä suuri.


### Joustavuus

Tuotteiden joustavuuden testaamista varten yrityksellä on oma testilaitteisto, jonka avulla mitataan putkien taivuttamiseen vaadittavia voimia. Testilaitteistolla on testattu nykyiset tuotteet ja kaikki suunnitelluista tuotekonseptista valmistetut prototyypit. Muutoksia taivutusvoimissa on verrattu nykyisen tuotteen taivutusvoimiin. Tuloksena on saatu suhteelliset taivutusvoiman muutokset tuotekohtaisesti. Taivutusvoimien muutosten avulla saadut vertailuarvot ja lasketut painokertoimet eri tapauksissa on esitetty kuvassa 27.




<b>Tukkumyynti, pienet putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuus- suhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	9,00	2,00	8,00	<b>0,58</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	0,11	1,00	0,22	0,89	<b>0,06</b>	
Vaihtoehto 2	0,50	4,50	1,00	4,00	<b>0,29</b>	
Vaihtoehto 3	0,13	1,13	0,25	1,00	<b>0,07</b>	
Summa	1,74	15,63	3,47	13,89	1,00	


  

<b>Tukkumyynti, suuret putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuus- suhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	4,00	4,00	5,00	<b>0,59</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	0,25	1,00	1,00	1,25	<b>0,15</b>	
Vaihtoehto 2	0,25	1,00	1,00	1,25	<b>0,15</b>	
Vaihtoehto 3	0,20	0,80	0,80	1,00	<b>0,12</b>	
Summa	1,70	6,80	6,80	8,50	1,00	

<b>Projektimyynti, pienet putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuus- suhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	9,00	2,00	8,00	<b>0,58</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	0,11	1,00	0,22	0,89	<b>0,06</b>	
Vaihtoehto 2	0,50	4,50	1,00	4,00	<b>0,29</b>	
Vaihtoehto 3	0,13	1,13	0,25	1,00	<b>0,07</b>	
Summa	1,74	15,63	3,47	13,89	1,00	

<b>Projektimyynti, suuret putket</b>	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	<b>Kriteerin toteutus</b>	Johdonmukaisuus- suhde CI/CR
Nykyinen tuote	1,00	4,00	4,00	5,00	<b>0,59</b>	CI/RI 0,000 
Vaihtoehto 1	0,25	1,00	1,00	1,25	<b>0,15</b>	
Vaihtoehto 2	0,25	1,00	1,00	1,25	<b>0,15</b>	
Vaihtoehto 3	0,20	0,80	0,80	1,00	<b>0,12</b>	
Summa	1,70	6,80	6,80	8,50	1,00	

**Kuva 27. Tuotevaihtoehtojen toteutus joustavuus-kriteerissä**

Saaduista painokertoimista voidaan selkeästi havaita nykyisen tuotteen erinomainen joustavuus uusiin vaihtoehtoihin verrattuna. Pienten putkien osalta vaihtoehto 2 on muita uusia vaihtoehtoja joustavampi, mutta muuten uudet tuotekonseptivaihtoehdot ovat kauttaaltaan nykyistä tuotetta jäykempiä.

### 5.3.8 Vaihtoehtojen kokonaispainot

Seuraavana vaiheena yritys X:n päätöksentekotilanteessa on määrittää vaihtoehtoilta kokonaispainoarvot saatujen kriteerien painoarvojen ja toteutumien perusteella kussakin tapauksessa. Kokonaispainoarvot määritetään kertomalla kussakin tapauksessa saatu kriteerin painoarvo kriteerin toteutumalla, sekä

summaamalla kaikkien kriteerien kohdalta saadut arvot yhteen. Määritetyt kokonaispainoarvot kaikille tuotekonseptivaihtoehdoille kunkin tutkitun tapauksen osalta on koottu taulukkoon 5.

**Taulukko 5. Kokonaispainoarvot eri tuotevaihtoehdoille**

	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Tukkumyynti, pienet putket	0,396	0,123	0,218	0,263
Tukkumyynti, suuret putket	0,400	0,183	0,183	0,235
Projektimyynti, pienet putket	0,142	0,173	0,097	0,588
Projektimyynti, suuret putket	0,328	0,164	0,164	0,344

Taulukosta voidaan havaita, että tukkumyöntipuolella nykyinen tuote on suurimpien kokonaispainoarvojen perusteellaärkevin vaihtoehto. Tämä selittyy pitkälti sillä, että tukkumyynnissä putken joustavuutta pidettiin selkeästi tärkeimpänä kriteerinä sekä suurten että pienten putkien tapauksissa. Uusilla vaihtoehdoilla putkien joustavuus heikentyisi kaikissa tapauksissa selkeästi. Uusista vaihtoehdoista tukkumyynnin puolella vaihtoehto 3 olisi paras, mikä puolestaan selittyy pääosin alhaisella kustannustasolla.

