



TEKNIikka JA LIIKENNE

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotesuunnittelu

INSINÖÖRITYÖ

KIINNIRULLAIMEN TAMPUURITELOJEN VARASTOINTI

Työn tekijä: Hanna-Kaisa Korhonen
Työn ohjaajat: Jyrki Kullaa
Jari Tiitta
Tommi Vanhala

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2009

Jyrki Kullaa
yliopettaja



ALKULAUSE

Tämä insinöörityö tehtiin Metso Paper Oy:n Järvenpään yksikölle. Haluan kiittää kaikkia projektissa mukana olleita. Lisäksi haluan kiittää yliopettaja Jyrki Kullaata, tuotekehityspäällikkö Jari Tiittaa sekä suunnittelupäällikkö Tommi Vanhalaa työni ohjaamisesta.

Helsingissä 24.4.2009

Hanna-Kaisa Korhonen

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Hanna-Kaisa Korhonen	
Työn nimi: Kiinnirullaimen tampusuoriteloiden varastointi	
Päivämäärä: 24.4.2009	Sivumäärä: 44 s. + 5 liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tuotesuunnittelu
Työn ohjaaja: Jyrki Kullaa Työn ohjaaja: Jari Tiitta Työn ohjaaja: Tommi Vanhala	
<p>Tämä insinööritö tehtiin Metso Paper Oy:n tuotekehitysosastolle. Työn tavoitteena oli tuottaa konseptitasen ratkaisuvaihtoehtoja kiinnirullaimen tampusuoriteloiden varastointiin ottaen huomioon erilaiset asiakastarpeet. Perinteisesti varastopaikat sijaitsevat rullaustasoa ylempänä vaakasuorien kiskoien varassa. Metso kehittää uutta tampusuoritelavarastoa, jossa varastopaikat sijaitsevat rullaustasolla. Tämä varastoratkaisu on hyvä perusratkaisu, mutta haluttiin löytää ratkaisuja, joilla uusi vaakasuuntainen varasto voidaan korvata lyhyempään tilaan mahtuvalla varastolla käyttäen mahdollisesti suurempaa tampusuoritelakapasiteettia.</p> <p>Työ aloitetaan tutustumalla lyhyesti paperikonelinjan pääkomponentteihin. Tämän jälkeen perehdytään yleisesti kiinnirullaimen toimintaperiaatteeseen ja eri rullaintyyppisiin. Koska työ on luonteeltaan tuotekehitysprojekti, työssä käydään läpi tuotekehitysprosessin kulku ja sen eri vaiheet.</p> <p>Työssä tutustutaan nykyisiin sekä patentoituihin varastoratkaisuihin. Näiden joukosta löydettiin tavoitteiden mukaisia varastoratkaisuja. Rullaimen suuremman tilantarpeen vuoksi kyseisiä varastoratkaisuja ei voida tarjota joka tilanteessa. Tämän vuoksi työssä päädyttiin kehittämään aivan uuden tyyppistä tampusuoritelavarastoa.</p> <p>Luonnostelun alkuvaiheessa saatiin useita ideoita, joilla varastointi voitaisiin toteuttaa. Työn tavoitteena oli ottaa huomioon turvallisuusnäkökohdat ja varastoratkaisujen jatkokehittäminen toteutettiin osaksi tästä näkökulmasta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tampusuoritelavarastoratkaisu, jota voidaan tarjota asiakkaille yhtenä vaihtoehtona tampusuoriteloiden varastointiin. Tampusuoritelavarasto on aivan uuden tyyppinen, koska siinä hyödynnetään vertikaalista suuntaa.</p>	
Avainsanat: paperikone, kiinnirullain, tampusuoritelavarasto, tampusuoritela	

ABSTRACT

Name: Hanna-Kaisa Korhonen	
Title: Storing of Reel's reel spools	
Date: 24 April 2009	Number of pages: 44 + 5
Department: Mechanical Engineering	Study Programme: Machine Design Engineering
Instructor: Jyrki Kullaa Supervisor: Jari Tiitta Supervisor: Tommi Vanhala	
<p>This final work was carried out for Metso Paper Oy's R&D Department. The purpose of this work was to produce rough draft alternatives for storing reel's reel spools whilst not forgetting customer requirements. Conventionally storing places are located on horizontal bars above the reeling process. Metso is developing a new reel spool storage where storing places are located at the same level with the reeling process. This storage solution is a well-designed solution, but another solution was deemed necessary in order to replace the horizontal storage with one that would take up less space by possibly using a greater capacity of the reel spools.</p> <p>This work first takes a brief look at paper machine line's main components. After this the reel's operational principle and different kind of reel types are described. As this is a development project the progress of a development process and its various phases are also described.</p> <p>The work presents both the present and also patent storage solutions. Among these solutions there were storage solutions which matched the objectives of this work. However, these solutions are not useful in all circumstances as there is a greater need for space for the reel. This is why this project aims at developing a brand new kind of reel spool storage.</p> <p>In the initial stages of the drafting, various ideas about how the storing could be executed were considered. The purpose of the work was to take safety aspects into consideration. The storing arrangements were further developed partly from this point of view.</p> <p>Based on the development of this work, new reel spool storage was designed. The new design can be offered as one alternative for storing reel spools. This reel spool storage is a completely new kind of storage because it uses the vertical dimension.</p>	
Keywords: paper machine, reel, reel spool storage, reel spool	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITELUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuskohteet ja rajaukset	2
2	RULLAIN	4
2.1	Kiinnirullaus	4
2.2	Rullaintyytit	5
2.3	Tampuuritelavarasto	9
3	TUOTEKEHITYSTOIMINTA	11
4	TAMPUURITELAVARASTON RATKAISUT	14
4.1	Esimerkkiprojektit	14
4.2	Patentoidut ratkaisut	15
4.3	Varastoratkaisujen hyödyntäminen	16
5	LUONNOSTELU	18
5.1	Erityyppisiä varastoratkaisuja	18
5.2	Vinopinnan hyödyntäminen varastoinnissa	20
5.2.1	Vipurakenne	21
5.2.2	Layout-mahdollisuuksia	22
5.2.3	Ongelma- ja jatkokehittämiskohteet	25
5.2.4	Vipurakenteen kehitysvaiheita	26
5.2.5	Ratkaisuvaihtoehtoja lukituslaitteiksi	29
5.3	Tasanteen hyödyntäminen varastoinnissa	31
6	TULOKSET	36
6.1	Varastoratkaisujen vertailu	38
6.2	Päätelmät	41
6.3	Kehitysideat	42

7 YHTEENVETO

43

VIITELUETTELO

44

LIITTEET

Liite 1. Kalanlerin sijoitus tampuuritelavaraston alle

Liite 2. Rullaustasolla sijaitseva tampuuritelavarasto

Liite 3. Tampuuritelavarastossa kaksi palautuskiskoa

Liite 4. Vertikaalinen tampuuritelavarasto

Liite 5. Tampuuritelavaraston sijainti rullaimen yläpuolella

KÄSITELUETTELO

Aukirullain	laite, jolla konerulla aukirullataan
Kalanteri	laite, jolla kiilloitetaan tai muokataan paperin pak-suutta
Kiinnirullain	laite, jolla paperiraina rullataan tampouritelan ym-päri
Kuivapää	käsittää paperikoneen loppuosan kuivatusosasta alkaen
Konerulla	tampouritelalle kelattu täysi paperirulla
Märkäpää	käsittää paperikoneen alkuosan kuivatusosaan saakka
Nippi	kahden telan välinen puristus
Paperiraina	yhteinäinen paperirata
Pituusleikkuri	laite, jolla leikataan konerulla pitkittäissuunnassa kapeammiksi asiakasrulliksi
Tampouritela	terästela, johon paperikoneelta tuleva paperi rul-lataan

[1.]

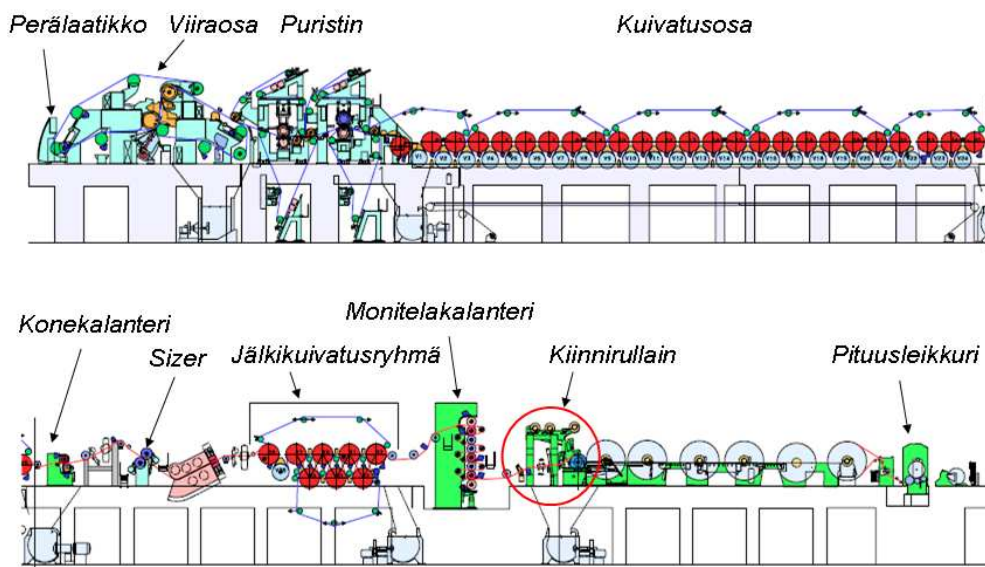
1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty Metso Paper Oy:n Järvenpään toimipisteen tuotekehitysosastolle. Työn aihe liittyy OptiReel-rullaimen tampuuritelojen varastointiin. Työn tavoitteena on tuottaa konseptitason ratkaisuvaihtoehtoja tampuuritelojen varastointiin ottaen huomioon rullaimen erilaiset asiakastarpeet.

1.1 Tutkimuksen tausta

Paperikonelinja on monimutkainen kokonaisuus. Kuvassa 1 on nimetty paperikonelinjan pääkomponentteja, joita ovat

- perälaatikko, joka sekoittaa ja syöttää massan tasaiseksi rainaksi viiraosalle
- viira, joka on tasomainen muovi- tai metallikudos; se tukee rainaa paperin kuivatuksessa ja edelleen kuljettaa puristimelle
- puristin, joka on telapari; paperirainaa kuivataan ajamalla raina puristavan telaparin välistä
- kuivatusosa, jossa rainaa kuivataan useasti ajamalla se höyryllä kuumentujen telojen välistä
- konekalanteri, joka on myös telapari; sitä käytetään tasaamaan paksuusprofiilia ennen päällystysyksikköä
- sizer, joka on päällystyskonetyyppi
- monitelakalanteri, jota käytetään päällystettyjen paperilaatujen kiilloittamiseen
- kiinnirullain, jolla paperiraina rullataan telalle jatkokäsittelyä varten
- pituusleikkuri, joka leikkaa rullaimelta tulevat konerullat pitkittäissuunnassa kapeammiksi asiakasrulliksi. [1.]



Kuva 1. Paperikoneen sivulayout [2]

Paperin varastointi ja kuljetus tehtaan sisällä vaatii rullausprosessia. Rullan tarkoituksena on varastoida paperi helpommin käsiteltävään muotoon. Yksinkertaisesti ilmaistuna rullaimen toiminta on kiinnirullata paperikoneelta tuleva paperi tampusyylitelalle. Tampusyylitelat ajetaan rullaussyylinterin pintaan, jolloin paperi saadaan kelattua tampusyylitelalle. Tampusyylitelavarasto sijaitsee perinteisesti rullaustason yläpuolella. Varastosta tampusyylitelat lasketaan laskevarsin avulla ensiörollaukseen. [2.]

Metso on kehittämässä uutta tampusyylitelavarastoa. Perinteisesti varastopaikat sijaitsivat rullaustason yläpuolella vaakasuorien kiskojen varassa. Uuden varaston ulkonäkö poikkeaa suuresti vanhoista varastoista. Työn kannalta oleellinen ero on tampusyylitelavaraston sijainti rullaustasolla. Tämän tyyppinen varasto on toimiva perusratkaisu, mutta vaihtuvien asiakastarpeiden vuoksi halutaan löytää ratkaisuvaihtoehtoja, joita voidaan tarvittaessa tarjota asiakkaille. Esimerkiksi on mahdollista, että asiakas haluaa laajemman varaston suuremmalle tampusyylitelamäärälle tai varasto halutaan sijoittaa lyhyempään tilaan.

1.2 Tutkimuskohteet ja rajaukset

Tampusyylitelavaraston kehittämisessä on muutamia kohtia, joihin pyritään löytämään käyttöön sopiva ratkaisu. Perusratkaisussa tampusyylitelalle on varattu maksimissaan kolme varastopaikkaa. Työssä ei ole haluttu rajata varastopaikkoja kolmeen, vaan pyritään löytämään ratkaisu, jolla varastoa voidaan tarvittaessa laajentaa suuremmalle tampusyylitelamäärälle.

Konseptiratkaisuja vertaillaan kustannusnäkökohtia tarkastelemalla. Kokonaiskustannuksiin pystytään vaikuttamaan varaston pituutta lyhentämällä. Jo metrin lyhennys tehtaan pituudesta riippuen maasta ja rakennuksen mitoista vähentää kokonaiskustannuksia noin 100 000 euroa. Nykyiset varastoratkaisut pääsääntöisesti sijaitsevat paperikoneen märänpään puolella, joka käsittelee paperikoneen alkuosan. Tavoitteena on sijoittaa varasto siten, että sillä saataisiin toiminnallista tai kustannushyötyä. Tärkeänä asiana huomioidaan myös turvallisuusnäkökohdat.

Kovin tarkka suunnittelutyö ei tässä työssä ole mahdollista. Työn tarkoituksena on vain löytää konseptitason ratkaisuvaihtoehtoja. Eri vaihtoehtojen kohdalla mietitään konseptitasoisesti varaston sijaintia, tampusuriteloiden lukumäärää, tampusuriteloiden käsittelyä ja siihen tarvittavia toimilaitteita. Mallinnus toteutetaan Catia V5 -ohjelmalla.

2 RULLAIN

Paperia varastoidaan ja kuljetetaan telojen avulla tehtaan sisällä. Tämä prosessi vaatii rullausprosessia paperitehtaassa. Paperikoneen rullausprosessiin kuuluu neljä päävaihetta:

- rainan hallinta ennen rullainta
- kiinnirullaustapahtuma
- vaihtotapahtuma
- valmiin konerullan käsittely aukirullaukseen. [3, s. 220.]

2.1 Kiinnirullaus

Kiinnirullaus on paperitehtaan sisäinen logistiikkaprosessi. Kaikissa tuotantolinjoissa sijaitsee vähintään yksi kiinnirullausprosessi, joissakin tuotantolinjoissa prosesseja voi olla jopa viisi. Kiinnirullauksessa paperikoneelta tuleva paperiraina rullataan tampuuriteloille. Tämä mahdollistaa paperin varastoinnin lyhyeksi aikaa ja paperia voidaan siirrellä tehtaan sisällä. Paperi voidaan varastoida tampuuritelaan muutamaksi tunniksi, tai jopa useaksi päiväksi. Tyypillisesti konerulla siirretään heti rullauksen jälkeen pituusleikkurille, jossa se aukirullataan ja leikataan sopivan levyisiksi ja pituisiksi asiakasrulliksi. [2; 4, s.149.]

