LAB University of Applied Sciences

Hihnakuljettimien vetorumpujen kehitystyö

UPM Kaukas sellutehdas

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Konetekniikka
2023
Veikka Heiniluoto

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Heiniluoto, Veikka	Opinnäytetyö, AMK	2023
	Sivumäärä 27	

Työn nimi

Hihnakuljettimien vetorumpujen kehitystyö

UPM Kaukas sellutehdas

Tutkinto

Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus

Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio

Olli Kanninen, kunnossapitopäällikkö, UPM-Kymmene Oyj, Kaukaan sellutehdas

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää UPM Kaukaan sellutehtaan puunkäsittelyn alueen hihnakuljettimien vetorumpujen rakennetta ja kokoonpanoa niin, että rumpujen kunnossapidollisten toimenpiteiden suorittaminen olisi kustannustehokkaampaa ja vähemmän aikaa vievää. Tavoitteena oli myös yhtenäistää rummuissa käytettäviä komponentteja.

Vetorumpujen kehitystyötä suoritettiin konsultoimalla erinäisten yritysten työntekijöitä, jotka ovat tekemisissä hihnakuljettimien ja niiden komponenttien parissa. Tietoa hihnakuljettimista ja rummuista haettiin kirjallisuudesta ja tehtaan omalta henkilöstöltä. Uusista vetorummuista teetettiin valmistuspiirustukset paikallisella koneistusyrityksellä, joka myös valmisti ensimmäisen työn tuloksena tuotetun rummun.

Kehitystyön tuloksena saatiin toteutettua suunnitelmien mukainen vetorummun rakenne komponentteineen, jolla tulevaisuudessa saavutetaan suuria ajallisia ja kustannuksellisia säästöjä. Muidenkin vetorumpujen kohdalla menetellään samalla kaavalla tulevaisuudessa, jolloin seuraavissa revisioissa niitä päästään vaihtamaan.

Asiasanat

Hihnakuljetin, vetorumpu, kehitystyö, napa-akseliliitos

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Heiniluoto, Veikka	Thesis, UAS	2023
	Number of Pages	
	27	

Title of Publication

Development work of drive drums for belt conveyors

UPM Kaukas pulp mill

Name of Degree

Engineer (UAS), Mechanical Engineering

Name, title and organization of the client

Olli Kanninen, maintenance manager, UPM Kymmene Oyj, Kaukas pulp mill

Abstract

The purpose of the thesis was to develop the structure and the assembly of the belt conveyor drive drums located in the area of UPM Kaukas pulp mill, so that performing drum maintenance procedures would be more cost-effective and less time consuming. The goal was also to unite the components used in the drums. The development of the drive drums was carried out by consulting the employees of various companies that deal with belt conveyors and their components.

Information about belt conveyors and drums was sought from the literature and from the factory's own personnel. The production drawings of the new drive drums were commissioned by a local machining company, which also manufactured the drum produced as a result of the completed thesis.

As a result of the development work, it was possible to implement the structure of the traction drum with its components according to the plans, which will achieve large time and cost savings in the future. In the case of other traction drums, the same formula will be used in the future, in which case they can be replaced in the next revisions.

Keywords

Belt conveyor, drive drum, development work, hub-shaft joint

Sisällys

1 Johdanto 1
2 Hihnakuljetin 3
2.1 Rakenne ja toiminta 3
2.2 Runko 4
2.3 Käyttökoneisto 5
2.4 Veto- ja taittorummut 5
2.5 Rullasto 6
2.6 Kuljetinhihna 7
2.7 Rumpujen akselit ja laakerointi 8
2.8 Turvalaitteet 8
2.9 Hihnan kiristyslaitteet 9
2.10 Hihnan ja rumpujen puhdistuslaitteet 10
3 Veto- ja taittorummun napa-akseli liitosmenetelmiä 11
3.1 Ruuviliitos 11
3.2 Puristus-, kutistus- ja kiristysliitos 11
3.3 Kiilaliitos 12
3.4 Hitsausliitos 13
4 Vetorumpujen kehittäminen 15
4.1 Toteuttaminen 15
4.2 Aloitus 15
4.3 Laakerointi 16
4.4 Tiivisteet 17
4.5 Pintamateriaali 18
4.6 Napa-akseliliitos 19
4.7 Bonfix-kiinnitysholkki 20
4.8 Keskilaippa 21
5 Yhteenveto 22
Lähteet 24

Liitteet

Liite 1. Bonfix-kiinnitysholkkien mitoitustaulukko

Liite 2. SKF tiivistevaihtoehdot SNL laakeripesille

Termit

Vulkanointi	Kumin valmistusprosessin osa, jossa raakakumin eli kautsun molekyylit silloitetaan rikin ja lämmön avulla toisiinsa kemiallisin sidoksin.
Bombeeraus	Termi, jolla kuvataan rummun ulkopinnan tynnyrimäisyyttä.
Loimi	Kuljetinhihnan kankaassa sijaitseva pitkittäissuuntainen lanka.
Kude	Kuljetinhihnan kankaassa sijaitseva poikittaissuuntainen lanka.
Diffuusio	Ilmiö, jossa molekyylit pyrkivät siirtymään väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan tasoittaen mahdolliset pitoisuuserot ajan mittaan.
Tyssäytyminen	Ilmiö, joka tapahtuu taivutuksen yhteydessä, kun aine painuu kasaan taitoksen sisäpuolelta ja venyy sen ulkopuolelta.
Tpe	Termoplastinen elastomeeri; joustava kestomuovi.
Ptfe	Polytetrafluorieteeni, kutsutaan yleisesti tefloniksi.
Välys	Termi, jota käytetään tekniikassa kuvaamaan toistensa suhteen liikkuvien koneenosien välistä rakoa.
Vaippa	Geometriassa käytettävä termi, jolla kuvataan symmetria-akselin suhteen suuntautuneen kappaleen pintaa.
Revisio	Termi, jota käytetään teollisuudessa kuvaamaan vuosittain tai useammin tapahtuvaa huoltoa, jossa parannetaan tehtaan käyttövarmuutta.
Jäännösjännitys	Materiaalissa vaikuttavia sisäisiä jännityksiä, jotka yleensä syntyvät materiaalin mekaanisesta tai termisestä muokkauksesta, kuten hitsaamisesta.
SAP	Teollisuudessa yleisesti käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä (ERP).
Lovivaikutus	Termillä kuvataan lovessa syntyvien jännitysten epätasaisesta jakautumisesta aiheutuvia jännityshuippuja.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on uudistaa ja kehittää UPM Kaukaan sellutehtaan puunkäsittelyn alueella toimivien hihnakuljettimien vetorumpuja. Opinnäytetyö rajataan koskemaan vain vetorumpuja, koska niille on sattunut enemmän vaurioita kuin taittorummuille, jotka ovat johtaneet tuotannon keskeytyksiin.