Projektimyynnin puolella tuotteen hinta koetaan sekä pienten että suurten putkien tapauksessa ylivoimaisesti tärkeimmäksi kriteeriksi. Tämän seurauksena parhaaksi vaihtoehdoksi nousee vaihtoehto 3. Suurten putkien tapauksessa myös nykyisen tuotteen kokonaispainoarvo on lähellä vaihtoehtoa 3. Projektimyynnissä putken lämpöhäviö koetaan kuitenkin usein niin sanotuksi ”must have”-kriteeriksi, jolloin asiakas ei edes harkitse tiettyä lämpöhäviötasoa heikompia tuotteita. Tyypillinen asiakkaan valintatilanne on siis sellainen, että hän etsii ne tuotevaihtoehdot, jotka täyttävät lämpöhäviön minimivaatimukset. Tämän jälkeen tuotteen hinta ratkaisee ja lämpöhäviön lisäparannus sekä joustavuus koetaan vähemmän merkittäviksi ominaisuuksiksi. Tästä syystä nykyistä tuoteryhmää ei voida suositella

projektimyynnissä myytäväksi tuotteeksi. Uusista tuotekonseptivaihtoehdoista kaikki on räätälöity siten, että ne täyttävät keskimääräiset minimivaatimukset lämpöhäviön osalta. Tällöin kustannustasoltaan edullisin vaihtoehto 3 on kaikki kriteerit huomioon ottaen paras ratkaisu.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Työn keskeiset tulokset

Työn keskeisimpinä tuloksina määritettiin painoarvokertoimet yritys X:n uuden tuotekonseptin valinnan päätöskriteereille, sekä hyödynnettiin kriteerien painoarvoja parhaan tuotekonseptin määrittämisessä. Tukkumyynnin puolella painavin kriteeri sekä pienen että suuren kokoluokan tuotteissa oli selkeästi putkien joustavuus. Koska nykyinen tuote on joustavuudeltaan selkeästi parempi kuin uudet suunnitellut tuotevaihtoehdot, on se myös selkeästi paras vaihtoehto tukkumyynnin osa-alueella myytäväksi tuotteeksi.

Projektimyynnin puolella tuotteen alhainen lämpöhäviö koetaan ”must have”-kriteeriksi. Nykyinen tuoteryhmä on lämpöhäviöominaisuuksiltaan heikko ja täyttää harvemmin asiakkaan asettamat minimivaatimukset lämpöhäviölle. Tämän seurauksena nykyistä tuotetta ei suositella projektimyynnin puolella myytäväksi tuoteryhmäksi. Uusista tuoteryhmistä kaikki on räätälöity siten, että niillä päästään keskimääräisille vaatimustasoille lämpöhäviöiden osalta. Kun tämä taso on saavutettu, muuttuu hinta selkeästi painavimmaksi kriteeriksi niin pienten kuin suurien tuotteiden osalta. Vaihtoehto 3 on keskimääräiseltä kustannustasoltaan alhaisin ja sen vuoksi myös paras uusista suunnitelluista vaihtoehdoista.

### 6.2 Tulosten arviointi

Tässä diplomityössä hyödynnettiin analyttistä hierarkiaprosessia yritys X:n uuden tuotekonseptin valinnassa. Valintakriteerien painoarvot päätöksessä määritettiin lähettämällä parivertailut sisältävä kysely neljälle tuoteryhmän myynnin ja johtamisen avainhenkilölle. Kyseisillä henkilöillä on kaikilla vankka kokemus käsiteltävästä tuoteryhmästä Y, minkä seurauksena saatuja painoarvoja voidaan pitää kohtuullisen tarkkoina arvioina. Vieläkin tarkempaa статистиikkaa kriteerien painoarvoista olisi ollut mahdollista saada toteuttamalla vastaava kysely lähempänä asiakasrajapintaa esimerkiksi tukkujakelijoiden, projektimyyjien tai

loppuasiakkaiden keskuudessa. Tällainen selvitystyö ei kuitenkaan ollut tämän työn aikataulun puitteissa mahdollista.