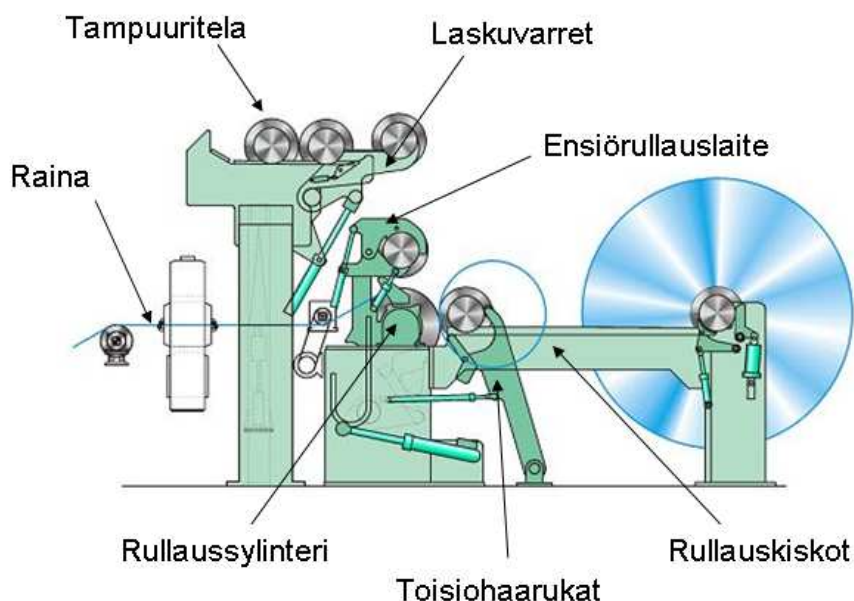
Kiinnirullauksella pyritään maksimoimaan linjan tehokkuus. Kiinnirullaimella paperikoneen jatkuva prosessi katkeaa ja siirrytään jaksoittain tapahtuvaan toimintaan. Tämä pyritään toteuttamaan mahdollisimman korkealla hyötysuhteella. Tällöin pystytään vähentämään materiaalin ja ajan menetyksiä, sekä vaikutusta paperin laatuun. Kiinnirullausprosessin kriittisin vaihe on tampuuritelan vaihto. Prosessiin muodostuu helposti toimintahäiriöitä sekä virheitä paperirataan. Ongelmaan pyritään vaikuttamaan maksimoimalla konerullan halkaisijaa, millä on käänteinen vaikutus vaihtojen lukumäärään. [2; 3, s. 220; 4, s. 150.]

Rullauksessa paperi kelataan tampuuritelan ympäri. Tampuuritela on terästela, ja sen molemmissa päissä on hammaskytkimet pyörittämistä varten. Tela on tyypillisesti päällystetty polyuretaanilla tai kumiseoksella. Kun paperi on rullattu tampuuritelan ympärille, kutsutaan tätä pakettia konerullaksi. Täysi konerulla voi painaa 20 tonnista 140 tonniin ja sen halkaisija vaihtelee 2 metristä 5 metriin. Konerullan halkaisijan kasvaessa joudutaan tampuuritelan

dimensioita kasvattamaan, jotta se kestäisi paperin painon. Tampuuritelan ominaistaipumaan vaikuttavat vaipan leveys ja halkaisija sekä vaipan paksuus. Haitta, mikä tampuuritelan suuremmasta halkaisijasta syntyy, on tampuuritelan massa. Se asettaa vaatimuksia laakeroinnille, kiskoille ja yleisesti rullaimen mekaniikalle sekä kuljetukselle. Painavien konerullien siirtely asettaa vaatimuksia nostovälineille. [3, s. 221; 4, s. 150, 169.]

2.2 Rullaintyytit

Vanhin käytössä olevista rullaintyyteistä on keksijänsä mukaan nimetty Pope-tyyppinen rullain. Yksinkertaisuudessaan se koostuu rullaussylinteristä, ensiö- ja toisiorullauslaitteista sekä rullauskiskoista. Kuvaan 2 on nimetty rullaimen pääkomponentit. Tyhjä tampuuritela kiihdytetään tampuuritelan kiihdyttimellä paperiradan nopeuteen, minkä jälkeen ensiörullauslaitteella tampuuritela ajetaan rullaussylinteriä vasten. Rullaussylinterin ja paperin välisen nipin avulla muodostuva konerulla saadaan pyörimään. Ensiörullauslaitteet siirtyvät alemmaksi rullaussylinterin pinnalla, jolloin toisiorullauslaitteiden tehtävä on varmistaa riittävä paine rullaussylinterin ja kelautuvan konerullan välillä. Kun konerulla alkaa saada täyden halkaisijan, tyhjä tampuuritela tuodaan ensiörullaukseen. Kun vaihto on tapahtunut, täysi konerulla ajetaan rullaussylinteristä poispäin. Tampuuritelalle ei välitetä momenttia rullauksen aikana. Ainoastaan rullaussylinteri on varustettu käyttömootorilla. Tämän tyyppinen rullain on riittävä, kun rullaustekniikalta ei vaadita paljon. Se on yksinkertainen ja varmatoiminen. [3, s. 227; 4, s. 160.]



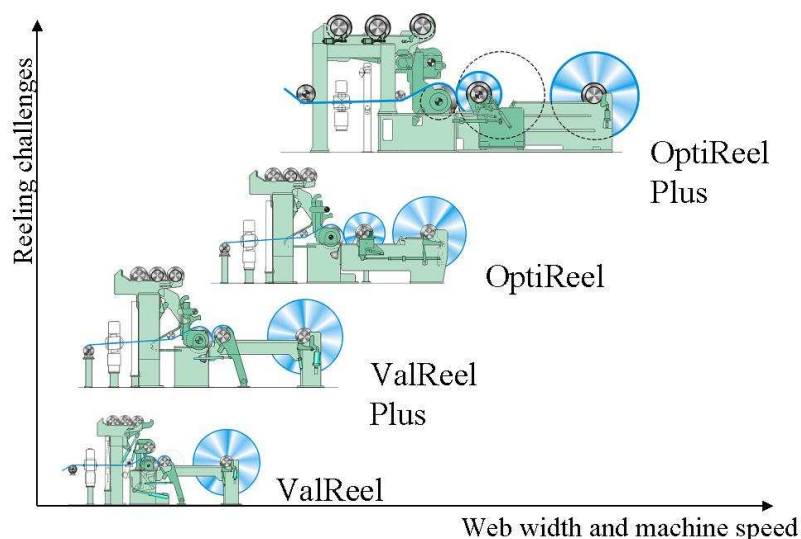
Kuva 2. Rullaimen sivulayout [2]

Niin sanotut toisen sukupolven rullaimet saattavat muistuttaa ulkonäöllisesti Pope-tyyppistä rullainta. Tampuuritelavarastosta laskuvarrien avulla tampuuritela lasketaan ensiörollauslaitteeseen. Pääasiallisena erona Pope-tyyppiseen rullaimen verrattuna, tämäntyyppisessä rullaimessa sekä rullaussylinteriä että tampuuritelaa käytetään omilla käytöillä. Tämä mahdollistaa suurempien konerullien valmistamisen, sillä konerullan rakenne muuttuu paremmaksi kuin pelkällä pintavedolla. Keskiökäyttö mahdollistaa kiristysmomentin käytön eli vaikutetaan paperirainan kireyteen. Tämä vaikuttaa suoraan konerullan rakenteeseen. Rullaimen rakenne muuttuu kylläkin huomattavasti monimutkaisemmaksi. Sähkökäyttöjen määrä kasvaa, ja liikkeen ja rullausparametrien säädön hallinta on vaativampaa.

[3, s. 227; 4, s.160 - 163.]

Rullainmallit

Eri paperi- ja kartonkilaadut asettavat omat vaatimuksensa rullaustekniikalle. Maksimi tuottavuuden ja tehokkuuden saavuttaminen edellyttää optimointia muun muassa rullaimen ja yleisesti jälkikäsittelyn osalta. Metson rullainperheestä löytyy ratkaisuja vastaamaan eri rataleveyyksiä ja konerullahalkaisijoita. Kuvassa 3 on esitetty Metson rullainperhe jaettuna rullaushaasteiden, rataleveyden ja konenopeuden suhteen.



Kuva 3. Metson rullainperhe [2]

OptiReel Plus on keskiökäyttöinen rullain. Keskiörullaimessa rullaa käytetään sen keskiöstä eikä vain rullan pinnasta kuten Pope-tyyppisessä rullaimessa. Se on suunniteltu leveille ja nopeille tuotantolinjoille. Viivakuorma, ratakiireys ja kehävoima voidaan optimoida kaikille paperi- ja kartonkilaaduille. *OptiReel* on myös keskiörullain. Se on suunniteltu keskikokoisille tuotantolinjoille. Molemmilla rullainmalleilla voidaan ajaa haasteellisia laatuja esimerkiksi hyvin sileätä ja kiiltävää paperia. Kuvassa 4 on *OptiReel Plus* -mallinen rullain. [5.]



Kuva 4. *OptiReel Plus* -mallinen rullain [2]

ValReel on perinteinen Pope-rullain. Se on varmatoiminen sekä sitä voidaan käyttää tuotantolinjoissa, joissa leveys ja nopeus ovat maltillisemmat kuin *OptiReelia* käytettäessä. *ValReel Plus* on myös Pope-rullain, joka voidaan päivittää *OptiReeliksi*. Kuvassa 5 on esitetty *ValReel*-mallinen rullain. [5.]



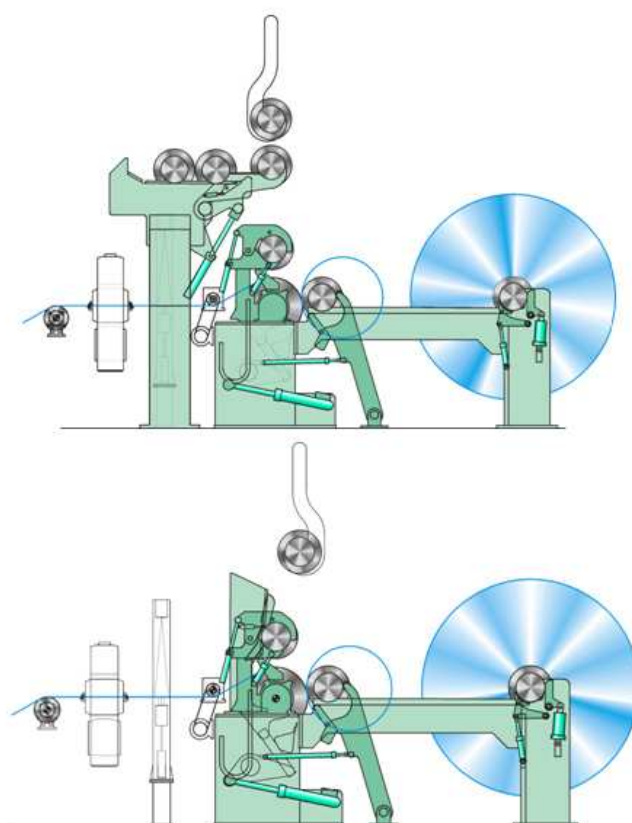
Kuva 5. *ValReel*-mallinen rullain [2]

Asiakastarpeista lähtöisin oleva suuntaus on tuottaa suuria konerullia nopeissa tuotantolinjoissa. Rullaimet on suunniteltava haastaviin rullausolosuhteisiin, kun halutaan tuottaa korkealla hyötysuhteella laadukkaita konerullia. Rullaimen maksiminopeus halutaan nostaa 2500 m/min:iin ja konerullan maksimimassa halutaan nostaa 200 tonniin, kun taas *OptiReel Plus* -mallin maksimi konerullan massa on 140 tonnia.

2.3 Tampuuritelavarasto

Tampuuritelavaraston tarkoitus on varastoida tyhjiä tampuuriteloja, mistä tarvittavien toimilaitteiden avulla teloja siirretään kohti rullausprosessia. Varastossa on tyypillisesti varastopaikat kolmelle tampuuritelalle. Tyhjä tampuuritela lasketaan nosturilla varastoon, jossa pneumaattisten tai hydraulisten pysäyttimien avulla rajataan varastopaikat. Tämä pysäytin päästää tampuuritelan siirtymään painovoiman vaikutuksella seuraavalle varastopaikalle. Yleensä varasto sijaitsee rullaustasoa ylempänä, joten tampuuritelat laskeaan hydrauliikkasyylintereillä varustettujen laskuvarsien avulla ensiörollaukseen. [4, s. 169.]

Kuvassa 6 on *Val/Reel*-mallinen rullain. Ylempänä kuvassa olevassa rullaimessa on kolmipaikkainen varasto. Alempana kuvassa on esitetty rullain ilman tampuuritelavarastoa. Siinä tampuuritela lasketaan nosturilla suoraan ensiörollaukseen.



Kuva 6. Rullain varustettu varastolla ja ilman [2]

Nykyiset perusvarastoratkaisut muistuttavat hyvin paljon toisiaan rullainmallista riippumatta. Niissä on rullaustasoa ylempänä sijaitseva varasto. Uusi varasto on selvästi erilainen verrattuna edellisiin, koska varastointi ja rullausprosessi tapahtuvat samassa tasossa. Erillistä varastorakennelmaa ei tarvita. Tampuuritela tuodaan rullaimen alkupäähän ja se etenee samojen kiskojen varassa aina valmiiseen konerullaan asti. Varastoratkaisu on yksinkertainen, mutta erilaisten asiakastarpeiden vuoksi halutaan löytää asiakkaalle sopivin ratkaisu.

3 TUOTEKEHITYSTOIMINTA

Tuotekehitystoiminta on asiakastarpeista lähtevä prosessi. Ympäristön vaatimukset synnyttävät kehitysideoita uusiksi tuotteiksi tai tuoteparannuksiksi. Ideoiden kannattavuus selvitetään tutkimuksilla. Jos projektin käynnistäminen tuntuu tutkimuksen valossa järkevältä ja yritykseltä löytyy hankkeeseen resursseja, käynnistetään varsinainen tuotekehitysprojekti. [6, s. 25 - 26.]

Tuotekehitystoiminta on markkinoinnin, tuotekehityksen ja valmistuksen yhteistoimintaa, integroitua tuotekehitystä, jolle yritysjohto ja talous luovat toiminnan edellytykset. Tuotteelle täytyy olla tilaajat, asiakkaat, joiden tarpeisiin tuote on kehitetty. Niinpä yritys kerää jatkuvasti tietoa asiakkailta erityisesti markkinointi yksikön avulla. Yrityksen sisällä voi toisaalta syntyä uusia ideoita olemassa olevien tuotteiden kehittämisestä tai täysin uusista tuotteista. Uusia tuotteita haetaan systemaattisesti muun muassa tutkimustoiminnan avulla. Uuden kehitysprojektin käynnistämiskynnyksen on oltava korkealla. Parhaista ideoista kannattaa käynnistää esitutkimus, jolla pyritään selvittämään, onko tuote teknisesti ja taloudellisesti mahdollinen. [6, s. 26.]

Tuotekehitysprosessin vaiheet

Tuotekehitysprosessi voidaan jakaa neljään eri työvaiheeseen: esitutkimus, luonnostelu, suunnittelujakso sekä tuotannon ja markkinoinnin käynnistäminen. Kuvassa 7 kuvataan tuotekehitysprosessin etenemistä työvaiheiden osalta. [6, s. 26.]



Kuva 7. Tuotekehitysprosessin eteneminen tuotekehityksen osalta [6, s. 26]

Esitutkimuksen suoritustapa ja laajuus vaihtelevat. Sen tavoitteena on tuotekonseptin selvittäminen, tuotteen spesifiointi ja riskien kartoitus tai vähentäminen, tuotantomahdollisuuksien selvittäminen, liiketoimintaedellytysten kartoittaminen sekä uutuustutkimuksen (teollisuus oikeudet) suorittaminen. Jos esitutkimus tuo positiivisia tuloksia, tuotteesta tehdään tuotesuunnitelma päätöksenteon pohjaksi. Tuotesuunnitelma on lyhyt kuvaus tuotteesta. Siinä pyritään myös kuvaamaan liiketoimintaa koskevat asiat. Tuotekehitysprosessi käynnistetään sellaisen tuotteen osalta, mikä antaa yritykselle parhaan taloudellisen tuloksen. [6, s. 28 - 29.]