Kehitystyön toimeksiantajana toimii UPM Kaukaan sellutehdas. Tavoitteena on yhtenäistää vetorummuissa käytettäviä varaosia ja samalla myös parantaa rummun kokoonpanoa siten, että sen huolto- ja korjaustoimenpiteisiin ei jatkossa kuluisi yhtä paljon aikaa kuin aikaisemmin.

Opinnäytetyön päälähteinä käytetään kirjallisuutta ja eri yrityksiltä ja henkilöiltä saatuja haastatteluja, jotka toimivat suorasti tai epäsuorasti hihnakuljettimien tai vetorumpujen sekä niiden komponenttien parissa. Suullisten haastatteluiden tarkoituksena on kerätä ja yhdistää tietoja sekä kehitysideoita erilaisista hihnakuljetin- ja rumpuratkaisuista ja pyrkiä yhdistämään niiden parhaat ominaisuudet yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. LAB-ammattikorkeakoulun omaa sähköistä Primo-tietokantaa käytetään apuna tiedon hakemisessa.

Työn ensimmäinen osa käsittelee teoriaosuutta, jossa kerrotaan työn toimeksiantajasta ja perehdytään hihnakuljettimen rakenteeseen, toimintaan ja sen komponentteihin. Tässä osiossa myös tarkastellaan vetorummun rakennetta ja sen ongelmakohtia. Opinnäytetyön toteutus osiossa keskitytään kehitystyön suorittamiseen ja sen vaiheisiin.

UPM-Kymmenen Oyj (UPM) on yksi maailman suurimpia metsäteollisuusyhtiöitä ja merkittävä vähäpäästöisen energian tuottaja. UPM-Kymmene-konserni syntyi vuonna 1996, kun kaksi suomalaista metsäteollisuusyhtiötä, Kymmene Oy ja Repola Oy:n tytäryhtiö Yhtyneet Paperitehtaat (engl. United Paper Mills), yhdistyivät muodostaen UPM-Kymmene Oyj:n.

Tehdasintegraatissa (kuva 1) valmistetaan uusiutuvasta raaka-aineesta sellua, aikakauslehtipaperia, energiaa, sahatavaraa, biokemikaaleja, biopolttoaineita ja lääketeollisuuden tuotteita. Kaukaalla sijaitsevat myös UPM Metsän Itä-Suomen puunhankinnan johto ja Lappeenrannan metsäpalvelutoimisto sekä UPM:n suurin tutkimus- ja tuotekehityskeskus. (UPM 2023a.)

Kuva 1. UPM Kaukaan tehdasintegraatti (UPM 2023b.)

Sellutehtaalla valmistetaan vuosittain noin. 700 000 tonnia havusellua. Siitä jalostetaan erilaisia tuotteita, kuten pehmopapereita, kartonkia, tarroja, hienopaperia ja aikakauslehtipaperia. Selluliiketoiminta on osa UPM Biorefining -liiketoiminta-aluetta, jonka muodostavat integroitu sellun, sahatavaran, uusiutuvan dieselin ja puuraaka-aineen hankinta sekä energian tuotanto. (UPM 2023b, c.)

2 Hihnakuljetin

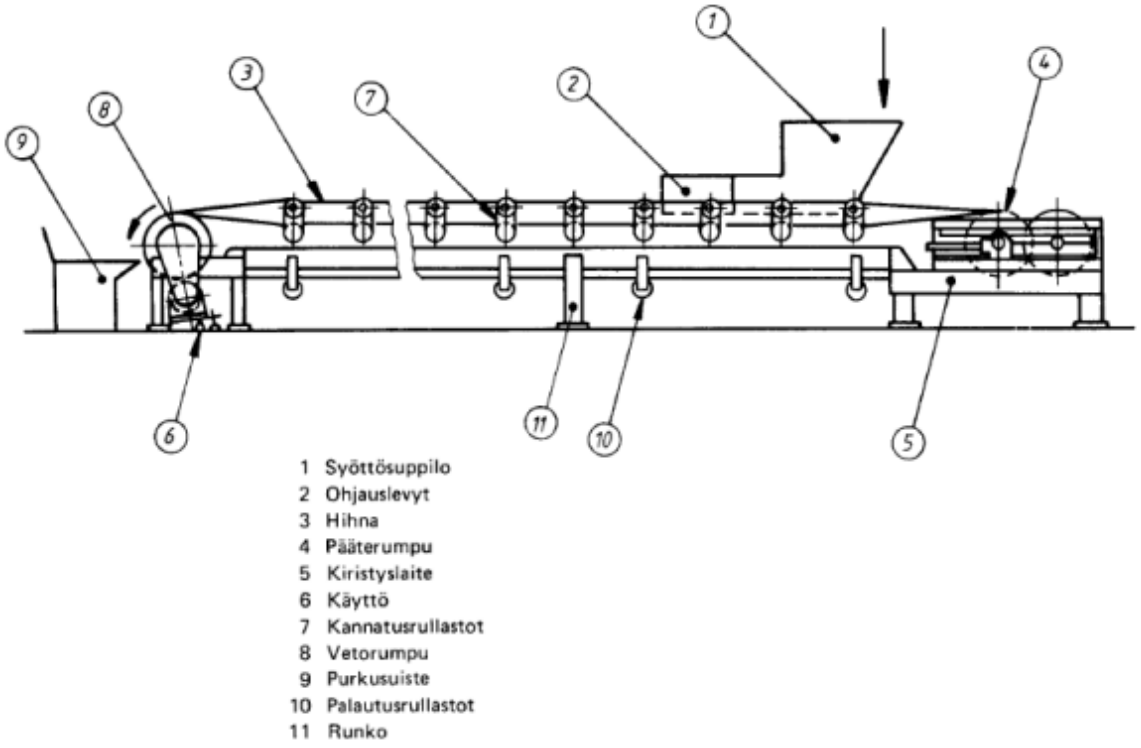
2.1 Rakenne ja toiminta

Hihnakuljetin on yleisin teollisuudessa käytettävä kuljetinmalli. Se koostuu pääasiallisesti kahdesta eri rummusta; vetorummusta ja taittorummusta sekä rullastoista, jonka ympärillä kumipintainen hihna pyörii. Sen pääasiallinen käyttötarkoitus on erilaisten bulk-materiaalien eli jauhe- ja raemaisten aineiden sekä kappaletavaran kuten rikasteiden, hakkeiden ja malmien siirtäminen paikasta toiseen. (Koivisto 2018, 154.)

