

Kammesta kiertäen

Autoetnografinen tutkimus kampikoneiston valmistuksesta

Käsityökasvatuksen
pro gradu -tutkielma

Laatijat:

Timo Tolmunen

Niko Virkkunen

Ohjaaja:

Mikko Huhtala

7.4.2024

Rauma

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Käsityökasvatus

Tekijät: Timo Tolmunen, Niko Virkkunen

Otsikko: Kammesta kiertäen: Autoetnografinen tutkimus kampikoneiston valmistuksesta

Ohjaaja: Mikko Huhtala

Sivumäärä: 61 sivua

Päivämäärä: 7.4.2024

Tämän tutkimuksen tehtävänä on selvittää, onko mahdollista saavuttaa perustaidot moottorin rakennukseen luetun materiaalin, sekä itsenäisellä harjoittelulla ilman konkreettista opetusta ja miten oman taidon kehittyminen näkyy prosessin aikana. Tutkimuksen lähtökohtana oli tutkijoiden oma mielenkiinto moottorin rakennuksessa sekä miten omat taidot kehittyvät tietyn moottorin osan suunnittelussa ja valmistuksessa.

Tutkimus toteutettiin laadullisena tutkimuksena autoetnografian keinoin tutkijoiden itse ollessa tutkimuksen kohteena. Tutkijat selvittivät luetun materiaalin kautta mitä moottorin suunnittelu ja valmistaminen vaatii.

Tutkimusaineistona toimi tutkijoiden päiväkirjojen pohjalta litteroidut kommentit. Kommentit analysoitiin teoriaohjaavan sisällönanalyysin keinoin. Analyysiluokat koottiin teorian pohjalta. Tutkimuskohde valikoitu moottorin suunnitteluun ja tietyn moottorin osan valmistukseen sen laajuuden vuoksi. Tällaisen kokonaisuuden toteutuksessa on huomioitava hyvin paljon erilaisia näkökulmia ja toteutusvaihtoehtoja.

Tutkimuksen tuloksista tuli esille, että tutkijat pystyivät valmistamaan kampikoneiston ilman konkreettista apua ainoastaan harjoittelemalla ja luetun materiaalin perusteella. Oman taidon kehittyminen näkyi tuotteen lopputuloksessa sekä sen aikana. Virheiden tapahtuessa reflektoidaan omaa toimimista ja pohditaan, miten toiminta muuttuu tällaisissa tilanteissa.

Tuloksia voidaan hyödyntää, kun mietitään oman taidon kehittymistä käsityön kontekstissa. On hyvä miettiä omaa kehittymistä ja mistä eri osa-alueista koko prosessi koostuu. Tulokset eivät ole suoraan verrattavissa ja yleistettävissä muihin samankaltaisiin tutkimuksiin, sillä tutkittavien määrä oli verrattain pieni. Laajemman kuvan oman taidon kehittymisestä saisi tutkittavien ihmisten määrää lisäämällä.

Avainsanat: polttomoottori, kampikoneisto, tuotesuunnittelu, osaamisen kehittyminen, autoetnografia, tutkiva oppiminen

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	3
1 Johdanto.....	5
2 Polttomoottori	7
2.1 Polttomoottorin historiaa	8
2.2 Kamppiakselin määrittely.....	8
2.3 Kiertokangon määrittely	9
2.4 Voitelujärjestelmä	9
2.5 Venttiilikoneiston määrittely	10
2.6 Sytytysjärjestelmä	10
3 Tutkiva oppiminen.....	11
4 Käyttäjakeskeinen tuotesuunnittelu	12
4.1 Moottorin suunnittelu	12
4.2 Itsesäätely	12
4.3 Oman osaamisen kehittyminen	14
4.4 Tuetu suunnittelu yleisesti.....	17
5 Tutkimusmenetelmä- ja tehtävä	19
5.1 Autoetnografia	19
5.2 Laadullinen tutkimus	20
5.3 Teoreettinen viitekehysmalli.....	20
6 Tutkimuksen toteutus	22
6.1 Esivalmistelu, suunnittelu ja aktivointi	22

6.2	Suoritus.....	26
6.2.1	Moottorin suunnittelu	26
6.2.2	Kampiakselin suunnittelu	28
6.2.3	Kiertokangen suunnittelu	29
6.2.4	Kampikoneiston tasapainotus	31
6.2.5	Kampiakselin valmistus	35
7	Aineiston analyysi.....	44
8	Tulokset.....	46
9	Pohdinta	51
9.1	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys	51
9.2	Tutkimuksen pohdinta ja jatkotutkimusmahdollisuudet	52
	Lähteet.....	54

1 Johdanto

Moottorinrakennuksella ja sen tutkimisella on pitkä historia ja asiasta on vuosien varrella tehty paljon tutkimuksia ja kirjallista sisältöä. (Schäfer & Basshuysen 2016, 1–3). Nämä tutkimukset ovat kuitenkin usein äärimmäisen syvällisiä ja keskittyvät yksittäisiin tarkkaan rajattuihin kokonaisuuksiin, jotka lähinnä palvelevat teollisuuden tarpeita. On kuitenkin olemassa harrastajia, jotka valmistavat moottoreita käsityönä ja perinteisin menetelmin. Usein itseoppineena he valmistavat varsin monimutkaisia kokonaisuuksia kokeellisin lähestymistavoin.

Idea moottorinrakennuksen tutkimiseen lähti tutkijoiden omasta halusta kehittää omia aineenhallinnallisia taitoja ja valmistaa kampikoneiston itse suunniteltuun moottoriin. Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia, miten omat taidot kehittyvät tuotetta valmistaessa ja onko mahdollista valmistaa tuote itse oppimalla ilman konkreettista opetusta. Tutkimus on laadullinen tutkimus ja menetelmältään autoetnografinen. Etnografista otetta hyödynnetään, kun on tarkoitus saada näkyväksi erilaiset kulttuuriset ilmiöt ja prosessit, sekä niiden merkitys yksilölle ja yhteisölle (Hämeenaho & Koskinen-Koivisto 2014, 7). Tutkimuksen taustana on aikaisemmin tehty kandidaatintutkielma, jossa tutkittiin käsityön merkitystä moottorin rakentamisessa. Aihetta on tutkittu erittäin vähän lähestyksen käsityön näkökulmasta, sillä olemassa olevat julkaisut ovat liki poikkeuksetta syvällistä ammattikirjallisuutta.

Ajatuksenamme oli alusta asti valmistaa jokin tuote ja havainnoida sekä pohtia tuotteen valmistuksen aikana omaa käsitystä itsestä käsityön tekijänä ja valmistaa jotain uutta ja haastavaa. Käsityöaineenopettajan koulutuksen aikana olemme saaneet paljon mahdollisuuksia kokeilla erilaisia tekniikoita ja tutustua uusiin materiaaleihin, mutta monet opetetut asiat on käyty nopeasti ja syvällisempään perehtymiseen tietyissä osa-alueissa on jäänyt vähäiseksi. Halusimmekin lähteä perehtymään syvällisesti yhteen, silti hyvin laajaan, osa-alueeseen. Pelkästään teoriaa lukemalla ei käytännöstä saa kokemusta. On siis tärkeää, että opetellaan itse tekemällä, jotta tulevaisuudessa on hyvät valmiudet opettaa asia niin, että opetettava henkilö varmasti oppii. Tarkoituksenamme ei ole, että meistä tulisi moottorinrakennuksen ja suunnittelun ammattilaisia, vaan keskittyä olennaisiin osiin suunnittelussa ja valmistuksessa, jotta saamme tarvittavat perustaidot tuotteen valmistukseen ja opettamiseen.

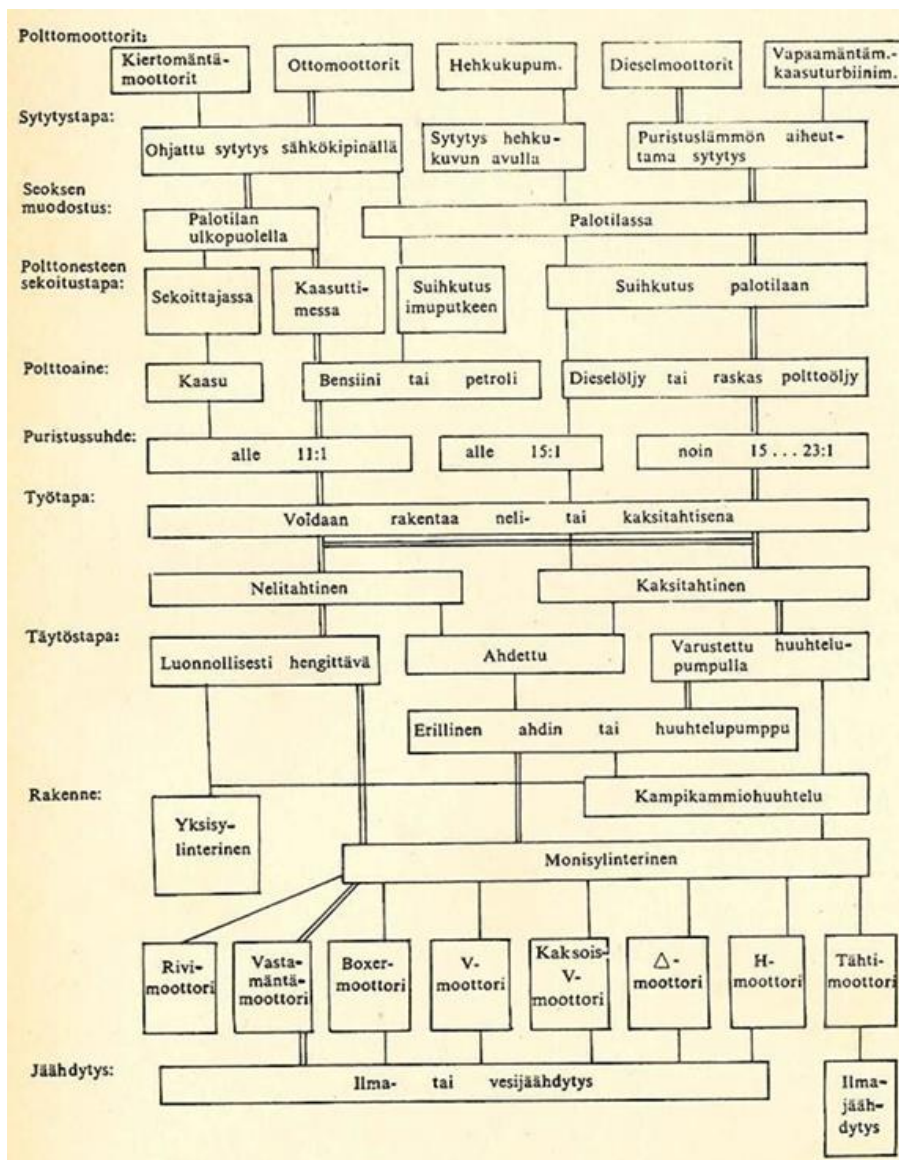
Näemme kuitenkin, että lähestymällä moottorinrakennusta aiheena käsityön näkökulmasta, on mahdollista saavuttaa jotain, jota ei aikaisemmin ole tehty tieteenalallamme.

Tulevina käsityönopeuttajina moottorin suunnitteluun ja valmistukseen tarvittavien taitojen

osaaminen ja ymmärrys antavat mahdollisuuksia kehittää valinnaisaineiden monipuolisuutta peruskoulussa. Perusopetuksen valinnaisten kurssien yhteisiä tehtäviä ovat oppimisen syventäminen, oppimisen laajentaminen ja jatko-opintovalmiuksien vahvistaminen. Valinnainen opiskelu tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden kehittää taitojaan kiinnostuksen kohteidensa suuntaan. Selektiivisyys tukee oppimismotivaatiota ja vahvistaa valintojen tekoa. (Opetushallitus, 2014, 95.)

2 Polttomoottori

Polttomoottori on lämpövoimakone, jossa polttoaineen palaessa osa sen kemiallisesta energiasta muutetaan välittömästi moottorin akselilta saatavaksi mekaaniseksi työksi (Rantala 2011, 19). Moottorimme suunnittelun on lähdettävä näkökohdasta, jossa pyritään maksimoimaan sen hyötysuhde. Polttomoottorin rakennusmateriaalit on valittava niin, että ne kestävät moottorissa syntyvän korkean paineen. (Rantala 2011, 21). Polttomoottorit voidaan jaotella eri ryhmiin monella eri tavoin, kuten kaaviosta 1 käy ilmi. Rajan asettaminen eri ryhmien väliin on melko mielivaltaista kuten esimerkiksi käsitteet nopeasti ja hitaasti pyörivästä moottorista, tai suuret-, keskisuuret- ja pienet moottorit (Eerola 1976, 31). Kaaviossa 1 on esitelty polttomoottorien luokittelua.



Kuvio 1. Polttomoottorien luokittelu (Eerola, 1976)

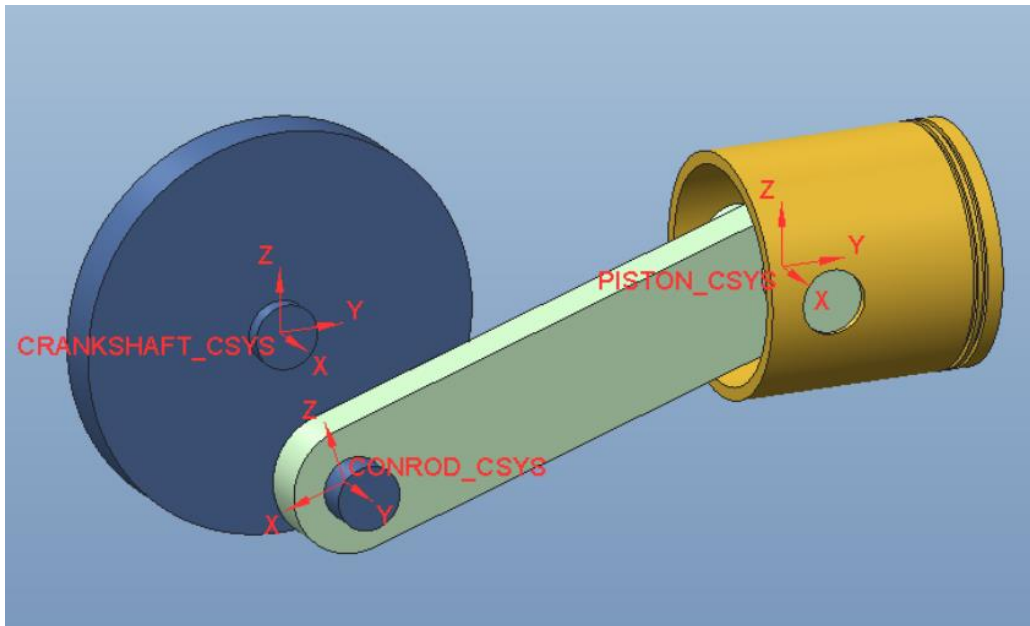
2.1 Polttomoottorin historiaa

1900-luvun alussa suuri osa autoteollisuudesta oli vielä käsityötä. Edward Butler rakensi ensimmäisen kipinäsytytteisen bensiinikäyttöisen Otto-moottorin vuonna 1884 (Georgano, 1990), joten tekniikka oli vain noin 16 vuotta vanha 1900-luvulle tultaessa. Moottoreiden suunnittelu ja valmistus vaatii eri käsityöläisiltä suurta taitoa. Tarvittavat ammattilaiset olivat puuseppiä, valimotyöntekijöitä, mekaanikkoja ja asentajia. Vain näiden henkilöiden yhteistyöllä pystyttiin valmistamaan laadukkaita moottoreita, jotka ovat edelleen käytössä ja säilyneet tähän päivään toimintakuntoisena. Ensimmäinen Suomessa valmistettu polttomoottori valmistui Stenbergin tehdaskerroksessa vuonna 1895 (Rohila 2008, 33).

Teollistumisen ja tuotannon lisääntyessä moottorien valmistus on siirtynyt perinteisestä käsityöstä koneelliseen työhön. Tämän ansiosta kokeneita ammattilaisia, joilla on manuaaliset taidot, ei enää tarvita moottoreiden rakentamiseen. Käännekohtana voidaan pitää Ford Model T:n lanseerausta vuonna 1908 ja kokoonpanolinjojen ensimmäistä käyttöä autoteollisuudessa (Billington 2013, 87). Ensimmäinen maailmansota vaikutti käsityön asemaan teollisessa valmistuksessa. Sodan aikana tuotanto kasvoi räjähdysmäisesti ja työkalutekniikka siirtyi nykyaikaisempaan suuntaan (Rockoff 2004, 5). Yhdellä laitteella työt, jotka aiemmin vaativat monta kertaa enemmän aikaa ja henkilöstöä, voidaan tehdä nopeasti ja kustannustehokkaasti. Näiden tietojen perusteella voimme määrittellä ajanjakson 1884 ja 1908 välillä, moottorisuunnittelun käsityötaidon kulta-ajan.

2.2 Kampiakselin määrittely

Kampiakseli on ajoneuvon polttomoottorin osa, joka on yleensä valmistettu taotusta teräksestä tai valuraudasta ja joka sijaitsee kampikammiossa. Se muuntaa moottorin mäntien pystysuuntaisen liikkeen ajoneuvon siirtämiseen tarvittavaksi pyörimisliikkeeksi. Siksi tämä polttomoottorin suurin ja raskain komponentti on myös tärkein moottorin toiminnan kannalta; kaikki palamisprosessin vaiheet (polttoaineen ja ilman syöttö, puristus, poltto ja pakokaasujen poisto) liittyvät kampiakselin toimintaan. Kampiakseli pysyy paikallaan kampiakselin laakereiden avulla. Moottorin palamisprosessin takia mäntä liikkuu ylös ja alas sylinterissä, ja liike välittyy kiertokangen kautta kampiakselille, joka muuttaa sen pyörimiksi. Kampiakseli on erittäin raskas ja kestävä komponentti, ja hyvästä syystä: sen täytyy pyöriä satoja tai tuhansia kierroksia minuutissa. (Lehtinen & Rantala 2012, 71–75.)



Kuvio 2. Yksinkertaistettu kampikoneisto (Häkkinen 2020)

2.3 Kiertokangen määrittely

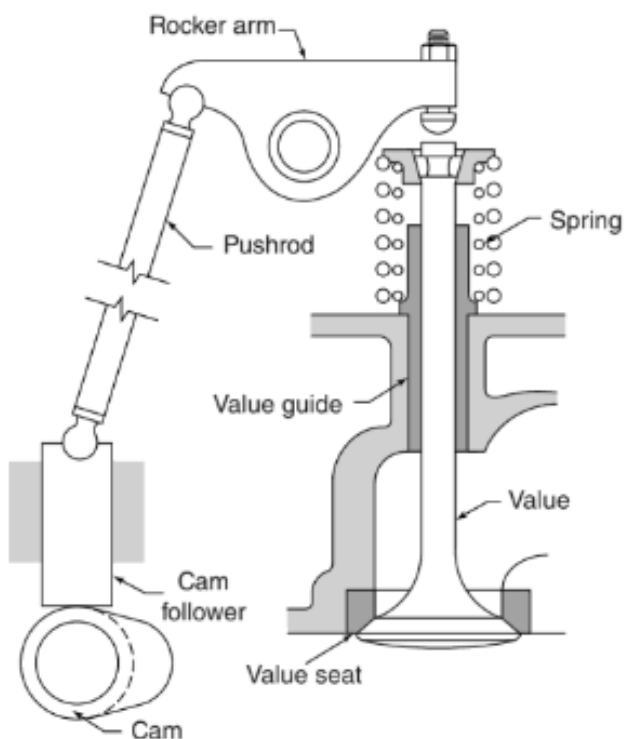
Kiertokangi on kampikoneiston osa, mikä muuttaa kampiakselin pyörivän liikkeen, männän edestakaiseksi liikkeeksi. Kiertokangen liike on monimutkainen, sillä kiertokangen eri pisteet liikkuvat erilaisilla ovaalin muotoisilla radoilla. Kiertokangen tehtävänä on voiman välitys männästä kampiakselille, tämä voima on erittäin suuri ja tapahtuu tuhansia kertoja minuutissa, riippuen moottorin pyörintänopeudesta. Kiertokangi on laakeroitu kummastakin päästä ja laakeroinnissa voidaan käyttää eri ratkaisuja riippuen moottorin ominaisuuksista ja käyttönopeudesta. (Eerola 1976 163–165.)