Luonnosteluvaiheessa ideoidaan periaateratkaisuja, joilla tuote voitaisiin toteuttaa. Valitaan myös tavat, joiden mukaan tuotekehitystyötä lähdetään viemään eteenpäin. Tuotekehityksen edetessä rakennetaan suunnitelmien pohjalta prototyyppi, joka testataan. Testien pohjalta tuotetta edelleen kehitetään ja jatketaan testausta. [6, s. 29.]

Suunnitteluvaiheessa viimeistellään tuotteen yksityiskohtia ja dokumentointia, esimerkiksi piirustuksia ja osaluetteloita. Tuotantokelpoisuus, työvaiheistukset ja tuotantokustannukset tarkistetaan. [6, s. 30.]

Tuotannon ja markkinoinnin käynnistämisessä markkinointi esittelee tuotteen asiakkaille, myynnit ja myynnin seuranta sekä huoltotoiminnot käynnistyvät. Tuotekehitys osallistuu kouluttajana koulutustilaisuuksiin ja antaa teknistä tukea tarvittaessa. Tuotanto ottaa vastaan tuotedokumentit ja viimeistelee tuotantoon liittyviä asioita. Tuotanto myös määrittää valmistuskustannukset. Taloushallinnot seuraavat myynnin kehitystä ja investointeja sekä arvioivat tulevaa liiketoimintaa. [6, s. 31.]

Tässä työssä keskitytään tuotekehitysprosessin esitutkimus- ja luonnosteluvaiheisiin. Esitutkimuksen osalta selvitetään käytössä olevat varastoratkaisut ja tutkitaan, löytyykö ratkaisumalleja, joita voitaisiin hyödyntää tuotekehityksessä. Varastoratkaisuvaihtoehtoja etsitään myös patenttitietokannoista. Esitutkimuksen suoritustapa ja laajuus vaihtelevat kuten tuotekehitysteoriassa on esitetty. Työssä ei muun muassa kartoiteta riskejä tai selvitetä niiden vähentämismahdollisuuksia.

Luonnosteluvaiheessa luodaan periaateratkaisuja. Periaateratkaisut ovat suuntaa antavia ja työssä pyritään luomaan vaihtoehtoja, joita tarvittaessa voidaan verrata toisiinsa ja sitä kautta päätyä parhaiten asiakastarpeita vastaavaan ratkaisuun. Tuotekehityksen suunnitelmien pohjalta rakennetaan 3D-prototyyppi Catia-ohjelmalla. Suunnitteluohjelmalla ratkaisumallia testataan ja edelleen kehitetään.

4 TAMPUURITELAVARASTON RATKAISUT

Tuotekehitysprosessin kannalta on tärkeää selvittää olemassa olevat varastoratkaisut. Näitä varastomalleja käytetään tässä työssä esimerkkeinä ja suuntaa antavina pohdittaessa, millainen varasto olisi sopiva vaihtoehto erilaisille asiakastarpeille. Varastomalleja etsitään projekteista, jotka ovat poikkeet peruskonseptista, sekä tutkitaan patenttitietokantoja.

4.1 Esimerkkiprojektit

Nykyiset perusvarastoratkaisut muistuttavat hyvin paljon toisiaan rullainmallista riippumatta. Niissä on rullaussylinterin rullaustasoa ylempänä sijaitseva varasto. Metso on toimittanut vanhoille rullainmalleille muutamia varastoja, jotka poikkeavat perusratkaisuista. Esimerkkejä tällaisista varastoista ovat käännetty varasto, rebuild-case sekä in-line-varasto.

Käännetyllä varastolla tarkoitetaan sitä, että tyhjat tampuuritelat tuodaan ensiöruullaukseen pituusleikkurin puolelta, rullaimen yläpuolelta. Varasto ei ole aivan samannäköinen eli sitä ei ole vain käännetty toisin päin. Siinä laskuvarsille on oma tolppa, joka sijaitsee märänpään puolella. Laskuvarsi hakee tampuuritelan ylhäältä varastosta ja luovuttaa sen ensiöruullaukseen.

Rebuild-case tapauksissa tampuuritelavarasto sijaitsee rullaimen yläpuolella, jolloin koneen tilantarve ei ole ollut yhtä kriittinen kuin käännetyn varaston kohdalla. Varastoratkaisu muistuttaa perusratkaisua, se on vain käännetty rullaimen yläpuolelle. Tämän esimerkin pohjalta mietittäväksi tulee, miten uusi vaakasuuntainen varasto voidaan kutistaa lyhyempään tilaan.

In-line-varastossa tampuuritelat kuljetetaan pituusleikkurilta rullaimen yläpuolella sijaitsevaa kiskoa pitkin takaisin kiinnirullaukseen. Varastosta tulee hyvin leveä rakennelma, koska kiskot täytyy tukea tietyn välein rullaimen alueelta. Tuntojen on näin oltava leveämpiä kuin tampuuritela.

4.2 Patentoidut ratkaisut

Teollisoikeudellisia suojamuotoja säätelevät monenlaiset lait ja asetukset sekä viralliset määräykset, jotka eri maissa poikkeavat hieman toisistaan. Teollisoikeudellisten suojamuotojen tavoitteena on suojata keksintöjä, esimerkiksi yrityksen tuotekehityksen tuloksena syntyneitä tuotteita, ja estää kilpailevia yrityksiä kopioimasta niitä. Patentti on kiello-oikeus. Patenttilaissa patentin haltijalla on oikeus kieltää patenttinsa mukainen ammattimainen hyväksikäyttö. Ammattimainen hyväksikäyttö käsittää muun muassa tuotteen valmistuksen, myynnin, käytön tai maahantuonnin. Patentti on voimassa rajoitetun ajan, yleensä korkeintaan 20 vuotta. [6, s.103; 7.]

Seuraavassa luetellaan aiheeseen liittyviä patentoituja ratkaisuja ja suojauksia. Tarkoituksena on selvittää, onko olemassa sellaisia suojauksia, joita voidaan tai ei voida käyttää hyväksi. Toisaalta työn tuloksena voi syntyä ratkaisuja, jotka koetaan uusiksi ja selvästi hyödyllisiksi. Ratkaisuista tällöin voidaan tehdä keksintöilmoitus ja niille voidaan hakea patenttia.

Ensimmäisessä ratkaisutarkastelussa varasto sijaitsee märänpään puolella ja se muistuttaa hyvin paljon perusvarastoratkaisua, jota on kuvattu aikaisemmin kappaleessa 2.3. Erona perusratkaisuun verrattuna on kalanterin sijoitus. Kalanteri on sijoitettu varaston alle. Tällä saadaan tehdaspituutta lyhennettyä ja ratkaisusta saadaan taloudellista hyötyä. Liitteen 1 kuvassa 1B on esitetty tämäntyyppinen ratkaisu. [8.]

Seuraava varastoratkaisu puolestaan muistuttaa uutta varastoa, missä tampuuritela ja valmis konerulla kulkevat samassa tasossa olevien kiskojen varassa. Liitteessä 2 on esitetty kuvia, jotka kuvaavat hyvin varaston ideaa. [9.]

Seuraava patenttiratkaisu muistuttaa in-line-varastoa. Varastointipaikat sijaitsevat rullaimen yläpuolella sijaitsevassa kiskossa. Pituusleikkurilta palautuvat tyhjät tampuuritelat palautetaan kiskon alkupäähän ja kiskon kaltevuudella saadaan tampuuritelat vierimään toiseen pätyyn, josta ne vipuvarsi-ratkaisun avulla lasketaan kiinnirullaukseen. Varastossa on kahdet päällekkäiset kiskot. Nämä mahdollistavat kahden erikokoisen tampuuritelan käytön. Samalla rullaimella voidaan ajaa eri laatuista paperia. On myös mahdollista, että eri konerullat voivat mennä erilaiseen jatkokäsittelyyn. Tämä voi

vaikuttaa tampuuritelan kokoon tai päällysteeseen. Liitteessä 3 on kuva tästä varastoratkaisusta. [10.]

Patenttiratkaisuista löytyy myös täysin pystysuora varasto, joka on esitetty liitteessä 4. Tampuuritela on kahden kiskon välissä ja ne varastoidaan eräänlaisen mekaanisen stopparin varaan. Toista kiskoa pitkin kulkee kelkka, joka siirtää tampuuritelaa seuraavaan varastopaikkaan. Huomioitavaa on, että tampuuritelat varastopaikoissaan ja rullaussylinteri sijaitsevat samalla suoralla. [11.]

Liitteessä 5 on esitetty ratkaisu, joka muistuttaa käännettyä varastoa. Varasto sijaitsee pituusleikkurien puolella ja vaakasuuntaisella osuudella sijaitsevat varastopaikat käännetyin tavoin. Kyseisessä ratkaisussa käytetään hyväksi kaltevaa kiskoa, jonka varassa tampuuritela lasketaan ensiörollaukseen. Tampuuritelan syöttöä vaimennetaan vipuvarrella, joka on todennäköisesti varustettu hydraulisella sylinterillä. Liitteen 5 kuvassa numeroinnit 35 ja 44 kuvaavat näitä osia. Kaltevan osuuden jälkeen ensiörollauksen leuat ottavat telasta kiinni ja kiinnirullaus voi alkaa.

4.3 Varastoratkaisujen hyödyntäminen

Patentoiduista varastoratkaisuista yksi muistuttaa uutta varastoa, jossa tampuuritelavarasto sijaitsee rullaustasolla. Moni muistuttaa myös käännettyä tai in-line-varastoa. Varastointikapasiteettia pystytään näillä ratkaisuilla kasvattamaan, koska varaston sijainti rullaimen yläpuolella mahdollistaa varastopaikkojen lisäyksen. Varaston pidentäminen ei vaikuta tehdasrakennuksen pituuteen. Ratkaisuja voidaan hyödyntää projekteissa, joissa tampuuritelojen palautus halutaan toteuttaa suoraan pituusleikkurilta. Rajoittava tekijä näiden ratkaisujen soveltamisessa on tilanpuute. Käännettyä tai in-line-varastoa ei voida soveltaa tapauksissa, joissa rullaimen yläpuolella ei ole ylimääräistä tilaa. Varsinkin in-line-varastosta tulee helposti hyvin massiivisia, kun varasto täytyy tukea tietyn välein rullaimen pituudelta ja rakennelmasta tulee leveämpi kuin rullain.

Käsitellyistä varastoratkaisuista vertikaalinen varastomalli on ainut, joka täyttäisi alussa määritetyt tavoitteet. Tampuuritelakapasiteettia pystytään lisäämään kustannustehokkaasti eli tehdaspituuteen ei tule tampuuritelan halkaisijan mittaista lisäystä aina, kun varastopaikkoja lisätään. Tämän varastovaihtoehdon ongelmakohta on se, kun tampuuritela pitää tukea pelkästään mekaanisilla ratkaisuilla. Tällaisen ratkaisun löytäminen saattaa olla hankalaa.

Vertikaalisen varaston varastointipaikat sijaitsevat rullaussylinteriin nähden samalla suoralla. Tämä asettaa vaatimuksia varaston turvallisuudelle. Tampuuritelojen varastointi on mahdollista toteuttaa mekaanisten stoppareiden varaan ja kuljetuskelkka noutaa tampuuritelan, jolloin stoppari päästää tampuuritelan kelkan varaan. Varastoon täytyy suunnitella lukituslaitteita, joilla varmistetaan, että tampuuritela ei missään tilanteessa pääse liikkumaan pois varastopaikaltaan. Kuljetuskelkan toteutus on yksinkertaisempi. Varaston kiskoihin voidaan lisätä erilliset hammaskiskot ja sähköinen käyttö itse kuljetuskelkkaan.

Ongelmaksi muodostuu aina painovoima, kun varastointia halutaan toteuttaa hyödyntämällä vertikaalista suuntaa. Vertikaalisessa varastoratkaisussa ongelma vielä korostuu, kun tampuuritelaa ei saada kannatettua varaston rungolla. Kannattelu täytyy pelkästään toteuttaa erilaisilla lukituslaitteilla. Syy, minkä takia tällaista varastoratkaisuja ei lähdetä jatkokehittämään, on juuri tämä ongelma. Varaston toiminnasta tulee hyvin monimutkainen ja sitä kautta myös kallis.

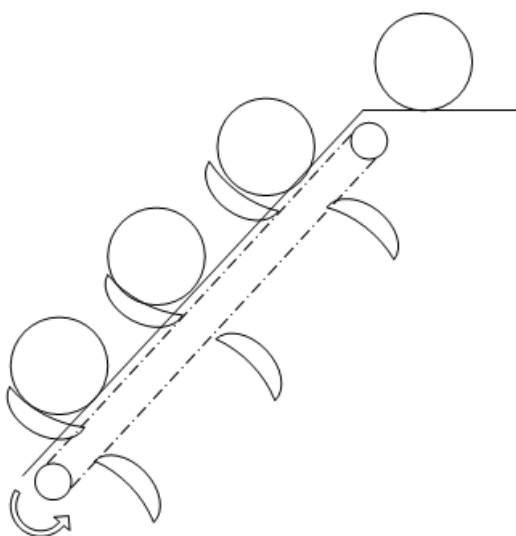
5 LUONNOSTELU

Ensin pohdittiin, miten nykyinen vaakasuuntainen varasto saadaan korvattua lyhyempään tilaan mahtuvalla varastolla. Varastointikapasiteetti tulisi kasvattaa nykyisestä kolmesta neljään tai jopa viiteen.

5.1 Erityyppisiä varastoratkaisuja

Seuraavassa luetellaan pari varastoratkaisuvaihtoehtoa. Vaihtoehdoista ei tehty 3D-malleja eikä niitä lähdetty jatkokehittämään. Kummastakin vaihtoehdosta muodostuu monimutkaisia ja kustannuskysymykset tulevat esiin valmistuksen sekä käytön osalta.

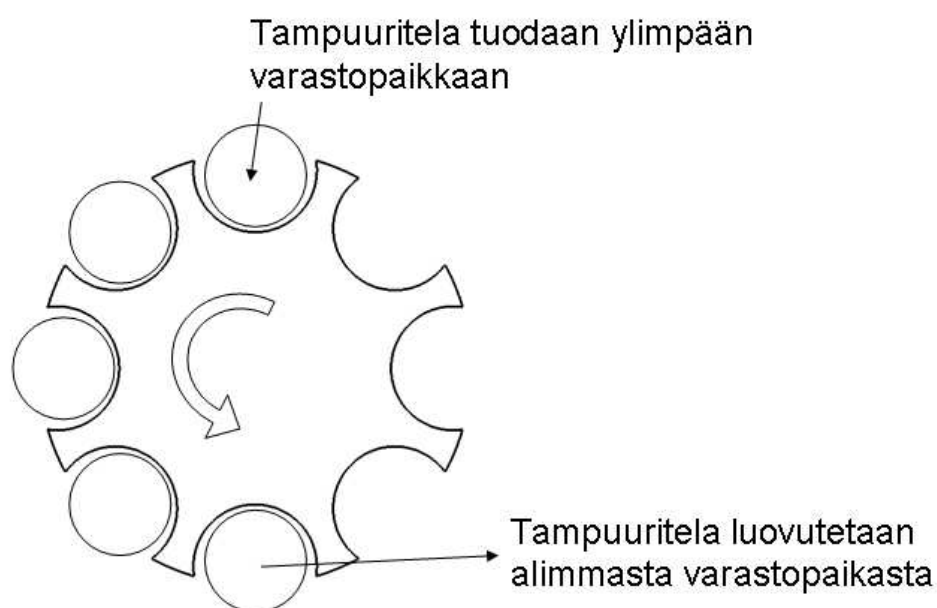
Eräs vaihtoehto on toteuttaa liike kuvan 8 mukaisesti ketjua hyödyntäen. Varaston ylätasolle lasketaan tampuuritela ja vinopintaa pitkin tela kuljetaan alas rullaukseen. Ketju on varustettu koukuilla, joiden avulla tela kuljetetaan alas ja se pyörii kahden hammaspyörän varassa ympäri. Varastointimäärää pystytään kasvattamaan, kun kalteva osuus varastosta käytetään hyväksi. Periaatteessa varastoon voidaan varastoida niin monta tampuuritelaa kuin on kuljetukseen tarvittavia koukkuja vinopinnalla. Liike pystytään toteuttamaan painovoiman ansiosta, toimilaitteilla toteutetaan vain tampuuritelojen jarrutus. Toimilaitteiksi tulevat ketju sekä jarrutukseen tarvittavat laitteet. Ketju pitää mitoittaa kuormituksen ja kestoiän mukaan.



