



# Pultituskoneen vaijerikelan kehitysprojekti

Sandvik DS422i -laitteen päivitys- ja turvallistamisehdotuksia suunnittelutiimille

Juho Ranta

OPINNÄYTETYÖ  
Helmikuu 2022

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Koneautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Koneautomaatio

RANTA, JUHO:

Pulttituskoneen vaijerikelan kehitysprojekti  
Sandvik DS422i -laitteen päivitys- ja turvallistamisehdotuksia

Opinnäytetyö 29 sivua  
Helmikuu 2022

---

Opinnäytetyön pyrkimyksenä oli kehittää ideoita ja ratkaisuja Sandvik DS422i -pulttituskoneen vaijerikelan ja vaijerinsyöttöjärjestelmän parantamiseen ja turvallisuuden loppukäyttäjän näkökulmasta. Tavoitteena oli esittää suunnittelutiimille ideoita ja kehittämiskelpoisia ratkaisuja, joista voitaisiin aloittaa virallinen projekti. Opinnäytetyön tekijä omien ideoidensa lisäksi haastatteli tätä varten suunnittelutiimin jäseniä sekä testi-insinöörejä, joilta saatiin ideoita mahdollisiksi kehittämiskohteiksi. Ideoita löytyi lopulta raporttiin esitettäväksi 5 kappaletta.

---

Asiasanat: sandvik, porakone, kaivos, tuotekehitys

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Machine automation

Ranta, Juho:  
Development of cable bolter cable reel  
Proposals to advance Sandvik DS422i machine in production use and in safety

Bachelor's thesis 28 pages  
February 2022

---

The aspirations of this thesis were to cultivate ideas and solutions to improve Sandvik DS422i cable bolter from production usage and safety standpoints. At the end, 5 of these were found.

The goal was to pass on ideas and suitable solutions of which the engineering team could draw ideas for the upcoming official project to upgrade the cable reel and cable feed system. In addition to his own thoughts, the thesis author interviewed some of the members of the mechanical engineering team and test engineers to find ideas.

---

Key words: sandvik, drilling, mining, product development

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	MEKAANINEN SUUNNITTELU .....	7
3	TAUSTATIETOA YRITYKSESTÄ .....	8
	3.1 Sandvik yrityksenä .....	8
	3.2 170 vuotta teollisuutta Tampereella .....	8
4	DS422i NYKYTILANNE .....	10
	11	
5	KEHITYSEHDOTUKSET .....	14
	5.1 Vaijerinsyöttimen optimointi .....	14
	5.2 Kasettimallinen vaijerikela .....	15
	5.3 Kääntyvä vaijerikela .....	17
	5.4 Mekanisoitu vaijerikela .....	22
	5.5 Autonominen vaijerikela .....	24
6	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET .....	30

## 1 JOHDANTO

Kaivosteollisuus on aina ollut merkittävimpiä teollisuudenhaaroja ja sen haasteet ovat saattaneet muuttua muotoaan, mutta eivät poistuneet. Suurimpia haasteita nykypäivän kaivoslaitteissa ovat niiden kustannustehokkuus, huollettavuus ja tarkkuus. Kun yhä köyhempiä malmiesiintymiä täytyy hyödyntää tehokkaasti, turvallisesti ja ympäristö huomioon ottaen, on laitteiden toimittava alhaisilla kustannuksilla luotettavasti eli niin sanottu reiän metrihinta täytyy painaa mahdollisimman alas. Se asettaa suuria paineita laitevalmistajille alalla, jossa useat globaalit toimijat panostavat tuotekehitykseen merkittäviä summia.

Sandvik on ruotsalaislähtöinen, vuonna 1862 perustettu globaali teknologiayritys, jolla on toimintaa yli 150 maassa ja joka työllistää noin 44 000 työntekijää ympäri maailman. Myös Sandvik painottaa toiminnassaan jatkuvaa kehittämistä, ja laitteet ovatkin käytännössä jatkuvasti muutoksen kohteena. Yrityksen Tampereen toimipisteellä sijaitsevat muun muassa suunnittelu- ja testauskeskus ja siihen kuuluu myös maanalainen testikaivos, jossa kävin tutustumassa laitteeseen toiminnassa. Tuotantotiloissa valmistetaan itse porakonemoduulien lisäksi sekä maan pinnalla että maan alla käytettäviä koneita, pääasiassa erilaisia poralaitteita.

Opinnäytetyössä etsittiin ratkaisuja vaijerikelaan, joka on yksi harvoista osista koneessa, joka on pääpiirteissään pysynyt pitkään muuttumattomana. Kehityskohteina olivat parempi turvallisuus, vaijerivyyhdin sulavampi asentaminen kelaan vaijerin loppuessa sekä kustannustehokkaiden ratkaisujen etsiminen. Nykyaikaisilla mallinnus- ja valmistusmenetelmillä sekä kokoonpanon kehittämislä saadaan kelasta merkittävästi edullisempi ja helpompi koota.

## 2 MEKAANINEN SUUNNITTELU

Tässä opinnäytetyössä käytetään CAD-mallinnusta (computer assisted design, tietokoneavusteinen suunnittelu) havainnollistamaan esiteltäviä konsepteja. Ohjelmana toimi Autodesk Inventor Professional 2022 sekä Siemens NX. Projektien myöhemmissä vaiheissa, joita ei tässä opinnäytetyössä käsitellä, tietokoneavusteista suunnittelua tullaan käyttämään myös osien sovittamiseksi virtuaaliseen koneeseen ennen valmistusta sekä komponenttien ja kokonaisuuksien lujuuslaskentaan.

Mekaaninen suunnittelu itsessään on suunnittelutyön haara, joka soveltaa fyysiikan ja materiaalitieteen periaatteita mekaanisten koneistojen analyysiin, suunnitteluun, tuotantoon sekä kunnossapitoon. Siihen kuuluu myös lämmön ja mekaanisen voiman tuottaminen käytettäessä, suunniteltaessa sekä operoitaessa koneita ja työkaluja. Tämä tieteen haara vaatii ymmärrystä mekaniikan, termodynamiikan, materiaalitieteen sekä rakenneanalyysin ydinkäsitteistä. (Zhang, 2004)