2.4 Voitelujärjestelmä

Moottorit, kuten muutkin koneet tarvitsevat voitelua erilaisten liikkuvien osien välille. Ilman riittävää voitelua osien välillä, aiheuttaa niiden välille muodostuva kitka nopeaa kulumista ja kuumenemista. Voitelun toteuttamiseen on useita eri ratkaisuja, mutta ne jakautuvat kahteen eri päätyyppiin, roiske- ja painevoiteluun. Paineistetussa järjestelmässä öljypumppu pumppaa öljyä paineella voideltaville osille, ja näin takaa riittävän voitelun kaikissa käyntiolosuhteissa. Vaihtoehtona painevoitelulle on roiskevoitelu. Kyseessä on vanhanaikainen, mutta yksinkertainen ratkaisu, jossa moottorin sisäiset osat roiskivat öljyä ja näin levittävät sen tarvittaviin paikkoihin. Tätä menetelmää pidetään yleisesti riittävänä vain pieniin ja yksinkertaisiin moottoreihin, kuten ruohonleikkureihin ja perämoottoreihin. (Bloom 2023.)

2.5 Venttiilikoneiston määrittely

Venttiilikoneiston tehtävä on ohjata moottorin venttiilien aukeamista ja sulkeutumista suhteessa kampaakselin liikkeeseen, tämä toteutukseen on kehitetty valtava määrä erilaisia teknisiä ratkaisuja. Venttiiliityypiksi kuitenkin on vakioitunut poppet- eli lautasventtiili. (Ferrari ym. 2022, 22; Kirkpatrick 2020). Haasteena venttiilikoneiston suunnittelussa ovat sen kokemat suuret kiihtyvyydet ja äkkinäiset liikkeet jo pienillä kierrosnopeuksilla. Venttiilikoneisto muodostaa oleellisen osan moottorissa, joten sen suunnittelu ja toteutustapa vaikuttaa koko muun moottorin toteutukseen.



Kuvio 3. Venttiilikoneiston osat (Kirkpatrick, 2020)

2.6 Sytytysjärjestelmä

Polttomoottorin sytytysjärjestelmä on tärkeä osa moottorin toimintaa, ja sen tehtävänä on sytyttää ilma-polttoaineseos moottorin palotilassa oikealla hetkellä. Oikea hetki määräytyy moottorin käyntitilan mukaan ja tähän vaikuttaa monet eri seikat moottorissa, kuten sen pyörintänopeus, kuorma ja venttiilikoneiston ajoitus. Sytytyksen ohjaukseen on useita eri keinoja, näiden päätyypit ovat kuitenkin mekaaniset ja elektroniset ratkaisut. Mekaaniset ratkaisut ovat yksinkertaisia, mutta niiden haittapuolena on nopea kuluminen ja toistuvan säätämisen tarve (Bosch 1996, 796).

3 Tutkiva oppiminen

Tutkiva oppiminen (inquiry-based learning on pedagoginen malli, jossa opiskelija oppii tieteellisen tutkimuksen kaltaisilla menetelmillä ja käytännöillä (Pedaste ym. 2015, 48). Pedagogisen mallin tärkein sisältö on kysymyksenasettelu, ongelmanratkaisu ja tutkimusorientoituneisuus. Tutkivan oppimisen mallissa oppija kehittää ymmärrystään aiheesta, jota hän opiskelee, mutta samalla oppii myös tutkimusprosessista sekä tutkimusmenetelmistä (Justice ym. 2007, 202). Oppimista ohjaavat tutkimuskysymykset ja tutkimusongelmat, ja oppijat muotoilevat vastauksia samanlaisilla käytännöillä kuin tiedeyhteisössä tutkijat käyttävät. Siksi tieto rakennetaan löytöjen ja oivallusten avulla. Tutkimuspohjaisilla oppimismenetelmillä pyritään herättämään opiskelijoiden uteliaisuus ja luontainen kiinnostus aihetta kohtaan (Spronken-Smith ym. 2008, 71–86). Suomela (2016) osoittaa, että tutkiva oppiminen ei ole vain kokeellista tai toiminnallista oppimista, vaan kokonaisvaltainen prosessi, jossa kysytään ilmiöistä nousevia kysymyksiä, tehdään havaintoja ja tutkimuksia ja lopuksi tehdään johtopäätöksiä. Nyman (2021, 25–26) ajattelee, että ilman uteliaisuutta oppiminen on haastavaa, mutta uteliaisuuden herättäminen luo motivaatiota. Hän myös kertoo, että uteliaisuuden synonyymina voidaan puhua kiinnostuksena ja paneutumisena. Tutkivan oppimisen tarjoamat mahdollisuudet tunnustetaan laajasti ja opetusmalli on otettu osaksi kouluopetusta ja korkeakouluopetusta (Kang & Keinonen 2016, 35; Spronken-Smith & Walker 2010, 724).

Oppimismuoto, joka perustuu ongelmalähtöiseen henkilökohtaiseen oma-aloitteisuuteen ja pyrkimykseen laajentaa tietoa. Tärkeintä on, että ongelman yksilöllinen ymmärrys otetaan viime kädessä huomioon laajemmassa oppimisyhteisössä. Jakamalla asiantuntemusta ja syvempää pohdintaa voidaan saavuttaa tehokkaampaa oppimista, ns. tiedon luomista. Nykypäivän modernissa yhteiskunnassa tällä menetelmällä oppimisesta tulee entistä tärkeämpää. (Hakkarainen ym. 2004, 245). Oppimisen ei katsota päättyvän yliopistosta tai korkeakoulusta valmistumiseen, vaan jatkuva oppiminen on välttämätöntä pysyäksään kilpailluilla työmarkkinoilla. Heinonen (2007) esittelee tutkivan työmallin, mitä on hyödynnetty sosiaalityöskentelyssä, joka sivuuttaa hyvin läheltä tutkivan oppimisen mallia. Se on työelämässä sovellettu prosessi, jossa käytetään yhteistä ja yhtenäisesti sovittua ammatin terminologiaa, alan teoreettista perustietoa ja tutkimustietoa aiheen ilmiöstä tai ongelmasta, sekä tutkitaan ja arvioidaan omaa työskentelyä kriittisesti.

4 Käyttäjäkeskeinen tuotesuunnittelu

4.1 Moottorin suunnittelu

Polttomoottorin suunnittelu on monimutkainen operaatio missä suuri määrä muuttujia tulee ottaa huomioon. Teollisuudessa, uuden moottorin suunnittelu projekti alkaa vakiintuneesta ratkaisusta ja suunnittelijan kokemuksesta. Akateemisella alalla ensikertaa moottorin rakentamista lähestyvillä opiskelijoilla, ei juurikaan ole keinoja ymmärtää moottorin suunnitteluprosessia ja kuinka osien mitat voidaan määritellä. (Delprete ym. 2009, 263.)

Aiemmassa tutkimuksessa käsityön merkityksestä moottorin rakentelussa, haastateltiin kokeneita moottorinrakentajia (Julkaisematon kandidaatintutkielma Tolmunen & Virkkunen 2022). Nämä rakentajat olivat harrastelijoita, jotka pitkälti itseoppineena toteuttivat moottorinsa. Haastatellut pitivät tärkeänä suunnitteluprosessia, sillä se muodostaa pohjan kaikelle toteutukselle.

Suunnitteluun ja valmistukseen tarvittava tieto saadaan olemassa olevista työkaluista ja niiden käytöstä, joiden osalta suunnittelu alkaa sitä kuvaavan teorian etsimisellä ja keskustelulla. Vaikka suunnittelukysymykset johdetaan tutkimusongelmista, ne eivät ole itse tutkimusongelmia, vaan niitä ratkaistaan suunnittelukysymysten avulla, jotka asetetaan teorian määrittelyn loppuun. (Metsärinne & Kallio 2011, 88.)

4.2 Itsesäätely

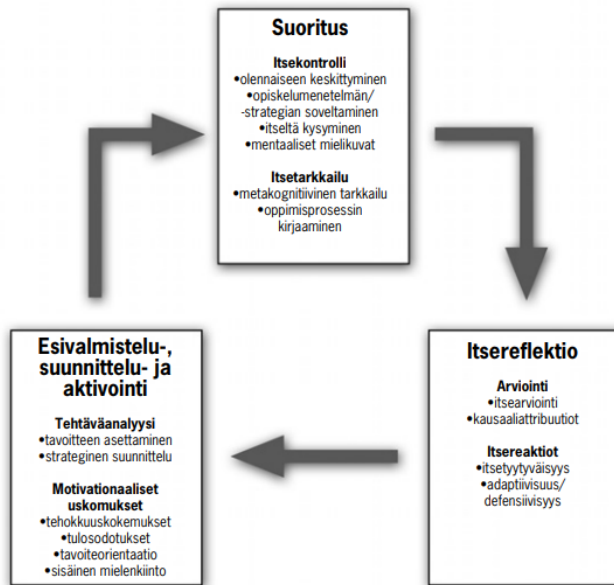
Itsesäätelyyn pohjautuva oppiminen tapahtuu kiertävänä prosessina, jota kuvataan kuviossa 2.

Itsesäätelyprosessin vaiheet (Zimmerman & Campillo 2003, 239). Tässä mallissa erottuu selkeästi kolme eri vaihdetta:

Esivalmistelu, suunnittelu ja aktivointi

Suoritus

Itsereflektio



Kuvio 4. Itsesäätelyprosessin vaiheet (Zimmerman & Campillo 2003, 239).

Esivalmistelu, suunnittelu ja aktivointi -vaiheessa tutustutaan opiskeltavaan asiaan. Asetetaan tavoitteet ja pohditaan millaisella strategialla haluttuun lopputulokseen päästään.

Motivatioon vaikuttaviksi sisältyy aikaisemmat kokemukset, odotukset tuloksista ja henkilökohtainen sisäinen motivaatio (Ruohotie 2002; Zimmerman & Kitsantas 2005, 515).

Suoritusvaiheessa paneudutaan itsekontrolliin sekä itsetarkkailuun. Itsekontrollin saavuttaminen vaatii pitkäjänteistä työtä. On keskityttävä olennaiseen ja on osattava hyödyntää jo aiemmin opittua taitoa. On myös tärkeä välillä pysähtyä ja miettiä omaa tekemistään (Corno 1993, 17). Oman toiminnan tarkkailu voi tuki myös hajottaa keskittymistä ja oppimisprosessi voi kärsiä. Keskeinen muoto itsetarkkailussa on muistiinpanojen merkitseminen. Oppimisprosessin kirjaaminen on tärkeä osa prosessia. Muistiinpanoihin palaaminen ja niiden tutkiminen edesauttaa oppimista jatkossa.

Itsearviointi vaihe jakautuu kahteen osaan. Itsearviointiin ja -reaktioon. Itsearviointiin henkilö vertailee infoa mitä on saatu itsetarkkailussa aikaisemmin asetettuihin tavoitteisiin. Henkilö tulkitsee saatuja tuloksia ja pohtii mistä esimerkiksi epäonnistumiset ovat johtuneet. Itsearviointiin liittyy myös vahvasti attribuutiotulkinnat. Henkilö tekee tulkintoja epäonnistumista sekä onnistumisista. Attribuutiotulkinnat johtavat sitten itseaktiivisuuteen. Itseaktiivisuus voi olla joko negatiivisia tai positiivisia. (Zimmerman & Kitsantas 1997, 29–36.)

Kokemus tyytyväisyydestä on tärkeä osa itsereaktion prosessia. Ihminen sitoutuu mielellään sellaiseen projektiin tai työhön, mikä johtaa lopulta positiivisiin tunnekokemuksiin. Negatiivisen tunnekokemuksen välttely on normaali tapa kuten epäonnistumisen pelko (Bandura 1991, 127). Itsereflektion vaihe mahdollisesti kehittyä toimintatapojen uusiutumiseen, milloin aikaisemmat toimintatavat kyseenalaistetaan ja vaihdetaan uusiin, jopa parempiin toimintatapoihin. (Mezirow, 1996, 17, 21.)

Itsereflektion käsitteellä tarkoitetaan toimintaa, mikä on jatkuvaa pohdintaa, tutkimista, kriittistä arviointia sekä uuden ymmärtämistä. Itsereflektiossa kohteena on toiminnan, tuottamisen ja prosessin sisältö ja niiden vaikutus. Tällä pyritään muuttamaan omaa toimintaa ja arvioida uudelleen omia strategioita ja menettelytapoja ongelmanratkaisussa. Itsereflektiossa tarkastellaan yksilön kokemuksia ammattiin opiskeltaessa ja hänen ammatillista ajattelutapaansa. (Boud, Keogh & Walker 1985; Dewey 1997 [1910]; Kemmis 1985; Mezirow 1981; Schön 1988, 1991.)

Itsereflektio on mahdollista luokitella toiminnan eri ajankohtiin suhteutettuna. Schönin (1991) mukaan *reflection-in-action* tarkoittaa toiminnan aikana tapahtuvaa reflektiota. *Reflection-on-action* tarkoittaa reflektiota mikä on jo tehty ja koettu. Tuoreimpana näkökulmana on *reflection-for-action*. Tämän näkökulman lähtökohtana on, että reflektio on suunnittelun tyyppistä ja ennen työskentelyä tapahtuvaa. Tämän näkökulman perustana on aikaisemmat kokemukset. Itsereflektio on hyvin monipuolista toimintaa mikä jatkuu koko prosessin aikana.

4.3 Oman osaamisen kehittyminen

Osaaminen on laaja käsite, jota kuvataan eri tavoin eri lähestymistapojen mukaan. Työelämässä osaaminen voidaan nähdä yksilön ominaispiirteenä, hankittujen tietojen ja taitojen yhdistelmänä ja niiden yhteisenä toimintana työympäristössä. Erilaiset osaamiset ovat tietoja ja taitoja, jotka voidaan havaita työtehtäviä suoritettaessa. Yksilölliset kyvyt ovat tilannekohtaisia, ja niihin vaikuttavat työtehtävät ja työympäristö. (Hätönen 2011, 9–10.)

Käsityön perusteiden oppiminen vie paljon aikaa. Tämä on hidas empiirinen prosessi. Teoria on tärkeä, mutta vain yhdessä käytännön kanssa. Käsityön oppiminen on henkilökohtaista, avointa

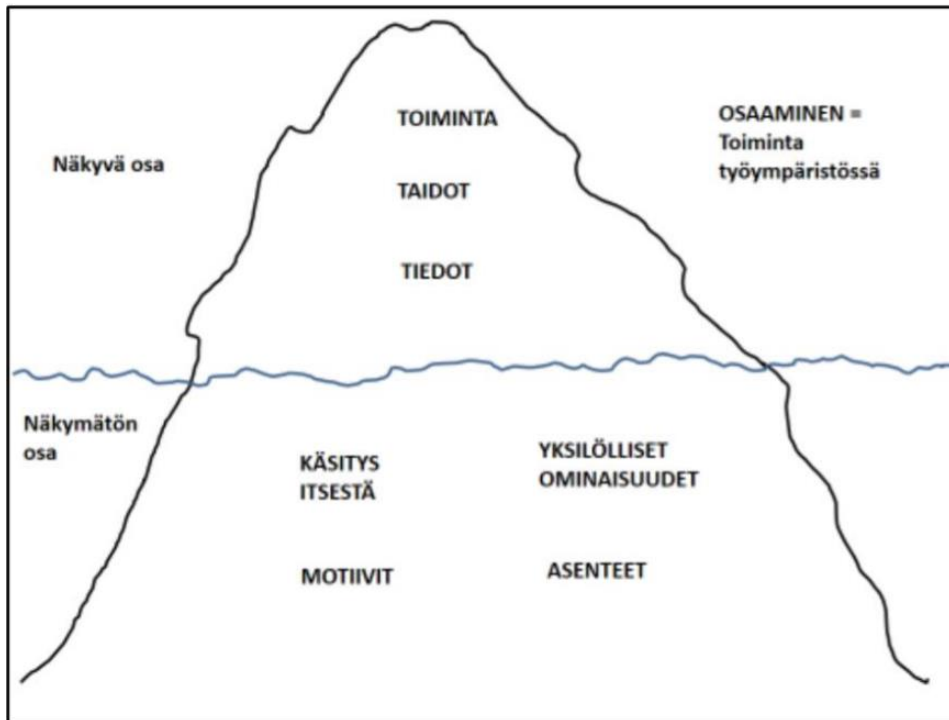
toimintaa, ja jokaisen polku on erilainen. Ammattia opiskellessa voi olla erittäin tehokasta siirtää kokenutta osaamista jossain muodossa aloittelijoille. Nämä ohjeet ovat kuitenkin vain hyviä harjoittelua varten, eivät hyviä, jos ne muodostavat kokonaisosaamisen. Käsiyötaitoja on monenlaisia, eikä vain yhteen tekniikkaan tai yhden osan tekemiseen kannata keskittyä, vaan taitoa pitää harjoitella monin eri tavoin, jotta siitä olisi hyötyä. (Dormer 1994, 43.)

Taidot- ja taideaineet noudattavat usein konstruktivistista lähestymistapaa oppimiseen. Konstruktivistisessa oppimiskäsityksessä korostetaan tiedon syvempää ymmärtämistä eli syvää oppimista. Syväoppimisessa oppiminen on aktiivista kognitiivista toimintaa, jossa oppijat tarkkailevat omaa työtään ja rakentavat uutta tietoa aiemmin hankitusta tiedosta ja kokemuksesta. Tämä vaatii huolellista ongelmanratkaisua ja ongelmanratkaisulähtöisyyden oppimista, koska pelkkä tosiasioiden hallinta on toissijaista, jos ei ole käsitystä, mihin taitoihin tai tietorakenteisiin ne on upotettu. Käsitys on kuitenkin suhteessa sen kontekstiin, esimerkiksi muun ihmisen ymmärtämisprosessiin, prosessiimme prosessin takana on tunnettava hänen ajatuksensa ja ymmärryksensä. Pohdittaessa oppija palaa ajassa taaksepäin ja pohtii, mitä hän on oppinut toiminnasta ja miten hän toimi ymmärtääkseen oppimisensa. Tämä edesauttaa kirjoittajaa ymmärtämään ja sisäistämään ongelman. (Rissanen, 2016, 43; Tynjälä, 1999, 37–38.)

Kokemukselliset oppimismenetelmät perustuvat konstruktivistiseen tiedon ymmärtämiseen. Konstruktiivisen oppimisen käsitteen voidaan katsoa liittyvän läheisesti kokemukselliseen oppimiseen. Kokeellisessa oppimisessä oppija on aktiivinen, itseohjautuva elementti, jonka tarkoituksena on kehittää itseään ja potentiaaliaan ongelmanratkaisupohjaisen oppimisen kautta. Kehityksen lähtökohtana on motivaatio ja kysyntä. (Hannula & Niskanen, 2004.)

Yksi tunnettu kuvio, jolla kuvataan osaamista, on Spencer & Spencerin (1993) kehittämä jäävuorimalli. Tässä mallissa osaaminen jaetaan näkymättömään ja näkyvään osaan (Hätönen 2011, 5, 9–12).