Kuva 8. Varaston toteutus ketjulla

Ketjulla toteutettavan ratkaisun periaate on yksinkertainen. Yksinkertaisuus häviää, kun joudutaan miettimään, kuinka tampouritelojen liike saadaan pysäytettyä ketjun katketessa. Koukut voidaan suunnitella niin, että ne eivät ole pelkästään kiinnitettyinä ketjuun, vaan myös varaston runkoon. Tällöin ketjun katketessa runkoon kiinnitys pysäyttää liikkeen.

Kuvassa 9 on esitetty revolverin kaltainen ratkaisu. Yksinkertaisuudessaan varasto on pyöreä kasettimainen rakenne, mihin tampouriteloille on tehty kolot, jotka toimivat varastopaikkoina. Tampuuritela lasketaan nosturilla ylimpään varastopaikkaan. Painovoiman vaikutuksesta revolveri pyörii, jolloin seuraava tyhjä varastopaikka on päällimmäisenä. Tampuuritelojen luovutus puolestaan tapahtuu revolverin alimmaisesta varastopaikasta, josta tela syötetään vaakasuuntaiselle kiskolle ja kohti rullausta. Ratkaisulla pystytään tilasäästöihin, kun varastointimäärää voidaan kasvattaa. Toimilaitteita tarvitaan tässäkin versiossa ainoastaan jarrutukseen. Jokaiseen varastopaikkaan luultavasti pitää suunnitella mekaaninen laite, joka lukitsee tampouritelan sekä syöttää sen luovutuksessa vaakasuuntaiselle kiskolle.



Kuva 9. Revolveri-toteutus

Ratkaisussa pystytään hyödyntämään painovoimaa, joka saa revolverin pyörähtämään. Toimilaiteratkaisuista saattaa muodostua kalliit. Sähkökäytöltä vaaditaan paljon, kun sen täytyy hallitusti päästää revolveri pyörähtämään tapauksessa, jossa varastointimäärä on viisi ja yksi tampuuritela voi painaa 20 tonnia. Tässäkin ratkaisuvaihtoehdossa pitää miettiä mahdolliset toimintahäiriöt. Revolverin vapaa pyörähtäminen on estettävä sähkökatkon yhteydessä.

5.2 Vinopinnan hyödyntäminen varastoinnissa

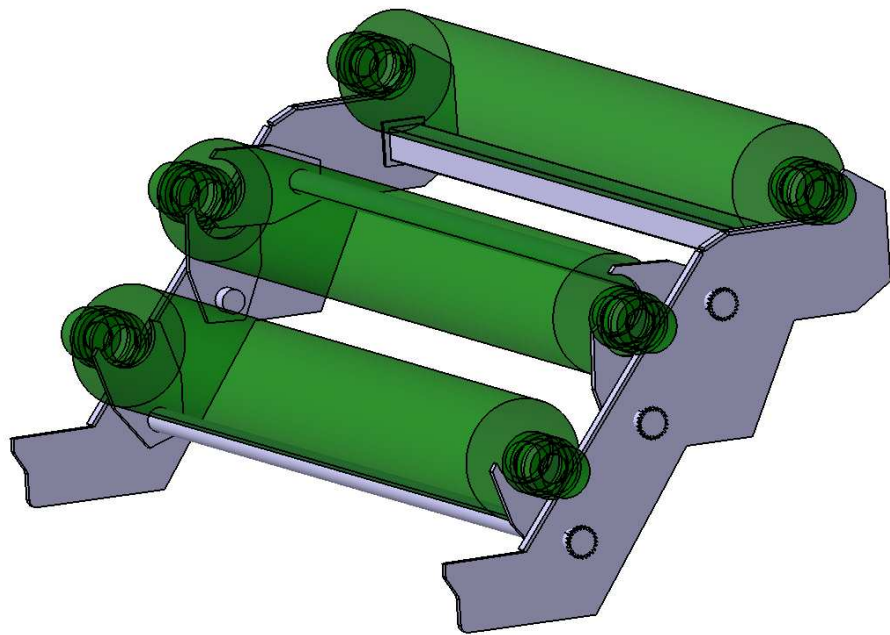
Vaihtoehtona vaakasuuntainen varasto sijaitsee nykyisten ratkaisujen tavoin rullaustasoa ylempänä, josta tampuuritela lasketaan suoraa tai vinopintaa pitkin alas. Mahdollisesti varasto voi olla täysin pystysuora, jolloin syöttö tapahtuu ylhäältä alas tai alhaalta ylös. Tällöin varastopaikat sijaitsevat pystysuoralla pinnalla. Tämän tyyppinen ratkaisu löytyi patentoiduista ratkaisuista.

Seuraavassa lähdetään kehittämään ajatusta, jossa tampuuritela laskeaan vinopintaa pitkin alas. Tätä varastovaihtoehtoa halutaan tarkastella lisää vaihtoehtona nykyvarastolle. Vertikaalisen varaston ongelma on, että tampuuritelan paino joudutaan tukemaan pelkästään toimilaitteilla. Vinopinnan käyttö varastoinnissa antaa sen hyödyn, että tampuuritelan paino saadaan tuettua osaksi kiskoilla eikä pelkästään toimilaitteilla.

Tampuuritela lasketaan nosturilla varaston ylätasolle, josta se syötetään vinopintaa pitkin alas kohti rullausta. Vinopinnalle voidaan sijoittaa useita varastopaikkoja. Tämä mahdollistaa suuremman tampuuritelamäärän ja varaston pituuden vaikutus rakennuksen kokonaiskustannuksiin pienenee. Telojen käsittelyssä tulee mietittäväksi toimilaitteet, joilla voidaan taata liikkeen tasaisuus ja turvallisuus koko syötön ajan. Rakennetarkastelussa huomioidaan myös tampuuritelan liike ja erityisesti liikkeen hallittavuus. Tällä tarkoitetaan sitä, että tampuuritelan massa on suuri ja telaa ei voi päästää vierimään suurella nopeudella, jolloin sen hallittavuus vähenee merkittävästi. Pyörivän kappaleen liike-energia kasvaa nopeasti. Varastoratkaisuissa tuskin tulee vastaan tämän tyyppisiä ongelmia, mutta ne on hyvä tiedostaa. Uudessa varastossa käytettävien tampuuritelojen massa on noin 10 - 25 tonnia ja se on noin 6 - 11 metriä leveä.

5.2.1 Vipurakenne

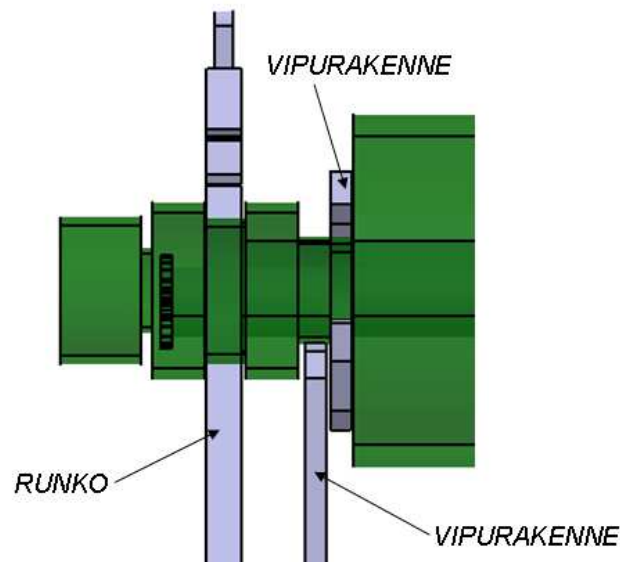
Luonnos pyörivin vivuin varustetusta varastosta on esitetty kuvassa 10. Vinopinnalle on sijoitettu vipurakenteita, joiden tarkoituksena on toimia varas-
topaikkoina tampuuriteloille sekä rakenteellisina ratkaisuinä tampuuritelan
syötössä. Vipurakenne pyörähtää akselinsa ympäri liikuttamalla tampuurite-
laa samalla kohti seuraavaa vipurakennetta, joka kääntyy ottamaan tampuu-
ritelan vastaan. Vastakkaiset vivut voidaan yhdistää tahdistusakseleilla. Jat-
kossa voidaan tarkastella, onko niiden käyttö tarpeellista. Kuvassa 10 ylin ja
alin vipurakenne on yhdistetty tahdistusakselilla.



Kuva 10. Varastossa hyödynnetty vinopintaa sekä vipurakenteita

Vipurakenteen ideana on, että vivut ovat limittäin toisiinsa nähden. Kuvassa
11 on esitetty, miten vipurakenteet asettuvat toisiinsa nähden edestä päin
katsottuna. Vipurakenteet kannattavat tampuuritelaa samasta kohtaa, mistä
niitä liikutellaan nosturilla. Tampuuritelan kaulan nostokohdassa on siirtolait-
teille sopivan kokoinen väli, ja jos vipurakenteet naarmuttavat telaa, eivät
naarmut sijaitse kriittisessä kohdassa. Toisaalta tampuuritelan tärkein alue
pinnanlaadullisesti on vaippa, johon paperi rullataan eli perustellumpi valinta
siirtoon on telan kaula.

Runkojen ainevahvuudet ovat 80 mm:n luokkaa. Vipurakenteet mahtuvat hyvin toimimaan limittäin tällä ainevahvuudella. Varaston runkorakenteet on mallinnettu samalla ainevahvuudella, mikä takaa, että rakenne kestää sille asetetun kuormituksen. Se estää esimerkiksi nurjahdusilmiön, joka voi mahdollisesti esiintyä liian pienillä ainevahvuuksilla.



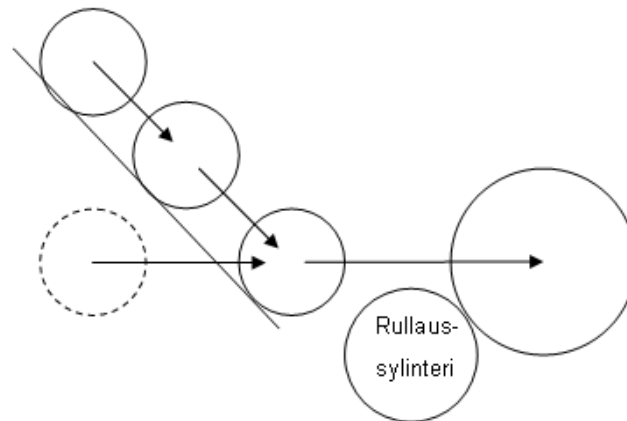
Kuva 11. Vipurakenteet edestäpäin

5.2.2 Layout-mahdollisuuksia

Seuraavassa luetellaan layout-mahdollisuuksia, joihin edellä mainittua vino-varastoa voidaan soveltaa. Varaston kuvataan olevan joko märänpään tai kuivanpään puolella.

Kuvassa 12 on esitetty ensimmäinen layout-mahdollisuus. Siinä varasto sijaitsee märänpään puolella. Normaalitilanteessa tampoiritela lasketaan varaston ylätasen kiskoille, mistä syöttö tapahtuu vinopintaa pitkin alas. Poikkeustapauksissa varastossa on mahdollisuus tuoda tampoiritela varaston ali siirtovaunusta. Poikkeustilannetta on kuvattu kuvassa 12 katkoviivaisella tampoiritelalla.

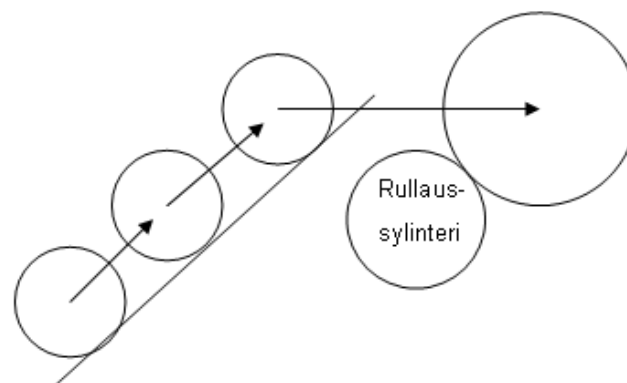
Kuivapää



Kuva 12. Varaston sijainti määränpään puolella ja syöttö ylhäältä alas

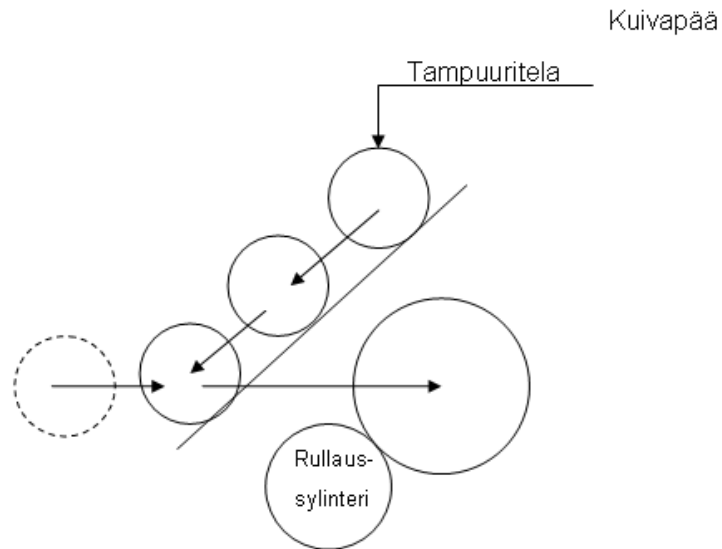
Toisessa layout-mahdollisuudessa varasto sijaitsee myös määränpään puolella, mutta syöttö tapahtuu alhaalta ylös (kuva 13). Tällaisessa layoutissa tampoiritela tuodaan lattiatasoa pitkin lamellikuljettimella, joka on tampoiritelan akselin suuntaisesti kulkeva tampoiritelakuljetin.

Kuivapää



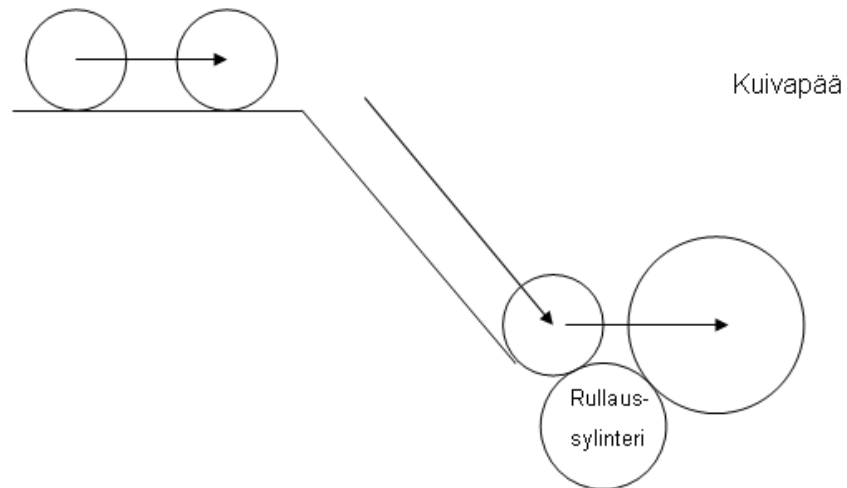
Kuva 13. Varaston sijainti määränpään puolella ja syöttö alhaalta ylös

Kuvassa 14 on esitetty varasto, joka sijaitsee kuivanpään puolella. Tampoiritelavarasto sijaitsee rullaimen yläpuolella ja syöttö tapahtuu ylhäältä alaspäin. Mahdollisuutena myös kuvan 12 mukainen tilanne, jossa tampoiritela voidaan tuoda suoraan kiinnirullaukseen. Kuvassa 14 se on esitetty katkovivaisena tampoiritelana.