### **3 TAUSTATIETOA YRITYKSESTÄ**

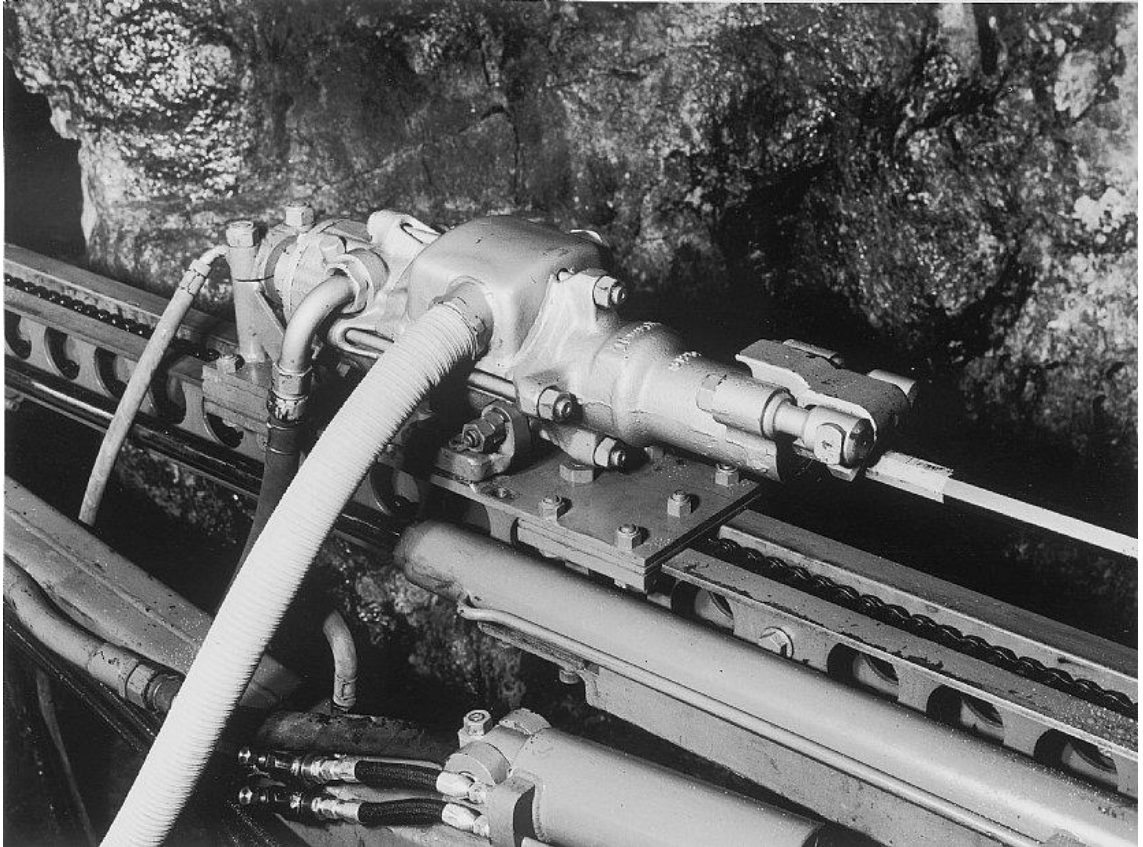
#### **3.1 Sandvik yrityksenä**

Sandvikin liikevaihto on noin 99 miljardia Ruotsin kruunua eli noin 9,4 miljardia euroa, josta se käytti viime vuonna noin 3,6 prosenttia kehitys- ja tutkimustyöhön. Yritys toimii muun muassa kaivos-, koneistus-, rakennus- ja autoteollisuuden aloilla. Yrityksen liikevaihdosta 41 prosenttia tulee kaivosteollisuuden laitteiden tuotannosta suunnittelupalveluiden tullessa toiseksi 23 prosentin osuudella. Sandvikin liikevaihdosta 34 prosenttia tulee Euroopasta, 22 prosenttia Pohjois-Amerikasta ja 20 prosenttia Aasiasta. Maailmalla Sandvik on tunnettu erityisesti kallioporolaitteistaan ja niiden porakoneyksiköistä. Suomessa Sandvikilla on tehtaat Tampereella, Turussa ja Lahdessa. (Sandvik, 2022)

#### **3.2 170 vuotta teollisuutta Tampereella**

Sandvikin päätuotteiden, eli kaivos- ja malmiteollisuuden laitteiden tuotanto juontaa juurensa Tampereelle ja vuonna 1856 perustettuun Oy Tampella Ab:n. Kuuluisa konepajayhtiö valmisti sota-aikana Outokumpu Oy:lle varaosia kallioporolaitteisiin ja alkoi sodan jälkeen suunnitella omaa porakonemallia, josta tuli vuonna 1952 valmistuttuaan menestystuote (KUVA 1). Tampellan jouduttua pitkällisiin talousvaikeuksiin oli kallioporakoneita valmistava Tampella Tamrock Oy viimeinen jäljellä oleva Tampellan tytäryhtiö, jonka ruotsalainen Sandvik Ab osti vuonna 1997 (Palo-Oja 2004, sivu 78).



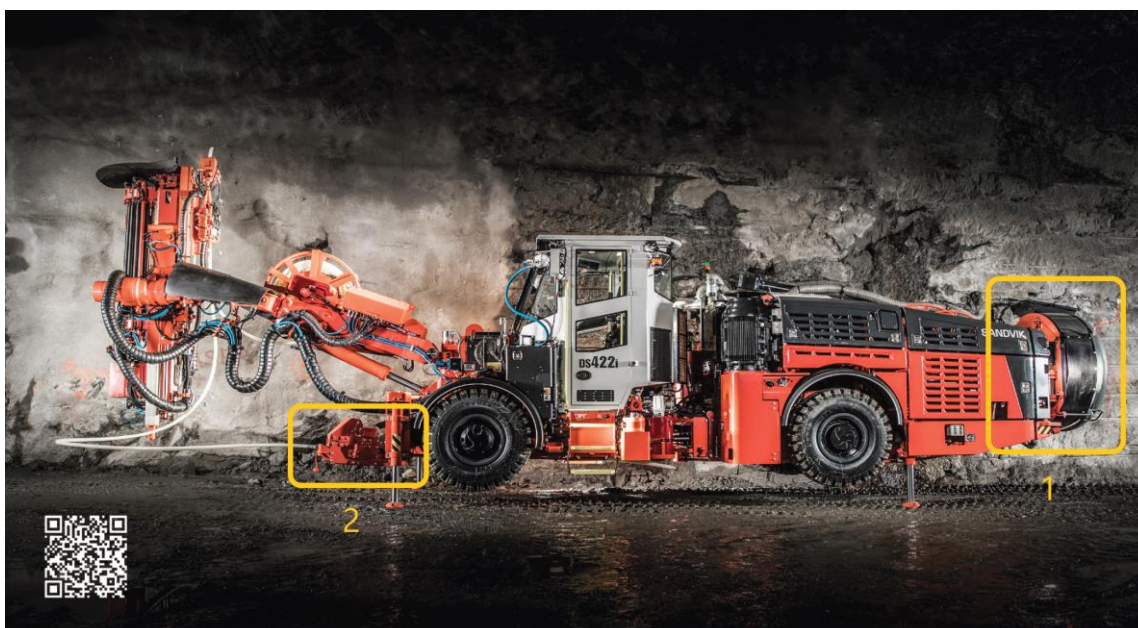


KUVA 1. Tamrock ES 300 Corona oli yksi ensimmäisistä porakoneista, joissa oli erillinen pyöritys- ja iskumekanismi, jolla vältettiin porakoneen jumiutumisia (Aggbusiness 2022)

## 4 DS422i NYKYTILANNE

Sandvik DS422i on vaijeripultituslaite kalliolujitukseen. Sitä käytetään sementti-juotettujen vaijeripulttien asentukseen maanalaisissa kaivoksissa ja kalliotiloissa. Kallioperän louhiminen ja sen luonnollinen rakenne aiheuttavat säröjä ja halkeamia luolaa ympäröivään kallioon ja se täytyy vahvistaa. Betonijuotetut ja teräsvahvisteiset tulpat kallioperässä ovat tätä tarkoitusta varten.

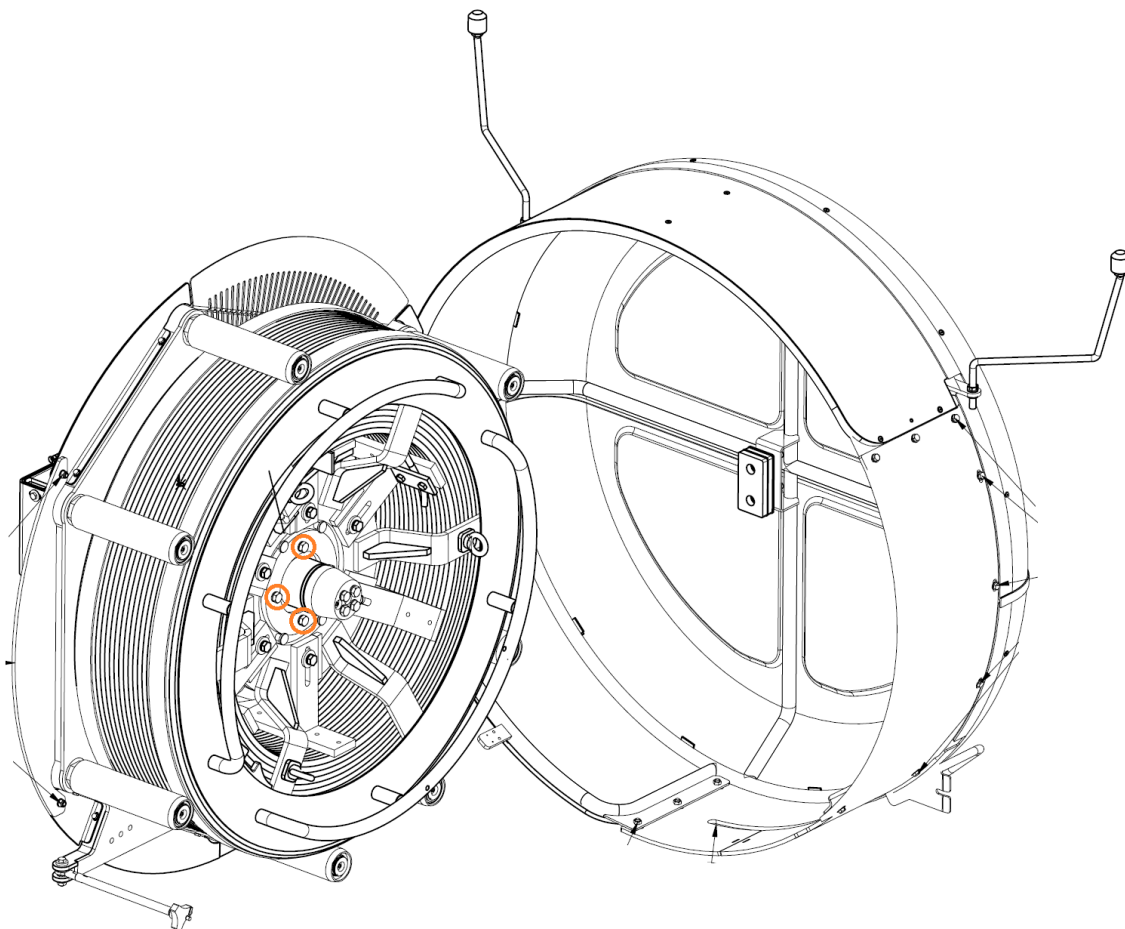
Laite poraa jopa 25 metriä syvän reiän louhitun kallion seinämään ja syöttää sinne yhden tai useamman teräsvaijerin, jonka jälkeen reikään syötetään betoni. Kone valmistaa betonin automaattisesti integroidussa betonisekoittimessa ja -sillassa, eikä manuaalista betonisäkkien käsittelylle ole tarvita. Kun betoni on kovettunut, jännitetään vaijeri erillisellä laitteesta löytyvällä pultitusmoduulilla.