Osaamiseen vaikuttavat itsenäinen käsitys sekä motivaatio, asenne ja henkilökohtaiset ominaisuudet. Näitä ominaisuuksia ei voi mitata tai selvästi nähdä. Ne kuitenkin näkyvät yksilöllisissä toimissa, taidoissa ja tiedoissa. Tästä syy-seuraus-suhteesta käytetään termiä kausaalisuus. Esimerkiksi, kun henkilö on motivoitunut oppimaan uutta, näkee konkreettisesti, kuinka hän oppii uusia taitoja. Oppimisen tukemiseksi hän käyttää olemassa olevaa tietoa, mutta hakee myös uutta tietoa, jota hän soveltaa olemassa oleviin taitoihin. Tämän myötä osaaminen laajenee. (Spencer & Spencer 1993, 9–11.)



Kuvio 5. Spencer & Spencerin luoma jäävuorimalli osaamisesta (Hätönen 2011, 5)

Sydänmaalakan mukaan (2004, 124–125, 151) lähtöasema omien taitojen kehittämiseen on tunnistaa oma osaaminen nykyisellä tasolla. Taito on mahdollisesti itsetietoinen tai se voi näkyä työssä. Osaamisen ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi osaamista on käytettävä. Käytännön työn avulla voi löytää myös sellaisia kehittämistavoitteita, millaisia ei odottanut. Tämä on yleistä nykypäivän jatkuvasti muuttuvassa työelämässä ja työtehtävissä. Työtehtävissä menestyminen edellyttää kykyä hyödyntää jo tiedossa olevaa tietoa uuden tiedon oppimiseen. (Hätönen 2011, 54.)

Oppiminen on melko laaja kokonaisuus. Tynjälän (2000, 16–20) mukaan tähän sisältyvät taustatekijät, oppimisprosessi sekä tulokset. Oppimiseen vaikuttavat henkilön taustatekijät sekä oppimisympäristön taustatekijät. Henkilön taustatekijöihin lukeutuvat henkilön aikaisemmat tiedot, työskentelytaidot sekä persoonallisuus. Oppimisympäristön taustatekijöihin vaikuttavat ilmapiiri, kehityksen tukeminen ja palaute. Taustatekijöiden vaikutus on nähtävissä henkilön tapana havainnoida sekä tulkita havaintoja. Oppimisprosessin pyrkimyksenä on henkilökohtaisten tavoitteiden saavuttaminen sekä lopputuloksena on oman osaamisen kehittyminen. Tuloksena voi

olla esimerkiksi jokin pieni asia, jonka muistaa seuraavalla kerralla ulkoa tai uudenlainen tapa ymmärtää kokonaisuutta. Oppimisprosessi ei ole yksinkertainen prosessi, jolla on selvä aloitus ja lopetus. Myöhemmin oppimisprosessia havainnoidaan ja reflektoidaan uudella tavalla ja tämän takia oppimisprosessi alkaa alusta. Oppimiskokemuksen vienti loppuun asti luo tarpeellisuuden ja pysyvyyden tunteen, joka kannustaa oppimaan lisää. (Tynjälä 2000, 16–20; Viitala 2013, 147.)

Virheitä ja epäonnistumisia tyypillisesti pidetään sellaisena asiana mitä oppimisprosessin aikana tulisi välttää. Osittain peläten sitä, että siinä dokumentoidaan omia puutteita oppijana ja nämä virheet opitaan. Tutkimukset kuitenkin osoittavat että, virheet ovat keskeinen osa tehokasta oppimisprosessia (Bjork ym. 2013, 435).

4.4 Tuotesuunnittelu yleisesti

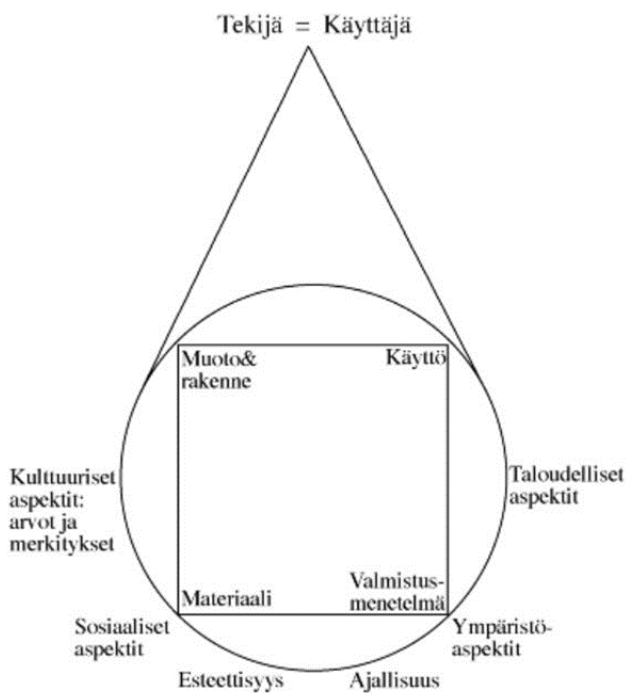
Käyttäjäkeskeistä tuotesuunnittelua tukeva standardi 13407 (International Organization for Standardization 1999) tukee tuotekehitysprosessia osana käyttäjälähtöistä suunnittelua. Standardin mukaan tuotekehitysohjelmassa tulee huomioida neljä erilaista suunnittelutoimintaa. Ensimmäinen on tuotteen käsittely-ympäristön ja käsittelytilanteen määrittely, eli se määrittelee, millaisissa ja missä olosuhteissa tuotetta on määrä soveltaa. Toinen on käyttäjien tarpeiden täsmentäminen, kuten mitä tuote on määritelty mikä sen tehtävä on ja mihin tarkoitukseen sitä käytetään. Kaksi viimeistä suunnittelutoimintoa ovat suunnitteluehdotusten generointi ja arviointi. Niissä mietitään mahdollisia tuoteratkaisuja ja niiden käyttöä käytännön kohteessa. Tuotekehityksessä on tärkeää ottaa selville ennakkoon, millaisia käyttäjälähtöisiä suunnittelutoimintoja haluat sisällyttää. (Huotari ym. 2003, 18)

Tuotesuunnittelun kulmakivenä voidaan ajatella uusien ratkaisujen luomista käyttämällä aikaisemmin luotua ymmärrystä ja tuoteratkaisuja rajoitteina tai mahdollistajina. Siksi tuotteen suunnittelu perustuu olennaisesti aikaisempaan tietoon (Hyysalo 2009, 291). Tosin Väyrysen ja yhteistyökumppaneiden (2004, 22) mukaan yksi suunnittelun tehtävistä on pohtia tulevaisuuden asioita ja miten asioiden olisi hyvä olla. Siksi tuotesuunnittelun mahdollisena esteenä on muuttaa nykyinen tilanne ihanteelliseksi. Yhdistä laatuajattelu tuotesuunnitteluun ja tuotteisiin korostaen asiakkaiden odotuksia ja tarpeita vastaavien korkealaatuisten tuotteiden ominaisuuksia. Toimivan tuotteen käytön laadulla tarkoitetaan tuotteen hyviä ominaisuuksia, joiden kehittämiseen on panostettu ergonomiaan ja käytettävyysoosaamiseen. (Väyrynen ym., 2004, 10.)

Tuotesuunnittelun tavoitteena on tarjota toimiva tuoteratkaisu, jossa suunniteltu tuote on luotettava ja turvallinen käyttää. Käyttövarmuus ja luotettavuus puolestaan kuvaavat järjestelmän kykyä

toimia ilman käytön keskeytyksiä. (Jokinen 2001, 5.)

Tuotteen suunnittelun teorioiden hyödynnämmä Koskennurmi- Sivosen tekijä-käyttäjämallia. Tämä malli sopii meille erittäin hyvin, sillä tuotteen tekijä ja käyttäjä on sama. Kuvion sisempi neliö kuvastaa tuotetta. Tuotteen alkuperä näkyy siitä, vaikka se voi joutua pois alkuperäisestä ideastaan ja tarkoituksena on myös havaita tuotteen alkuperä sukupolvelta toiselle. Vaikka kulttuuri ja aikakausi muuttuu, on tärkeä nähdä tuotteen alkuperäinen käyttökohde ja idea. Ulompi ympyrä näyttää tuotteen erilaiset lisäaspektit mitkä liittyvät tuotteen valmistukseen ja lopulliseen tuotteeseen. (Koskennurmi-Sivonen 2002). Seuraavana kuvio 3, jossa on Koskennurmi-Sivosen tekijä-käyttäjämalli.



Kuvio 6. Koskennurmi- Sivosen tekijä-käyttäjämalli

5 Tutkimusmenetelmä- ja tehtävä

5.1 Autoetnografia

Etnografia on laadullinen tutkimusmenetelmä, jota käytetään useilla tieteenaloilla tutkimaan eri yhteisöjen kulttuurijärjestelmiä. Etnografia ei ole yksittäinen tiedonkeruutapa, vaan määrätietoinen tapa tehdä tutkimusta ja ymmärtää ihmisten toimintaa tietyssä ympäristössä ja sen sisältämää yhteiskunnallista merkitystä. Vaikka itse tutkimuksen yksityiskohdat voivat vaihdella, etnografisen tutkimus sisältyy säännöllisiä retkiä, yleensä kulttuurinsa luonnollisissa olosuhteissa tai tutkimusryhmän kanssa. Ajatuksena on olla tietoinen asiaan perehtyminen. Mene, katso itse, tarkkaile ja opi. (Anderson 1992, 178.)

Autoetnografisessa tutkimuksessa keskeisen aineiston muodostavat tutkijan omat kokemukset, havainnot ja muistiinpanot. Näitä muistiinpanoja voidaan sitten analysoida samoilla menetelmillä kuin muitakin aineistoja. Etnografiassa aineiston kerääminen kentällä ja sen analysoiminen eivät ole erillisiä asioita, sillä molempia tehdään samanaikaisesti. (Hughes 1992, 131). Se antaa monipuolista ja spesifiä tietoa henkilökohtaisista tuntemuksista ja kokemuksista, eikä laajempaa kuvaa isommasta ryhmästä. Sanassa autoetnografia sisältyy sanat itse (auto), kulttuuri (etno) ja kirjoittaminen (grafia). Siinä tutkitaan tutkittavaa kohdetta subjektin perspektiivistä. Tutkija tai tutkijat tutkivat asioita itsessään kuten tunteet, identiteetti, ajatukset ja kokemukset. Tutkija reflektoi omiin kokemuksiin, yhteisöön sekä ympäröivään kulttuuriin. Tutkija sekä tutkittava on sama persoona, mikä saattaa rikkoa helposti rajoja roolien suhteessa mikä voi olla hankala hahmottaa. On tärkeää pitää nämä roolit erikseen, jotta tutkittavassa kohteessa ei tule väärin ymmärryksiä. Tutkija kirjaa ylös tuntemuksiaan esimerkiksi päiväkirjan, äänityksen tai videoimalla kokemuksiaan. Tällä tavalla tehty havainto materiaali on helposti käytettävissä myöhempää analysointia ja kirjoittamista varten. (Adams ym. 2014, 21, 46.) Yksi etnografisen tutkimuksen ominaispiirteistä on aina ollut pyrkimys tarjota tietoa yhteiskunnan syrjäytyneistä ryhmistä ja kulttuureista. Tutkimuskohteita ovat alkuperäiskansojen lisäksi myös ns. valtavirtakulttuurista poikkeavat alakulttuurit, vähemmistöryhmät sekä myös rikolliset. (Hämeenaho & Koskinen-Koivisto 2014, 24).

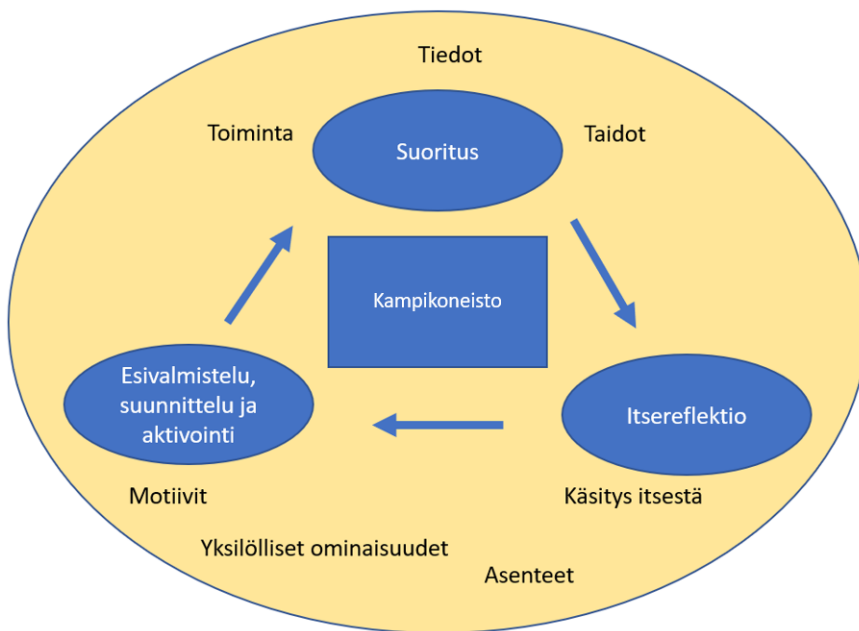
5.2 Laadullinen tutkimus

Laadullisella tutkimuksella tarkoitetaan kvalitatiivista tutkimusta, jossa pyritään kuvaamaan tutkittavaa ilmiötä mahdollisimman laajasti. Laadullisen tutkimuksen aineistoa kerätään laadullisten tutkimusmetodien avulla. (Hirsjärvi ym. 2009). Usein tämä tarkoittaa henkilöiden kokemusten ja näkökulmien tutkimista, sekä tutkittavaan ilmiöön perehtymistä erilaisten vaikuttimien kautta (Hirsjärvi, Huttunen, 1995). Kvalitatiivista tutkimusta voidaan yleisesti pitää soveltuvana ihmistieteilijöille. Vaikka tutkimusaiheena onkin moottorin rakennus, soveltuu se menetelmänä hyvin siihen, sillä tutkitaan ilmiötä ja tutkijoiden omaa osallistumista tekijänä siihen (Tuomivaara 2005.)

Autoetnografista tutkimusta tehdään itsedokumentoinnin avulla. Itsedokumentointi tarkoittaa sitä, että tutkittava kerää itse aineistoa tutkijan ohjeiden mukaan ja tarkkailee tutkittavaan kohteeseen liittyviä asioita (Vilka 2021, 84). Tutkijat voivat parhaiten esittää omia näkökulmiaan ja asiaankuuluvia tulkintojaan itse dokumentoidun aineiston kautta. Subjektiiivinen kokemus ja subjektiiivinen kokemuksen tulkinta tuottaa materiaalia, jota käsitellään tunnetasolla, kuten arvot, ihanteet ja mielipiteet. On monia tapoja dokumentoida omaa työskentelyään. Yleisimpiä ovat valokuvaaminen, valmiin tekstin kirjoittaminen ja päiväkirjojen pitäminen. (Vilka 2021, 84.)

5.3 Teorettinen viitekehysmalli

Tutkimuksen viitekehysmallina käytämme itsesäätelyprosessiin pohjautuvaa tapaa Zimmerman ja Campillo (2003) sekä jäävuorimallin (Hätönen 2011) sisältä löytyviä aspekteja. Kuvion keskellä sijaitsee itse tuote, jonka valmistamme. Ympärillä olevat kehät kuvaavat ennen tuotteen valmistusta tapahtuvaa itsesäätelyä, tuotteen valmistuksen aikana sekä tuotteen valmistuttua itsereflektointia.



Kuvio 7. Tutkimuksen teoreettinen viitekehysmalli

Tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Millä tavoin kokematon moottorin rakentaja voi kehittää itselleen perustaidot moottorin rakennukseen luetun materiaalin avulla, sekä itsenäisellä harjoittelulla ilman konkreettista opetusta?
2. Miten oman taidon kehittyminen näkyy tuotteen suunnittelussa, valmistuksessa sekä lopputuloksessa?

Isoimpana haasteena tutkimuksessa on valmistustekniset kysymykset ja itse tuotteen valmistus. Erilaisten työmenetelmien ja tekniikoiden opettelu vie aikaa ja vaatii tutkijoilta huomattavaa määrää harjoittelua ennen lopullisen tuotteen valmistusta. Aineiston käsittely vaatii järjestelmällistä työtä, jotta tapahtumista saadaan muodostettua todenmukainen kuva.

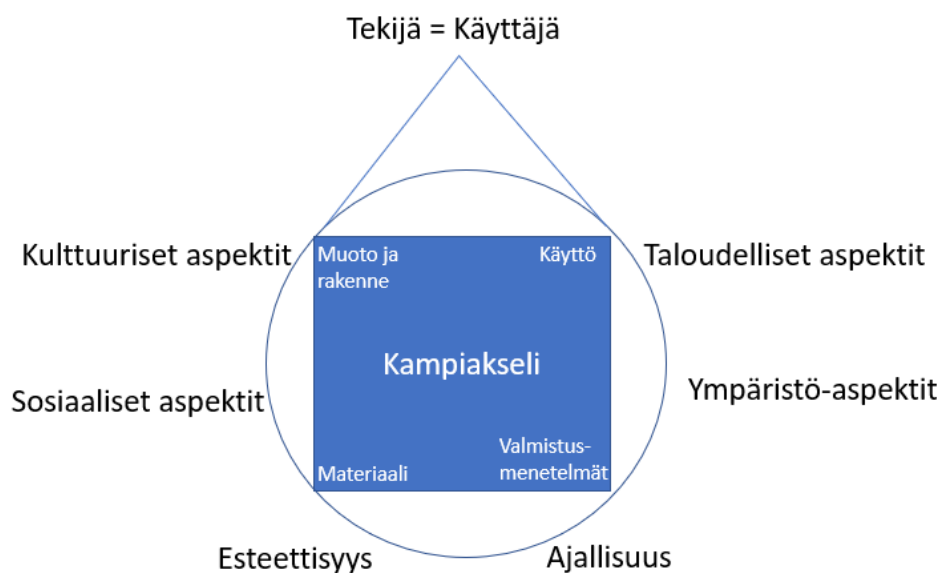
6 Tutkimuksen toteutus

6.1 Esivalmistelu, suunnittelu ja aktivointi

Ennen tuotteen tekemisen aloittamista on tärkeä asettaa tavoitteet, sekä suunnitelma miten näin isoa kokonaisuutta lähdetään valmistamaan. Tavoitteena on suunnitella moottori ja valmistaa sitä varten kampikoneisto. Tuotetta valmistaessa tavoitteena on saada kehitettyä omaa ammattitaitoa ja saada ymmärrystä moottorin suunnittelusta ja valmistuksesta.

Jotta saamme valmistettua kampikoneiston, on aloitettava moottorin suunnittelusta. Emme voi valmistaa kampikoneistoa ilman, että tiedämme millaiseen moottoriin, se on tulossa.

Tuotesuunnittelu prosessi keskittyy tekijä-käyttäjämalliin (Koskennurmi-Sivonen 2002).