Kuva 14. Varaston sijainti kuivanpään puolella, ja syöttö ylhäältä alas

Seuraava varastomalli poikkeaa käsitellyistä malleista. Varastomalli on esitetty sen vuoksi, koska se on käytössä aukirullaimen varastossa. Siinä tampuuritelojen varastopaikat sijaitsevat ylhäällä vaakasuoralla tasolla, josta syöttö tapahtuu suoraa tai vinopintaa pitkin alas. Vinoa pintaa ei käytetä hyväksi tampuuritelojen varastointiin. Kuvassa 15 on esitetty vaihtoehto, jossa tampuuritelat syötetään vinopintaa pitkin alas.



Kuva 15. Varaston kaltevalla osuudella ei ole varastopaikkoja

5.2.3 Ongelma- ja jatkokehittämiskohteet

Varastoa haluttaisiin soveltaa mahdollisesti myös aukirullaimen varastoon. Tällä hetkellä aukirullaimessa käytössä on kaksipaikkainen varasto, jossa eräänlainen kelkka kuljettaa tampusuritelan yksi kerrallaan vinopintaa pitkin alhaalta ylös. Vinoa pintaa ei tässä varastotyyppissä käytetä hyväksi tampusuriteloiden varastointiin. Vinoversion ehdottomana hyötynä on varastopaikkojen sijainti myös vinolla pinnalla. Tällöin saadaan tilasäästöä ja varastoitavien tampusuriteloiden määrää voidaan kasvattaa. Etuna aukirullaimen vinovarastossa on se, että tampusuritelaa ei siirrellä vaan se lepää kuljetuskelkassa koko nostoprosessin ajan. Yksi tarkastelukohde on tampusuritelan syöttö. Jotta varastoa voitaisiin soveltaa aukirullaimen varastoon, syöttö pitää olla mahdollista toteuttaa myös alhaalta ylös samoilla vipurakenteilla ja toimilaitteilla. Liikettä joudutaan miettimään, pyörähtääkö vipurakenne ympäri vai tekeekö se edes-takaisinliikettä. Ensimmäisessä versiossa liikeratoja ei sen tarkemmin pohdittu, vipurakenne vain pyörii akselinsa ympäri. Aukirullaimen varastossa on monta mekaanista varmennusta nostoprosessin ajalle kaltevalla osuudella. Tämä on selkeä haitta. Toki ne ovat tarpeellisia, koska niillä taataan turvallisuus ja ylipäänsä liikkeen toteutus, mutta ne tuovat lisäkustannuksia. Voi olla mahdollista, että nostoprosessi voidaan toteuttaa jollakin muulla tavoin.

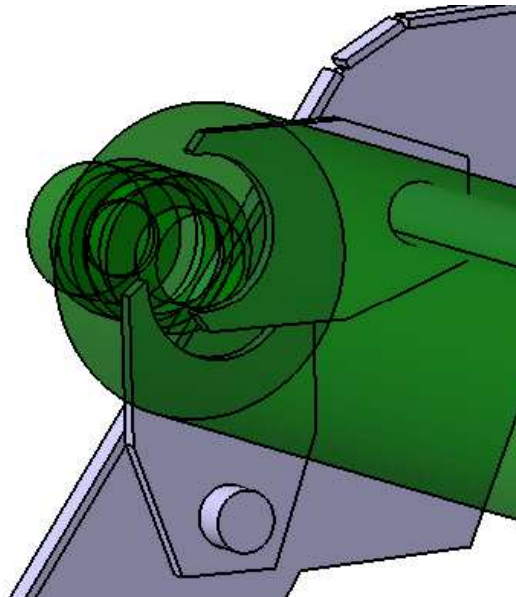
Vipurakenteen ongelmana on vivun geometria. Tällaisella geometrialla vivusta joudutaan suunnittelemaan hyvin järeitä, jotta ne kestävät tampusuritelan painon. Ainevahvuutta ei voida kasvattaa. Pientä liikumavaraa on, mutta muuttamalla vivun geometriaa ainevahvuus voidaan pitää nykyisissä mitoissa. Hetkellä jolloin vipu on luovuttamassa tampusuritelan seuraavalle vivulle, luovuttavan vivun kärkeen kohdistuu suuri pistekuorma ja tämä on ongelma juuri jännityksien osalta.

Vivun geometria asettaa vaatimuksia myös liikkeen toteutukselle. Ongelma-kohtana liikkeen toteutuksen kannalta voidaan pitää samaa hetkeä, jolloin vipu on luovuttamassa tampusuritelaa seuraavalle vivulle. Tällaisella geometrialla tampusuritelan liike ei ole hallinnassa koko vaihdon ajan. Tampusuritelaa pääsee hallitsemattomasti siirtymään vipuun. Ideaalitilanteessa tampusuritelaa tuetaan vipurakenteilla koko vaihtoprosessin ajan.

Jatkokehittelyssä pitää huomioida turvallisuuskäsitteet. Tällaisenaan varasto on hyvin häiriöaltis. Jos tehtaassa on sähkökatko ja toimilaitteet ovat esimerkiksi sähkömoottoreita tai yleisesti sähköllä käyviä, vivut pyörähtävät alas ja tampuuritelat vierivät rullaimen päälle. Vipurakenteen lisäksi tarvitaan jokin muu varmistin, jolla turvallisuus voidaan taata. On mahdollista, että vipurakenteeseen joudutaan suunnittelemaan erillinen lukituslaite tampuuritelalle. Rakenne pysyisi yksinkertaisena ja edullisena, jos toimilaitteita ja mekaanisia lukituslaitteita ei tarvittaisi. Vaihtoehtona on muokata vinoa pintaa tekemällä siihen eräänlainen porrastasanne tai monttu, johon tampuuritela voidaan varastoida.

5.2.4 Vipurakenteen kehitysvaiheita

Ensimmäisen version vipurakenne on symmetrinen pyörähdysakselinsa nähden. Vipurakenteen ongelma on pistekuormituksen kohdistuminen vivun kärkeen. Kuvasta 16 nähdään, että toinen puoli vivuista pelkästään kannattelee tampuuritelaa. Vipurakennetta jatkokehitetään eteenpäin kyseisestä näkökulmasta.

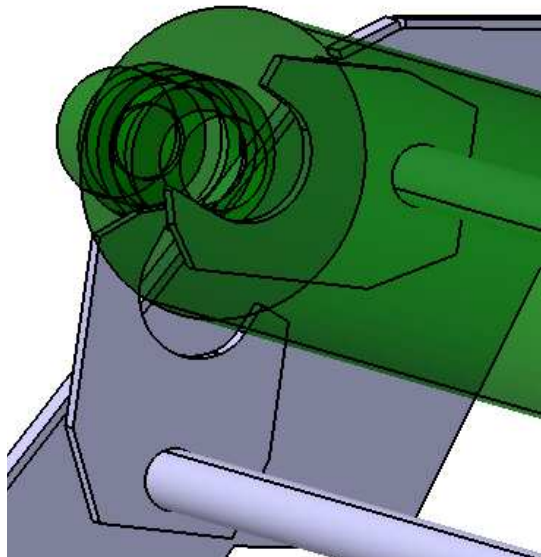


Kuva 16. Ensimmäinen versio vipurakenteesta

Kuvassa 17 vipurakennetta on muokattu pidentämällä vivun kannattelevaa puolta. Tällä pystytään vaikuttamaan kuormituksiin, ja yleisesti rakenteen optimointi on tarpeellista. Vivun symmetrialla ei saada mitään hyötyä, kun rasi-tusta ei kohdistu toiselle puolelle koko liikkeen aikana, ja pidennetyllä vipurakenteella saadaan siihen lisää kantopintaa.

Optimoinnin kannalta vipurakenteesta on hyvä poistaa materiaalia, jolla ei ole selvää funktiota. Vivun kaaren keskipiste sijaitsee yhä symmetria-akselilla. Liikkeen toteutuksen kannalta ongelmakohta on edelleen tampuuritelan luovutus, tampuuritela siirtyy hallitsemattomasti seuraavalle vivulle. Hallittavuutta liikkeeseen saadaan lisää lähentämällä vipurakenteita toisiinsa nähden, mutta vivun geometria ei sovellu tämänkaltaiseen syöttöön. Vivun kaareva muoto aiheuttaa tampuuritelan hallitsemattoman siirtymisen. Seuraavaan versioon vipurakenteita lähennetään toisiinsa nähden, jotta yksi vipurakenne ei pelkästään kannattelisi tampuuritelaa, vaan luovutusvaiheessa alempi rakenne tukisi myös tampuuritelaa. Tampuuritelan käsittely olisi tällöin hallittua ja mahdollisista värähtelyistä ja iskuista päästäisiin eroon tai niitä pystyttäisiin merkittävästi vähentämään.

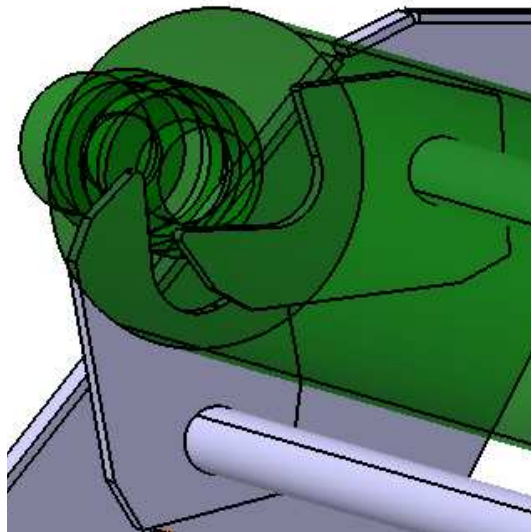
Kuvan 17 ratkaisua vipurakenteeksi ei voida käyttää hyväksi tilanteessa, jossa syöttö toteutetaan alhaalta ylös. Vipurakenteet sijaitsevat liian kaukana toisistaan sekä vivun geometria ei ole paras mahdollinen kyseiseen tilanteeseen. Asian voi nähdä kuvasta 17. Kun yksittäinen vipurakenne on loppuvaiheessa syöttämässä tampuuritelaa seuraavalle vivulle, vipu enemmän painaa telaa kiskoa vasten kuin syöttää sitä eteenpäin. Tämä johtuu vivun kaarevasta muodosta. Vipurakenteita tällaisenaan joudutaan lähentämään reilusti toisiinsa nähden.



Kuva 17. Toinen versio vipurakenteesta

Vipurakenteen geometriaa on muokattava, jotta syöttö pystyttäisiin toteuttamaan molempiin suuntiin. Syötön ollessa ylhäältä alas ongelmaksi muodostui liikkeen hallittavuus. Vipurakenteita joudutaan joka tapauksessa lähentämään toisiinsa nähden, mutta vivun kaareva muoto muodostaa montun, johon tampuuritela hallitsemattomasti pääsee siirtymään. Syötön toteutuksessa alhaalta ylös vivun geometria ei soveltunut siihenkään täydellisesti. Vipurakenne ei työnnä tampuuritelaa pelkästään ylöspäin vaan osaksi myös kiskoa vasten. Geometriasta pitää löytää ratkaisu, jolla molemmat liikesuunnat voidaan toteuttaa.

Vipua on jatkokehitelty (kuva 18) muokkaamalla kaarevia pintoja suoriksi. Jatkokehittelyssä huomattiin, että kaarevasta muodosta ei saada mitään hyötyä. Vertaamalla kuvan 17 ja kuvan 18 vipurakenteita, huomataan rakenteiden erot. Korvaamalla kaarevat pinnat suoriksi, pystytään vipurakennetta yksinkertaistamaan. Edellisien versioiden ongelma tampuuritelan syöttö seuraavalle vivulle on poistettu lähentämällä vipurakenteita toisiinsa nähden, ja kun pinnat ovat suoria, tampuuritela ei pääse hallitsemattomasti liikkumaan kaarevan geometrian muodostamaan monttuun. Tärkeä ajatus kuvan 18 mukaisessa vipurakenteessa on, että vipu ei yksinään kannata koko tampuuritelan painoa, vaan seuraava vipu tukisi tampuuritelaa. Vaihdoissa kummatkin vivut olisivat siis mukana. Vivun kantopuolta on saatu tukevammaksi muokkaamalla juuri kaarevia pintoja suoremiksi, vaikka vivun leveyttä ei ole juurikaan kasvatettu.



Kuva 18. Kolmas versio vipurakenteesta

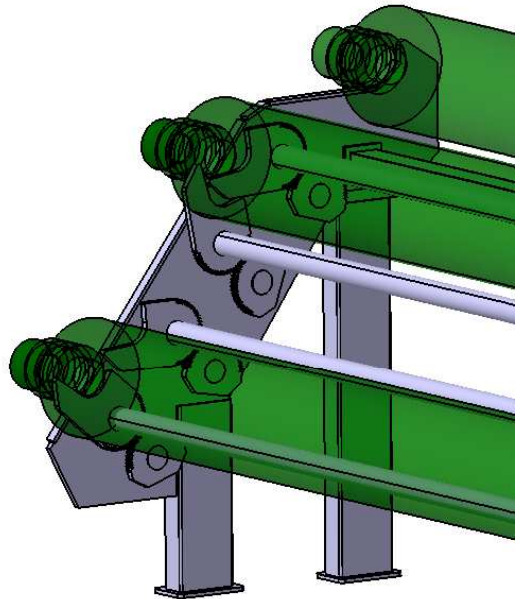
Tampuuritelaa pystytään hyvin tällä versiolla syöttämään ylhäältä alaspäin 360 asteen pyörivin vivuin. Suoraan esimerkiksi kuvan 18 mukaisesta tilanteesta ei tampuuritelaa pystytä syöttämään alhaalta ylöspäin pyörivin vivuin. Kuvan 18 alimmainen vipu törmää tampuuritelaan. Liike alhaalta ylös on mahdollinen, jos vivut tekevät edes-takaisinliikettä. Kulmat voivat kylläkin olla eri riippuen siitä kumpaan suuntaan syötön halutaan olevan. Esimerkiksi kuvan 18 alempi vipu liikkuu pienemmän kulman kuin ylempi vipu, joka työntää tampuuritelaa ylös vaakasuuntaiselle varasto-osuudelle.

5.2.5 Ratkaisuvaihtoehtoja lukituslaitteiksi

Vipujen kehitysprosessin ohella on tullut esille muutama ratkaisuvaihtoehto, jolla tampuuritelojen liikutus voidaan toteuttaa turvallisemmin. Kuvissa 19 ja 20 esitetyt ratkaisuvaihtoehdot ovat suuntaa antavia ja ne ovat karkeita malleja. Kuvien tehtävä on kertoa ajatus toimintaperiaatteesta eikä niinkään lukituslaitteen rakenteesta.

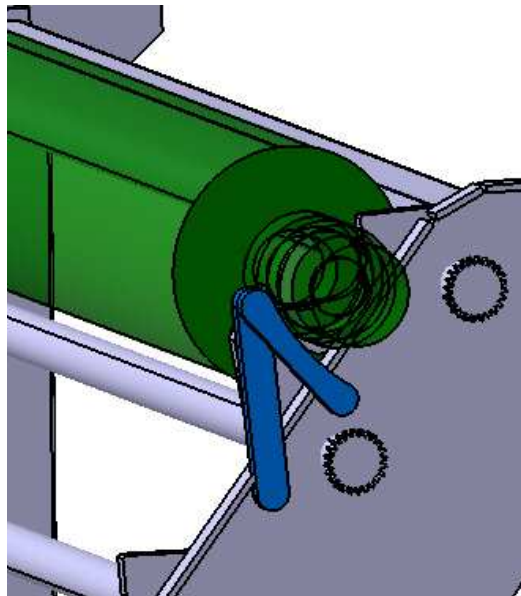
Kuvassa 19 vipurakennetta on muunneltu lisäämällä vastakkaiselle puolelle hammastukset. Vivun alareuna on muotoiltu kaarevaksi ja tälle pinnalle on lisätty hammastukset. Vivun vastinkappale toimii varsinaisena lukituslaitteena. Kuvassa 19 se on esitetty kappaleella, jossa on samanmittainen kaareva pinta hammastuksilla. Toimintaperiaatteena lukituslaite sallisi vivun pyörähtää hampaan kerrallaan, jolloin vivun liike on koko ajan hallinnassa ja mahdollisissa häiriötilanteissa vivut eivät pääse pyörähtämään alas vaan lukituslaite pysäyttää liikkeen.