Hihnakuljetinta verrattaessa esimerkiksi kolakuljettimeen sen etuina ovat huomattavasti pienemmät kitkaominaisuudet, jotka vähentävät suoraan kuljettimen pyörittämiseen vaadittavaa tehon tarvetta. Hihnakuljettimen tehontarve / kapasiteetti onkin ylivertainen esimerkiksi kola- tai ruuvikuljettimiin verrattuna. Hihnakuljettimen pienen kitkaominaisuuden ansiosta hihnakuljettimien pituudet voivat vaihdella useista sadoista metreistä jopa kilometreihin. (Koivisto 2018, 154.)

Hihnakuljettimella on mahdollista siirtää materiaalia vaakasuoraan tai materiaalin vierintäkulman mukaan 15–20 astetta. Kuvioiduilla hihnoilla tai kitkapaloilla jopa 30 asteen nousukulmat ovat mahdollisia. (Koivisto 2018, 154.)

Hihnakuljetin usein koostuu melkein kokonaan valmiista komponenteista. Näitä komponentteja on nykyään saatavilla niin laaja valikoima, että melkeinpä joka kohteeseen löytyy siihen soveltuvat osat. Suurimpana heikkoutena hihnakuljettimessa voidaan pitää sen rakenteen avonaisuutta, koska sitä on hankala saada esimerkiksi pölytiiviiksi. (Koivisto 2018, 154.) Kuvassa 2 esitetään hihnakuljettimen rakenne ja sen komponentit.



Kuva 2. Hihnakuljetin (SFS 4200)

Hihnakuljettimen turvallisuutta käsittelee SFS-EN standardi 620. Hihnakuljettimien rumpujen ja rullastojen suunnittelua vastaavasti käsittelee standardi SFS-EN 5260. Edellä mainitun standardin tarkoituksena ei ole kuitenkaan määrittää kuljettimen rakenteita, vaan antaa käytännön esimerkkejä hyväksi todetuista kuljetinratkaisuista.

2.2 Runko

Hihnakuljettimien pituuksien takia niiden tuentojen jännevälitkin ovat usein hyvin mittavia. Lattiatasossa sijaitsevien hihnakuljettimien runkoina käytetään yleensä yksinkertaista palkkirakennetta, joka on tuettu pystypalkeilla lattiaan. Ulkona ja korkealla sijaitsevissa hihnakuljettimissa käytetään erilaisia ristikkorakenteita, jotka muodostavat eräänlaisen tunnelin tai sillan, jossa kuljetin on. Kuvassa 3 on esitetty ristikkorakenteella tuettu hihnakuljetin. Tunneli yleensä varustetaan molemmin- tai toispuoleisilla kulkuteillä. Tämä helpottaa ja tekee huomattavasti turvallisemmaksi kuljettimen huoltoa ja ylläpitoa. (Koivisto 2018, 156.)

Kuva 3. Ristikkorakenteinen hihnakuljetin (FEECO International)

Tunnelin tarkoituksena on myös suojata kuljetinta erilaisilta sääolosuhteilta. Kustannustehokkaampi ratkaisu on varustaa ristikkorakenteiset hihnakuljettimet pelkällä puolikaaren muotoisella katteella. (Koivisto 2018, 156.)

2.3 Käyttökoneisto

Yleensä hihnakuljettimien käyttökoneistoksi valitaan vaihdemoottori. Vaihdemoottori on yksinkertainen asentaa käytettävän vetorummun akselille. Vaihdemoottori tuetaan momenttikorvakkeella, josta se tuetaan kuljettimen rungossa sijaitsevaan momenttitukeen. Momenttituen täytyy siis kestää vaihdemoottorin vääntömomentista aiheutuvat voimat. (Koivisto 2018, 156.)

Hihnakuljettimilla, jotka ovat nousevassa kulmassa on otettava myös huomioon takaisin pyörinnän esto sähkövirran katkeamisen sattuessa. Muutoin vaarana on hihnakuljettimen liikkuminen vastakkaiseen suuntaan kiihtyvällä vauhdilla. (Koivisto 2018, 156.) Standardi SFS-EN 620 määrittelee, että kaikki työskentely- ja liikennealueilla olevat voimansiirtolaitteet ja niiden osat on suojattava ympäröivillä kiinteillä suojuksilla tai kiinteillä etäisyyssuojuksilla.

2.4 Veto- ja taittorummut

Veto- ja taittorummut on yleensä valmistettu kiinteänä hitsattuna teräsrakenteena. Kuvassa 4 esitetään erilaisia kuljetinrumpuja. Rumpujen pinnoitemahdollisuuksia on erilaisia niiden käyttöolosuhteitten mukaan. Yleisin vaihtoehto on rummun pintaan kuumavulkanoitu uritettu kumipinnoite. Vaativissa käyttökohteissa voidaan käyttää irrotettavia kitkalevyjä.

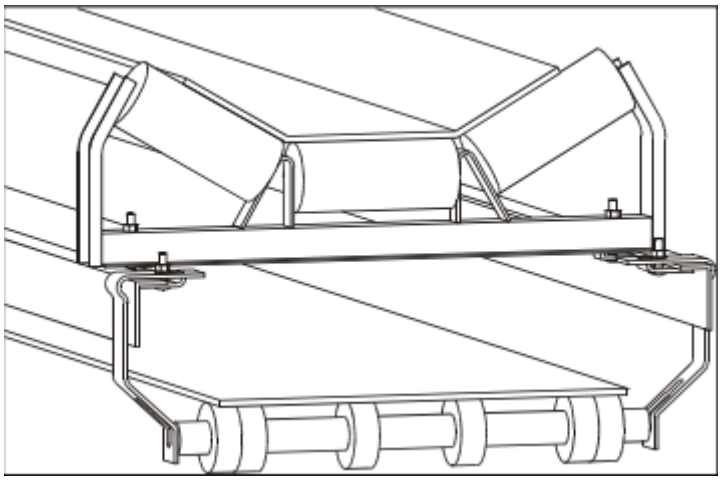
Hihnan keskittämisen takia rummun vaipan täytyy olla bombeerattu. Kuljettimen toiminta on suuresti riippuvainen vetorummun avulla saavutettavasta kitkasta, koska vaihdemoottorin luovuttava vääntömomentti muunnetaan kitkalla hihnavoimaksi. Tämän hihnavoiman tulee olla riittävän suuri, jotta sillä voidaan kumota materiaalin kuormituksesta hihnalle aiheutuva vastusvoima. (Koivisto 2018, 157.)