Kuvio 8. Tämän tutkimuksen tekijä-käyttäjämalli Koskennurmi-Sivosta (2002) mukaillen

Vaikka tutkimuksen pääpainona on kampikoneisto, on mietittävä mitä kaikkea muuta kampikoneiston ympärillä on. Seuraavassa taulukossa käydään läpi eri aspektit Koskennurmi-Sivosen tekemän mallin mukaan:

Taulukko 1. Tuotteen eri aspektit Koskennurmi-Sivosta (2002) mukailten

Kulttuuriset aspektit	Perintö ja historia
Sosiaaliset aspektit	Tiedon haku ja yhteistyö
Esteettisyys	Muotoilu
Ajallisuus	Sopivuus tähän aikaan
Ympäristö-aspektit	Kierrätys ja kestäväkehitys
Taloudelliset aspektit	Olemassa olevat osat
Muoto ja rakenne	Valmiiden osien ympärille
Materiaali	Materiaalioppi
Valmistusmenetelmät	Sorvaus, jysintä ja metallintyöstö
Käyttö	Valmis moottori

Kulttuuriset aspektit:

Kulttuurisiin aspekteihin sisältyy kampikoneiston perintö ja historia. Ensimmäiset kampikoneiston käyttökohteet olivat vesipumput. Ensimmäisen kampikoneiston prototyypin keksi Al-Jazari noin 800 vuotta sitten (Dirik 2020, 49). Valmistettava kampikoneiston on tehty perinteisillä menetelmillä, käyttäen hyvin tunnettuja rakenneratkaisuja.

Sosiaaliset aspektit:

Sosiaalisiin aspekteihin liittyvät kampikoneiston valmistuksessa tiedon haku sekä yhteistyö. Tiedonhakuun sisältyy erilaisten kampikoneistojen valmistuksesta ja suunnittelusta löytyvää kirjallisuutta.

Yhteistyöhön liittyvät erilaisten osien valmistusmenetelmät ja laitteet mihin meillä ei ole pääsyä. Siksi otimmekin yhteyttä Rauman toisen asteen ammatillisen oppilaitoksen Winnovan metallipuolen opettajaan ja tiedustelimme, olisiko heillä kiinnostusta tehdä yhteistyötä. Kiertokanki

valmistui oppilastyönä ja toimi täten harjoitustyönä koneistajaopiskelijalle. Kiertokangen laakereiden lopulliseen mittaan hoonaukseen tarvittavia erikoiskoneita meillä ei ollut käytettävissä, joten olimme yhteydessä moottoripyöräharrastajaan, joka suoritti meille tarvittavan koneistusoperaation.

Esteettisyys:

Esteettisyys aspektiin liittyvät suurelta osin muotoilu ja ulkonäkö. Kampikoneiston muotoilua rajaa suuresti millaiseen moottoriin kampikoneistoa suunnitellaan. Kampikoneiston osien on sovittava yhteen muun moottorin osien kanssa. Emme siis voi muotoilla kampikoneistoa päämäärättömästi ja ilman mitään reunaehtoja. Yleisesti ottaen esteettisyyttä voidaan pitää yhtä luotettavana ohjeena, kuin osakokonaisuuksien matemaattista analyysiä (Ricardo 1941, 174).

Ajallisuus:

Ajallisuus aspektiin liittyvät, miten tuote kuuluu tähän aikaan. Kampikoneiston suunnittelu ja valmistaminen yksittäistuotantona ei ole yleistä tässä ajassa. Kampiakseleita löytyy hyvin yleisistä jokapäiväisistä käyttötuotteista esimerkiksi autoista, mopoista, moottorisahoista ja ruohonleikkureista. Kampikoneisto itse valmistaminen ei ole yleistä, mutta siihen sisältyy paljon käsityö tekniikoita, jotka kuuluvat tähän aikaan. Kojonkoski-Rännälin (2014) mukaan ihmisiltä löytyy luonnostaan käsillä tekemisen tarve. Hänen mukaansa, pohjimmiltaan kyse on ihmisen alkuperäisestä suhteesta maailmankaikkeuteen, ihmiskuntaan ja aineeseen. Käsityöstä ja tekemisestä puhutaan yhdessä voimaannuttavia flow-elämyksiä, jotka rentouttavat, parantavat ja luovat mielenterveyttä.

Ympäristö-aspektit:

Ympäristöaspekteihin liittyvät kierrätys ja kestäväkehitys. On tärkeää pohtia osia valmistaessa tuotteen elinkaarta sekä mahdollisuutta käyttää kierrätysmateriaaleja. Pyrimme käyttämään mahdollisimman paljon kierrätysmateriaaleja ja tehdä valintoja, jotta kampikoneiston elinkaari olisi mahdollisimman pitkä.

Taloudelliset aspektit:

Taloudellisiin Aspekteihin liittyvät jo valmiina olevien osien hyödyntäminen. Pyrimme

suunnittelemaan kampikoneiston jo valmiina saatavien osien ympärille, jotta saamme pidettyä kustannukset mahdollisimman alhaalla sekä materiaalihankinnoissa pyrimme käyttämään kierrätysmateriaaleja esimerkiksi romuttamoilta tai erilaisista metalliyrityksiltä löytyvistä materiaaleista. Käytettävät valmistustekniikat tulee olla sellaisia, että niiden käyttämisestä ei koidu kohtuuttomia kustannuksia, esimerkiksi kalliit pinnoitustekniikat ovat poissuljettuja.

Muoto ja rakenne:

Muoto- ja rakenneaspekteihin liittyvät valmiiden osien ympärille suunnittelu sekä kampikoneiston rakenne. Suunnittelu valmiiden osien ympärille helpottaa, sillä saamme tietyt strategiset mitat valmiista osista. Rakenteeseen liittyvät aspektit tulevat suoraan kampikoneiston käyttötarkoituksesta ja suunnitelmasta millaiseen moottoriin kampikoneisto suunnitellaan.

Materiaali:

Materiaali aspektiin liittyy materiaalioppi ja oikealaisten materiaalien valinta. kampikoneisto täytyy valmistaa sellaisista materiaaleista, jotta se kestää käyttötarkoituksessa. Materiaalioppiin liittyvät materiaalin ominaisuudet sekä niiden heikkoudet. Materiaalioppiin sisältyy myös lujuuslaskenta sekä lämpöoppi.

Valmistusmenetelmät:

Valmistusmenetelmän aspecteihin liittyvät metallintyöstön erilaiset menetelmät. Suunnittelun alussa on mietittävä, miten erilaiset osat valmistetaan, ja mitä työstömenetelmiä tuotteen valmistuksessa vaaditaan. Tehtävien koneistusten työjärjestys on mietittävä ennakkoon, jotta valmistus prosessi on mahdollista toteuttaa loogisesti. Kampikoneiston valmistuksessa pääosin käytetään sorvausta, jysintää sekä cnc-koneistusta.

Käyttö:

Käyttö aspektiin liittyy mihin valmista kampikoneistoa käytetään. Suunnitteleme kampikoneiston käytön valmiiseen moottoriin, joka on myös itse suunniteltu. Näin saamme kampikoneistolle reunaehdot mittoihin sekä, tiedämme millaista kampikoneistoa alamme valmistamaan.

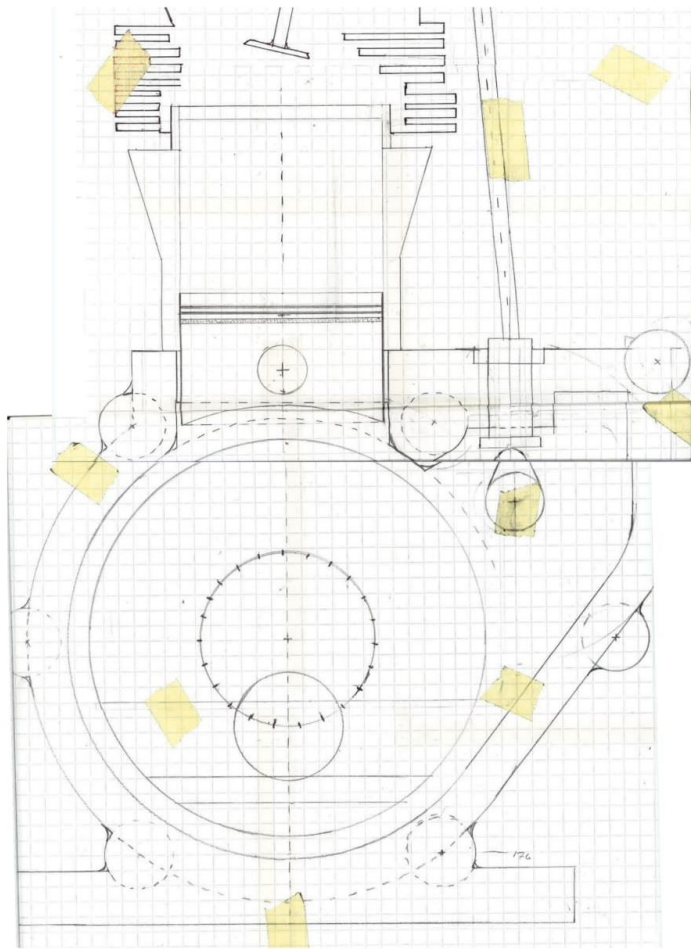
6.2 Suoritus

6.2.1 Moottorin suunnittelu

Moottorin suunnittelu aloitettiin pohtimalla käytettävissä olevia valmistusmenetelmiä ja saatavilla olevia materiaaleja. Alusta asti oli selvää, että moottorista haluttiin tehdä täysikokoinen, ei siis pienoismalli. Näin ollen oli perusteltua valita joku olemassa oleva ja yleinen moottori, josta yksittäisiä ja hyvin erikoistuneita osia hyödynnettäisiin. Näiden osien valmistaminen itse olisi valmistustekniikoiltaan tai materiaaleiltaan kohtuuttoman kallista tai hankalaa.

Tällaiseksi moottoriksi valikoitui Volkswagen type 1-moottori, tuttavallisemmin kuplavolkkari. Valmiina osana tultaisiin hyödyntämään valurautaista sylinteriputkea, mäntää ja joitain venttiilikoneiston komponentteja. Sylinteriputki olisi ollut helppo valmistaa itse, sillä kyseessä on erittäin yksinkertainen osa. Tarvittava valurautainen materiaaliainio olisi kuitenkin maksanut moninkertaisesti valmiiseen sylinteriputkeen verrattuna. Valmiin männän käyttäminen johtuu erittäin haastavista ja vaikeista valmistusmenetelmistä, kun huomioidaan männän ja sylinteriputken yhteishinta noin 60 euroa, on helppoa ymmärtää tämän valinnan järkevyys. Nämä käytettävät osat määräävät kaksi, ehkä kaikista tärkeintä mitta, joiden ympärille moottori voidaan suunnitella. Nämä mitat ovat sylinterin halkaisija ja iskunpituus, vaihtoehtoja mahdollisille mitoille on useita, mutta valitsimme käytettäväksi sylinterin halkaisijaksi 94 mm ja iskun pituudeksi 80 mm. Näin ollen moottorin iskutilavuus on 555 kuutiometriä.

Moottorin suunnittelu aloitettiin äärimmäisen perinteisellä ja helppokäyttöisellä menetelmällä, ruutupaperilla. Näin oli helppo nopeasti suunnitella ja sovitella eri osien paikkaa moottorissa. Näin pystyttiin muodostamaan visuaalinen kokonaisuus moottorista, jonka pohjalta oli helppo alkaa piirtämään yksityiskohtaisia teknisiä piirustuksia tietokoneella.



Kuvio 9. Moottorin ensimmäinen hahmotelma

Rakenteeltaan moottori on varsin yksinkertainen, ja osien määrä on pyritty minimoimaan. Kampikoneisto on laakeroitu kuulalaakereilla ja kiertokanki pronssilaakerilla, tämä mahdollistaa roiskevoitelun käytön, jolloin moottorissa ei ole öljypumppua. Kampikammiossa olevat osat uivat öljyssä ja kampikoneiston pyörivä liike roiskuttaa öljyä kiertokangelle, sylinteriputkelle ja nokka-akselille. Ratkaisu on hyvin tyypillinen vanhoissa moottoreissa ja vielä tänä päivänäkin esimerkiksi ruohonleikkureissa. Nokka-akseli on kampikammion sisällä ja venttiilien ohjaus on toteutettu työntötangoilla, kampikammion ulkopuoleinen venttiilikoneisto on avonainen ja voitelu tapahtuu rasvanipoilla. Avonainen venttiilikoneisto on vanhanaikainen ratkaisu, mutta toteuttamistavaltaan yksinkertainen. Tällaisessa moottorissa minkä ensisijainen tarkoitus on oppimistyö ja näytös käyttäminen, voi venttiilikoneiston avonaisuus jopa tuoda lisä arvoa moottorille.

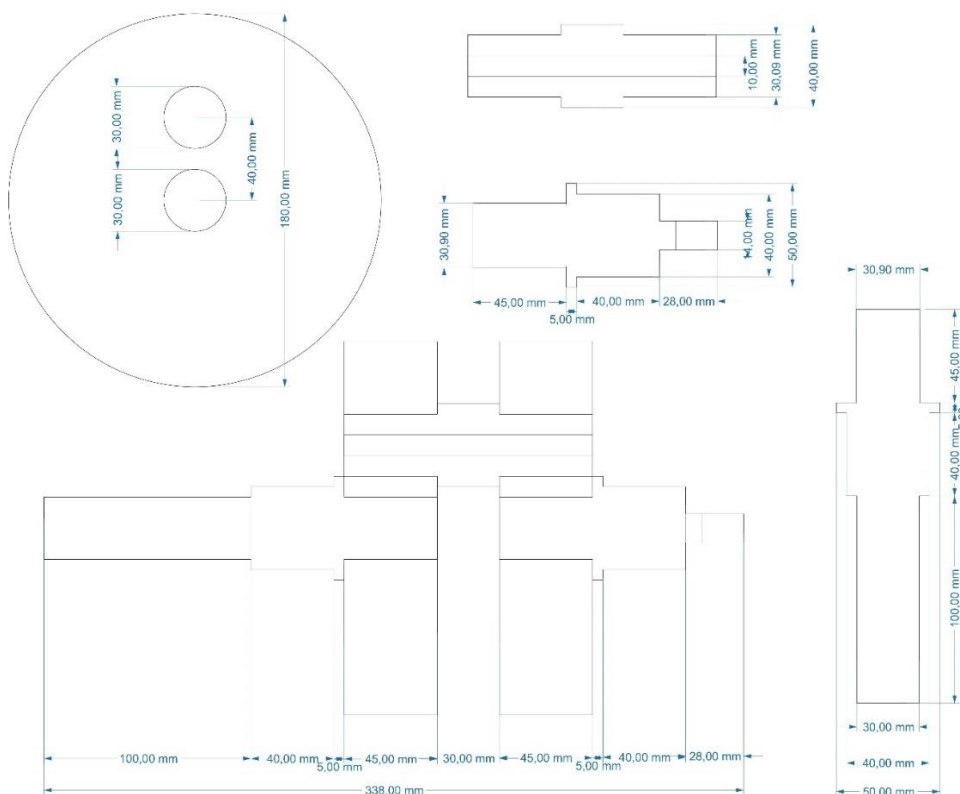
Sytytysjärjestelmä on kärjellinen, sijoitettuna nokka-akselin päähän. Sytytysjärjestelmässä ei ole kierrosluvun perusteella muuttuvaa ennakkoa, sillä näin kapealla kierrosalueella toimivan, matalan suorituskyvyn moottorissa se ei ole tarpeellinen. Kärjellinen sytytys on helppo toteuttaa

mekaanisesti, kustannustehokkaasti ja pienellä määrällä osia. Nokka-akselin pää on luonnollinen sijoituspaikka kärkiä käyttävälle nokalle, sillä se pyörii 2:1 suhteessa kampiakseliin nähden.

6.2.2 Kampiakselin suunnittelu

Kampiakselin suunnittelu alkoi aikaisemmin määriteltyjen reunaehtojen ja kriittisten mittojen perusteella. Näiden pohjalta alkaa tarkempi teknisten ratkaisujen, valmistusmenetelmien ja materiaalien suunnittelu. Kampiakselin kokoamisessa käytetään ahdistussovituksia, joissa akselin ja reiän välinen mitta ero muodostaa pitävän liitoksen. Ahdistussovitteessa on ahdistus reiän ja akselin asentamisen jälkeen. Ahdistus on reiän koon ja akselin koon erotus ennen yhteensovittamista, kun akselin halkaisija on suurempi kuin reiän halkaisija (Kivioja 2011, 3). Erilaiset ahdistussovitukset ovat yleisiä keinoja kampiakselin kokoamisessa, ne kuitenkin vaativat suurta tarkkuutta.

Kampiakseli valmistetaan pääosin sorvaamalla ja joitain työstöoperaatiota tehdään myös Cnc-koneistamalla ja tasohiomalla. Voimanulosottona toimii 30 mm halkaisijalla oleva kiilauritettu akseli, tällaiseen akseliin on mahdollista myöhemmin kiinnittää erilaisia hihnapyöriä, hammasrattaita tai mitä tahansa muita mekaanisia voimavälityskeinoja.



Kuvio 10. Kampiakselin osien mitat

Kampiaksi on yksinkertainen ja koostuu vai viidestä eri osasta, joista kaksi on identtisiä. Moottorissa ei ole erillistä vauhtipyörää, vaan kampiakseli itsessään toimii vauhtipyöränä. Koska kampiakseliin on näin varattava huomattava määrä massaa, on kampiakselin kestävyys moninkertainen siihen nähden mitä sen tarvitsisi olla. Materiaalina käytetään kierrätysmateriaaleja, kampiakselin puolikkaat ovat tavallisesta matalahiilisestä rakenne teräksestä, koska tämän osan pääasiallinen tarkoitus on massan luominen akseliin, ei sen lujuudelle ole erityisiä vaatimuksia. Kampiakselin puolikkaat painavat yhteensä noin 18 kiloa, kyseessä on painavimmat osat moottorissa.

Kiertokangen ja runkolaakerin kaulat valmistetaan kovakromatusta hydraulisynteristä varresta, tämä on hyvä lähde korkealaatuisella ja koneistettavalle teräkselle, teräslaatu on Cromax 280X. Kiertokangen kaulassa kovakrominen pinta säilytetään, sillä sitä käytetään laakeripintana, näin välttyään kalliilta koko kampiakselin kovakromaukselta. Kovakrominen pinta ja pronssilaakeri muodostaa suuren suhteellisen eron materiaalien kovuuksien välillä, ja näin ollen erinomaisen laakeripinnan (Ricardo, 1941, 153).

6.2.3 Kiertokangen suunnittelu

Kiertokangen suunnittelussa haasteen muodostaa sen kokemat suuret voimat, mutta samaan aikaan vaatimus olla mahdollisimman kevyt. Koska moottorin teho tulee olemaan verrattain pieni ja matalilla kierrosnopeuksilla, materiaaliksi voitiin valita alumiini. Tämän materiaalivalinnan myötä kiertokangen kevyt paino vähentää moottorin värinöitä ja helpottaa tasapainotusta. Kiertokanki valmistetaan Cnc-koneistamalla yhteistyössä ammattioppilaitos Winnovan kanssa. Tämä antaa hyvän mahdollisuuden yhteistyöhön oppilaitosten välillä, ja lopputulokseksi saadaan erittäin laadukas osa, murto-osalla siitä työstöajasta mitä sen valmistaminen manuaalisilla koneilla veisi. Suunnittelimme ja piirsimme kiertokangen valmiiksi, sekä määritimme käytettävät toleranssit koneistuksessa, näiden piirustusten pohjalta Winnovan opiskelija valmisti kiertokangen harjoitustyönä.