Vaihtoehto tämän tyyppiselle lukituslaitteelle, voi olla mekaaninen pysäytin. Laitteen mekanismi toimisi vain toiseen suuntaan. Laite myös toimisi vivun hammastuksen mukaisesti, mekanismi sallisi liikkeen yhden hammastuksen kerrallaan. Häiriötilanteissa mekanismi ei päästäisi vipua pyörähtämään.



Kuva 19. Luonnostelu lukituslaitteesta

Seuraava lukituslaite on esitetty kuvassa 20. Tällaista mekaanista lukituslaitetta voidaan soveltaa sijoitettavaksi kiskoille. Laite vaikuttaisi suoraan tampo-uritelaaan eikä edellisten esimerkkien tavoin välillisesti vivun liikkeen rajoituksen kautta. Sijoitus voi olla haasteellista. Tampuuritelaa ei saa päästää liikkeelle tilanteessa, jossa vivusta häviää vääntö ja vivut pyörähtävät alas. Liikkeen pysäytys voi olla hankalaa. Lukituslaitetta voidaan harkita käytettäväksi jonkin muun laitteen ohella, koska yksin sillä ei voida taata turvallisuutta.

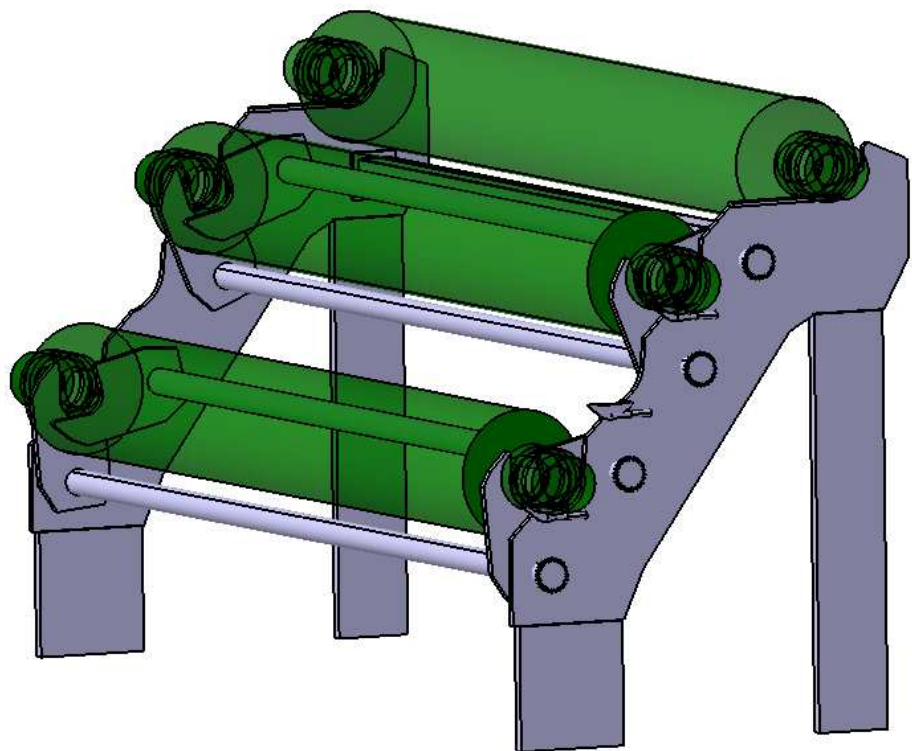


Kuva 20. Luonnostelu mekaanisesta pysäyttimestä

5.3 Tasanteen hyödyntäminen varastoinnissa

Ongelmana edelleen on, että varasto tällaisenaan on hyvin häiriöaltis. Jotta erillistä lukituslaitetta tampuuritelalle ei tarvita, seuraavaan version vinopintaa on muokattu lisäämällä eräänlaisia porrastasanteita. Tasanneratkaisuihin joudutaan ehkä päätymään juuri turvallisuusnäkökohtien johdosta. Tampuuriteloilta on selvät varastopaikat eivätkä ne ole pelkästään vipurakenteiden varassa. Varastointikapasiteettia pystytään tämänkin kaltaisessa ratkaisussa kasvattamaan, kun varastointia toteutetaan hyödyntämällä vertikaalista suuntaa.

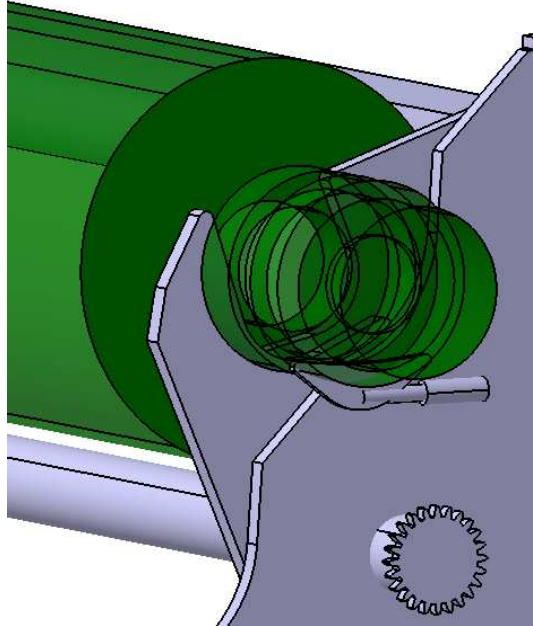
Seuraavassa esitellään tasanneratkaisuja, joissa on käytetty vipurakennetta sekä laskuvarsiperiaatetta. Kuvassa 21 on esitetty varasto tasanteella. Tähän tasanteeseen vipu luovuttaa tampuuritelan, mistä seuraava vipu tulee sen noutamaan. Kuvan 21 varastoon on lisätty pysäytin tasanteen reunaan, mikä estää tampuuritelan luisumisen varastopaikalta.



Kuva 21. Varaston kaltevalle osuudelle on lisätty tasanteet

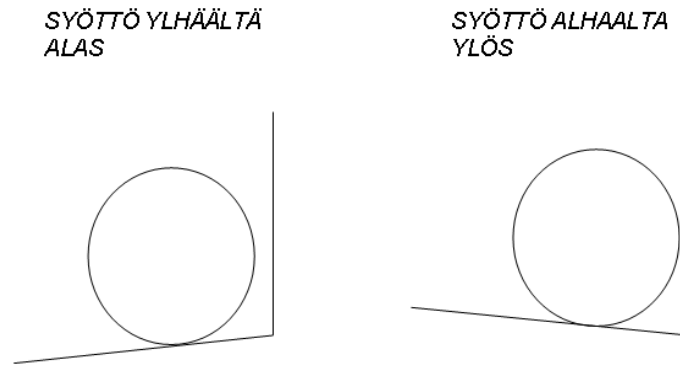
Vivun geometriaa ei ole oleellisesti muutettu vaan se on kuvan 18 mukainen. Kuvan 22 mukaisessa vivun geometriassa tampuuritela pääsee siirron aikana vapaasti luisumaan pois vivusta. Tämän estämiseksi vipurakenteiden etäisyyttä toisiinsa nähden on edelleen vähennetty verrattuna kuvaan 18.

Periaatteessa tämän mallisella vivun geometrialla syöttö voidaan toteuttaa alhaalta ylös ja toisinpäin. Geometriaa pitää vielä optimoida, mutta tällaisella karkealla luonnostelulla sen pitäisi olla mahdollista.



Kuva 22. Tasanne varustettuna pysäyttimellä

Porrastasanne on ratkaisuun muotoiltu kaarevaksi ja alareunalla on lyhyt suora osuus. Tätä suoran osuuden kaltevuutta voitaisiin muokata sen mukaan, mihin suuntaan syötön halutaan olevan. Kuvassa 23 on havainnollistettu, miten tasannetta voitaisiin muokata syötön suunnan mukaan. Jos syöttö toteutetaan ylhäältä alas, tasanteen reuna muokataan alaspäin kaltevaksi. Painovoiman avulla tampuuritela saadaan siirtymään seuraavaan vipurakenteeseen. Tasanteen reunaan sijoitetulla pysäyttimellä on suurempi tehtävä pitää tampuuritela varastopaikallaan. Jos syöttö puolestaan toteutetaan alhaalta ylös, tasanteen reuna muokataan ylöspäin kaltevaksi. Tällöin tasanteen reunaan ei tarvita pysäytintä, koska tasanteen kaltevuus estää tampuuritelan luisumisen varastopaikaltaan.



Kuva 23. Tasanteen kaltevuus syötön eri suunnissa

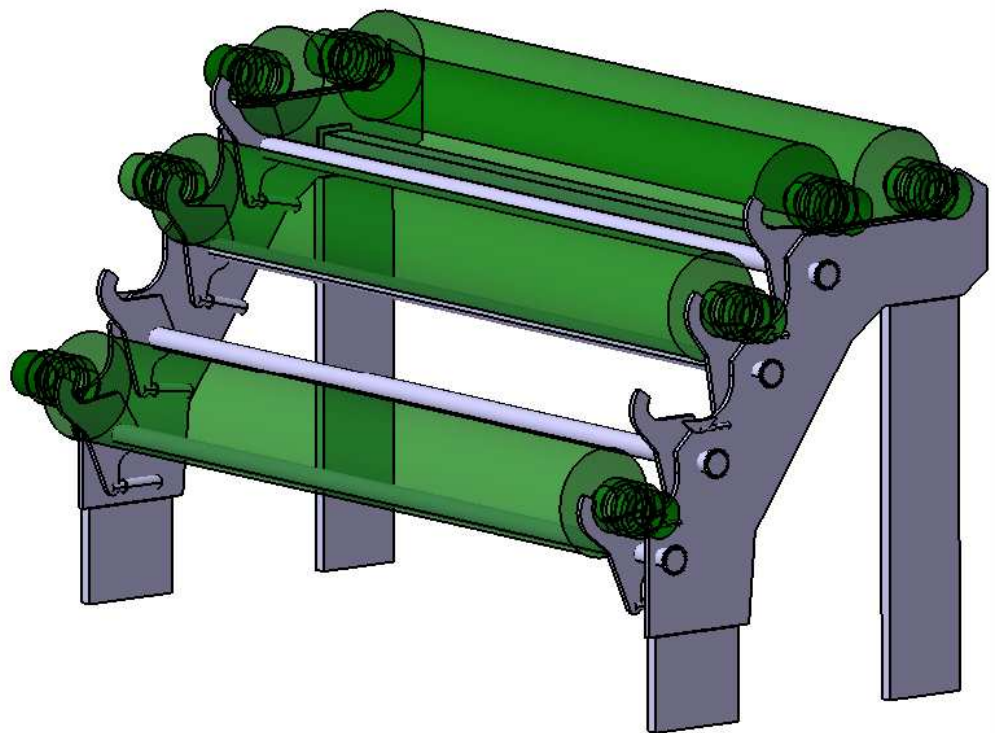
Reunaa voidaan pitää suorana, jolloin vivun kannattelemtoman puolen geometriaa muokataan niin, että sen avulla tampuuritela siirretään varastopaikaltaan. Vipurakenteen geometria on karkeasti 90 asteen kulmassa. Kulmaa voitaisiin esimerkiksi pienentää, jolloin kannattelemtoman puolen avulla tampuuritela saadaan liikkeelle ja siirrettyä varastopaikaltaan.

Tampuuritela on tuettuna koko ajan sekä kiskoon että vipurakenteisiin. Tampuuritelojen liikutus on pyritty toteuttamaan ilman nostoja. Tampuuritelojen syöttö voitaisiin toteuttaa myös niin, että vipurakenne noutaisi telan varastopaikalta nostamalla sen porrastasanteesta.

Vaikka turvallisuusnäkökohtia on paremmin huomioitu kyseisessä ratkaisussa, on se hyvin kallis ratkaisu. Vipurakenteiden käyttö vaatii jarruttavan voiman painovoimaa vastaan sekä suurimmaksi osaksi toimilaitteiden pitää käydä koko ajan. Vastaavasti rakenteessa, jossa syöttö toteutetaan alhaalta ylös, tarvitaan moottori, jolla voitetaan painovoima, ja tampuuritela voidaan syöttää kyseiseen suuntaan. Jokainen vipurakenne tarvitsee oman käytön ja tämä kasvattaa energiakustannuksia.

Kuvassa 24 vivun geometriaa ei ole enää kehitelty vaan varastoratkaisussa käytetään hyväksi nykyisiä käytössä olevan kaltaisia laskuvarsia. Ratkaisussa, joissa laskuvarret ovat käytössä, liikutellaan niitä hydraulikkasyylinteillä. Kyseisessä versiossa pääperiaate tampuuritelojen liikuttelemisessa muistuttaa hyvin paljon nykyisiä ratkaisuja. Laskuvarsi noutaa tampuuritelan varastopaikalta ja luovuttaa sen seuraavalle. Vanhoissa varastomalleissa laskuvarsien tehtävä on ollut luovuttaa tampuuritela ensiöruullaukseen.

Tasanneversiossa on hyvä käyttää tämän tyyppistä vipuratkaisua, kun varas-
topaikat ovat selvästi määritetty. Kuvassa 21 esitetystä tilanteesta vaarana
on, että tampuuritela liukuu pois vivusta. Vaikka vipurakenteita oli lähennetty
kuvassa 21, vivun geometria ei välttämättä ole optimaalinen käytettäväksi
tällaiseen ratkaisuun. Muuttamalla vipurakenteiden paikkoja, vipurakentei-
den käyttö saattaa olla mahdollista. Vipurakenteita pitää alentaa nykyisiltä
paikoiltaan niin, että vivun kannatteleva puoli ei asetu alaviistoon. Kun vipu
luovuttaa tampuuritela esimerkiksi alemmalle tasanteelle, vivun kannatteleva
puoli saa olla enintään vaakasuorassa.



*Kuva 24. Varastossa on hyödynnetty nykyisten käytössä olevien kaltaisia laskuvar-
sia*

Varaston runko on karkea malli. Siihen ei ole otettu huomioon hydraulii-
kasyntereiden kokoa ja kiinnityskohtia, mitkä vaikuttavat rungon muotoon.
Laskuvarsien liike todennäköisesti pystytään toteuttamaan ilman kuvassa 24
esiintyviä tahdistusakseleita. Varaston materiaalikustannuksia saadaan pie-
nennettyä, jos tahdistusakseleita ei tarvita.

Ehdottomana hyötynä verrattuna aiempiin versioihin on tämän ratkaisun
energiatehokkuus ja sen vähäisempi energian kulutus. Energian hinta kallis-
tuu ja suuremmissa määrin asiakkaita kiinnostavat myös kokonaisener-
giakustannukset. Tällaisella ratkaisulla sähkökäyttöisiä toimilaitteita tarvitaan

huomattavasti vähemmän kuin vipurakenteilla toteutettavassa ratkaisussa. Energiakustannuksia alentaa lisäksi se, että toimilaitteet ovat päällä vain tampusuritelaja siirrettäessä. Ratkaisussa, jossa käytetään vipurakenteita, toimilaitteiden pitää jarruttaa tampusuritelan liikettä, jolloin toimilaitteiden pitää käydä koko ajan.