Kuva 4. Kuljetinrumpuja (Parkano Steel Oy)

Kuvassa olevien rumpujen napa-akseliliitokset on toteutettu kiinnitysholkeilla. Standardi SFS-EN 5260 suosittelee, että kuljettimen huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi rummun akseli on liitetty rummun napaan kiinni siten, että sen irrottaminen on tarvittaessa mahdollista.

2.5 Rullasto

Rullastot ovat kaikista laajimmin standardisoitu komponentti hihnakuljettimissa. Niitä löytyy kattavasti kuljettimen tarpeista ja sääolosuhteista riippumatta. Rullastot voivat olla tasorullia, 2- tai 3 osaisia ja useampiosaisia siirrettävän materiaalin mukaan. (Koivisto 2018, 157.) Kuvassa 5 on esitetty hihnakuljetinrakenne, jossa käytetään 3-osaista rullastoa.

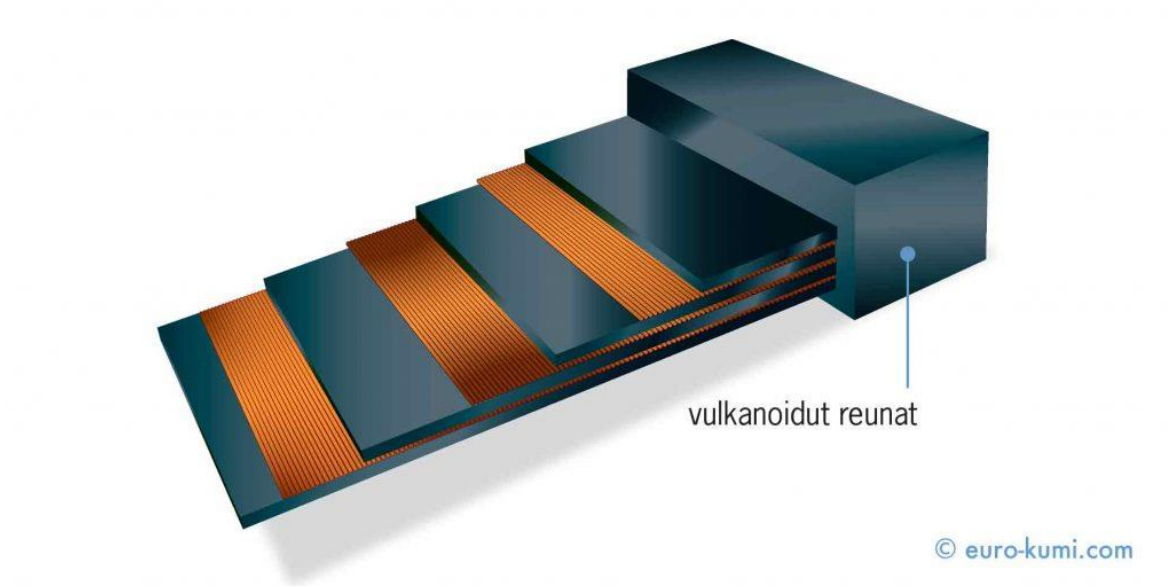


Kuva 5. Hihnan kourumuoto ja rullasto (Parikka ym. 2000, 12)

Hihnakuljettimen paluuhihnan kannatus on yleensä toteutettu kevyempirakenteisilla paluurullilla ja ne ovat varustettu kumirenkain. Hihnan ohjauksesta vastaa erilliset sivuohjausrullat, jotka asennetaan siihen tarkoitettuun telineeseen. (Koivisto 2018, 157.)

2.6 Kuljetinhihna

Kuljetinhihna on valmistettava siten, että se kestää erilaista kulumista, sääolosuhteita, iskevää kuormitusta sekä erilaisia kemikaaleja. Kuljetinhihna koostuu erilaisista ylä- ja alapeitteistä, vahvikkeista ja niiden välikumeista. Kuvassa 6 on esitetty kuljetinhihnan rakenne tarkemmin. Vahvike on yleensä valmistettu synteettisestä EP-kankaasta, jossa loimet ovat polyesteria ja kuteet polyamidia. Tällä kangasrakenteella saavutetaan hihnalle korkea vetomurtolujuus ja joustavuus. Välikumin tehtävänä on saada aikaan vahvikkeiden välinen tartunta, joka vaimentaa iskuja. Se myös jakaa hihnaan kohdistuvaa jännitystä eri vahvikekerrosten välille. (Koivisto 2018, 158.)



Kuva 6. Kuljetinhihna (Euro-Kumi)

Hihnan päällysosa eli peite voidaan valmistaa erilaisista kumilaaduista, sen käyttötarkoituksen mukaan. Hyvä kulutuksenkesto saavutetaan luonnonkumilla. Vaadittaessa lisää lämmönkestoa voidaan valita materiaaliksi propyleenikumi. Öljylle altistuvassa kuljetinhihnassa taas voidaan käyttää nitriilikumia. (Koivisto 2018, 158.)

2.7 Rumpujen akselit ja laakerointi

Vetorummun akseli on mitoitettava siten, että se kestää käyttökoneiston aiheuttaman vääntömomentin ja materiaalin siirtämisestä syntyvän hihnavoiman taivutusmomentin. Laakerointiratkaisuna käytetään yleensä pystylaakeriyksiköitä tai halkaistavia laakeripesiä. Laakereina kuljettimen nopeuden mukaan pallomaisia rullalaakereita tai kuulalaakereita. Taittorummun akseliin ei kohdistu vääntömomenttia, joten se mitoitetaan taivutuksen mukaan. (Koivisto 2018, 160.)