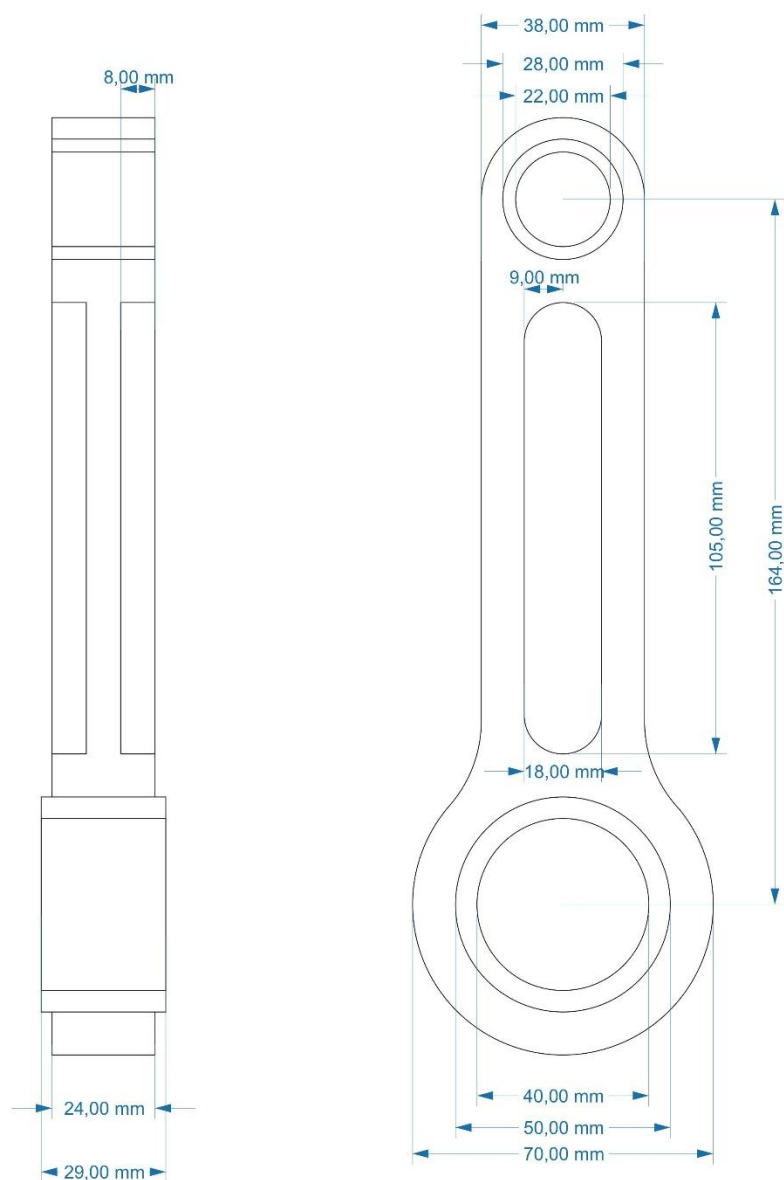
Kiertokangen mitat johdetaan moottorin tärkeistä mitoista, sillä kyse on osakokonaisuuksia yhdistävästä osasta, näin ollen mahdolliset valinnat suunnittelussa ovat varsin vähäisiä. Kuitenkin yhtenä ominaisuutena päätettiin koneistaa kiertokanki I-profiiliseksi, näin kiertokanki kevenee huomattavasti, aiheuttamatta kuitenkaan vastaavaa menetystä sen rakenteellisessa lujuudessa

Taulukko 2: Moottorin tärkeitä mittoja

Sylinterin halkaisija	94 mm	Kampiakselin limppujen halkaisija	180 mm
Iskunpituus	80 mm	Kampiakselin keskipisteestä sylinterikannen tiivistepintaan	245 mm
Sylinteritilavuus	555 cm ³	Lohkon sisähalkaisija	200 mm
Sylinterikannen reikä	101,1 mm	Lohkon seinämäpaksuus	20 mm
Lohkon reikä	97,25 mm	Lohkon pohjan leveys	260 mm
Sylinterin alahelman pituus	24 mm	Kiertokangen pituus	164 mm
Sylinterin ylähelman pituus	20 mm	Kiertokangen iso pää	50 mm
Sylinterin kokonaiskorkeus	137 mm	Kiertokangen pieni pää	22 mm
Sylinterin puristuskorkeus	113 mm	Kiertokangen leveys	24 mm
Männän puristuskorkeus	35 mm	Työntötangon pituus	280 mm
Männän korkeus	60,5 mm	Nostimen reiän halkaisija	19,02 mm
Männän tappi	22 mm	Nokka-akselin perusympyrä	27 mm
Männänhelman ulkonema sylinteristä	10 mm	Nokka-akselin nosto	9 mm
Squish band	6 mm	Kierokangen kaulan leveys	30 mm

Kiertokangen laakerit koneistettiin laakeripronssista ja asennus kiertokankeen tapahtui lämpö- ja haittasovitteella. Sorvatussa muodostuva koneistettu pinta on siisti, mutta ei riittävän sileä ja tarkka käytettäväksi laakeripintana kampiakselissa olevaa kiertokangenkaulaa vasten. Laakeripinta on hoonattava erikseen lopulliseen mittaan, toimenpiteestä käytetään myös nimitystä brotsaus. Laakeri sorvataan hieman alimittaiseksi ja lopulliset millin sadasosat poistetaan hoonamalla. Lopulliseksi laakeriväljyydeksi suunniteltiin kiertokangen alapäähän 0,04 mm ja yläpäähän 0,02 mm.

Seuraavassa kuviossa kiertokangen piirustukset.



Kuvio 11. Kiertokangens piirustukset

6.2.4 Kampikoneiston tasapainotus

Yhtenä tärkeimmistä osa-alueista kampiakselin suunnittelussa, pelkän muodon ja mittojen ohella, on tasapainotuksen suunnittelu. Kampiakseli kokonaisuuden eri osien painot pitää pyrkiä tasapainottamaan, niin että moottorin värinät ovat mahdollisimman pieniä. Tämä kuitenkin muodostaa haasteen, sillä kampiakselin tasapainotukseen vaikuttaa kaikki siihen tehtävät muutokset.

Yksisylinterisen moottorin tasapainottaminen täydellisesti on mahdotonta, joten tasapainottaminen vaatii aina jonkinlaista kompromissia (Irving 1965). Moottorin tasapainotuksessa pyritään poistamaan tai vähentämään moottorin eri pyörivien ja edestakaisin liikkuvien osien aiheuttamia värinöitä. Eri moottori rakenteet, käyttötarkoitukset ja ominaisuudet vaikuttavat siihen, millaisilla menetelmillä värinöitä voidaan pyrkiä vähentämään.

Yksinkertaisimmillaan kyseessä oleva moottori on yksisylinterinen, ilman tasapainoakselia tai muita liikkuvia tasapainottimia. Tällainen perusrakenne meidän moottorissammekin on, joten vaadittavat tasapainotus ratkaisut ovat yksinkertaisia. Tasapainotuksessa pyritään tasapainottamaan kampiakselin pyörivä liike ja männän edestakainen liike, kuitenkin haasteeksi muodostuu kiertokanki, jonka liike ei ole puhtaasti kumpaakaan. Kun kiertokangen yläpää liikkuu puhtaasti ylös ja alas, kiertokangen alapää pyörii kehällä. Hyväksyttävänä kompromissina on ajatella kiertokanki kahtena erillisenä osana, toinen kampiakselin mukana pyörimässä ja toinen männän mukana liikkumassa. Kun huomioidaan ylä- ja alapään painot, saadaan muodostettua hyväksyttävä kompromissi varsin monimutkaisen liikeradan yksinkertaistukseen.

Tasapainotus tapahtuu lisäämällä materiaalia kiertokangen vastakkaiselle puolelle kampiakselissa tai vähentämällä materiaalia kiertokangen puolelta, kummallakin on sama vaikutus. Myöskään sillä säteellä, miltä materiaalia poistetaan tai lisätään ei ole merkitystä. (Irving, 1965) Meidän kampiakselissamme tekniikaksi valittiin materiaalin poistaminen kiertokangen puolelta, sillä se on helposti toteutettavissa koneistamalla materiaalia pois sorvatusta kampiakselin puoliskosta. Koneistettava muoto on ympyrä segmentti, osittaisella syvyydellä kampiakselin reunasta.

Tasapainotuksessa käytettävän painon määrä saadaan laskemalla yhteen kampiakselin kiertokangen kaula ja kiertokangen alapää laakereineen, sekä lisäämällä siihen joku tietty osuus kiertokangen yläpäästä ja mäntäkokonaisuus. Tasapainotusta laskiessa ja siitä puhuessa käytetään usein termiä ”balance factor”, suomeksi voidaan puhua termistä ”tasapainotus kerroin”. Tasapainotus kerroin on prosentuaalinen osuus edestakaisin liikkuvasta massasta, minkä kampiakselin vastapaino tasapainottaa. Edestakaisin liikkuva massa on tässä tapauksessa kiertokangen yläpää ja mäntäkokonaisuus. Tasapainotuskertoimen valitsemiseen ei ole mitään yksiselitteistä oikeaa vastausta, sillä kyseessä on aina kompromissi, sillä epäsymmetrisen kampikoneiston tasapainottaminen on mahdotonta. (Irving 1965, Huang 2020.)

Tasapainotuskertoimelle voidaan asettaa arvoksi mikä vain 0 % ja 100 % väliltä, missä 0 % ei tasapainoita ollenkaan edestakaisin liikkuvien osien värinää ja 100 % tasapainottaa kaiken, mutta muuttaa värähtelyn suuntaa 90 astetta pois sylinterin linjasta. Valitsimme moottoriimme konservatiivisen ja paljon käytetyn 55 % tasapainotuskertoimen, joka pyrkii minimoimaan värähtelyt joka suunnassa, riippumatta moottorin asennus kohteesta.

Tasapainotuskertoimen laskemiseen tarvitsemme kiertokangen ja sen kaulan painot. Painot mitataan punnitsemalla, lukuun ottamatta kampiakselissa olevaa kiertokangen kaulaa, jonka paino lasketaan teoreettisesti johtuen siitä, että kappaletta ei ole mahdollista punnita fyysisesti.

Taulukko 2. Tasapainotuksessa käytettävät männän ja kiertokangen painot

Kiertokangen kokonaispaino	590 g
Kiertokangen yläpää	188 g
Kiertokangen alapää	395 g
Mäntä (tyhjä)	393 g
Männäntappi	112 g
Männänrenkaat	40 g
Kiertokangen kaula	300 g

Tasapainotus kerroin lasketaan näiden painojen perusteella seuraavalla tavalla:

$$395 \text{ g} + 300 \text{ g} + (188 \text{ g} + 393 \text{ g} + 112 \text{ g} + 40 \text{ g}) \times 2 = 1098 \text{ grammaa}$$

Vastauksena saatu painon määrä, on 40 mm säteellä. Koska säteellä ei ole merkitystä, voidaan saatu tulos muuttaa yleiseen muotoon kertomalla se neljällä ja yksikkönä käyttää gramma senttimetriä 4392 g/cm.

Seuraavaksi tulee selvittää kampiakselista poistettavan materiaalin muoto ja määrä. Poistettavaksi muodoksi valikoitui ympyräsegmentti, joka poistetaan vain osittaiselta syvyydeltä kummankin kampiakselin puolikkaan sisäpuolelta.

Tarvittavat tiedot poistettavan muodon laskemiseen ovat kampiakselin puolikkaan säde, poistettavan segmentin leveys, muodon massakeskipiste ja sen pinta-ala. Kampiakselin säde on 90

mm ja poistettavan muodon leveys säteen suuntaisesti on 25 mm, sillä tämä on maksimimitta, mikä mahtuu ulkoreunan ja kiertokangen laakerin laakeripinnan väliin. Ympyräsegmentin massakeskipisteen laskemiseen käytetään seuraavaa kaavaa:

$$d_c = \frac{4R \sin^3 \frac{\varphi}{2}}{3(\varphi - \sin\varphi)} - d$$

Laittamalla oikeat arvot yhtälöön saadaan seuraava tulos:

$$10.1295 = \frac{4 \cdot 90 \sin^3 \frac{1.5275122}{2}}{3(1.5275122 - \sin 1.5275122)} - 65$$

Poistettavan muodon massakeskipiste sijaitsee siis 10,13 mm etäisyydellä sen reunasta, eli 75,13 mm etäisyydellä kampiakselin keskipisteestä, koska vaadittava massan määrä oli aikaisemmin laskettu käyttäen yksikkönä gramma senttimetriä, muutetaan tämäkin mitta senttimetreiksi eli 7,513 cm. Tarvittava tasapainotuksen määrä laskettiin aikaisemmin olevan 4392 g/cm, joten kun tarvittava tasapainotuksen määrä jaetaan sen etäisyydellä, saadaan vastaukseksi 585 grammaa.

Seuraavaksi tulee selvittää poistettavan muodon syvyys. Tämän selvittämiseksi tulee muodon pinta-ala, sillä tiedämme jo sen painon. Ympyräsegmentin pinta-alan laskukaava on seuraava:

$$A = \frac{r^2}{2} (\theta - \sin\theta)$$

Laittamalla oikeat arvot yhtälöön saadaan seuraava tulos:

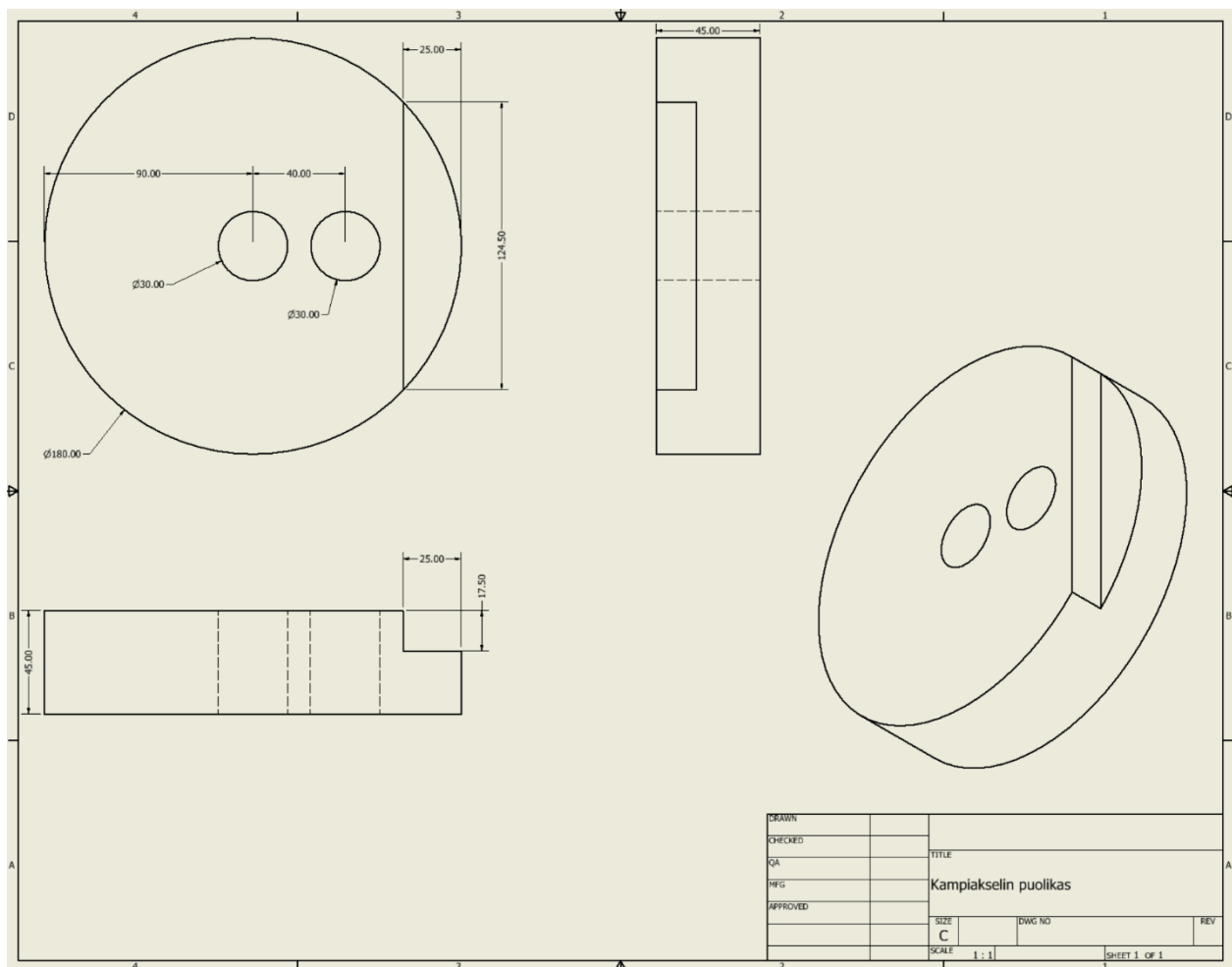
$$2140 = \frac{90^2}{2} (1,5275122 - \sin 1,5275122)$$

Poistettavan muodon pinta-ala on siis 2140 neliö millimetriä, koska tiedämme muodon painon 585 grammaa, voimme laskea tämän perusteella muodon syvyyden. Tämän laskemiseen tarvitsemme teräksen tiheyden mikä on noin 7,85 g/cm³.

585 grammaa terästä 7,85 g/cm³ tiheydellä on 75 cm³ tilavuus, koska muodon pinta-ala oli 2140 mm² voimme laskea näiden tietojen perusteella muodon syvyyden jakamalla pinta-alan sen tilavuudella. Laskukaava on sama kuin ympyrälieriössä, jonka pohjan pinta-ala ja tilavuus on tiedossa. Vastaukseksi saadaan 17,5 mm

Näin ollen kummastakin kampiakselin puolikkaasta koneistamalla poistettavan muodon mitat ovat

seuraavat:

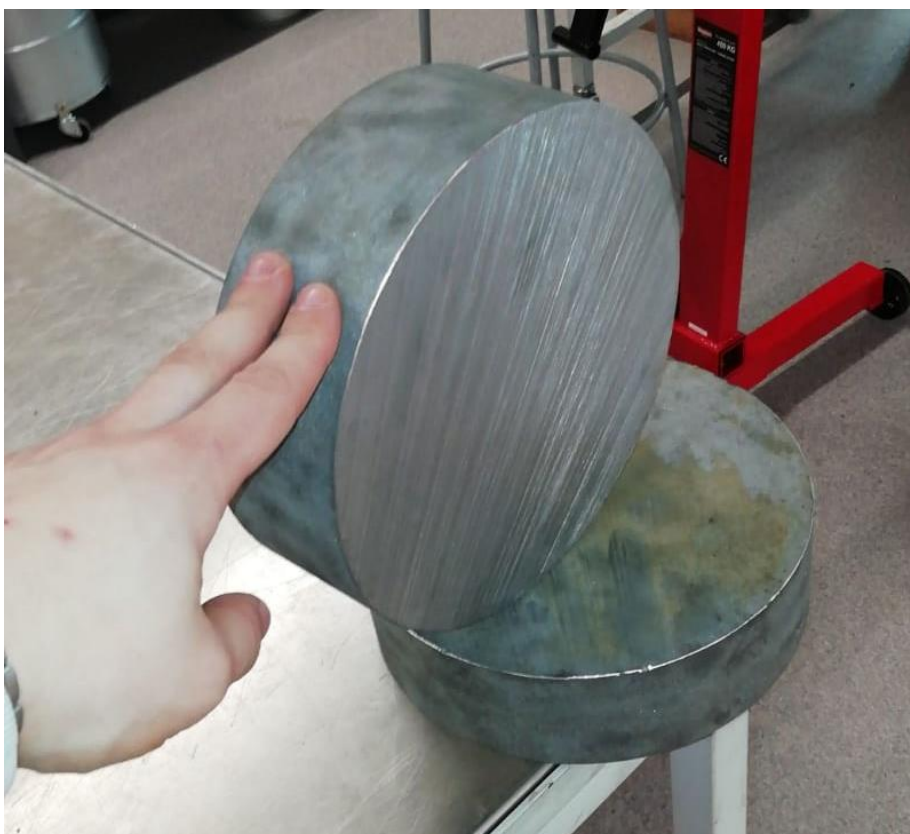


Kuvio 12. Kampiakselin puolikkaan mitat

6.2.5 Kampiakselin valmistus

Kampiakselin valmistusprosessi alkoi materiaalien hankinnasta. Suunnitteluvaiheen jälkeen oli selvää, että tarvittavia materiaaleja ei löytyisi tavallisesta rautakaupasta. Tämän lisäksi halu hyödyntää kierrätysmateriaaleja, ympäristö- sekä kustannussyistä, vaikutti oleellisesti paikkoihin mistä materiaaleja voidaan etsiä. Kampiakselin puoliskojen valmistukseen tarvittava teräsaihio on huomattavan suuri, vähintään 180 mm halkaisijaltaan ja yli 100 mm pitkä. Tällaisen teräskappaleen löytäminen on haastavaa, sillä tämän kokoluokan teräs myydään yleensä isoissa määrissä, jotka eivät sovellu hinnan, eikä käytettävyyden puolesta meidän käyttöömme.