6 TULOKSET

Työssä kehitettiin vaihtoehtoja, joilla *OptiReel*-rullaimen tampouritelojen varastointia voidaan toteuttaa. Työn tavoitteena oli löytää konseptitason ratkaisuvaihtoehtoja erilaisiin asiakastarpeisiin. Työssä haluttiin kehittää varasto, jolla nykyinen vaakasuuntaisen varasto voidaan korvata lyhyempään tilaan mahtuvalla varastolla mahdollisesti käyttäen suurempaa varastointikapasiteettia.

Nykyisistä varastoratkaisuista löytyi käännetyin ja in-line-varaston kaltaiset ratkaisut, joilla tavoitteiden asettamat vaatimukset voidaan toteuttaa. Varasto on sijoitettu rullaimen yläpuolelle, jolloin varastoitavien tampouritelojen lukumäärää voidaan kasvattaa. Varastointikapasiteettia kasvatetaan pidentämällä varastokiskoja rullaimen pituuden mittaisiksi. Varasto ei pidennä tehdasrakennusta ja sen vaikutus kokonaiskustannuksiin pienenee. Nämä ratkaisut ovat ideaaliratkaisuja, kun ne eivät vaikuta paperikonelinjan kokonaispituuteen.

Patentoiduista varastoratkaisuista löytyi vertikaalinen varastoratkaisu. Ratkaisulla nykyinen vaakasuuntainen varasto saadaan korvattua lyhyemmällä vaihtoehdolla ja varastointikapasiteettia voidaan kasvattaa. Ratkaisu on yksi vaihtoehto, jota voidaan miettiä nykyisten varastoratkaisujen rinnalle. Ratkaisua ei kumminkaan lähdetty jatkokehittämään, koska ongelmaksi koettiin tampouritelan painovoima. Täysin pystysuorassa varastossa tampouritelan painoa ei pystytä tukemaan varaston rungolla vaan tampouritela täytyy tukea toimilaitteilla ja mekaanisilla lukituslaitteilla. Työssä ei haluttu lähteä kehittämään lukituslaitteita, joilla varastomalli voitaisiin toteuttaa.

Nykyisistä varastoratkaisuista sekä patentoiduista ratkaisuksista ei löytynyt sellaista varastoratkaisua, jota voitaisiin tarjota erilaisiin asiakastarpeisiin. Tämän vuoksi päädyttiin kehittämään aivan uuden tyyppistä varastoa.

Kehittelyn tuloksena saatiin useita ideoita, joilla varastointi voidaan toteuttaa. Eräänä vaihtoehtona varastointi toteutetaan ketjulla. Ratkaisussa ketju varustetaan koukuilla, jotka toimivat toimilaitteina tampouritelojen syötössä sekä varastopaikkoina. Ratkaisun toimintaperiaate on yksinkertainen ja tämän periaatteen selvittäminen oli työn tavoite. Työn tavoitteena oli löytää vain konseptitason ratkaisuvaihtoehtoja. Ratkaisun jatkokehittäminen keskittyy

häiriötilanteiden kartoittamiseen. Tampuuritelojen liikkeen täytyy olla pysäytettävissä häiriötilanteissa.

Samantyyppisiin loppupäätelmiin päädyttiin myös revolverin kaltaisen toteutuksen osalta. Varastoratkaisun jatkokehittäminen keskittyy lukitusmekanismien kehittämiseen. Revolveri-toteutuksessa täytyy toki miettiä rungon rakenne, mutta suuremman pohdinnan alla on edellisen ratkaisuvaihtoehdon tavoin liikkeen pysäytys häiriötilanteissa. Revolverin vapaa pyörähtäminen on estettävä sähkökatkon tai yleisesti toimintahäiriön yhteydessä.

Luonnosteluvaiheessa lähdettiin jatkokehittämään ajatusta, jossa vinopintaa käytetään hyväksi. Ratkaisuksi löydettiin vipurakenne, jolla tampuuritelan syöttö toteutetaan vinopinnalla tasaisesti. Vipurakennetta kehitettiin eteenpäin ja sille löydettiin yksinkertaisempi ja toimivampi geometria. Ensimmäisen version vipurakenteen ongelma oli vivun kärkeen kohdistuva pistekuormitus sekä tampuuritelan liikkeen hallittavuus. Vipurakennetta jatkokehitettiin myös syötön näkökulmasta. Viimeisen version vipurakenteella syöttö pystytään toteuttamaan molempiin suuntiin. Molemmat syötön suunnat haluttiin olevan toteutettavissa, koska varastoa haluttiin soveltaa aukirullaimen varastoksi, jolloin syötön pitää olla toteutettavissa alhaalta ylöspäin.

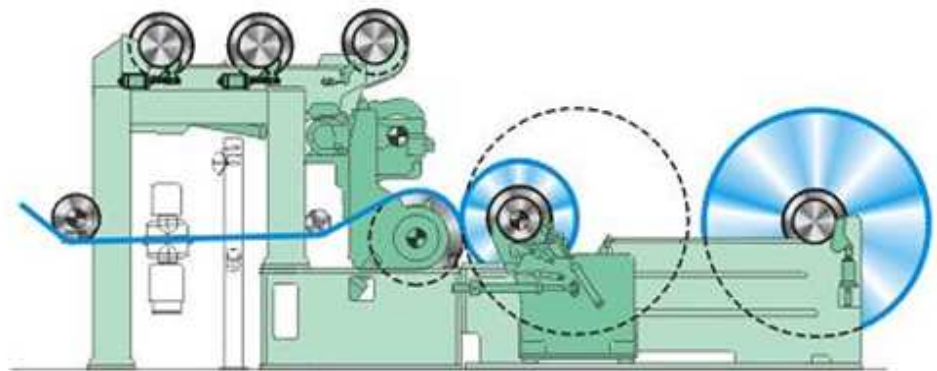
Työn tavoitteena oli ottaa huomioon myös turvallisuusnäkökohdat. Vaihtoehdoksi pelkälle vinopinnalle löytyi varastoratkaisu, jossa sovelletaan porrastasannetta. Ongelmaksi vinopinnan hyödyntämisessä varastoratkaisuissa koettiin varaston häiriöalttius. Varaston käytöt ovat sähkökäyttöisiä ja tampuuritelojen lukitsemisen paikoilleen täytyy olla toteutettavissa toimintahäiriön yhteydessä. Varastosta näin saattaa muodostua monimutkainen. Näiden asioiden johdosta päädyttiin muokkaamaan vinopintaa lisäämällä tasanteet, jotka toimivat varastopaikkoina tampuuriteloille.

Viimeiseksi varastovaihtoehdoksi löytyi ratkaisu, jossa sovelletaan nykyisiä käytössä olevia laskuvarsia. Tasanneratkaisun kohdalla huomattiin, että tampuuritelojen syöttö voidaan toteuttaa yksinkertaisemmin kuin käyttämällä vipurakenteita.

6.1 Varastoratkaisujen vertailu

Työn tavoitteissa oli arvioida kustannustaso varastoratkaisulle. Koska kehityksen tuloksena saadut ratkaisut ovat karkeita malleja, euromääräistä kustannusarviota ratkaisuista ei tehdä. Ratkaisuvaihtoehtoja vertaillaan keskenään alussa määritettyjen tutkimusnäkökohtien avulla. Vertailuvarastoina käytetään uutta varastoa sekä nykyisin *OptiReel Plus*:ssa käytettävää varastoratkaisua.

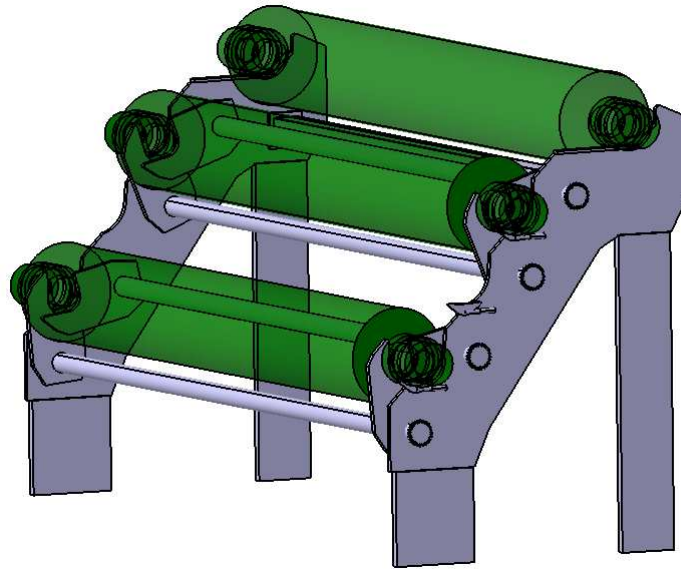
Kuvassa 25 on *OptiReel Plus* -mallinen rullain. Rullaimen varastoratkaisua voidaan soveltaa uuden varaston perusratkaisun jatkoksi, jolloin varastointimäärä on kuusi. Varastointimäärää pystytään kasvattamaan, mutta tehtaan kokonaiskustannukset kasvavat pidemmän tehdasrakennuksen johdosta. Pienemmin kustannuksin voidaan uutta varastokiskoa pidentää asiakkaan haluamalle tampuuritelamäärälle. Ideaalitilanteessa, jossa varasto ei vaikuta tehdasrakennuksen pituuteen, varasto sijoitetaan rullaimen yläpuolelle. Ratkaisua ei kaikissa tapauksissa ole mahdollista toteuttaa. Koneen tilantarve saattaa olla niin kriittinen, että varastoa ei voida sijoittaa rullaimen yläpuolelle. Tällaisissa tapauksissa, joissa tampuuritelamäärää halutaan kasvattaa ja varastokiskoa ei haluta pidentää tarvittavalle tampuuritelamäärälle, päädytään ratkaisuihin, joissa varastointia toteutetaan soveltamalla pystysuoraa tai kaltevaa pintaa varastopaikkoina tampuuriteloille.



Kuva 25. *OptiReel Plus* -mallinen rullain

Kuvan 26 varastoratkaisu vipurakenteella on ajatuksena hyvä. Varastointikapasiteettia voidaan kasvattaa, kun varaston käyttämää tilaa käytetään tehokkaasti hyväksi. Tehdasrakennuksen pituus ei kasva tampuuritelan halkaisijan mittaa tampuuritelakapasiteetin lisäyksestä. Syöttö pystytään

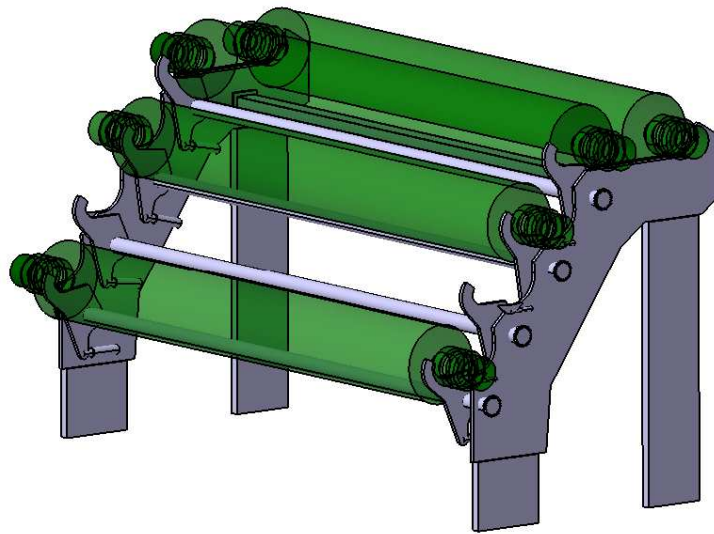
toteuttamaan molempiin suuntiin ja vipurakenteen geometriaksi löytyi yksinkertaisempi ratkaisu kuin ensimmäisen version vipurakenne. Sovellettuna tasanneratkaisuun tampuuriteloille on selvät varastopaikat, joilla toimintahäiriötilanteen turvallisuutta voidaan lisätä. Turvallisuutta ja liikkeen hallittavuutta kasvatetaan vielä, jos vipurakenteeseen lisätään lukituslaite, jossa vivun vastakkaiselle puolelle sovelletaan kappaleessa 5.2.5 esitettyä lukituslaiteratkaisua.



Kuva 26. Varastoratkaisu vipurakenteella

Ongelman muodostavat toimilaitteet. Jokainen vipurakenne tarvitsee käytännössä oman sähkömoottorin. Uuden toimilaiteratkaisun sekä koko varastorakennelman toimivuuden testaus vaatii resursseja. Lisäkustannuksia voivat aiheuttaa myös mekaanisten lukituslaitteiden tarve. Toisaalta ratkaisulla saadaan kokonaiskustannuksia vähennettyä, kun rakennuksen kokonaispituutta minimoidaan. Varastointikapasiteettia voidaan kasvattaa nykyisestä kolmesta neljään. Tehdasrakennuksen pituuden minimoinnilla saadut kustannussäästöt käytetään toimilaiteratkaisuilla. Toimilaitteet ovat energiaa kuluttavia. Suuntaus, alasta riippumatta, on pyrkiä energiatehokkaaseen tuotantoon. Varastoratkaisu ei ole ihanteellinen energiankulutuksen osalta.

Kuvan 27 varastoratkaisulla saadaan edellisen ratkaisun tavoin samoja hyötyjä. Varastoratkaisulla nykyinen varastoratkaisu saadaan korvattua lyhyemmällä varastolla, jossa on mahdollista käyttää suurempaa tampuuritelamäärää. Varastointimäärää voidaan kasvattaa lisäämällä tasanteita vinopinalle tai pidentämällä varaston vaakasuoraa osuutta. Varasto on turvallisempi ratkaisu aikaisempaan vipurakenteeseen verrattuna tai varastosta saadaan yksinkertaisemmalla rakenteella turvallisempi.



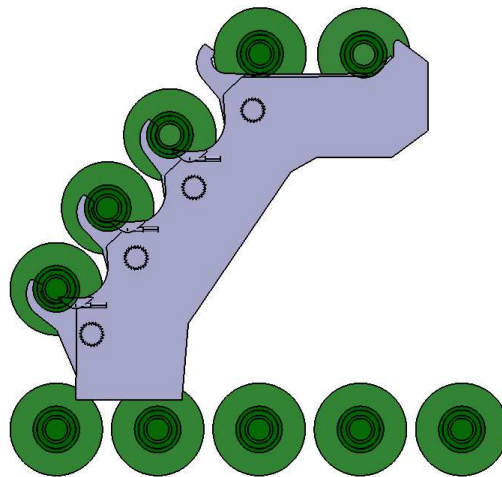
Kuva 27. Varastoratkaisu laskuvarsilla

Ehdottomana hyötynä on, että toimilaitteet kuvan 27 ratkaisuun löytyvät helposti. Ratkaisu on periaatteena tunnettu. Metson toimittamissa tampuuritelavarastoissa käytetään tämän version kaltaisia laskuvarsia. Liike pystytään toteuttamaan samalla periaatteella. Jokaiseen vipurakenteeseen asennetaan hydraulikkasyylinteri, jolla liike pystytään toteuttamaan. Resursseja ei tarvitse käyttää toimilaitteiden käytettävyyden testaukseen eikä kalliimpiin toimilaitteisiin. Vipurakenne kaltevalla pinnalla tarvitsee sähkömoottoreita toimiakseen. Jos yksi vipupari tarvitsee kaksi sähkömoottoria, kokonaisuudesta tulee huomattavasti kalliimpi kuin laskuvarsiperiaatteella toimivista varastoista.

6.2 Päätelmät

Työssä onnistuttiin kehittämään kaksi varastoratkaisua toteutettuna vipurakenteella ja laskuvarsilla. Näiden kahden varastoratkaisun vertailu osoitti, että laskuvarsilla toteutettu varasto toteuttaa paremmin varastolle asetetut tavoitteet.