Standardi SFS-EN 2275 suosittelee käytettäväksi standardin SFS-ISO 113/2 mukaisia laakeripesiä. Laakereiden kiinnityksissä käytetään kartioholkkiliitoksia. Laakeripesät on varustettu kiinnityspultteja varten pitkillä rei'illä, jotta rumpujen säätäminen kohtisuoraan kuljetinhihnaan nähden olisi helpompaa (Koivisto 2018, 160).

2.8 Turvalaitteet

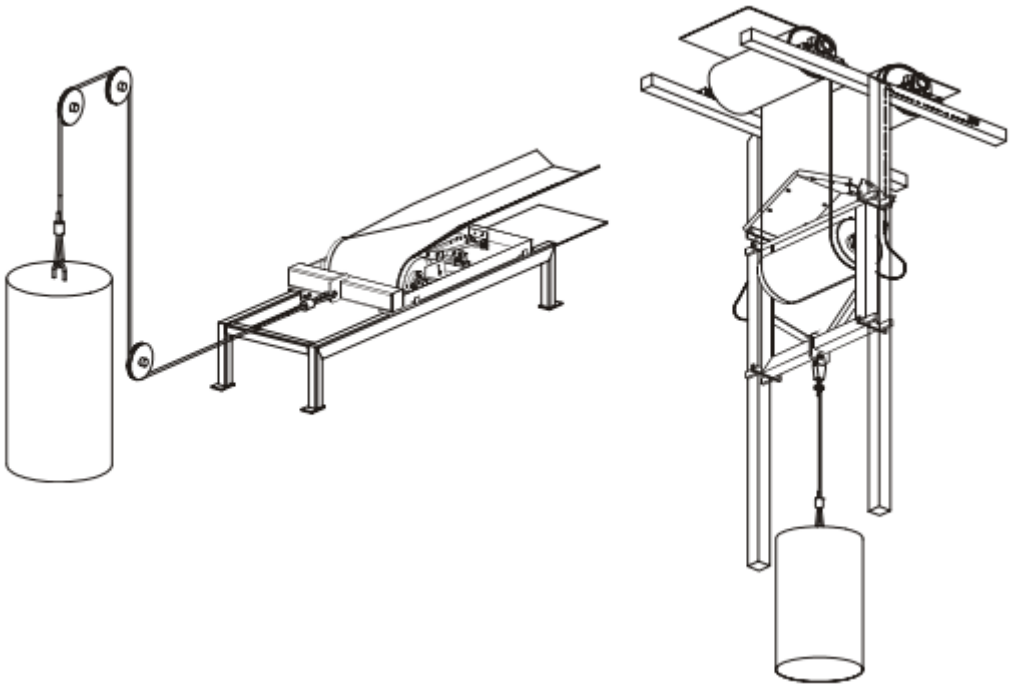
Eniten tapaturmia eri kuljetintyyppejä verrattaessa tapahtuu hihnakuljettimien käytössä. Pääsyy tähän löytyy kuljettimen rakenteesta, joka on avonainen sekä rumpujen ja rullien nielukohtien vaikeasta suojaamisesta. Turvalaitteiden tarkoituksena onkin siis välttää kuljettimen vaarallinen käyttö. (Koivisto 2018, 160.)

Erilaisten turvalaitteiden avulla on mahdollista pysäyttää kuljetin nopeasti vaaratilanteiden sattuessa. Tällaisia vaaratilanteita voi usein sattua esimerkiksi huolto- ja korjaustöiden yhteydessä. Myös kuljetinta suojaavat erilaiset katteet luetaan kuljettimen turvalaitteiksi. Erilaisia turvalaitteita ovat mm. turvakytkimet, köysihätäpysäytin, pyörintävahti, hihnan sivusiirron vartija sekä ruuhkavahtia. (Koivisto 2018, 160.)

Turvalaitteet on myös suunniteltava, sijoitettava, valittava tai suojattava siten, että ne sopivat laitteiston erilaisiin käyttötapoihin ja olosuhteisiin. Jäänmuodostus sekä kosteus on huomioitava seikka turvalaitteiden suojaamisessa. (SFS-EN 620, 490.)

2.9 Hihnan kiristyslaitteet

Hihnan täytyy olla koko ajan riittävällä kireydellä, jotta saadaan aikaan tarvittava kitkavoima. Tämän voiman on oltava siis suurempi kuin materiaalin siirtämiseen käytettävä hihnavoima. Hihnojen kiristyslaitteita on erilaisia riippuen kuljettimen pituudesta. Kuvassa 7 on esitetty erilaisia hihnan kiristysmekanismeja. Yleisin kiristyslaite on ruuvikiristyslaite. Se asennetaan taittorummun yhteyteen ja siinä ruuvien avulla taittorumpua joko työnnetään tai vedetään taaksepäin. Tämä kiristysmenetelmä ei sovellu pitkille kuljettimille. (Koivisto 2018, 161.)

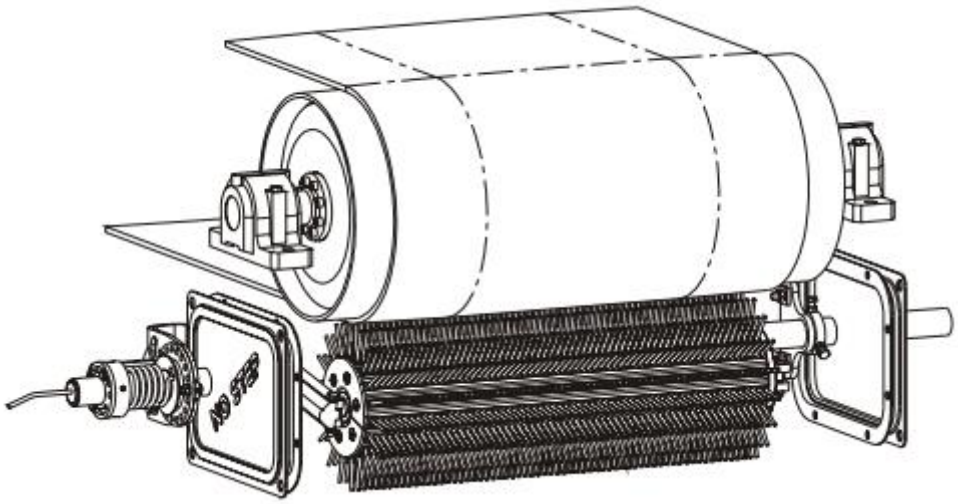


Kuva 7. Hihnakuljettimen kiristysmekanismeja (Parikka ym. 2000, 13)

Muita kiristyslaitteita ovat esimerkiksi kiristyskelkka ja vaunukiristyslaite. Nämä kiristyslaitteet sopivat molemmat pitkille kuljettimille. Kiristyskelkan toimintaperiaate perustuu siihen, että taittorumpu lepää kelkan päällä, joka on irrallaan runkopalkkien päällä. Kelkkaan kiinnitetään sopiva vastapaino vaijerin avulla. Vaijeri viedään taittorullan yli, jolloin vastapaino huolehtii painovoiman avulla siitä, että hihna pysyy riittävän kireällä. (Koivisto 2018, 161.)