KUVA 2. Sandvik DS422i (Sandvik 2021, muokattu)

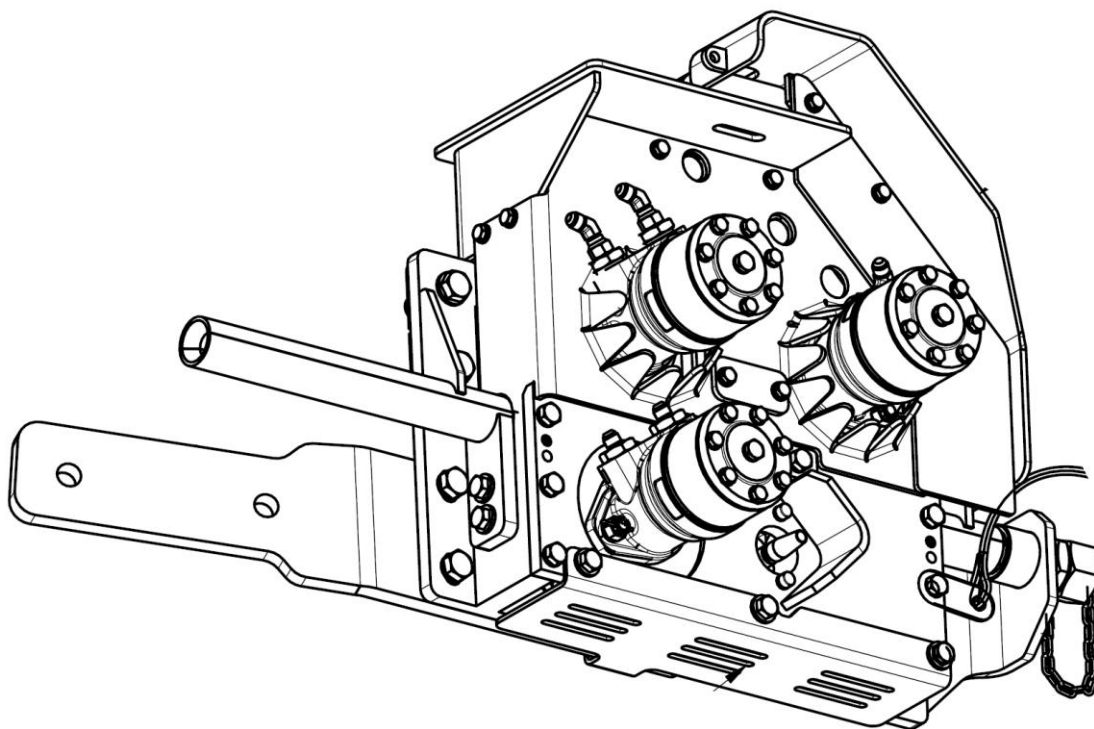
Kuvassa 2 näkyy korostettuna vaijerikela numerolla 1. Kela on kuvassa kuljetusasennossa ja kääntyy porausasennossa 90 astetta, jotta vaijeri on edullisemmassa asennossa koneeseen nähden. Vaijeria syötettäessä se kulkee ko-

neen läpi ensin vain kelan hydraulimoottorin avustamana, kunnes se päätyy syöttölaitteelle asti. Kuvassa näkyy syöttölaite numerolla 2 korostettuna. Syöttölaitteessa on kolme hydraulimoottoria sekä säädettävä puristusvoima. Syöttölaitteen jälkeen se etenee joustavaa valkoista putkea pitkin, kunnes se päätyy kaapeliasennusmoduulille lähelle porattua reikää. Siellä kaapeliin puristetaan sitä syötettäessä taitoksia, jotka jäykistävät kaapelia ja helpottavat sen työntämistä reikään.



KUVA 3. Nykyinen vaijerikela (Sandvik 2022, muokattu)

Vaijerikela toimii kuvan 3 mukaisesti. Uutta teräskaapelia vaihdettaessa kuvassa oranssilla merkityt pultit avataan ja kelan puolikas otetaan ulos koneesta. Vaijerivyyhti asetetaan kelaan ja puolikas pultataan takaisin paikalleen.



KUVA 4. Syöttölaite (Sandvik 2022, muokattu)

Kuvassa 4 näkyvä syöttölaite työntää yhteistyössä vaijerikelan kanssa vaijeria laitteen puomissa sijaitsevaan kaapeliasennusmoduuliin. Moduulissa näkyvillä ovat muun muassa kaapeliputki, jonka läpi vaijeri kulkee kohti puomia, sekä hydraulimoottorit, jotka pyörittävät kuljetinpyöriä. Kuvissa 5 ja 6 näkyy itse vaijerivyhti sellaisena kuin se koneelle asennettavaksi saapuu. Vaijerin jäykkyys viittaa ennemminkin rauditusrautaan kuin perinteiseen käsitykseen vaijerista.





KUVA 5. Vaijerivyöhyt alkuperäispakkauksessaan



KUVA 6. Vaijeri on punottu paksuista terässäikeistä

## 5 KEHITYSEHDOTUKSET

### 5.1 Vaijerinsyöttimen optimointi

Vaijerinsyöttölaitteisto sijaitsee nykytilanteessa laitteen vasemmassa etunurkassa. Se vetää vaijeria kelalta ja toisaalta työntää sitä ohjausputkea pitkin kohti koneen puomissa sijaitsevaa kaapeliasennusmoduulia.

Vaijeria perinteisissä sovelluksissaan on käytetty aina vetävänä, toisin sanoen jännitettävänä komponenttina, koska vaijeri haluaa sitä työnnettäessä aina kulkea suoraan. Tämä aiheuttaa sen, että vaijeria työnnettäessä syntyy esimerkiksi ohjausputkeen voimia, jotka kuluttavat sen materiaalia ja lisäävät vaijerinsyöttölaitteen voimantarvetta. Tämä korostuu pulttarin puomin ollessa asennoissa, joissa vaijerin ohjausputki on mutkalla monella akselilla.