Kuvassa 28 on esitetty tehdaspituuden säästö, kun tampoiritelamäärä on viisi. Varaston alapuolelle on asetettu kyseinen varastointimäärä. Tampuiriteloja ei päästetä nykyisissä ratkaisuissa kiinni toisiinsa nähden vaan niiden välissä käytetään noin 150 mm:n väliä. Kuvassa 28 käytetään samanmittaista väliä. Varastomalli on karkea, mutta kuva havainnollistaa hyvin sitä säästöä, minkä vertikaalisen suunnan hyödyntäminen mahdollistaa. Lisäksi varaston alla oleva tila voidaan hyödyntää muiden laitteiden sijoittamiseen. Useasti paperirainan laatua mitataan välineillä, jotka voidaan tällöin sijoittaa varaston alle eikä pidennetä tehdasrakennuksen kokonaispituutta.



Kuva 28. Vertikaalisen suunnan hyödyntämisen antama säästö

Varastoratkaisuun laskuvarsilla päädyttiin, koska se on yksinkertaisempi kuin vipurakenteilla toteutettuna. Toimilaitteet löytyvät helpommin, kun ratkaisu on periaatteena tunnettu. Resursseja ei tarvitse käyttää toimilaitteiden käytettävyyden testaukseen eikä kalliimpiin toimilaitteisiin.

Ratkaisu on myös energiatehokkaampi kuin vipurakenneratkaisu. Energiatekustannuksia alentaa se, että toimilaitteiden tarvitsee olla päällä vain tampoiritelan syötössä. Lisäksi ratkaisuissa tarvitaan huomattavasti vähemmän sähkökäyttöisiä toimilaitteita kuin vipurakenneratkaisussa.

Vipurakenneratkaisussa sähkökäyttöä tarvitaan vähintään niin monta kuin on vipurakenteitakin. Mahdollista on, että vipurakenteen molemmille puolelle tarvitaan oma käyttö. Tämä kasvattaa huomattavasti energiakustannuksia.

6.3 Kehitysideat

Laskuvarsilla toteutettussa varastossa on vielä jatkokehitystarpeita. Jatkossa kehitystarpeet kohdistuvat varaston laskuvarsien paikkaan ja geometriaan. Laskuvarsi tekee edes-takaisinliikettä ja niiden paikkoja joudutaan tarkentamaan, jotta liike on toteutettavissa. Tällaisenaan varastossa on mahdollista, että laskuvarsi törmää tampuuritelan, kun se on luovuttanut telan varastopaikkaan ja on palaamassa yläasentoon.

Laskuvarsien geometriassa puolestaan on mahdollista, että laskuvarret ovat yli- tai alimitoitettuja. Ratkaisussa ollaan suoraan sovellettu käytössä olevia laskuvarsia. Käytettävien tampuuritelojen massa sekä laskuvarsien kiinnityskohdan ja tampuuritelan massakeskipisteen välinen etäisyys vaikuttavat laskuvarsien geometriaan. Laskuvarsien kiinnityskohdan ja tampuuritelan massakeskipisteen välistä etäisyyttä vähennetään, jolloin momenttivarsi saadaan vähennettyä ja laskuvarteen kohdistuu pienempiä jännityksiä.

Varaston runko on myös karkea malli ja jatkokehittelyssä sen muoto tarkentuu, kun laskuvarsien toimilaitteiden koko selviää. Laskuvarsien toimilaitteet ovat hydraulikkasyylintereitä. Niiden koko ja kiinnityskohdat vaikuttavat rungon lopulliseen muotoon.

7 YHTEENVETO

Työssä kehitettiin vaihtoehtoja, joita voidaan tarjota *OptiReel*-rullaimen nykyisten varastoratkaisujen rinnalle. Työssä lähdettiin liikkeelle tutustumalla kiinnirullaimen toimintaan sekä eri rullaintyyppeihin. Koska työ oli luonteeltaan tuotekehitysprojekti, siinä tutustuttiin yleisesti tuotekehitystoimintaan sekä tuotekehitystyön eri vaiheisiin. Tuotekehitystyö aloitettiin kartoittamalla nykyiset tampuuritelavarastoratkaisut.

Luonnosteluvaiheessa saatiin useita ideoita varaston toteutukseen. Varaston toteutuksen ja turvallisuuskäsitteiden pohdinnan tuloksena hylättiin useita ratkaisuvaihtoehtoja jatkokehittelystä. Luonnosteluvaiheessa lähdettiin jatkokehittämään vipurakennetta sovellettuna vielä vinopinnalla. Muutaman kehitysvaiheen jälkeen vipurakenteen geometria muodostui. Vipurakenteen ohella varaston vinopintaa muokattiin turvallisemmaksi. Pohdinnan jälkeen vinopinnalle lisättiin porrastasanteet, jotka toimivat varastopaikkoina tampuuriteiloille. Työn tuloksena onnistuttiin kehittämään kaksi varastovaihtoehtoa tasanteratkaisu sovellettuna vipurakenteilla ja laskuvarsilla.

Työ oli luonteeltaan tuotekehitysprojekti, mikä teki siitä haastavan. Aiheesta ei varsinaisesti löydy kirjallista tietoa. Kirjallisen osuuden rinnalla tutkittiin nykyisiä sekä patentoituja ratkaisuja. Työssä kumminkin onnistuttiin saavuttamaan alussa määritetyt tavoitteet. Tampuuritelavaraston varastointikapasiteettia pystyttiin kasvattamaan korvaamalla uusi vaakasuuntainen varasto lyhyempään tilaan mahtuvalla varastolla.

Työssä onnistuttiin kehittämään aivan uudentyyppinen tampuuritelavarasto. Tämän tyyppisiä varastoja, joissa hyödynnetään vertikaalista suuntaa, ei löydy kuin yksi patentoiduista ratkaisuista. Tämän johdosta tulos on merkittävä, koska sillä pystytään toteuttamaan asiakastarpeita aikaisempaa paremmin. Työn tuloksen ratkaisussa sovelletaan vielä toimilaitetuntemusta, jota Metsoilla on perinteisistä varastotyypeistä. Tampuuritelavarastosta ei muodostu asiakkaalle hankinnan ja käytön osalta suurta kustannusta.

VIITELUETTELO

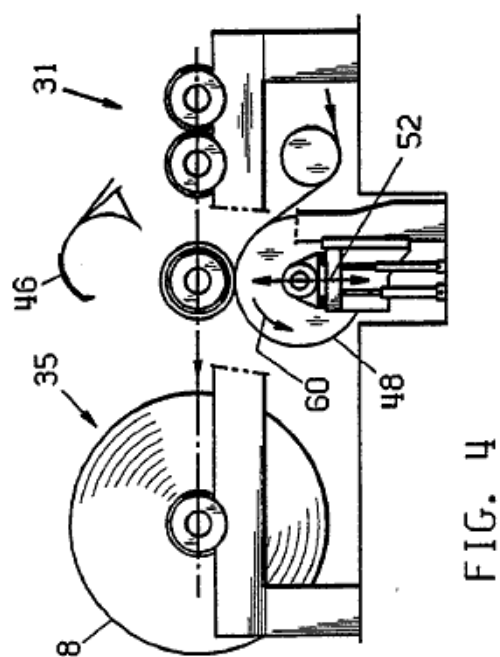
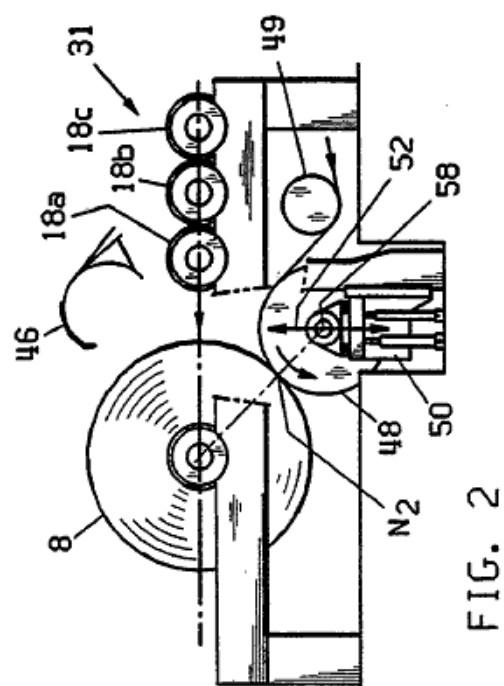
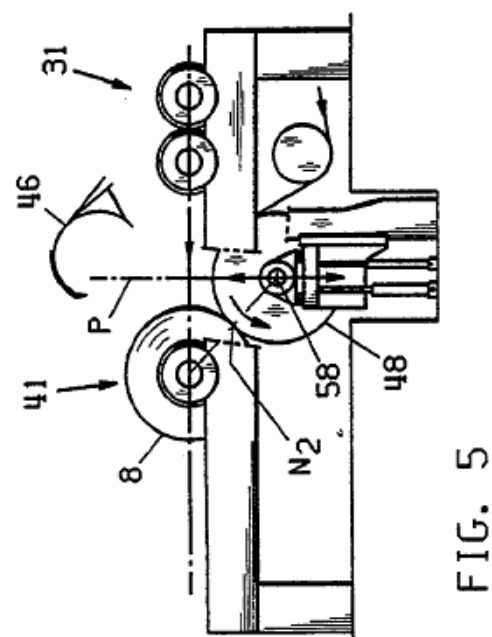
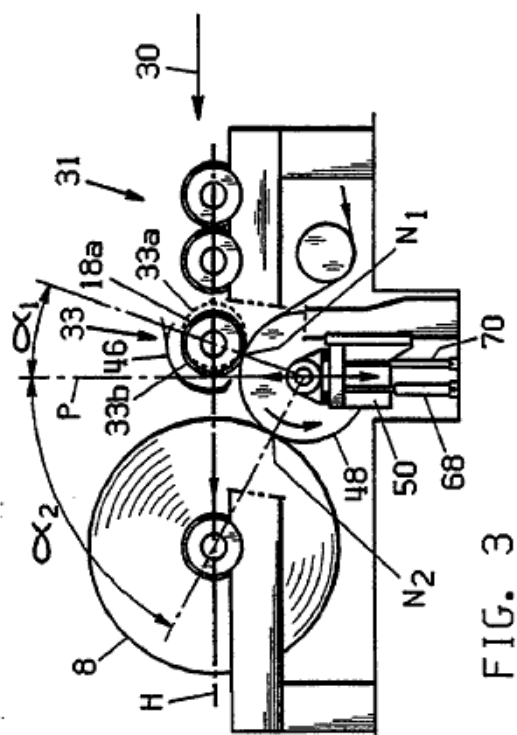
- [1] Metso [verkkodokumentti] 29.09.2008 [viitattu 14.4.2009]. Etusivu > Konserni > FAQ ja muut > Erikoissanasto. Saatavissa: http://www.metso.com/corporation/Home_FIN.nsf/FR?ReadForm
- [2] Metso Paper Oy:n koulutusmateriaali
- [3] Häggblom-Ahnger, Ulla - Komulainen, Pekka. *Paperin ja kartongin valmistus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 2003.
- [4] Jokio, Mikko. *Papermaking Science and Technology - Paper making Part 3, Finishing*. Jyväskylä: Gummerus Printing. 1999.
- [5] Metso Paper [verkkodokumentti] [viitattu 15.2.2009]. Home > Product vault > Paper making > Reeling > Machinery and rebuilds. Saatavissa: <http://www.metsopaper.com/MP/marketing/Vault2MP.nsf/sets/web>
- [6] Välimaa, Veikko, ym. *Tuotekehitys - Asiakastarpeesta tuotteeksi*. Helsinki: Painatuskeskus Oy. 1994.
- [7] Patentti ja rekisterihallitus [verkkodokumentti] 9.1.2009 [viitattu 9.3.2009]. PRH > Patentit > Lainsäädäntö > Patenttilaki. Saatavissa: <http://www.prh.fi/fi/patentit/lainsaadantoa/patenttilaki.html#3p>
- [8] Kilpiä, Jukka - Rantanen, Jyrki - Lehtonen, Sirkka. *Web finishing section in a paper machine*. United States Patent. Patent Number: 6 076 281. Saatavissa: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/srchnum.htm>
- [9] Adamski, Bryan C. *Method and apparatus for reeling wound web roll*. United States Patent. Patent Number: 5 370 327. Saatavissa: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/srchnum.htm>
- [10] Schmidt-Hebbel, Harald, ym. *Reel Spool Storage And Loading Device And method*. United States Patent. Patent Number: 7 255 301 B2. Saatavissa: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/srchnum.htm>
- [11] Koivukunnas, Pekka. *Vertical Reel Spool Storage - Vertikaalinen tampo-ritelavarasto*. Filing number: FI991230. Metso Paper Oy Intranet.

U.S. Patent

Dec. 6, 1994

Sheet 2 of 7

5,370,327



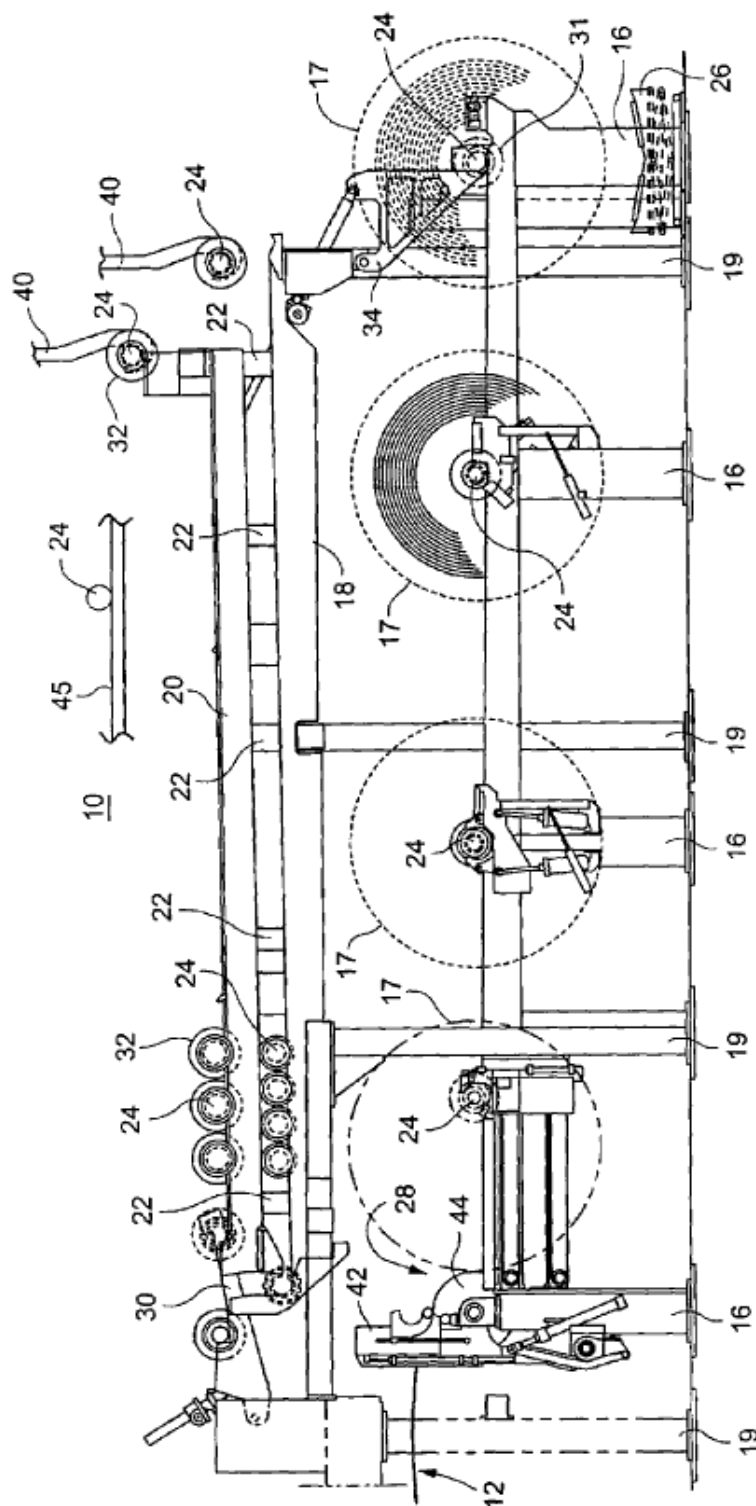


Fig. 1