2.10 Hihnan ja rumpujen puhdistuslaitteet

Hihnakuljettimissa käytettäviä puhdistuslaitteita on nykyään saatavilla todella laaja valikoima. Likaiset rummut ja hihna lisäävät pyörivien komponenttien vierintäkitkaa, joka lisää ylimääräistä tehon tarvetta. Puhdistuslaitteiden tarkoituksena onkin siis nimensä mukaisesti pitää hihna ja rummut puhtaina. (Koivisto 2018, 158, 159.) Kuvassa 8 on esitetty hihnaa puhdistava hihnaharja.



Kuva 8. Roxon Motomax hihnaharja (Roxon)

Yleisimpiä hihnan puhdistuslaitteita ovat kaavarit, puhdistusharjat, hihna-aurat ja rummun vuolevat puhdistimet. Kaavareita käytetään sileän hihnan likaisen puolen puhdistamiseen ja toimivat yleensä jousikuormitteisesti. Puhdistusharja on erittäin tehokas puhdistusväline ja sitä voidaan käyttää myös ripa- ja nappulapintaisissa hihnoissa. (Koivisto 2018, 158.)

3 Veto- ja taittorummun napa-akseli liitosmenetelmiä

3.1 Ruuviliitos

Koneenrakennuksessa ruuviliitos on ylivoimaisesti eniten käytetty liitosmuoto, koska sen purkaminen ja asentaminen on helppoa ja nopeaa. Tässä liitosmenetelmässä ruuvin avulla kaksi kappaletta puristetaan toisiaan vasten. Ruuviliitoksen haittapuolina voidaan pitää sen luotettavuutta, joka on suuresti riippuvainen sen vaikeasti hallittavissa olevasta kiristysmomentista. (Imatran pultti. Ruuviliitokset.)

Ruuvit voidaan niiden käyttötarkoituksensa mukaan jakaa kahteen erilliseen ryhmään, **kiinnitysruuveihin** ja **liikeruuveihin**. Kiinnitysruuveissa päätoiminto on koneen- tai muiden rakenneosien kiinnittäminen toisiinsa. Liikeruuveissa päätoimintona on vääntömomentin muuttaminen suoraviivaiseksi liikkeeksi tai päinvastoin. Näiden kahden välinen raja ei kuitenkaan ole aivan yksiselitteinen, sillä joissain tarkoituksissa liitosruuvia voidaan käyttää asettelutarkoituksessa kuten liikeruuvia. (Airila ym. 1985, 156.)

Ruuviliitoksen tarkoituksena on usein myös kiinnittämisen lisäksi tiivistäminen. Yhteen puristettavien pintojen tiiveyden takaamiseksi voidaan pintojen väliin sijoittaa tiivistysainetta tai tiivistelevy. Ruuviliitosta voidaan pitää hyvinkin luotettavana, kun se on oikein mitoitettu. Liitoksen mitoittaminen edellyttää standardiosien ja kiristysarvojen valintaa. Tämä on kuitenkin melko ison mitoitusmenettelyn ja lujuustarkastelun tulos. (Blom ym. 2006, 39.)

Liitososissa on hyvin tärkeää, että toisiaan vasten tulevat pinnat ovat hyvin tasaisia. Pintojen epätasaisuus tai muut kohoumat pienentävät huomattavasti liitoksen todellista kosketuspintaa ja jäykkyyttä heikentäen liitoksen kestävyyttä. Luotettavan liitoksen aikaansaamiseksi on usein syytä käyttää momenttikiristystä. Momenttikiristys suoritetaan työkalujen avulla, jotka mittaavat jatkuvasti kiristettävän ruuvin momenttia. (Blom ym. 2006, 53, 68.)

3.2 Puristus-, kutistus- ja kiristysliitos

Kutistus- ja puristusliitos tarkoittaa kitkasulkeista navan ja akselin välistä liitosta. Liitos muodostuu lieriömäisistä pinnoista. Ennen liitosta navan halkaisijan täytyy olla hieman pienempi kuin akselin halkaisijan. Liitettäessä nämä osat yhteen, saadaan navan ja akselin välille aikaan muodonmuutoksista aiheutuva jännitystila. Liitoksessa vaikuttaa säteen suuntainen puristusjännitys, jota nimitetään pintapaineeksi. Pintapaineen avulla kitkasulkeinen liitos voi välittää voimia joko tangentiaalis- tai aksiaalisuunnassa. Puristus- ja kutistusliitoksen erottaa toisistaan niiden toteutusmenetelmä. Puristusliitos saadaan aikaiseksi

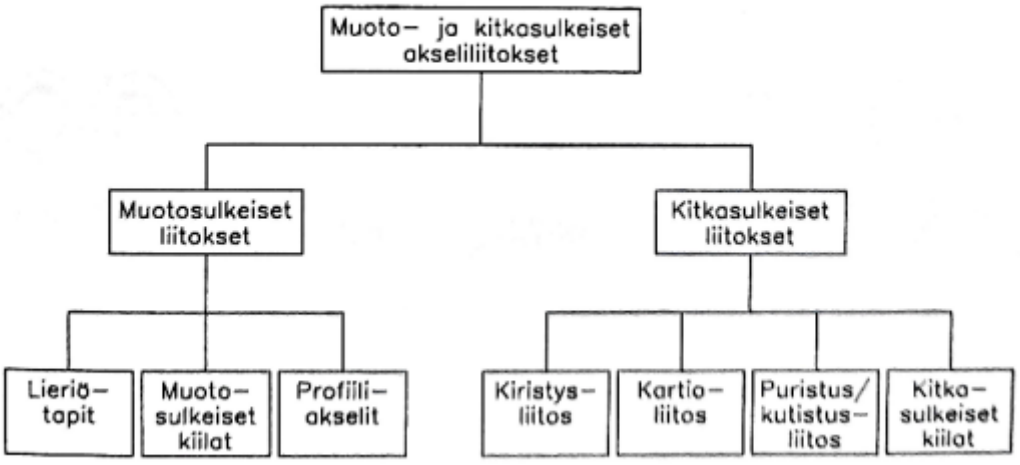
puristamalla napa pituussuunnassa akselille. Kutistusliitos toteutetaan joko akselia jäähdyttämällä tai napaa lämmittämällä. (Blom ym. 2006, 104.)