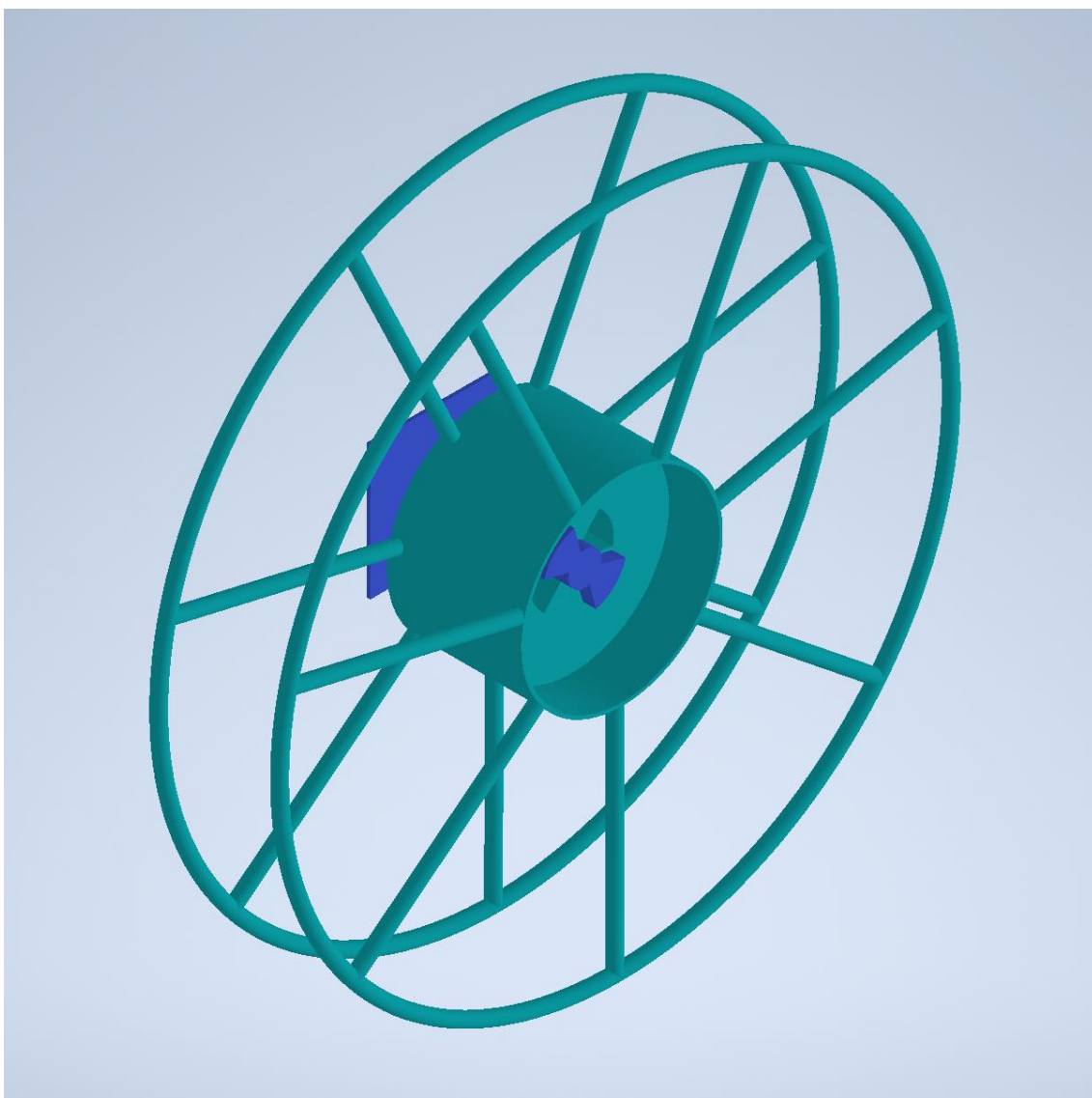
Tähän tarjotaan ratkaisuna vaijerinsyöttölaitteen sijoittamista laitteen puomiin muiden moduulien seuraksi. Vaijeriin ei näin kohdistu tarpeettomia työntäviä voimia ja se toimii mahdollisimman paljon jännitettävänä komponenttina. Tällöin minimoidaan voimantarve sekä komponenttien kulumisen. Lisäksi koneen ollessa nykyhetkellä vahvasti takapainoinen suurelta osin kaapelikelan takia, parantaisi syöttölaitteen sijoittaminen mahdollisimman paljon etuakselin eteen laitteen stabiliteettia. Vähentyneen voimantarpeen takia voidaan syöttölaite halutessa suunnitella uudestaan kompaktimmaksi ja hinnaltaan edullisemmaksi.

## 5.2 Kasettimallinen vaijerikela

Nykyinen vaijerikela on monimutkainen kokonaisuus, joka heijastuu sen painoon ja hintaan. Asian todettiin käytännössä, koska osana opinnäytetyöprojektiä opinnäytetyön tekijä kokosi yhden vaijerikelan paikkakokoonpanolinjan esivastustusolosuhteissa yhdessä solun asentajan kanssa.

Vaijeri asennetaan pulttarilla töitä tehtäessä kelaan erillisenä vyyhtinä kelan ollessa purettuna, mikä vie aikaa ja keskeyttää koneen tuottavan työn. Lisäksi vaijerin ja kelan paikalleen saattaminen vaatii useamman nostotyön, joissa piilee aina riski tapaturmille.

Yhtenä ratkaisuna vaijerikelan optimointiin tarjotaan niin kutsuttua kasettimallista kela (KUVA 7). Konseptin keskiössä on ajatus mahdollisimman yksinkertaisesta ja edullisesta kelasta. Vaijeri voidaan pakata kelaan etukäteen joko kairoksella tai jo vaijerin toimittajalla ja niitä voi olla useampi valmiina asennettavaksi. Vaijerivyyhti saadaan näin pakattua kelalle tiiviimmmin ja sillä parannetaan turvallisuutta. Valmis vaijerin ja kelan sisältävä paketti nostetaan paikalleen yhdellä nostoliikkeellä. Ratkaisussa voimansiirto on ulkoistettu itse kelasta erilliselle akselille, jota voidaan pyörittää hydraulimoottorilla, kuten nykyistä kokoonpanoa. Myös vaijeria ohjaavat rullat saadaan tarvittaessa sijoitettua kelan takana olevaan rakenteeseen, joka suunnitellaan uudestaan kasettimallisen vaijerikelan ehdoilla.