Painoarvot sille, kuinka hyvin suunnitellut tuotekonseptivaihtoehdot toteuttavat tarkastelun kohteena olevat kriteerit määritettiin hyödyntäen yrityksen X laskentamalleja ja testilaitteistoja. Kustakin uudesta tuotekonseptivaihtoehdosta on suoritettu kustannus- ja lämpöhäviölaskentoja sekä taivutustestejä niin pienille kuin suurillekin putkille. Tulosten perusteella on määritetty keskimääräiset ominaisuuksien muutokset pienten ja suurten putkien tapauksissa kullekin vaihtoehdolle. Uusissa vaihtoehdoissa on joidenkin ominaisuuksien suhteen vielä kehityspotentiaalia, mutta AHP-mallissa on hyödynnetty tämän hetkisiä testituloksia. Toisin sanoen AHP-mallin hyödyntäminen vielä pidemmälle viedyn tuotekehitystyön jälkeen saattaisi antaa hieman nykyisistä poikkeavia painoarvoja. Yritys X kuitenkin kokee, että tuotekehitystoiminnalla on saatu jo riittävän tarkkaa tietoa eri vaihtoehtojen ominaisuuksista ja näiden tietojen perusteella päätös jatkokehittäväksi valittavasta tuotteesta voidaan tehdä.

### **6.3 Jatkoimenpiteet ja suositukset**

Tämän diplomityön tulosten pohjalta suositellaan, että yritys X jatkaa tukkumyynnin osa-alueella nykyisen tuotteensa myymistä. Mikäli nykyiseen tuotteeseen on mahdollista pienehköin panostuksin saada parannuksia, tulisi kehitystyö suunnata ensisijaisesti tuotteen joustavuuden lisäparantamiseen sekä tuotekustannusten alentamiseen.

Projektimyynnitiipolella suositellaan, että tarkempaa jatkokehitystä tehdään tuotekonseptivaihtoehdolle 3, sillä kyseinen konsepti vastaa parhaiten projektimyynnin vaatimiin tuoteominaisuuksiin. Jatkokehityksessä suositellaan keskittymään ensisijaisesti tuotekustannusten alentamiseen sekä lämpöhäviöiden pitämiseen halutulla tasolla. Mikäli vaihtoehto 3 valitaan projektimyynnin uudeksi tuotekonseptiksi, suositellaan myös tarkkojen skenaarioanalyysien laatimista

tuotekonseptin potentiaalsiin myyntimääriin ja omiin tuotanto- sekä logistiikkaresursseihin liittyen.

## 7 YHTEENVETO

Tämän diplomityön tavoitteena oli hyödyntää analyyttistä hierarkiaprosessia yritys X:n tuotekehityksen päätöksenteossa ja antaa sen pohjalta suositus uudeksi valittavaksi tuotekonseptiksi nykyisen tuoteryhmän Y rinnalle. Alustaviksi tuotekonsepteiksi oli kehitetty kolme eri vaihtoehtoa ja tärkeimmät vaihtoehtojen vertailussa käytettävät kriteerit olivat tuotteen hinta, lämpöhäviö sekä joustavuus.

Kriteerien painoarvoissa ilmeni vaihtelua tuotteiden kokoluokasta riippuen, joten tuotteet jaettiin työssä pieniin ja suuriin tuotteisiin. Tarkasteltavaa tuoteryhmää myydään tukku- ja projektimyynninä, minkä seurauksena syntyi neljä tarkasteltavaa tapausta. Nämä tapaukset olivat tukkumyynnin pienet putket, tukkumyynnin suuret putket, projektimyynnin pienet putket sekä projektimyynnin suuret putket.

Kaikkia määritettyjä tapauksia tarkasteltiin työssä erikseen. Analyyttisen hierarkiaprosessin avulla määritettiin päätöskriteerien painoarvot päätöksessä kunkin tarkastellun tapauksen osalta. Tämän jälkeen selvitettiin miten hyvin suunnitellut tuotekonseptit toteuttavat päätöskriteerit vastaavissa tapauksissa. Lopuksi tuotekonsepteille määritettiin kokonaispainoarvot kussakin tapauksessa ottaen huomioon päätöksenteon kriteerien painokertoimet sekä kriteerien toteutumien eri vaihtoehdoilla.

Tuloksena havaittiin, että tukkumyynnin puolella tärkein tuotekriteeri oli putken joustavuus sekä pienten että suurten tuotteiden osalta. Nykyinen tuote oli joustavuudeltaan ylivoimainen suunniteltuihin tuotekonsepteihin verrattuna molemmissa tapauksissa, minkä vuoksi nykyistä tuotetta suositellaan edelleen myytäväksi tukkumyynnin osa-alueella.