Kiristysliitos tarkoittaa akselin ja navan liittämistä toisiinsa menetelmällä, jossa lieriömäisten pintojen välinen pintapaine toteutetaan akselin ja navan väliin sijoitetulla erillisellä kiristyselementillä. Liitos voidaan toteuttaa myös kiristämällä joustavaa tai halkaistua napaa ruuvien avulla. Kiristysliitoksessa on aina kiristettävien elementtien välillä selvä välys. Tämä välys poistetaan kiristämällä ruuveja. Ruuvien kireyden avulla voidaan liitoksen pintapaine säätää sopimaan valmistajan ohjeita. Standardi SFS-EN 5595 käsittelee puristus- ja kutistusliitoksien mitoitusta. (Blom ym. 2006, 104.)

Edellä mainittujen liitoksien etuina on se, että niillä on erityisen hyvä kestävyys vaihtokuormituksen alaisissa liitoksissa hyvin pienen lovivaikutuksen ansiosta. Toinen liitoksen tuoma etu on sen keskittäminen, tosin haittapuolena voidaan todeta, että liitoksen toteuttaminen vaatii usein suurempaa tarkkuutta niiden toleranssien takia. Kiristysliitoksessa tätä ongelmaa ei ole. (Airila ym. 1985, 347.)

3.3 Kiilaliitos

Kiilaliitokset voidaan jakaa kahteen erilliseen ryhmään. **Muotosulkeisiin** liitoksiin ja **kitkasulkeisiin** liitoksiin. Muotosulkeisessa liitoksessa liitettävien pintojen välillä ei ole juurikaan säteen suuntaista puristusta. Momentinsiirto tapahtuu silloin liitoselementin (kiilan) leikkausjännityksen ja kehän suuntaisen pintapaineen välityksellä. (Blom ym. 2006, 93.) Kuvassa 9 on esitetty erilaisia akseliliitoksia.



Kuva 9. Kitka- ja muotosulkeiset akseliliitokset (Blom ym., 2006, 93.)

Kitkasulkeinen liitos eroaa muotosulkeisesta liitoksesta siinä, että momentinsiirto ei tapahdu ainoastaan liitoselementin välityksellä. Liitettävien pintojen välillä vaikuttaa silloin niin suuri pintapaine, että momentinsiirto toteutuu kitkavoimien välityksellä. Kiilaliitoksia on myös kahdenlaisia, muotosulkeisia sekä kitkasulkeisia. (Blom ym. 2006, 93.)

Kiilassa tärkeimpiä suureita momentinsiirtokyvyn kannalta ovat kiilassa vaikuttava pintapaine, navan ja akselin välissä vaikuttava pintapaine sekä kiilassa vaikuttava leikkausjännitys. Yleisesti ottaen kiilateräksen täytyy olla kovempaa kuin liitettävien kappaleiden. Tällöin varmistutaan siitä, että kiilan pintapaineen sietokyky on suurempi kuin liitettävien kappaleiden. (Blom ym. 2006, 97.)

Kiilaliitosta ei voida pitää kokonaan välyksettömänä, koska ajan saatossa kuormitusvoimien suunnan vaihtelu aiheuttaa kappaleissa pientä liikettä, joka myöhemmin johtaa kitkakulumiseen ja aiheuttaa liitoksen löystymistä. Kiilaliitosta ei suositella käytettäväksi, jos vääntömomentin suunta vaihtelee tai käytetään hihnavälitystä. (Blom ym. 2006, 98.)

Ura-akseleilla on mahdollista saavuttaa suurempi momentinsiirtokyky, kuin kiilaliitoksen avulla. Ura-akseli on käytännössä akselille koneistettu sarja rinnakkaisia kiiloja. Standardit DIN 5462, 5463, 5464, 5480 ja SFS-EN 5125 käsittelee erilaisia ura-akseleita ja niiden liitoksia. (Blom ym. 2006, 100.)

3.4 Hitausliitos

Hyvin usein veto- ja taittorummun napa-akseli liitos toteutetaan hitausmenetelmällä, mutta varsinkin suuriin akselihalkaisijoihin siirryttäessä tämä usein aiheuttaa ongelmia ja muodonmuutoksia materiaalin rakenteeseen. Standardissa SFS-EN 5260 suositellaan, että vetorummun napa-akseliliitosta ei toteutettaisi hitausmenetelmällä.

Hitaus tarkoittaa materiaalien liittämistä toisiinsa niiden liitoskohtaan tuodun ulkoisen energian ja mahdollisen lisäaineen avulla siten, että liitos muodostuu joko paikallisen sulamisen ja jähmettymisen tai atomaarisen diffuusion välityksellä. (Koivisto ym. 2004, 290.)

> *Hitaus on omiaan aiheuttamaan rakenne- ja ominaisuusmuutoksia, mm. haurastumista ja sisäisiä jännityksiä. Joskus ne ovat niin haitallisia, että ne täytyy poistaa hehkuttamalla. Materiaalin kannalta katsottuna sulahitsaus on kuitenkin erittäin väkivaltainen tapahtuma, koska avainasemassa liitoksen muodostumisessa on liitettävän materiaalin ja mahdollisen lisäaineen paikallinen sulaminen, jähmettyminen ja jäähtyminen. Ongelmana on se, että kun lujuus perustuu johonkin ei-tasapainotilan mukaiseen mikrorakenteeseen, pyrkii hitsauksen aiheuttama lämpötilan nousu muuttamaan rakennetta kohden stabiilia tasapainotilaa. Rakenteen muuttuessa muuttuvat myös*

> *sen ominaisuudet, valitettavasti hitsauksessa useimmiten huonompaan suuntaan.* (Koivisto ym. 2004, 118, 291.)