KUVA 7. Havainnekuva kasettimallisesta vaijerikelasta

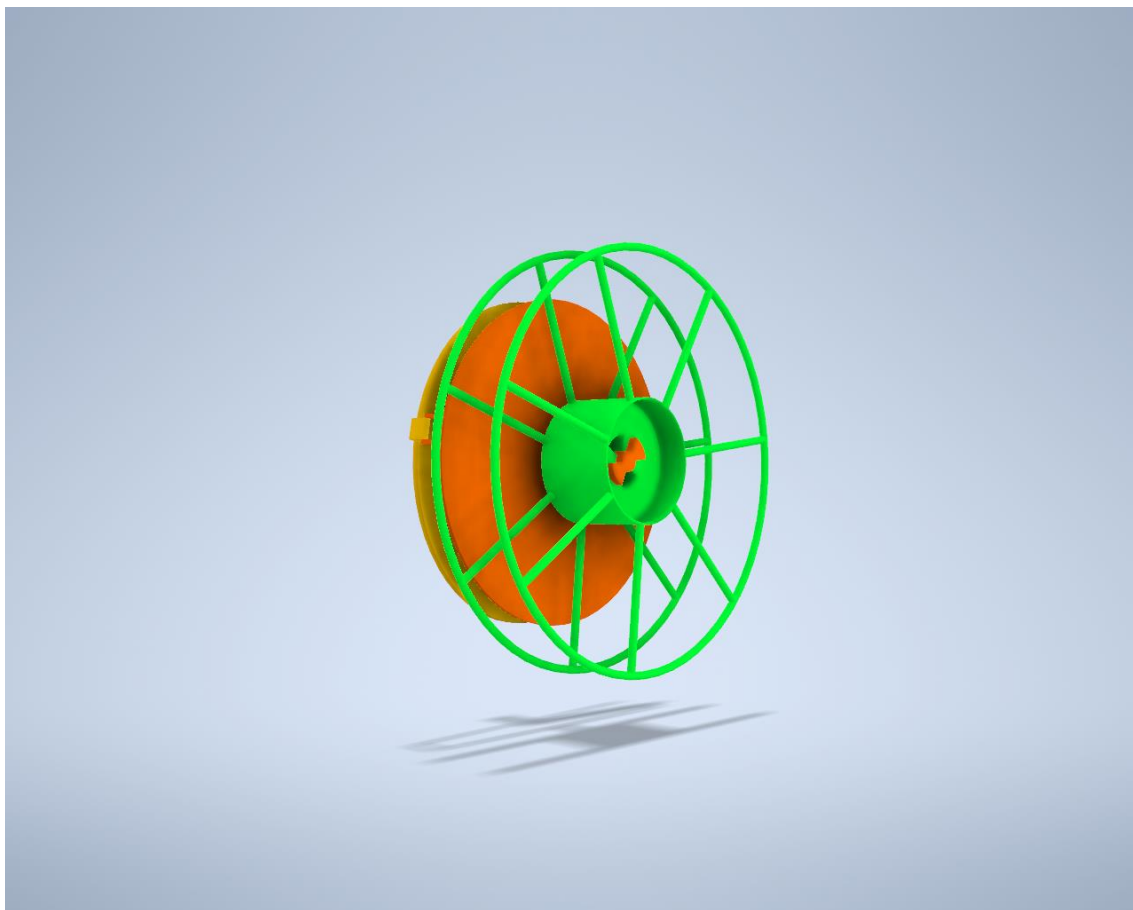


### 5.3 Kääntyvä vaijerikela

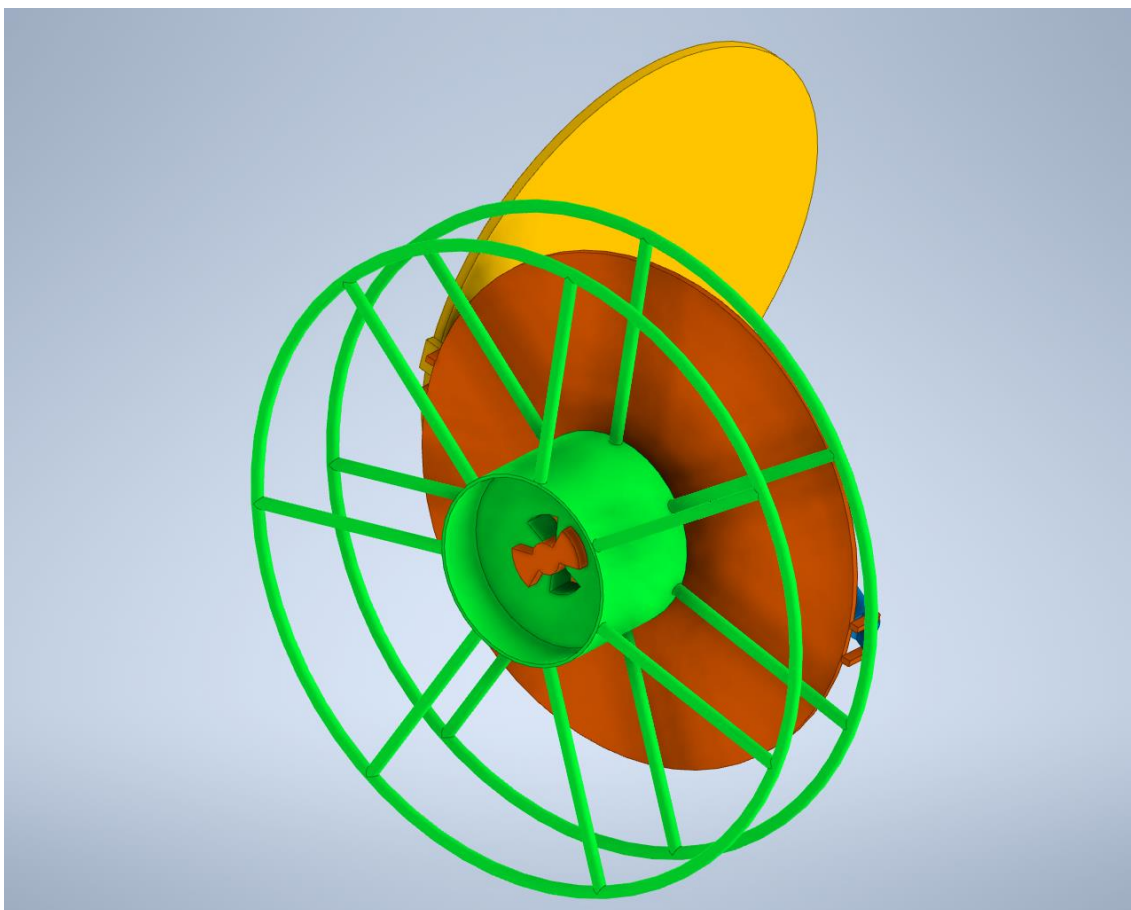
Yhtenä kriteerinä vaijerikelan kehitysprojektissa oli miettiä keinoja helpottaa vaijerin asennusta, koska asennuksen sujuvoittaminen on helppo keino vähentää tuotantokatkoja ja parantaa turvallisuutta. Nykyisessä muodossaan kela on vasten pulttarin perää kuljetusasennossa ja koneen pituussuunnan mukaisesti syötöasennossa. Tämä toteutetaan siten, että hydraulisylinteri kääntää saranoidun vaijerikelan 90 astetta koneen aloittaessa poraustyön.

Tämän ajattelumallin opinnäytetyön tekijä vei astetta pidemmälle ja ideoi konseptin kelasta, joka kääntyy myös 90 astetta kohti maata helpottamaan vaijerin asennusta paikalleen (KUVAT 8, 9 ja 10). Tämä toteutettaisiin lisäämällä kelan ja laitteen rungon väliin akseloitu piste, joka kääntää kelan hammasvälitteisen hydraulimoottorin voimin. Havainnekuivissa akseloitua pistettä esittää vaaleansininen tappi. Kääntömoottorin ominaisuudet sekä välitys voidaan speksata tarkemmin suunnitteluvaiheessa.

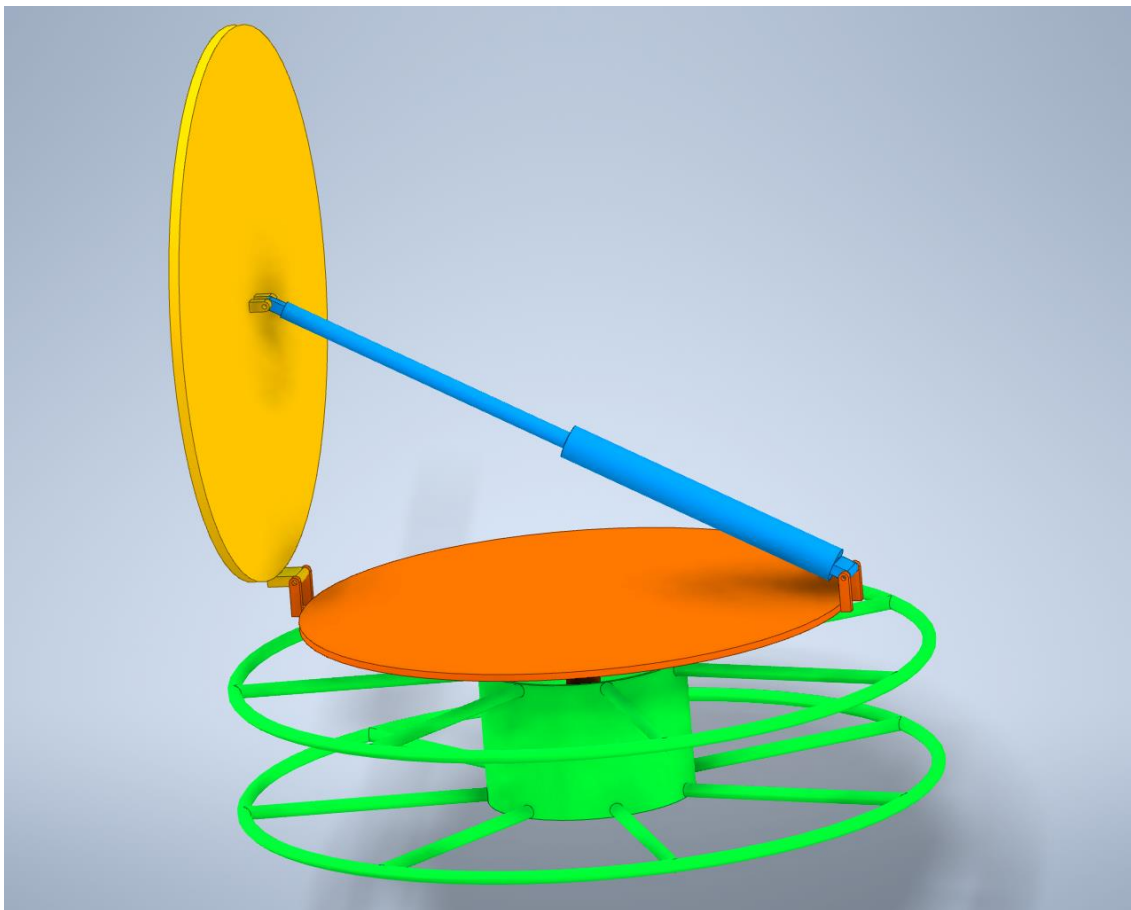
Tämä ratkaisu toimii parhaiten yhdistettynä kasettimallisen vaijerikelan konseptin kanssa. Myös kelan kiinnitys sitä pyörittävään akseliin täytyy suunnitella kääntyvää vaijerikelaa tukevalla tavalla niin, että kelan asennus on mahdollisimman tehokas prosessi. Asennukseen voidaan tämän konseptin myötä käyttää trukkia tai pyöräkuormaajaa. Kelan asennukseen suunniteltu kuormalava-tyylinen ratkaisu sekä automaattinen kelan lukitus tukevat konseptia.