Projektimyynnin puolella havaittiin, että merkittävin tuotekriteeri sekä pienten että suurten putkien tapauksessa on tuotteen hinta. Pienten tuotteiden osalta vaihtoehto 3 oli selkeästi edullisin, minkä seurauksena sitä suositellaan jatkokehittäväksi kyseisellä segmentillä. Suuremman kokoluokan tuotteissa nykyinen tuote ja

vaihtoehto 3 olivat kokonaispainoarvojen osalta lähes samalla tasolla. Projektimyynnin puolella tuotteiden lämpöhäviötä pidetään kuitenkin kynnyskriteerinä asiakkaiden ostopäätöksessä. Tästä syystä heikot lämpöhäviöominaisuudet omaavaa nykyistä tuotetta ei suositella projektimyynnissä myytäväksi. Kokonaisuutena tämän työn tulosten perusteella paras vaihtoehto jatkokehittäväksi tuoteryhmäksi projektimyynnin osa-alueella on vaihtoehto 3.



## LÄHTEET

Ayağ, Z. 2014. An integrated approach to concept evaluation in new product development. *Journal of Intelligent Manufacturing*. s. 1–15.

Baker, M. 2003. *The Marketing Book*, 5<sup>th</sup> edition. Oxford, Butterworth-Heinemann. 834 s.

Banuelas, R & Anthony, J. 2004. Modified analytic hierarchy process to incorporate uncertainty and managerial aspects. *International Journal of Production Research*. Vol. 42, nro. 18. s. 3851–3872.

Bhushan, N. & Rai, K. 2004. *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*. Springer-Verlag London. 175 s.

Chakraborty, S. & Banik, S. 2006. Design of a material handling equipment selection model using analytic hierarchy process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 28, nro. 11–12. s. 1237–1245.

Coyle, G. 2004. *The Analytic Hierarchy Process (AHP)*. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 22.3.2016]. Saatavissa:  
[http://www.booksites.net/download/coyle/student\\_files/AHP\\_Technique.pdf](http://www.booksites.net/download/coyle/student_files/AHP_Technique.pdf)

Cui, A. & Wu, F. 2015. Utilizing customer knowledge in innovation: antecedents and impact of customer involvement on new product performance. *Journal of the Academy of Marketing Science*. s. 1–23.

Haapalinna, I. & Korpela, J. 1995. Analyttinen hierarkiaprosessi ja sen käyttö puolustusvoimien suunnittelussa. *Tiede ja Ase*. Vol 53. s. 138–169.

Hambali, A. Sapuan, S. Ismail, N. Nukman, Y. 2010. Material selection of polymeric composite automotive bumper beam using analytical hierarchy process. *Journal of Central South University of Technology*. Vol. 17, nro. 2. s. 244–256.

Huizingh, K. & Vrolijk, H. 1995. Decision support for information systems management: applying analytic hierarchy process. s.n.

Jahan, A. Ismail, M. Sapuan, S. Mustapha, F. 2009. Material screening and choosing methods – A review. *Materials and design*. Vol. 31. s. 696–705.

Kumar, S. & Phrommathed, P. 2005. New product development – An empirical study of the effects of innovation strategy, organization learning, and market conditions. New York, Springer Science + Business Media Inc. 199 s.

Kotler, P & Keller, K. 2012. Marketing management, 14<sup>th</sup> edition. New Jersey, Pearson education inc. 812 s.

Liu, F. & Hai, H. 2004. The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. *International Journal Of Production Economics*. Vol 97, nro. 3, s. 308–317.

Nasr, E. & Kamrani, A. 2007. Computer-Based Design and Manufacturing, An Information-Based Approach. Texas, Springer US. 321 s.

Relich, M. Śwíc, A. Gola, A. 2015. A knowledge-based approach to product concept screening. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 373. s. 341–348.

Saaty, T.L. 2003. Decision making with the AHP: Why is the principal eigenvalue vector necessary. *European Journal Of Operational Research*. Vol. 145. s. 85–91

Saaty, T.L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Of Services Sciences*. Vol. 1, nro. 1. s. 83–98.

Saaty, T.L. & Vargas, L. 2012. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. New York, Springer Science+Business Media. 345 s.

Sorli, M & Stokic, D. 2009. Innovating in Product/Process Development – Gaining Pace in New Product Development. New York, Springer-Verlag London Limited. 289 s.

Ulrich, K & Eppinger, S. 2012. Product Design and Development. 5<sup>th</sup> edition. Singapore, McGraw-Hill. 415 s.

Zardari, H. Ahmed, K. Moniruzzaman Shirazi, S. Bin Yusop, Z. 2014. Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management. New York, Springer Science + Business Media. 166 s.