Aloitimmekin etsinnät paikallisesta romuttamosta, missä käsitellään suuria määriä teräs, alumiini ja jalometalli jätettä. Ajatuksena oli etsiä sopivaa teräsaihiota, josta kampiakselin puoliskot voitaisiin valmistaa. Tällainen voisi esimerkiksi olla paikallisesta teollisuudesta yli jäänyt leikkuujätteen pala, esimerkiksi telakan koneistamosta. Etsinnän jälkeen sopiva koneistusaihi löytyi, noin 30 kg painava, ruosteinen ja mutaan hautautunut teräskappale. Tästä materiaalihankinnasta koituneet kustannukset olivat minimaaliset, sillä materiaali myytiin teräsromuna kilohinnalla. Seuraavaksi vuorossa oli koneistusaihion puhdistus ja leikkaus vannesahalla pienemmäksi, helpommin käsiteltäväksi kappaleeksi.

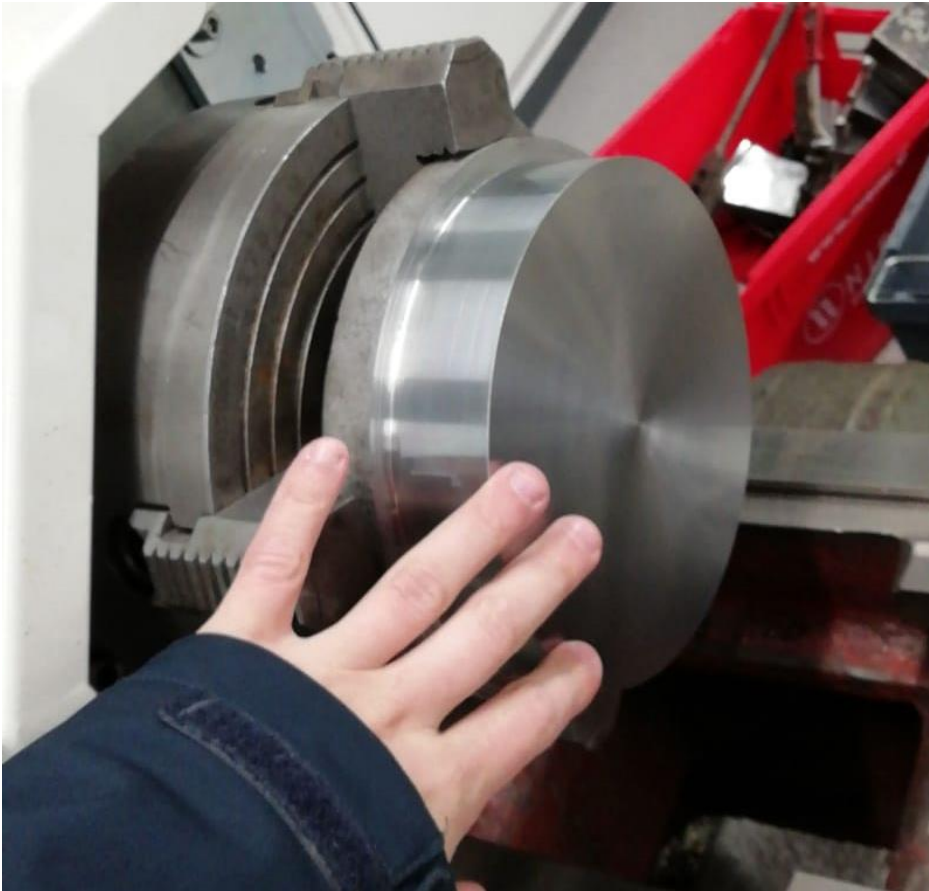


Kuvio 13. Koneistusaihi valmiina

Seuraava työvaihe on kampiakselin puoliskojen koneistus juuri hankitusta materiaalista. Koneistus tapahtuu käytännössä kokonaan sorvissa ja koneistettavat kappaleet ovat identtisiä keskenään, vain myöhemmin tehtävä tasapainotus koneistus eroaa kappaleiden välillä, olemalla peilikuva. Kappaleet ovat yksinkertaisia koneistettavia, mutta haasteen muodostaa kappaleiden verrattain suuri koko ja keskireiän vaatima tarkkuus. Kampiakselipuolikkaiden keskelle tuleva reikää tulee olla äärimmäisen keskellä ja tarkasti koneistettu, sillä kampiakselin osat kiinnittyvät näihin reikään tiukalla sovitteella.

Sorvaus tapahtuu nelileukaisessa istukassa, sillä kappaleita on pakko pystyä kääntämään kesken

työstön. Nelileukainen istukka mahdollistaa kappaleen poistamisen ja uudelleen asentamisen sorviin, vaikkakin se vaatii kappaleen kellottamisen kohdalleen heittokellolla.



Kuvio 14. Kampiakselin puolikas sorvissa

Sorvaus on aikaa vievä työvaihe, johtuen runsaasta poistettavan materiaalin määrästä. Työstön aikana syntyy noin 12 kg metallilastua ja koneistuksessa kuluu useita tunteja. Koska kappaleen mitat ovat erittäin tarkat, aiheuttaa lämpölaajeneminen huomattavan mittaheiton. Täältä välttyäksemme joudumme odottamaan työstökappaleiden jäähtymistä ennen viimeistelyä. Keskireiän nimellismitta on 30 mm, koska koneistamme kampiakselin muut osat kampiakselin puolikkaisiin käypäiseksi, ei kampiakselin puolikkaan reikien täydy olla tasan 30 mm vaan muutaman sadasosan heitto tästä on hyväksyttävää.

Lopulliseksi mitaksi keskireikien halkaisijoille tuli 29,94 ja 29,96. Näiden mittojen perusteella pystymme suunnittelemaan muiden valmistettavien osien mitat, jotta saavutamme haluamamme soviteen osien välille. Yksinkertaisista osista rakennettava kampiakseli oli hyvä ratkaisu, sillä pystymme rakentamaan osat yksikerrallaan ja keskittymään vain muutamaani kriittisiin mittoihin yhtä aikaa.



Kuvio 15. Kampiakselin puolikkaat koneistettuna

Seuraavaksi vuorossa oli kampiakselin ulosoton ja nokkaketjun puoleisen akselien valmistus. Näiden osien haasteina on niiden tarkka sovitus kampiakselin puolikkaiden keskireikään ja niiden sopivuus moottorin runkolaakereihin. Materiaaliksi valikoitui Cromax 280X hydraulisynterinin varsi, sen helpon koneistettavuuden ja saatavuuden vuoksi. Koska varren kovakromi-pinnalla ei ole näissä kappaleissa merkitystä, sillä se koneistetaan pois. Valitsimme materiaaliksi kierrätykseen menneen sylinterivarren, jonka kromi pinta oli vaurioitunut.

Sorvaus tuli toteuttaa äärimmäisellä huolellisuudella, sillä nyt tehtävät osat määräävät käytettävän sovitteen, kun kampikoneisto prässättään kokoon. Koska kaikki kampikoneistossa olevat sovitteet ovat nimellismitaltaan 30 mm, helpotti tämä työtämme pohtiessamme sopivaa sovitetta kampikoneiston kokoamiseen. Tällaisen sovitteen määrittäminen on hankalaa, sillä jokainen kohde ja käyttöympäristö on erilainen. Kuitenkin on olemassa erilaisia standardeja ja yleisiä ohjeita. Päädyimme valitsemaan 0,08 mm sovitteen, aiemman kokemuksen ja ISO 286-1 (2010) standardin perusteella. Kyseessä on varsin raskas sovitte, mutta koska kampikoneisto koee verrattain kovia voimia, ja käytettävät materiaali paksuudet olivat suuria, päädyimme ottamaan riskin vaikeamman kokoamisen kanssa.

Näiden akselien sorvaus oli yksinkertainen prosessi, lukuun ottamatta tarkkaa mittaustyöskentelyä ja osien vaatimaa erinomaista koneistusjälkeä.

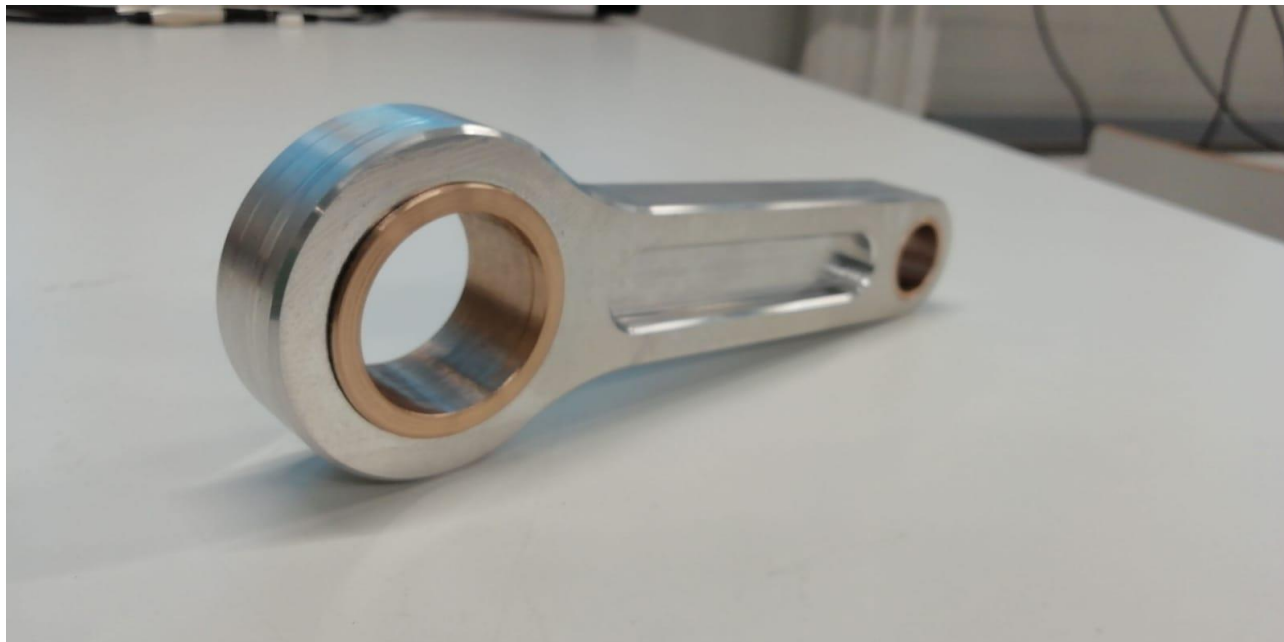


Kuvio 16. Kampaakselin osat sorvattuna

Kierokangen valmistus tapahtui yhteistyössä ammattioppilaitos Winnovan kanssa, siellä opiskelevan opiskelijan harjoitustyönä. Kierokangen alumiininen runko valmistettiin alumiinista cnc-koneistamalla, aiemmin tehtyjen suunnitelmien ja piirustusten mukaan. Meidän työksemme jäi valmistaa kiertokangen laakerit, jotka prässättäisiin kiinni kiertokankeen. Laakereihin tarvittava laakeripronssi löytyi meiltä itseltämme, aiemmin talteen otettuna leikkausjätteenä. Laakerit olivat muodoltaan yksinkertaisia onttoja lieriöitä, joten niiden koneistus ei ollut haastavaa.

Lisähelpotuksen toi se, että laakereiden sisäpintaa ei koneisteta valmiiseen mittaan, vaan ne hoonataan myöhemmin käypäiseksi niiden akseleille.

Kiertokangen valmistus sujui muuten ongelmitta, mutta kiertokangen alapään laakeria prässätessä sattui virhe. Kiertokangen alla oleva teräskappale, jota käytettiin apuna prässäyksessä, vaurioitti laakeria prässäyksen aikana. Tämä vaati uuden laakerin valmistusta ja toimenpiteen toistamista. Toisella yrittämällä laakerin prässäys kuitenkin onnistui ja valmistuksessa pystyttiin siirtymään eteenpäin.



Kuvio 17. Kiertokangi valmiina

Kiertokangen laakereiden hoonaus lopulliseen mittaan tapahtui erään yksityishenkilön luona, jolla oli tarvittavat koneet ja ammattitaito. Hoonauksen aika laakerin sisäpinnasta poistetaan pieni määrä materiaalia ja samalla saavutetaan lopullinen mitta, sekä kiillottunut pinta. Lopulliseksi mitaksi laakerille tuli 40,01 mm, joka yhdessä käytettävän kiertokangenkaulan kanssa jättää laakeriväljyydeksi 0,04 mm. Tämä mitta pohjautuu aiempaan ammattitaitoon, joka on kertynyt moottoreidenkorjauksessa ja erilaisen ammattikirjallisuuden tutkimisen kautta. Ricardon (1941, 216) mukaan minimi arvona öljyväljyydelle voidaan pitää 0,038 mm. Koska moottorimme on verrattain pieni verrattuina moottoreihin mitä ammattikirjallisuus usein käsittelee, pidämme tuota minimi arvoa soveltuvana moottoriimme.

Seuraavaksi vuorossa oli kiertokangen punnitseminen. Kiertokangen paino on tärkeä tieto minkä perusteella myöhemmin pystymme laskemaan kampikoneiston tasapainotukseen liittyvät asiat. Kiertokangi punnitaan kokonaisuutena ja sen jälkeen sen ylä- ja alapää erikseen. Nämä punnitustulokset näkyvät taulukossa 3 sivulla 34. Kiertokangen painoa ja ominaisuuksia voi simuloida, mutta käytettävissä olevan teknologian kannalta paras ratkaisu oli valmistaa kierokangi

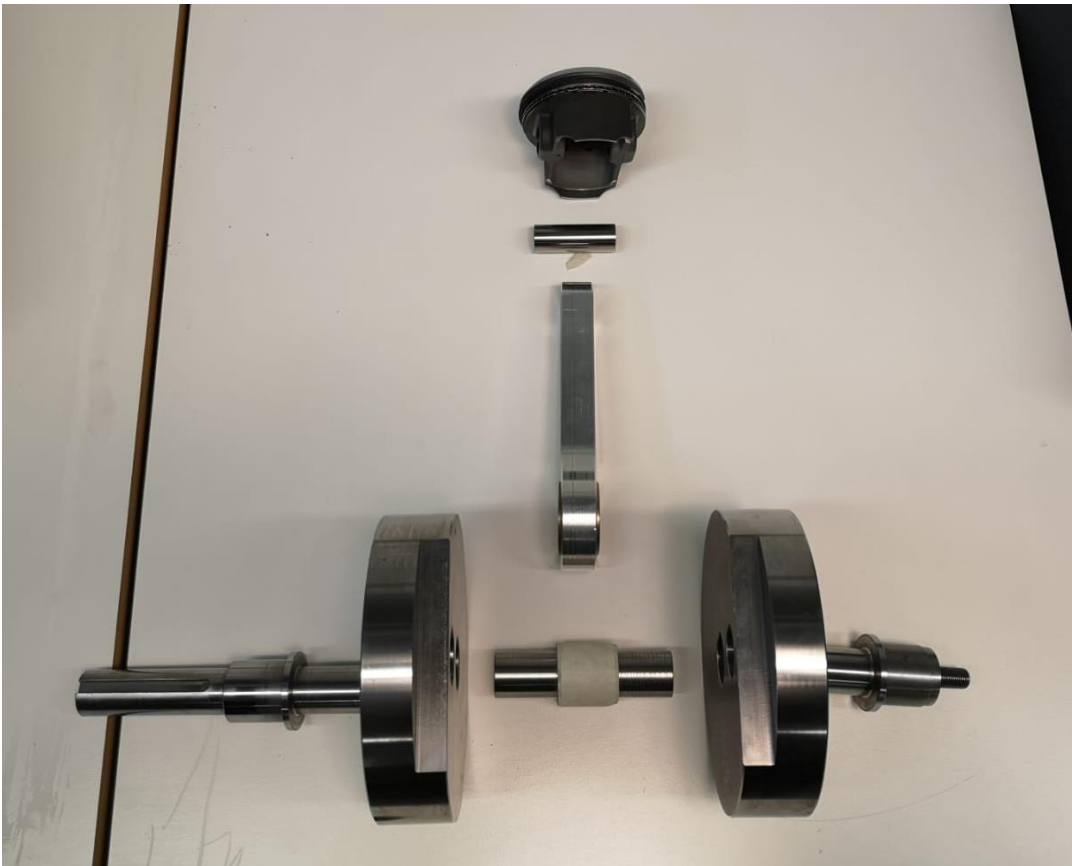
ensin ja sen jälkeen analysoida kiertokangen painojakauma kokeellisesti.



Kuvio 18. Kiertokangen punnitseminen

Kiertokangen valmistuksen ja punnitsemisen jälkeen vuorossa oli kampikoneiston tasapainotus koneistuksien tekeminen. Tehtävän koneistuksen mitat laskettiin aiemmin kappaleessa 7.4 jonka jälkeen vuorossa oli kampiakselin puolikkaiden koneistaminen. Samalla aikaa tasapainotuksen kanssa koneistettiin kiertokangen kaulan paikka. Tämä on looginen järjestys, sillä kiertokangen kaulan paikka ja tehtävä tasapainotus koneistus, tulee olla täydellisesti linjassa. Koneistus tapahtui cnc-jyrsimellä, työ olisi ollut mahdollista myös tehdä manuaalisella jyrsimellä, mutta resurssit mahdollistivat tehokkaamman ja aikaa säästävän työtavan.

Osien valmistuksen jälkeen vuorossa on kokoamisvaihe. Kyseessä on jännittävä työvaihe, sillä kampikoneiston purkaminen ei enää prässäyksen jälkeen ole helposti mahdollista. Prässäyksessä käytettävät suuret voimat voivat myös vaurioittaa osia ja siten aiheuttaa mittavan takaiskun valmistamisprosessiin.



Kuvio 19. kampikoneiston osat valmiina

Kampikoneiston kokoon prässäys tapahtuu suurella hydraulisella prässillä. Kokoaminen oli yksinkertaista mutta tarkkuutta vaativaa, sillä kampiakselin tulisi olla mahdollisimman suora, jotta myöhemmältä oikomiselta vältyttäisiin. Prässäyksen aikana huomasimme että 0,08 mm sovite oli hieman liian tiukka. Kun akselin osat työntyivät kampiakselin puolikkaisiin, työnsivät ne pienen purseen toiselle puolelle. Tältä olisi voinut mahdollisesti välttyä käyttämällä löysempää sovitetta, hienommaksi hiottua pintaa, tai käyttämällä prässäyksen aikana voiteluainetta. Virhe ei kuitenkaan ollut suuri ja syntynyt purse oli helppo hioa pois, mahdollisuus olisi kuitenkin ollut paljon pahempaan vaurioon.