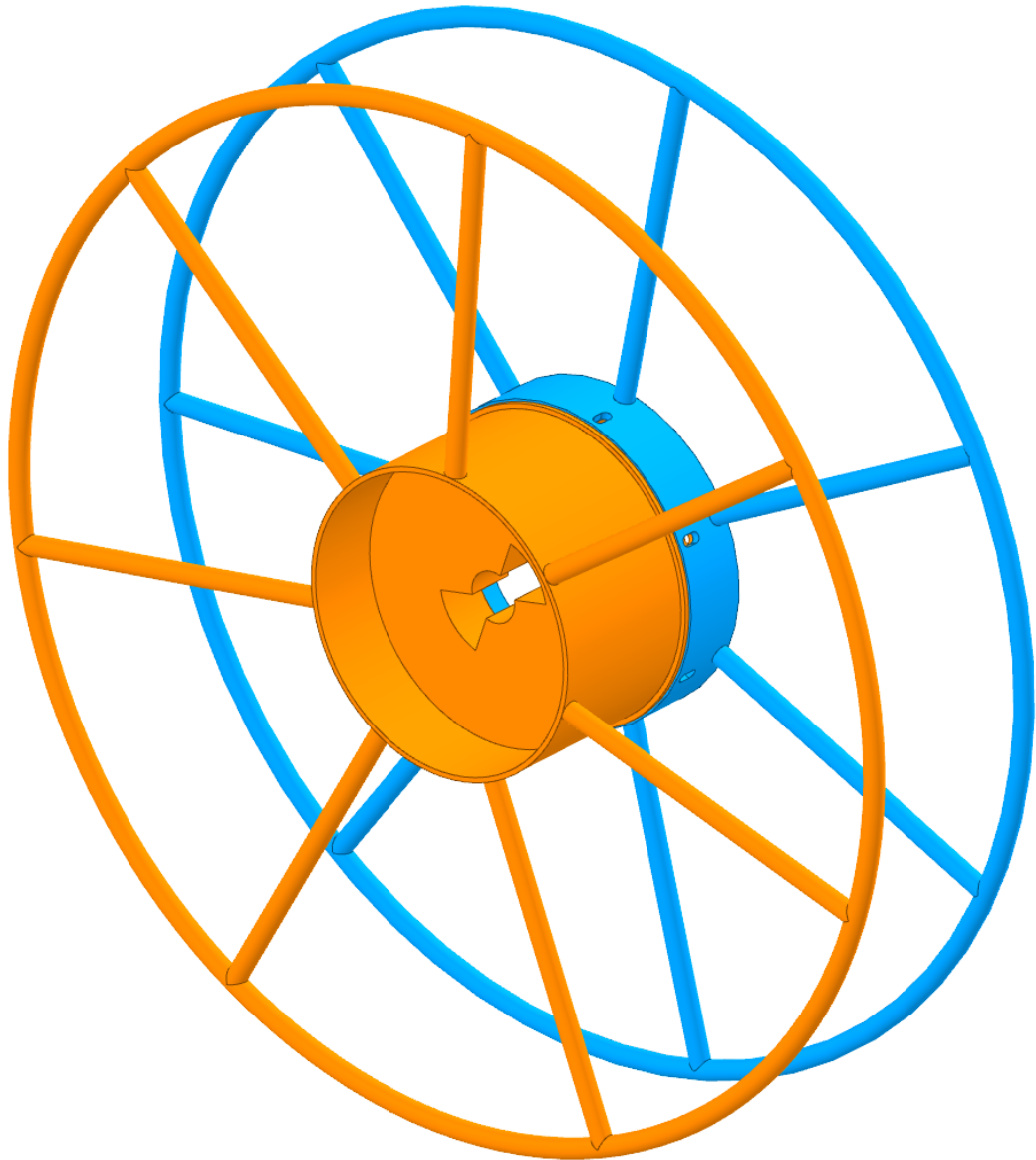
KUVA 8. Kääntyvä vaijerikela kuljetusasennossa vasten konetta.



KUVA 9. Kääntyvä vaijerikela syöttöasennossa.



KUVA 10. Kääntyvä vaijerikela kelanvaihtoasennossa.



KUVA 11. Irrotettava puola

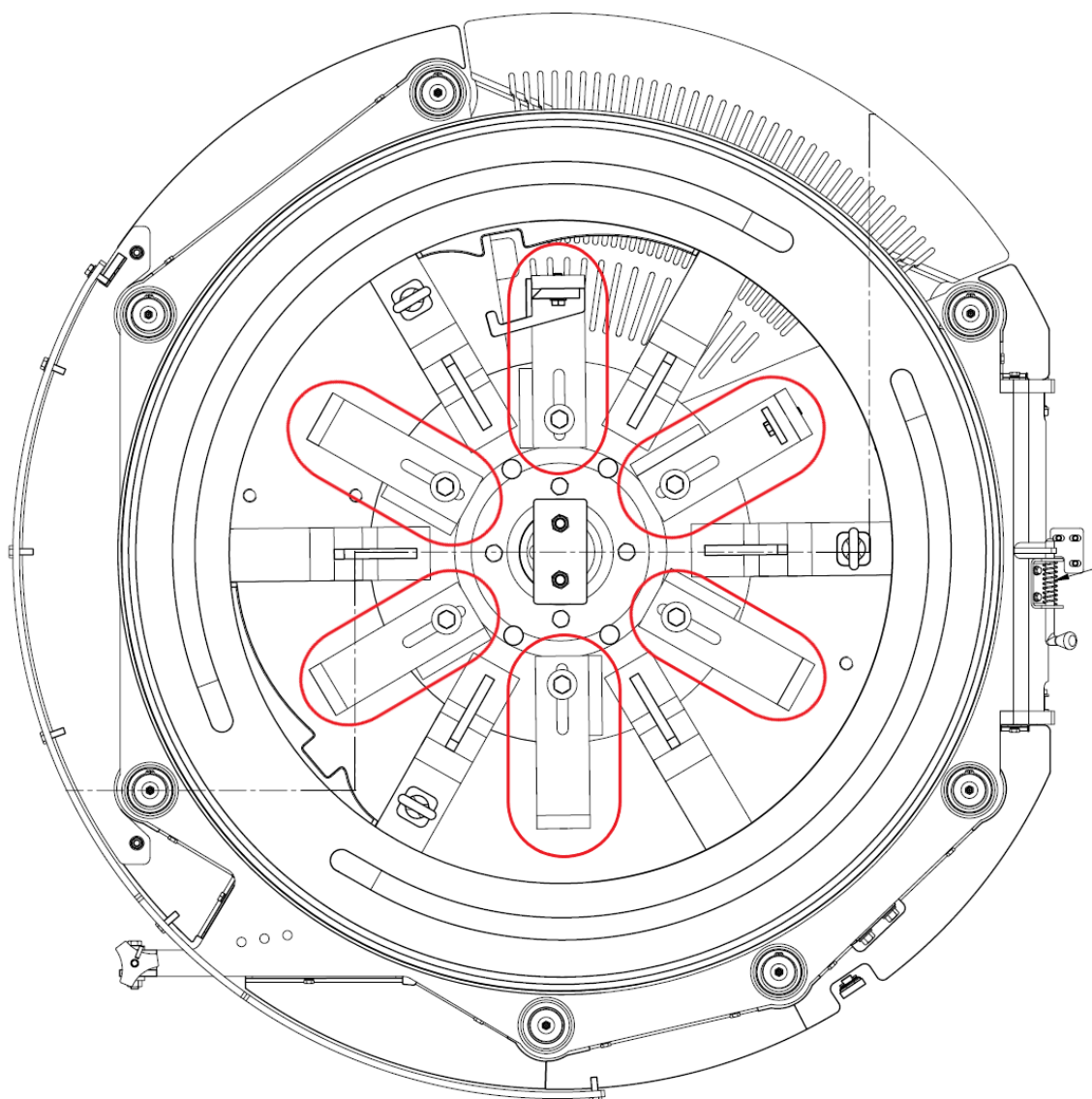
Yksi vaihtoehto on myös varustaa kela purettavalla puolalla, jolloin kela päästäisiin täyttämään irrottamalla kelan sininen osa kääntyvän kelan ollessa kelanvaihtoasennossa, mutta käännettynä 180 astetta (KUVA 11). Tällöin vaijerivyyhdin pystyy tiputtamaan suoraan kelalle, jonka jälkeen sininen kelan puolikas kiinnitetään takaisin paikalleen.