# LIITTEET

## Liite 1. Päätökriteerien keskinäisen tärkeyden kyselylomake

### Distribution/short length sales

#### Smaller pipes (Single 25-50, Twin 2x25-2x40)

Relative importance of product criteria

	Extremely more important	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	Equally important	2	3	4	5	6	7	8	9	Extremely more important		
<b>Cost</b>																						
<b>Cost</b>																						
<b>Heat loss</b>																						

#### Larger pipes (Single 63-110, Twin 2x50-2x63)

Relative importance of product criteria

	Extremely more important	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	Equally important	2	3	4	5	6	7	8	9	Extremely more important		
<b>Cost</b>																						
<b>Cost</b>																						
<b>Heat loss</b>																						

(jatkuu)

**Project sales****Smaller pipes (Single 25-50, Twin 2x25-2x40)**

Relative importance of product criteria

	Extremely more important	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	Equally important	2	3	Slightly more important	4	5	Moderately more important	6	7	Lot more important	8	9	Extremely more important
<b>Cost</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Heat loss</b>					
<b>Cost</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Flexibility</b>					
<b>Heat loss</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Flexibility</b>					

**Larger pipes (Single 63-110, Twin 2x50-2x63)**

Relative importance of product criteria

	Extremely more important	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5 <th>1/4</th> <th>1/3</th> <th>1/2</th> <th>1</th> <th>Equally important</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>Slightly more important</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>Moderately more important</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>Lot more important</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>Extremely more important</th>	1/4	1/3	1/2	1	Equally important	2	3	Slightly more important	4	5	Moderately more important	6	7	Lot more important	8	9	Extremely more important
<b>Cost</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Heat loss</b>					
<b>Cost</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Flexibility</b>					
<b>Heat loss</b>	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Flexibility</b>					

## Liite 2. Päätöskriteerien toteutuksessa käytettävä vertailuasteikko

### Päätöskriteerien toteutuksessa käytettävä vertailuasteikko

	Erittäin huonompi kuin nykyinen	8	7	6	5	4	3	2	1	Yhtä hyvä kuin nykyinen	Vähän huonompi kuin nykyinen	Vähän parempi kuin nykyinen	Kohtalaisesti parempi kuin nykyinen	Pajon parempi kuin nykyinen	Erittäin pajon parempi kuin nykyinen	
AHP-asteikko	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/8	1/9
Lämpöhäviö	40 %	35 %	30 %	25 %	20 %	15 %	10 %	5 %	0 %	-5 %	-10 %	-15 %	-20 %	-25 %	-35 %	-40 %
Hinta	24 %	21 %	18 %	15 %	12 %	9 %	6 %	3 %	0 %	-3 %	-6 %	-9 %	-12 %	-15 %	-18 %	-24 %
Joustavuus (Tavutusvoima)	120 %	105 %	90 %	75 %	60 %	45 %	30 %	15 %	0 %	-15 %	-30 %	-45 %	-60 %	-75 %	-90 %	-120 %

### Liite 3. Vaihtoehtojen tuoteominaisuudet pienillä ja suurilla putkilla

Pienet putket	Yksi virtausputki			Kaksi virtausputkeä			Myyntillä painotetut keskiarvot					
	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Lämpöhäviö	0 %	-15 %	-31 %	-24 %	0 %	-42 %	-17 %	-37 %	0 %	-40 %	-18 %	-35 %
Hinta	0 %	-17 %	6 %	-33 %	0 %	-1 %	3 %	-24 %	0 %	-3 %	3 %	-25 %
Joustavuus	0 %	10 %	11 %	102 %	0 %	152 %	11 %	102 %	0 %	138 %	11 %	102 %

Suuret putket	Yksi virtausputki			Kaksi virtausputkeä			Myyntillä painotetut keskiarvot					
	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Nykyinen tuote	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Lämpöhäviö	0 %	-41 %	-41 %	-37 %	0 %	-40 %	-40 %	-45 %	0 %	-41 %	-41 %	-41 %
Hinta	0 %	12 %	12 %	4 %	0 %	-2 %	-2 %	-5 %	0 %	5 %	5 %	0 %
Joustavuus	0 %	53 %	53 %	61 %	0 %	53 %	53 %	61 %	0 %	53 %	53 %	61 %

#### Myyntimäärät Pohjoismaissa [€]

Pienet, yksi putki	163 834
Pienet, kaksi putkeä	1 448 748
Suuret, yksi putki	1 296 434
Suuret, kaksi putket	1 213 442

#### Yhteensä

Pienet	1 612 581
Suuret	2 509 876