Kokoamisen jälkeen oli vuorossa kampikoneiston suoruuden mittaus heittokellolla. Tässä työvaiheessa kampikoneistoa pyöritetään telineessä ja samanaikaisesti mitataan heittokellolla, löytyykö kampikoneistosta heittoa jostain kohtaa.



Kuvio 20. Kampiakselin mittaus heittokellolla

Mittauksien tulos yllätti tutkijat, sillä yleensä kampikoneiston kokoamisen jälkeen on tarpeellista suorittaa oikaisutoimenpiteitä, joilla kampikoneisto saadaan suoraksi. Mittauksen tulos kuitenkin osoitti, että tämä ei ole tarpeen. Suurin mittaheitto mikä kampikoneistosta löytyi, oli 0,05 mm akselin päästä mitattuna. Tämä on varsin vähäinen määrä, noin yksi hiuksen paksuus, joten lisätoimenpiteet eivät ole tarpeen.

Pitkän valmistusprosessin jälkeen kampikoneisto on valmis, tulos oli erittäin hyvä ja molemmat tutkijat ovat siihen tyytyväisiä. Kampikoneiston yleisilme on viimeistelty ja siinä näkyy huolellinen työnjälki. Valmistunutta akselia voi pitää myös esteettisesti miellyttävänä, sillä tuleehan käsityöläisen olla ylpeä myös työn jäljestään, ei vain tuotteen toimivuudesta.

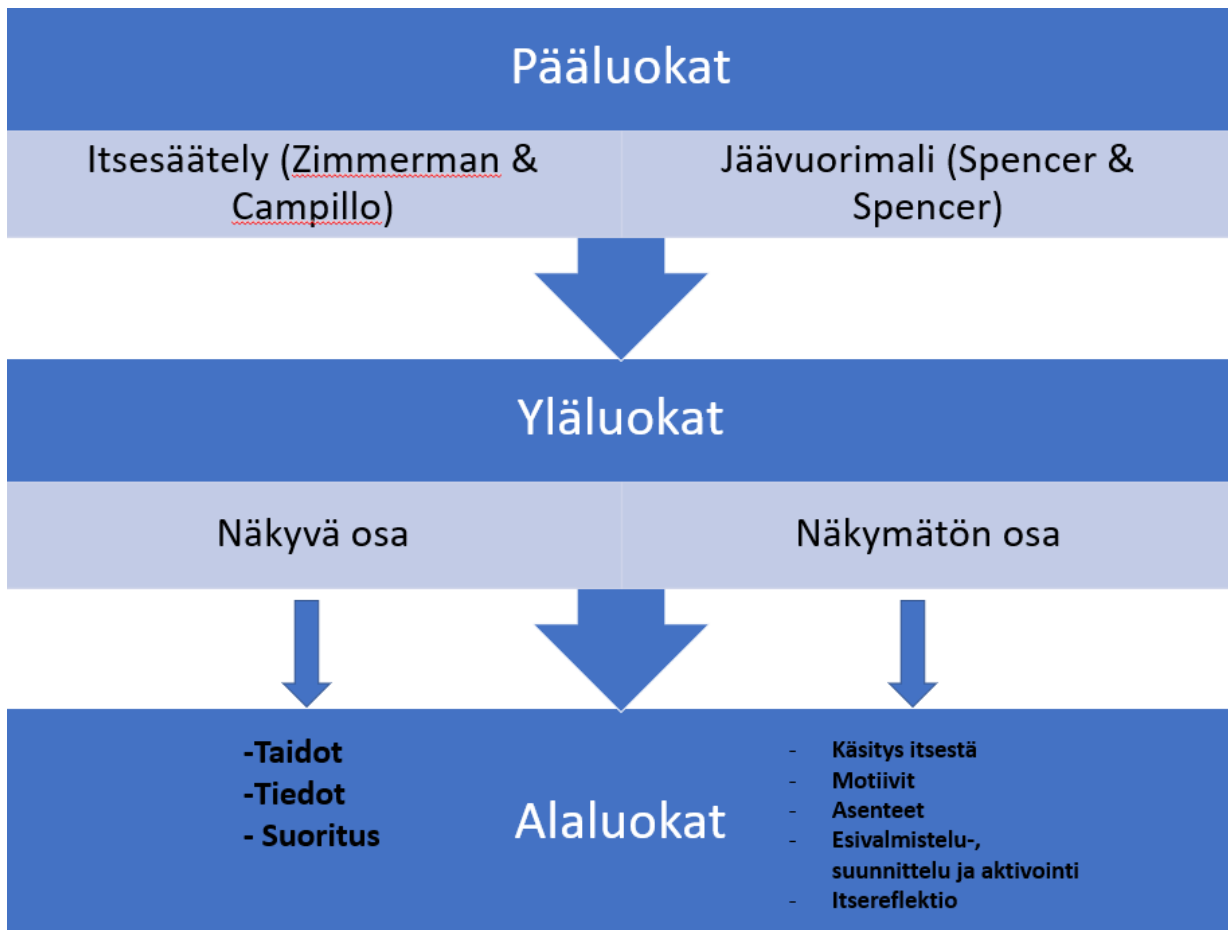
7 Aineiston analyysi

Sisältöanalyysi on yksi analyysin perusmenetelmistä ja sen tarkoituksena on kuvata aineiston sisältöä suullisesti.

Tutkimusaineisto sisältää kampikoneiston valmistuksen aikana tehdyistä päiväkirjoista ja muistiinpanoista. Ennen analyysivaihetta päiväkirjamerkinnot sekä muistiinpanot litteroitiin. Sisällönanalyysissa luodaan erilaisia asiakirjoja sekä tiedostoja, joita on mahdollista hyödyntää kaikista materiaalista mikä on kirjallisessa muodossa. Näitä dokumentteja pystytään analysoida systemaattisesti sekä objektiivisesti. Analyysin tarkoituksena on antaa verbaalinen ja ymmärrettävä kuvaus ilmiöstä ytimekkäässä ja yleisluonteisessa muodossa. Tavoitteena on ryhmittää aineisto uudelleen ja kiteyttää se ymmärrettävään muotoon menettämättä asian sanomaa. Tämä selkeyttää tutkimusaineistoa ja mahdollistaa selkeiden ja luotettavien johtopäätösten tekemisen tutkimuskysymyksestä. Aineistolähtöisessä sisällönanalyysissä esiin nousevat analyysiluokat kysyttäessä tutkimusaineistolta tutkimukseen liittyvät kysymykset, kun taas teorialähtöinen sisällönanalyysi pohjautuu lähtötilanteesta alkaen johonkin teoriaan, malliin tai ajatteluun. (Tuomi & Sarajärvi, 2018, 117, 122, 127.) Näiden kahden sisällönanalyysinmuodon sekoitus on teoriaohjaava analyysi, jota tässä tutkimuksessa käytetään

Teoriaohjaavassa analyysissä analyysi ei perustu lähtökohtaisesti teoriaan, vaan teoria kulkee löyhästi tukena ja mukana. Teoriaohjaavassa analyysissä yksiköt valitaan materiaalista, mutta aiempi tieto voi auttaa ja ohjata analyysiä. Aiempi tietämys aiheesta näkyy analyysissä, mutta teorioiden testaamisen sijaan tämä tieto avaa uutta ja valaisee uusia ideoita. (Tuomi & Sarajärvi, 2018, 109.)

Päiväkirjoista saatu aineisto luokitellaan teoriaan perustuvaan analyysirunkoon. Luokituksen avulla aineisto tutkitaan syväluonteisesti tutkimuskysymysten ja teoriaan pohjautuvaan tavalla (Ruusuvoori ym. 2011, 18.) Taulukoinnin tarkoitus on esittää kerätty aineisto ymmärrettävään muotoon. Tämän tarkoituksena on tuoda esille mihin analyysi perustuu. (Alasuutari 2011, 193.)



Kuvio 22. Luokittelun analyysirunko

Tässä kuviossa on tuotu esille analyysirunko, joka pohjautuu aikaisemmin esitettyyn teoriaan. Pääloukat muodostimme kahden teorian pohjalta, jotka esittelimme aikaisemmin. Yläluokkien nimeämisessä käytimme jäävuorimallista löytyviä pääosaa. Alaluokkien muodostumiseen otimme tärkeimmät osat teorioiden pohjalta, jotka koimme tärkeimmiksi tukevan parhaiten tutkimuskysymyksiä. Tästä eteenpäin tutkijoista puhutaan nimillä tutkija 1 eli T1 ja tutkija 2 eli T2.

8 Tulokset

Tutkimuksen tarkoitus oli etsiä vastausta, onko tutkijoiden mahdollista saada perustaidot mitä moottorin valmistuksessa ja suunnittelussa vaaditaan luetun materiaalin avulla, sekä onko mahdollista suunnitella ja valmistaa tietty moottorin osa ilman konkreettista opetusta ulkopuolisen avulla. Tutkimuksessa selvitettiin myös, miten oman taidon kehittyminen tulee selville tuotteen suunnittelussa, valmistuksessa sekä lopputuloksessa. Seuraavissa alaluvuissa tuomme esille päiväkirjojen pohjalta löydettyjä tuloksia, jotka yhdistyvät alaluokkien kautta yläluokkiin.

Näkyvä osa yläluokkaan muodostui teorian pohjalta kolme alaluokkaa. Tiedot, taidot ja suoritus.

Tiedot-alaluokka piti sisällään kommentteja henkilökohtaisista tiedoista moottorin suunnittelusta ja valmistuksesta ennen tuotteen valmistusta, sen aikana ja valmiista tuotteesta.

”Omat tiedot ennen moottorin suunnittelua sekä valmistusta oli melko pienet.

Moottorien kanssa ollut harrastuneisuutta aikaisemman koulutuksen sekä harrastuksien kautta, mutta näin ison kokonaisuuden suunnittelusta ja valmistuksesta ei ollut tietoa” (T1)

Taidot-alaluokka piti sisällään kommentteja tutkijoiden omia kokemuksia omista taidoista ennen tuotteen valmistusta sekä miten omat taidot kehittyivät työskentelyn eri vaiheissa.

”Osaan käyttää tarvittavia laitteita ja koneita etukäteen. En koe, että valmistukseen liittyviä ongelmia ei tule tuotteen valmistuksen aikana.” (T1)

”Opin paljon sorvaukseen liittyvistä asioista mitkä ei ollut aikaisemmin tullut vastaan. Myös lämpöopin perusteet tulivat konkretiaan. Oli hieno huomata, että onnistuimme liitoksissa.” (T1)

”Valmistusmenetelmät ja työstökoneet ovat ennestään tuttuja, sekä minulla on aiempaa kokemusta moottoreiden korjauksesta.” (T2)

Suoritus-alaluokka piti sisällään kommentteja tuotteen valmistuksen aikana kokemuksia mitä valmistuksen aikana huomattiin.

”Tuotetta valmistaessa tuli huomattua kuinka mittatarkkoja eri osien oltava. Luulin osaavani valmistaa tietyn osan ensimmäisellä kerralla. Virheistä opittiin paljon valmistuksesta ja työjärjestyksestä.” (T1)

”Valmistuksen aikana sattui useita pieniä virheitä ja haasteita, joita en osannut ennalta odottaa, oma osaaminen kehittyi huomattavasti valmistusprosessin aikana” (T2)

”Suunnittelu ruutupaperille oli hyvä idea. Kokonaisuus hahmottui hyvin ennen tuotteen valmistusta.” (T1)

”Minulla oli verrattain vähän kokemusta cad-suunnittelusta. Vaikka osaan hahmotella asioita päässä, on haastavaa tuoda asiat selkeään, ylös kirjoitettuun muotoon.” (T2)

Näkymätön osa yläluokkaan muodostui teorian pohjalta viisi alaluokkaa. Käsitys itsestä, motiivit, asenteet, esivalmistelu-, suunnittelu ja aktivointi ja itsereflektio

Käsitys itsestä-alaluokka piti sisällään kommentteja henkilökohtaisista kokemuksista itsestään ja omista vahvuuksista.

”Luulen, että pystymme valmistamaan kampikoneiston. Haasteita varmasti tulee, mutta tutkimalla kirjallisuutta sekä kysymällä asiasta enemmän tuntevilta pääsemme haluttuun lopputulokseen” (T1)

”Aikaisemmin opitun tiedon soveltaminen kokonaan uuteen ja itse suunnittelemaan moottoriin tulee varmasti olemaan vaikeaa” (T2)

Motiivit-alaluokka piti sisällään kommentteja motiiveista tällaisen tutkimuksen sekä tuotteen valmistusta kohtaan.

”Alusta asti on halu, ottaa selville onko meillä valmiuksia valmistaa kampikoneisto itse omasuunnittelemaan moottoriin” (T1)

”Tällainen projekti on ollut jo pitkään haaveena toteuttaa” (T2)

Asenteet-alaluokka piti sisällään kommentteja tutkijoiden omia asenteita omaan tekemiseen ja aikaisemmat kokemukset omista työskentelytavoista.

”Asenne omaa tekemistä kohtaan on aina ollut sellainen, että mikäli tietyn homman haluaa tehdä niin selvittämällä, kokeilemalla ja virheitä tekemällä oppii uutta ja saa onnistumisia. ” (T1)

”Itsellä on ollut aina tapana tehdä asiat itse ja oppia kokeilemalla” (T2)

Esivalmistelu-, suunnittelu ja aktivointi piti sisällään kommentteja suunnittelun valmistelusta ja itse suunnittelusta sekä työvaiheiden miettimisestä.

”Suunnittelun alussa tuli selville kuinka iso työ tuotteen valmistus on. Ja todella paljon on mietittävää työvaiheista ja miten tietyt osat valmistetaan.” (T1)

”Suunnitteluprosessi oli haastava, sillä on todella vaikea miettiä miten osat vaikuttavat toisiin, ja miten ne on mahdollista valmistaa käytettävissä olevilla koneilla” (T2)

Itsereflektio piti sisällään kommentteja omista onnistumisista ja virheistä. Tyytyväisyydestä omaan tekemiseen ja itsearviointia.

”Mehän saimme tehtyä valmiin tuotteen. Täytyy olla tyytyväinen. Hyvänolon tunne tuli siitä, että eihän tässä ollakaan aivan turhia ” (T1)

”Valmistuksen aikana sattui sellaisia pieniä virheitä, mitkä näin jälkikäteen ajateltuna olisi pitänyt ymmärtää jo tehdessä. Ensimmäisen kiertokangenlaakerin rikkoontuminen ja prässäyksen aikana tapahtunut pieni leikkautuminen jäi harmittamaan” (T2)

Perustaitojen oppiminen moottorin suunnittelussa ja valmistuksessa.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoitus oli saada selville, millä tavoin on mahdollista kehittää tutkijoille perustaidot moottorin suunnitteluun ja tietyn moottorin osan valmistukseen luetun materiaalin avulla, sekä itsenäisellä harjoittelulla ilman konkreettista apua.

Moottorin peruseriaatteet ja komponentit olivat tutkijoille aikaisemmin jo tuttuja, mutta uutta asiaa tuli paljon varsinkin suunnittelun alkuvaiheissa. Oli huomioitava hyvin monta erilaista osaa mitkä vaikuttivat kampikoneiston valmistukseen ja toimivuuteen. Myös itse valmistuksen aikana oppimista tapahtui huomattavasti ja luetun materiaalin tiedot tulivat todettua valideiksi esimerkiksi lämpöopin ja ahdistussovitteen suhteen. Tuotetta valmistessa tuli vastaan erilaisia haasteita, mutta tutkijoiden mielestä tämä on oppimisen kohdalla erittäin tärkeä tapahtuma. Käytännön kokemus ja virheet ovat olennainen osa oppimisprosessia. Tutkijoiden asenteet sekä motiivit edesauttoivat tuotteen valmistuksessa ja pääsyä haluttuun lopputulokseen. Tutkijat onnistuivat suunnittelemaan moottorin ja valmistamaan siihen kampikoneiston ilman konkreettista apua luetun materiaalin avulla, pitkäjänteisellä harjoittelulla ja kokeilujen kautta. Joidenkin osa-alueiden kohdalla yhteistyötä tehtiin, sillä tarvittavia laitteita ei ollut tutkijoiden saatavilla, joten oli hyödynnettävä yhteistyötä Rauman Winnovan toimipisteen laitteistoa sekä erään yksityishenkilön henkilökohtaista laitteistoa.

Oman taidon kehittyminen kampikoneiston suunnittelussa valmistuksessa ja lopputuloksessa.

Toisen tutkimuskysymyksen tarkoitus oli saada selville, miten oman taidon kehittyminen näkyy tuotteen suunnittelussa, valmistuksessa sekä lopputuloksessa.

Kampikoneiston suunnittelu, valmistus ja lopputulos ovat monimutkaisia prosesseja, jotka vaativat hyvin kattavasti erilaisia taitoja erilaisista osa-alueista. Suunnittelun alussa tuli vahvasti esille kuinka suuren kokonaisuuden ymmärtäminen moottorin suunnittelu on. Taidon kehittyminen näkyy kyvyssä toteuttaa suunniteltu raakaversio ruutupaperin mallista valmiiksi tuotteeksi. Tutkijoiden kokemukset omista taidoista ja vahvuuksista auttoivat tuotteen valmistuksessa, mutta myös tuttujen laitteiden ja koneiden kanssa tuli uusia oivalluksia ja oppimista niiden käytöstä. Alkutilanteeseen verrattuna oma taitotaso on kehittynyt huomattavasti.

Oman taidon kehittyminen näkyi prosessin aikana usealla eri tavalla. Esimerkiksi työn jälki kehittyi ja työstö nopeutui, kun kyseessä oli toisen samanlaisen, tai liki samanlaisen kappaleen valmistus. Esimerkkinä tästä voi käyttää kampiakselin puolikkaan valmistusta, jotka valmistuivat peräkkäin. toisena tehty kappale oli nopeampi valmistaa ja työn jälki oli parempaa. Myös valmistuksen aikana tapahtuneitten virheitten takia toisen kerran valmistetut osat olivat aiempaa parempia laadultaan, ja työstö oli nopeampaa, kun oma osaaminen oli kehittynyt virheen jälkeen. Esimerkkinä tällaisesta osasta, jossa virhe johti paremman lopputulokseen seuraavassa yrityksessä, voidaan käyttää kiertokangen alapään laakeria. Prässäyksen aikana tapahtunut vaurio pakotti valmistamaan uuden laakerin, vaikka itse valmistusprosessissa mikään ei mennyt vikaan. Toisella kerralla kuitenkin valmistus oli nopeampaa ja laatu parempi.

9 Pohdinta

9.1 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Kun tutkijat ja tutkittavat ovat samat henkilöt tutkimuksen luotettavuus lisääntyy. Tutkijat tuntevat omat vahvuutensa, heikkoutensa sekä oppimistavat. Tutkimuksen tuleville lukijoille luotettavuus tulee esille vain teksti perusteella, joten luottamus tutkijoiden rehellisyyteen on lukijoiden päätettävissä. Tutkimuksen luotettavuutta lisää tutkijatriangulaatio, joka tarkoittaa tässä tutkimuksessa useampaa tutkijaa, jotka ovat yhdessä analysoineet toistensa ja omansa aineiston. (Eskola & Suoranta, 1998, 210–211.)

Tutkimusta tehdessä on tärkeää huomioida hyvä tieteellinen käytäntö ja noudattaa Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeistusta. Autoetnografisessa tutkimuksessa tutkijan itse osallistuessa tutkimukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että tutkijat pyrkivät rehellisyyteen ja tarkkuuteen. Tutkijan tulee raportoida kaikki työvaiheet ja tulokset siten kuin ne tapahtuvat, vääristelemättä niitä. (TENK 2012.)