## 5.4 Mekanisoitu vaijerikela

Idea mekanisoidusta vaijerikelasta tuli opinnäytetyön tekijälle hänen haastattelmaltaan testi-insinööriltä. Kyseessä on pienempi muutos laitteen nykymuotoiseen toimintaan. Tämän konseptin toteutus tulisi kyseeseen, jos pulttariin päädyttäisiin tekemään useampia maltillisia uudistuksia isomman revisioinnin sijaan. Konseptissa keskitytään sujuvoittamaan vaijerin asennusta ja käyttöä.

Ratkaisu on muuttaa vaijerivyyhtiä tukevat tassut käsillä kiristettävästä automaattikiristeiseen. Tassut pitävät vaijerivyyhdin järjestyksessä sen pyöriessä kelassa. Nykytilanteessa pulteilla lukitut tassut vapautetaan silloin, kun vaijeri vaihdetaan ja kiristetään uutta kaapelia vasten sen ollessa paikallaan, jonka jälkeen ne lukitaan (KUVA 12).

Tassujen automaattisen kiristyksen voi toteuttaa korvaamalla pulttikiristeiset tassut hydraulisylintereillä tai sähköisillä aktuaattoreilla varustetuilla. Niiden vaatimat kaapelit tai hydrauliletkut voidaan asentaa kaapelikelan pyöritysakselin läpi joko vapaana tai pyörivällä liittimellä. Tassut kiristyisivät sitä mukaa, kun vaijerivyyhti kelalla pienenee. Ratkaisu vähentäisi vaijerinvaihdon vaatimaa aikaa ja pienentäisi tarvetta ajonaikaiselle liikkumiselle koneen lähistöllä.



KUVA 12. Kuvassa vaijerikela edestäpäin kuvattuna, jossa punaisella ympyröity lukittavat tassut, jotka tukevat vaijerivyyhtiä. (Sandvik, 2022, muokattu)

## 5.5 Autonominen vaijerikela

Vaijerikelan sijoittelu on monella tapaa ongelmallinen asia, koska sen paino, vaijerin vaihto sekä sen toiminta määrittävät pitkälti sen, mihin se voidaan asentaa. Perään sijoitettuna se huonontaa laitteen stabiiliteettia, jonka korjaamiseksi täytyy pulttarin etuakselien etupuolelle laittaa vastapaino.

Sandvikin kilpailijat ovat ratkaisseet asian eri tavoin, esimerkiksi Atlas Copcon vastaavissa tuotteissa on käytössä kahdenlaisia ratkaisuja. Kevyemmissä laitteissa (KUVA 13) vaijerikela on pysyvästi sijoitettuna laitteen sisään lähemmäs painopistettä, jolloin tulevat esille mahdolliset ongelmat vaijerin asennuksessa kelaan. Isommissa, enemmän DS422i -konetta vastaavissa malleissa kela on myös lähes keskellä konetta, mutta se on varustettu kelan esiin kääntävällä mekanismilla (KUVA 14). Haasteena tässä ratkaisussa on kulumien nivelien lisääntyvän määrän lisäksi se, että esiin työntyvälle kelalle on oltava tilaa ja ahtaissa tunneleissa tämä täytyy pitää käytön aikana mielessä. Tila voi muodostua ongelmaksi varsinkin tunnelin risteyksissä ja mutkissa tehtävän työn aikana. Atlas Copcon ratkaisu on ongelmineenkin varsin elegantti ja huomioonotettava konsepti, mutta sen toteuttaminen Sandvikin koneeseen olisi massiivinen projekti, joka vaatisi lähes koko koneen layoutin uudistamisen. Viisaampaa olisi ehkä tässä tapauksessa lähteä suunnittelemaan uuden sukupolven laitetta puhtaalta pöydältä.

Autonomisen vaijerikelan konsepti lähestyy ajatusta kokonaan toisesta näkökulmasta: Miksi kelan tarvitsisi olla lainkaan koneessa kiinni? Omalla alustallaan toimiva kelayksikkö vastaisi tehokkaasti paino- ja käsittelykysymyksiin kelan ollessa maassa omilla pyörillään tai telaketjuillaan ja omalla voimansiirrollaan. Kelan vaihto olisi esteetöntä ja kelayksiköitä voisi tarvittaessa olla useita keskeytymätöntä työn suorittamista varten. Havainnekuvassa on mallinnettuna akseli yksikön kiinnittämistä pulttarin peräkoukkuun varten. Kelayksikkö voisi yksinkertaisimmillaan toimia kuin peräkärri, mutta omalla voimansiirrolla varustettuna se voisi kääntyä itsenäisesti samaan suuntaan kuin peruuttava pulttarikonetta, jolloin niin sanottua vastakääntöä ei ahtaissa tunnelitiloissa tarvittaisi. Lisäksi tällä konseptillä olisi suuri parantava vaikutus turvallisuuteen, kun kallioilois-

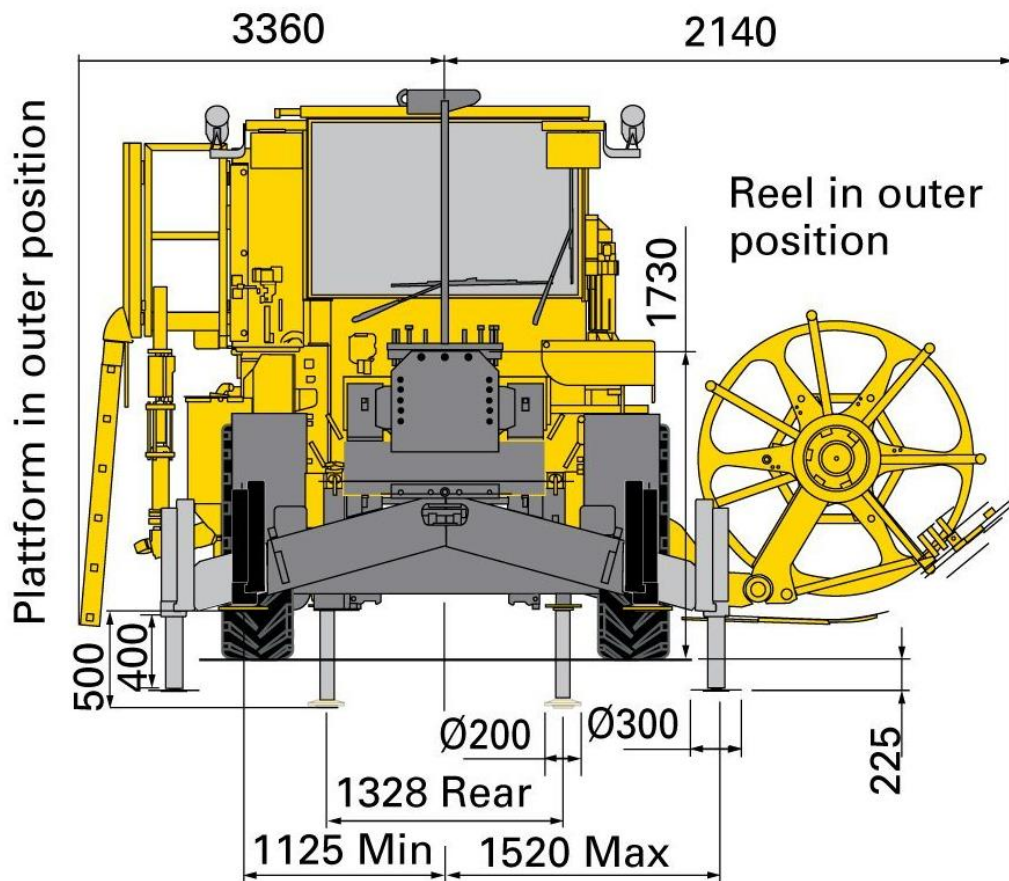


sa tehtävät nostotyöt jäisivät kokonaan pois ja nosto voitaisiin suorittaa paremmissa olosuhteissa pinnalla tai varikolla.

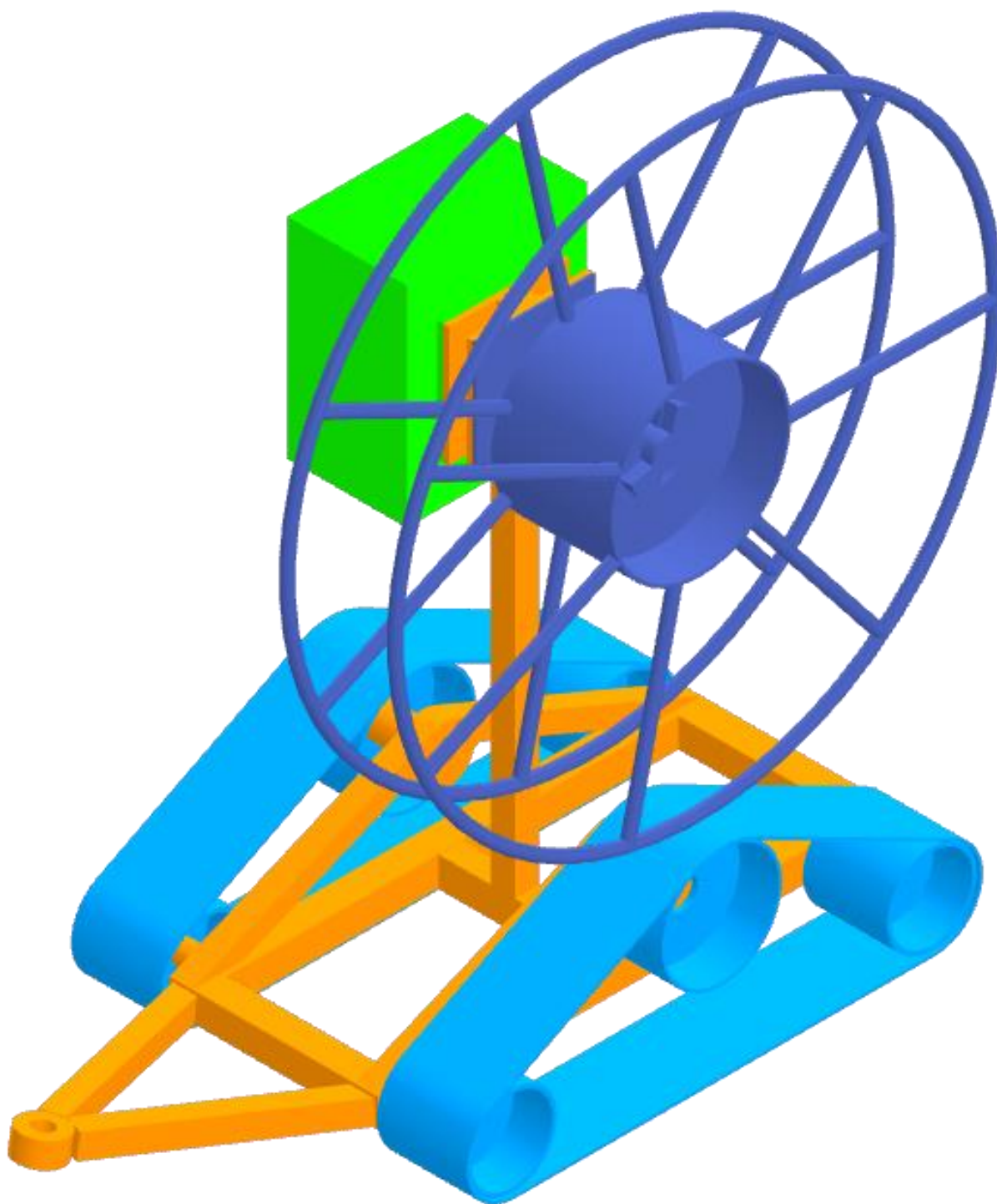
Viimeisenä variaatioina autonomisesta vaijerikelasta voisi tulevaisuudessa olla mahdollinen täysin itsenäinen kelayksikkö. Se voisi toimia koneen perässä kuten vetoakselilla varustettu malli, mutta toimien itsenäisesti esimerkiksi radio-ohjauksella. Konsepti saattaa vaikuttaa kaukaa haetulta, mutta Sandvikin Automine-liiketoimintayksikkö kehittää jatkuvasti etäohjattavia kaivoslaitteita, joten kaikki tarvittava teknologia ja osaaminen löytyy jo talon sisältä. Jopa täysin itsenäinen toiminta voisi jonain päivänä mahdollista. Kelayksikkö kulkisi koneen perässä kuten aiemminkin, mutta vaijerin loputtua se olisi ohjelmoitu kulkemaan itsenäisesti varikolle hakemaan kyytiinsä täyden kelan, tai vaihtoehtoisesti toinen kelayksikkö täydellä vaijerikelalla voisi olla jo odottamassa pulttarin luona valmiina vaihtotoimenpiteeseen.



KUVA 13. Esimerkki kevyestä Atlas Copcon pulttarista, mallinimeltään Boltec Epiroc (Atlas Copco elektroninen tuotekuvasto, 2022)

**FRONT VIEW**

KUVA 14. Havainnekuva isompien pulttarimallien uloskääntyvästä vaijerikelasta (Atlas Copco elektroninen tuotekuvasto, 2022)



KUVA 15. Havainnekuva itsenäisestä kelayksiköstä

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli nykyisen DS422i- pulttarikoneen vaijerikelan kriittinen tarkastelu ja kehitysehdotusten laatiminen. Idea tähän saatiin työhaastattelutilanteessa. Aloitukseen haettiin tukea haastattelemalla asentajia sekä testi- ja suunnittelutiimiä ja tutustumalla laitteen toimintaan käytännössä. Kehitysehdotuksia syntyi prosessin aikana yhteensä viisi, jotkut korkealentoisempia kuin toiset.

Vaijerinsyöttöjärjestelmä on monimutkainen kokonaisuus, jossa yhtä asiaa muuttamalla paremmaksi voidaan toiseen vaikuttaa negatiivisesti eikä kokonaisuuteen vaikuttavat asiat ole välttämättä aina ennalta tiedossa. Tässä opinnäytetyössä esitetyt ehdotukset ovat suurpiirteisiä, ja jos jokin niistä päädytään toteuttamaan, aloitetaan sille oma projektinsa, jossa tekniset yksityiskohdat selvitetään.

Lopussa tarkasteltuna opinnäytetyö onnistui sille asetetuissa tavoitteissa, vaikka tekijän täytyi pitää koko ajan pää kylmänä, toisin sanoen pitäytyä menemästä konseptien kanssa liian yksityiskohtaiselle tasolle. Ideoita syntyi kaikkiaan viisi, joka vastaa sitä, mitä alussa ajateltiin.

## LÄHTEET

1. Palo-Oja, R. 2004 Metallin aika ja taika. Tampereen kaupunki.
2. Zhang, Tianbiao. 2012. Mechanical Engineering and Technology Selected and Revised Results of the 2011 International Conference on Mechanical Engineering and Technology, London, UK, November 24-25.  
Luettu 15.10.2022