Tutkijan itse osallistuessa tulee arvioida myös oma yksityisyyden turva ja mahdolliset vaarat tutkimukseen osallistuessa. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan käsitellä yksityiskohtaisia henkilötietoja, eikä tutkimukseen osallistumisessa ole mitään vaaraa, johtuen tutkimuksen toteutusympäristöstä ja tavasta.

Tutkimuksen luotettavuutta pohtiessa ensimmäisenä nousee esiin kysymys, vastaako tutkimus tutkimuskysymyksiimme luotettavasti ja todenmukaisesti. Suunnittelemamme moottori ja siihen valmistettava kampikoneisto on testaamaton, eikä sen toimivuutta ole mahdollista todistaa kokeellisesti, tai riittävän tarkasti laskennallisesti. On kuitenkin tärkeä huomioida tutkimuskysymyksemme tarkka muotoilu, ja mihin niillä haimme vastausta.

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä käsitellään moottorinrakennuksen perustaitoja. Perustaitojen harjoittelussa voisi käyttää yksinkertaisempaakin ja täysin käyttökelpotonta harjoitustyötä, tässä harjoitustyössä voitaisiin yhtä hyvin tehdä samoja koneistusoperaatioita, sekä harjoitella esimerkiksi erilaisten sovitteiden ja liitosten tekemistä. Tällaista työtä on kumminkin vaikea pitää millään tavalla mieleisenä käsityön näkökulmasta. Tutkimuksessa ei siis haettu vastausta siihen, voiko kokematon moottorin rakentaja valmistaa täydellisesti toimivan moottorin, vaan voiko hän

itseopiskelemalla harjoitella valmistustekniikoita riittävälle tasolle, jotta moottorin rakennus olisi teoriassa mahdollista.

Toisella tutkimuskysymyksellä, miten oman taidon kehittyminen näkyy tuotteen suunnittelussa, valmistuksessa sekä lopputuloksessa haetaan vastausta oman taidon kehittymiseen tämän valmistusprosessin aikana, työtä ei itsessään arvioida valmiina tuotteena, vaan tutkijoiden oma oppiminen on tutkimuskohteena. Näin ollen valmiin tuotteen toimivuuden testaus ei ole tutkimuksemme kannalta tärkeää.

9.2 Tutkimuksen pohdinta ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Kampikoneiston suunnittelussa ja valmistuksessa tärkeimmät taidot oman oppimisen kautta on tullut suunnittelun tärkeydestä ja tarkasta valmistuksesta. Tuotetta valmistaessa oppimista tapahtui hyvin monella eri osa-alueella. Alkutilanteeseen verrattuna omien taitojen kehitys on ollut huomattavaa. Käsitys moottorin valmistuksesta ja siihen liittyvistä tekijöistä kehitti omaa ammattitaitoa eteenpäin huomattavasti. Tutkimustyötä ohjasi alun perin halu vahvistaa olemassa olevia taitoja, paneutua olemassa oleviin tekniikoihin ja saada ymmärrystä uudenlaisista työmenetelmistä.

Harrastajan ja insinööritieteen eroja on tärkeä vertailla tämän tutkimuksen kohdalla. Usein harrastajat tekevät käsitöitä pääasiassa nautinnon, luovuuden ja henkilökohtaisen tyydytyksen vuoksi. He saattavat luoda esineitä lahjaksi tai omaksi ilokseen. Insinööritieteissä tavoitteena on yleensä ratkaista ongelmia, kehittää uusia teknologioita tai parantaa olemassa olevia järjestelmiä. Insinöörit pyrkivät luomaan käytännön ratkaisuja, jotka voivat vaikuttaa laajalti yhteiskuntaan ja teollisuuteen. Useimmat harrastajat eivät ole saaneet muodollista koulutusta käsitöissä, vaan oppivat taitonsa kokeilemalla, harrastuskirjoja lukemalla, kursseilla käymällä ja internetin avulla. Insinöörit taas opiskelevat yleensä yliopistossa tai korkeakoulussa insinööritieteitä tai niihin liittyviä aloja. Heille tarjotaan koulutusta ja valmiuksia tieteen ja matematiikan alueilta sekä teknistä osaamista.

Käsitöitä tehdään usein käsityönä, ja ne voivat vaihdella neulomisesta ja virkkaamisesta puutöihin ja koruntekoon. Taitojen kehittäminen vaatii kärsivällisyyttä ja harjoittelua. Insinöörit käyttävät usein monimutkaisia laskelmia, suunnitteluohjelmistoja ja teknisiä työkaluja suunnitellessaan ja

toteuttaessaan projektejaan. Heidän työnsä voi sisältää sekä teoreettista analyysiä että käytännön kokeiluja. Vaikka näiden kahden välillä on selkeitä eroja, on myös mahdollista, että joillakin alueilla ne voivat limittyä, kuten esimerkiksi tekstiiliteknologiassa, jossa sekä harrastajat että insinöörit voivat olla kiinnostuneita tekstiilien suunnittelusta ja valmistuksesta.

Virheiden teko oli opettavaista ja antoi käsitystä siitä, että ei aina onnistu. Virheet ja epäonnistumiset ruokkivat omaa halua kehittää itseään ja saada tuote valmiiksi. Virheiden teko on jopa suotavaa ja käsitöiden teossa se on ohipääsemätöntä. Jokaisella käsityön tekijällä tulee virheitä ja epäonnistumisia ja ne on otettava vastaan ja opittava niistä.

Kampikoneiston valmistaminen tuki omien vahvuuksien kehittymistä eteenpäin ja näin tuoden itsevarmuutta omaan työskentelyyn. On hyvä miettiä mitkä omat vahvuudet ovat ja miten niiden hyödyntäminen auttaa jatkossa. Omien heikkouksien löytäminen oppimisprosessin aikana on myös tärkeä osa taidon kehittymistä. Virheitä ja epäonnistumisia tyypillisesti pidetään sellaisena asiana mitä oppimisprosessin aikana tulisi välttää. Osittain peläten sitä, että siinä dokumentoidaan omia puutteita oppijana ja nämä virheet opitaan. Tutkimukset kuitenkin osoittavat että, virheet ovat keskeinen osa tehokasta oppimisprosessia. (Bjork ym. 2013.)

Oma oppiminen mitä tapahtui koko prosessin aikana, on hyvin suurta. Tulevaisuutta ajatellen koko prosessi antoi valmiuksia toteuttaa sekä opettaa samaan aiheeseen liittyviä kokonaisuuksia. Vaikka tässä tutkimuksessa keskityttiin hyvin perinteiseen käsityö osa-alueeseen, on tärkeää pysyä ajan tasalla ja seurata miten maailma kehittyä käsityön kontekstissa.

Tämän tutkimuksen tulokset on saatu vain kahden henkilön kokemuksista oman taidon kehittymisestä yhden tuotteen valmistuksen aikana. Laajemman kuvan oman taidon kehittymisestä olisi mahdollista suorittaa tutkimus esimerkiksi käsityöaineenopettajan ensimmäisen vuosikurssin ensimmäisillä kursseilla. Tulosten analysoinnin kannalta olisi objektiivisempaa, kun tutkijat ja tutkittavat olisivat eri henkilöt. Toinen mahdollisuus tutkia oman taidon kehittymistä olisi vertailemalla kahta eri ryhmää, jossa toinen ryhmä harjoittelisi ilman konkreettista opetusta ja toinen ryhmä harjoittelisi ohjatusti. Näitä kahta ryhmää vertailemalla voitaisiin tutkia oman taidon kehittymistä eri oppimisprosessin kautta. Oman taidon oppimisen reflektointi on tärkeää oppimisen prosessissa. Kun saa ymmärryksen, miten oma taito kehittyä ja mitä koko prosessin aikana oppii, on mahdollista saavuttaa oppimisen harmoninen kehto ja kehittyä niin käsityötaitojen kohdalla kuin myös elämäntaidoissa.

Lähteet

- Adams, Tony E.; Holman Jones, Stacy & Ellis, Carolyn (2014) Autoethnography. New York, NY: Oxford University Press.
- Alasuutari, P., 2011. Laadullinen tutkimus 2.0. 4. uud. p., Tampere: Vastapaino.
- Anderson, R.J. (1992) Representations and requirements: The value of ethnography in system Design. *Human-Computer Interaction*, 9, 152–182.
- Bandura, A. 1991. Self-regulation of motivation through anticipatory and self-reactive mechanisms. Teoksessa R. A. Dienstbier (toim.) *Perspectives on Motivation: Nebraska Symposium on Motivation Vol. 38*. Lincoln: University of Nebraska Press, 69-164.
- Billington, D. P., & Billington Jr., D. (2013). *Power, Speed, and Form*. Princeton: Princeton University Press. doi: <https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.1515/9781400849123>.
- Bjork, R. A., Dunlosky, J., & Kornell, N. (2013). Self-Regulated Learning: Beliefs, Techniques, and Illusions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 417–444.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143823>.
- Bloom, L. (2023, November 30). What is Splash Lubrication? About Mechanics.
<https://www.aboutmechanics.com/what-is-splash-lubrication.htm>
- Bosch, R. (1996). *Automotive Handbook*.
- Boud, D., Keogh, R. & D. Walker 1985. *Reflection: Turning Experience into Learning*. London: Kogan Page.
- Corno, L. 1993. The best-laid plans. Modern conceptions of volition and educational research. *Educational Researcher* 2, 14-22.
- Delprete, C., Pregno, F., & Rosso, C. (2009). *Internal combustion engine design: a practical*

computational methodology. SAE International Journal of Engines, 2(1), 263-270.

Dewey, J. 1997 [1910]. How we think. New York: Dover Publications.

Dirik, M. (2020). Al-Jazari: The Ingenious Inventor of Cybernetics and Robotics . Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence, 1 (1), 47-58. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/jscai/issue/54043/749176>.

Dormer, P. 1994. The Art of Maker London: Thames and London.

Eerola, O. (1980). Polttomoottorit 1. Jyväskylä: K.J. Gummerus Osakeyhtiön kirjapaino.

Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino.

Ferrari, G., Onorati, A., & D'Errico, G. (2022). Internal combustion engines. Società Editrice Esculapio.

Georgano, G.N. (1990) Cars: Early and Vintage 1886–1930 (London: Grange-Universal, 1990).

Gulliksen, J., Göransson, B., Boivie, I., Blomkvist, S., Persson, J. & Cajander, Å. (2003) Key principles for user-centred systems design. Behaviour & Information Technology 22:6, Nov.- Dec. 2003, 397-409.

Hakkarainen, K., Palonen, T., Paavola, S. & Lehtinen, E. 2004c. Communities of networked expertise: Professional and educational perspectives. Hollanti: Elsevier.

Hannula, H. & Niskanen, L. (2004). Oppimiskäsitysten teoreettiset lähtökohdat. Oppimisen ohjaamisen orientaatioseminaari. Jyväskylän ammattikorkeakoulua, Ammatillinen opettajakorkeakoulua 2004–2005.

Heinonen, H. 2007. Kohti syvempää ymmärrystä sosiaalityössä. Helsinki: Yliopistopaino Oy.

Hirsjärvi, Remes, P., Sajavaara, P., & Sinivuori, E. (2009). Tutki ja kirjoita (15. uud. p.). Tammi.

- Hirsjärvi, S. & Huttunen, J.: Johdatus kasvatustieteeseen, 4. uudistettu laitos. Helsinki: WSOY, 1995.
- Huang, T., Zhang, J., Chen, G., & Wang, C. (2020). Dynamic Balance Two-Dimensional Measuring of Crankshaft Assembly in Motorcycle Engine. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 133757-133766, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3010171.
- Hughes, J., Randall, D. & Shapiro, D. (1992) From ethnographic record to system design – Some experiences from the field. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 1, 123–141.
- Huotari, P., Laitakari-Svärd, I., Laakko, J & Koskinen, I. 2003. Käyttäjäkeskeinen tuotesuunnittelu. Saarijärvi: Gummerrus Kirjapaino oy.
- Hyysalo, S. 2009b. Käyttäjä tuotekehityksessä: Tieto, tutkimus ja menetelmät. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.
- Hyysalo, S. Käyttäjä tuotekehityksessä: tieto, tutkimus, menetelmät. [2. uud. laitos]. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu, 2009. Print.
- Häkkinen, A. 2022. Kampiakselin dynaamisen jännitystilän määrittäminen. Diplomityö. Tampereen yliopisto, Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Tampere
- Hätönen, H. 2011. Osaamiskartoituksesta kehittämiseen II. Helsinki: Edita Prima.
- International Organization for Standardization. 1999. Human-centred design processes for interactive systems. (ISO Standard No. 13407:1999).
<https://www.iso.org/standard/21197.html>
- Irving, P. E. 1965. Tuning for speed. Lontoo: Temple press books.
- Jokinen. 2001. Tuotekehitys (6. korj. p.). Otatieto.
- Justice, C., Rice, J., Warry, W., Inglis, S., Miller, S. & Sammon, S. (2007) Inquiry in higher

education: Reflections and directions on course design and teaching methods. *Innovative Higher Education* 31, 201-214.

Kang, J. & Keinonen, T. 2016 Examining factors affecting implementation of inquiry-based learning in Finland and South Korea. *Problems of Education in the 21st Century* 74, 31-48.

Karhima, M., & Torniainen, Kalevi. (2011). *Autotekniikka*. 6, Voimansiirto (1. p.). Helsingissä: Otava.

Kemmis, S. (1985). Action research and the politics of reflection. Teoksessa D. Boud, R. Keogh & D. Walker (toim.) *Reflection: Turning experience into learning*. London: Kogan Page, 139–164.

Kirkpatrick, A. T. (2020). *Internal Combustion Engines*. John Wiley & Sons.

Koskennurmi-Sivonen, R. 2002. Käsiyötuote. Verkkoluento sarjassa Johdatus käsiyötieteeseen. Helsingin yliopisto. Saatavissa: <https://rkosken.kapsi.fi/kasityotuote.html>.

Lehtinen, A., & Rantala, J. (2012). *Autotekniikka*. 4, Moottori : moottorin perusteet, käyntijärjestelmät, moottorin kunnostus (1. p.). Helsingissä: Otava.

Lindfors, E. (2010). Innovation and user-centred design in the pedagogical context. *Creativity and innovation: Preconditions for entrepreneurial education*, 53-63.

Lindfors, E., & Hilmola, A. 2016. Innovation learning in comprehensive education?. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(3), 373- 389.

Metsärinne, M. Kallio, M. (2011) *Johdatus tutkivaan tuottamiseen, Introduction into research-based production*. Turku: Turku University, Faculty of Education.

Mezirow, J. (1981). *A Critical Theory of Adult Learning and Education*. *Adult Education (Chapel Hill)*, 32(1), 3–24.

- Mezirow, J. 1996. Kriittinen reflektio uudistavan oppimisen käynnistäjänä. Teoksessa J. Mezirow & al. (toim.) Leevi Lehto (suomentanut) Leenan Ahteenmäki-Pelkonen (asiatarkastanut). Uudistava oppiminen: kriittinen reflektio aikuiskoulutuksessa. Helsingin yliopisto. Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 17–37.
- Nielsen J. Usability Engineering. 1993. Elsevier.
- Nyman, G. (2021). Elinikäinen uteliaisuus. Teoksessa J. Koskinen, M-R. Järvinen, S. Inkinen & P. Lankinen (toim.), Tulevaisuudet ja hedelmällinen toisin ajattelu (s. 25-30). Kehittämiskeskus Opinkirjo
- Opetushallitus. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Haettu osoitteesta:
<https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/perusopetuksenopetussuunnitelman-perusteet>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015) Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review 14, 47-61.
- Rantala, J. (2011). Auto- Ja Kuljetusalan Perusoppi 6: Moottori: Moottorin Perusteet, Poltto- Ja Voiteluaineet, Kuntohuolto. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Ricardo, H. (1941). The high-speed internal-combustion engine. New York, Interscience publishers, inc.
- Rissanen, M. (2016). Taitamisen tiede - Tietämisen taide: taidon oppimisen arkkitehtuuri. [väitöskirja, Jyväskylän yliopisto]. JYX Jyväskylän yliopiston julkaisuarkisto.
- Rockoff, H. (2004) Until it's over, over there: the u.s economy in world war 1. Cambridge: National bureau of economic research.
- Rohila, V. (2008) Maamoottorit ja muut voimakoneet. (Tallinna: Alfamer oy).

- Ruohotie, P. 2002a. Motivation and self-regulation in learning. Teoksessa H. Niemi & P. Ruohotie (toim.) *Theoretical Understandings for Learning in the Virtual University*. Research Centre for Vocational Education: University of Tampere.
- Ruusuvuori, J., Nikander P. & Hyvärinen M. (toim.) *Haastattelun analyysi*. Tampere: Vastapaino, 9–36.
- Ruusuvuori, J., Nikander P. & Hyvärinen M. 2011. *Haastattelun analyysin vaiheet*.
- Schäfer Fred, & Basshuysen Richard van. (2016). *Internal Combustion Engine Handbook - Basics, Components, System, and Perspectives (2nd Edition)*. SAE International.
- Schön, D. A. 1988. *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Schön, D. A. 1991. *The Reflective practitioner. How professionals think in action*. Aldershot: Avebury.
- Sinkkonen, I., Kuoppala, H., Parkkinen, J. & Vastamäki, R. 2006. *Käytettävyyden psykologia*. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Spencer, L. M. & Spencer, S. M. 1993. *Competence at Work. Models for superior Performance*. New York: John Wiley & Sons.
- Spronken-Smith, R., Bullard, J., Ray, W., Roberts, C. & Keiffer, A. (2008) Where might sand dunes be on Mars? Engaging students through inquiry-based learning in geography. *Journal of Geography in Higher Education* 32(1) 71-86
- Spronken-Smith, R. & Walker, R. (2010) Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education* 35(6) 723-740.
- Suomela, L. (2016). Tutkiva toiminta esi- ja alkuopetuksessa. Teoksessa K. Juuti (toim.), *Ympäristöoppia opettamaan* (s. 133-145). PS-kustannus.
- Sydänmaalakka, P. 2004. *Älykäs johtajuus*. Helsinki: Talentum. system Design. Human-Computer

Interaction, 9, 152–182.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2018). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi.

Tuomivaara, Timo 2005. Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimus. Tieteellisen tutkimuksen perusteet. 28-40. PDF-tiedosto saatavilla sähköisesti osoitteessa:
<<http://www.mv.helsinki.fi/home/ttuomiva/Y125luku6.pdf>> Luettu 6.3.2023.

Tynjälä, P. (1999). Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita.

Tynjälä, P. 2000. Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. 2. painos. Helsinki: Tammi.

Viitala, R. 2013. Henkilöstöjohtaminen. Strateginen kilpailutekijä. Helsinki: Edita.

Vilka, H. (2021a). Näin onnistut opinnäytetyössä: Ratkaisut tutkimuksen umpikujiin. PSkustannus.

Väyrynen, S., Nevala, N. & Päivinen, M. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiateollisuuden julkaisuja nro 4/2004.

Wiio, Antti. Käyttäjätavallisen sovelluksen suunnittelu. Helsinki: IT Press, 2004.

Zimmerman, B. J., & Campillo, M. 2003. Motivating self-regulated problem solvers. Teoksessa J. E. Davidson & R. J. Sternberg (toim.) The Nature of Problem Solving. New York: Cambridge University Press, 233-262.

Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. 1997. Developmental phases in self-regulation: Shifting from process to outcome goals. Journal of Educational Psychology 89, 29-36.

Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. 2005. The hidden dimension of personal competence: Selfregulated learning and practice. Teoksessa A. J. Elliot & C.S. Dweck (toim.) Handbook of Competence and Motivation. New York: The Guilford Press, 509-526.

Özüdođru, H. Y., & Demiralp, N. (2021) Developing a geographic inquiry process skills scale. Education Inquiry.