Hitsauksessa käytettävät korkeat lämpötilat aiheuttavat siis materiaalin laajenemisen. Tässä tapauksessa kuumentunut materiaali ei pääse laajentumaan vapaasti, vaan se tyssäytyy. Laajentunut teräs pyrkii pienentymään jäähtyessään, mikä taas aiheuttaa vetojännityksen syntymisen hitsiin ja sen lähialueille. Joissakin tapauksissa nämä jäännösjännitykset voivat nousta jopa hitsattavan materiaalin myötörajan suuruisiksi, joka heikentää materiaalin väsymislujuutta. (Ovako terästen hitsaus, 16.)

4 Vetorumpujen kehittäminen

4.1 Toteuttaminen

Opinnäytetyö toteutettiin kehitystyönä, jonka toimeksiantajana toimi UPM Kaukaan sellutehdas. Työn lähtötilanteena oli kehittää puunkäsittelyn alueella toimivien hihnakuljettimien vetorumpujen kunnossapidollisten ja huoltotoimenpiteiden suorittamista niin, että jatkossa niihin ei kuluisi yhtä paljon aikaa.

Sellutehtaan puunkäsittelyn alueella on tapahtunut paljon viime vuosien aikana eri hihnakuljettimien veto- ja taittorumpujen vaurioitumisia, joka näkyvät suoraan puunkäsittelyn tuotantotahdin hidastumisessa. Vauriot syntyvät yleensä laakerivaurion vuoksi ja se useimmiten huomataan vasta siinä vaiheessa, kun rummun akseli on jo ehtinyt vaurioitua. Sellutehtaalla puunkäsittelyosastolla ei ole käytössä reaaliaikaista hihnakuljettimien veto- ja taittorumpujen kunnonvalvontaa, vaan kuljettimien tarkastukset suoritetaan tietyin määräajoin kunnonvalvojien ja omien laitosmiesten toimesta.

Vanhojen rumpujen vaihtaminen ja akselien kunnostaminen on ollut hidasta, koska rummussa oleva akselin ja napakappaleen liitos on melkein kaikissa rummuissa tapahtunut hitsausmenetelmällä, joka tarkoittaa sitä, että esimerkiksi akselissa tapahtuneen laakerivaurion takia joudutaan koko rumpu irrottamaan kuljettimelta. Tämä on hidas ja työläs prosessi verrattuna pelkän akselin irrottamiseen navasta.

4.2 Aloitus

Kehitystyö aloitettiin tutustumalla eri Kaukaan sellutehtaan puunkäsittelyn alueella toimiviin vetorumpuihin ja niiden valmistuspiirustuksiin. Seuraavaksi kartoitettiin mistä löytyisi parhaiten tietoa vetorumpujen kehittämiseen ja aloitettiin eri yritysten ja henkilöiden haastattelut, jotta saataisiin selvitettyä vetorumpujen parhaat ominaisuudet.

Haastattelujen ja tiedonhankinnan edetessä tuli hyvinkin nopeasti esille, että suurimmat muutokset vetorumpujen rakenteessa tulisivat koskemaan tuota rummun napa-akselilii-tosta, koska tällä olisi tulevaisuudessa merkittävin vaikutus rumpujen huollon ja korjaustoimenpiteiden helpottamisessa ja nopeuttamisessa.

Joissakin rummuissa oli erilaisia laakerointi ja tiivisteratkaisuja sekä rummun pinnoitusvaihtoehtoja ja tavoitteena oli yhtenäistää näitä, kuitenkin pitäen mielessä se, että jokainen vetorumpu on yksilö ja tulisi tarkastella erillisenä yksilönä kaikissa eri hihnakuljettimissa. Riittävän tiedonkartoituksen ja vetorumpujen parhaimpien ominaisuuksien selvitystyön jälkeen tilattiin paikalliselta koneistusyritykseltä valmistuspiirustukset ja lujuuslaskelmat yhteen

puunkäsittelyn alueella sijaitsevaan hihnakuljettimen vetorumpuun. Piirustusten valmistuttua sama yritys valmistaa Kaukaalle uuden vetorummun valmistuspiirustusten mukaisesti ja se päästään vaihtamaan seuraavan kerran, kun vanhassa rummussa havaitaan huoltoa vaativia toimenpiteitä tai revision yhteydessä.

Vetorummun valmistavan yrityksen kanssa tehdään paljon yhteistyötä rumpujen parhaimpien ominaisuuksien ja ongelmakohtien selvittämisessä. Yrityksellä oli jo ennestään hyvin laajalti kokemusta samanlaisista vetorumpujen muutostöistä ja niiden valmistamisesta, joten heiltä saatiin arvokasta tietoa, jota käyttää hyödyksi kehitystyön tekemisessä.

4.3 Laakerointi

Vetorumpujen ominaisuuksilla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä rummun laakerointiratkaisuja, tiivisteitä, rummun pintamateriaalia, rakennetta sekä napa-akseli liitosta. Kehitystyö kohdistui siis näihin komponentteihin.

Vetorummun laakerointiratkaisuja harkittaessa ja konsultoidessa saatiin hyvinkin helposti rajattua haastatteluiden avulla laakerointivaihtoehdot kahteen eri vaihtoehtoon. Ensimmäinen vaihtoehto, jota käytetäänkin nykyisellään jo suuressa osassa vetorummuissa, oli kaksirivinen pallomainen rullalaakeri (esitetty kuvassa 10.) Toinen esille noussut vaihtoehto oli urakuulalaakeri. Urakuulalaakeri soveltuisi paremmin käytettäväksi isommilla pyörintänopeuksilla, eikä se myöskään rakenteensa vuoksi kestä linjausvirheitä lähes laisinkaan.

Kuva 10. Pallomainen rullalaakeri (SKF)

Vetorumpujen laakerointiratkaisuksi valittiin siis kaksirivinen pallomainen rullalaakeri. Se kantaa radiaali- ja aksiaalikuormia erittäin hyvin eikä tämän takia ole läheskään yhtä altis akselin linjausvirheille. Laakerit päätettiin myös varustaa kartioholkein, jotta niiden asentaminen ja vaihtaminen olisi vaivattomampaa. Valtaosassa hihnakuljettimia laakerit asennetaan halkaistaviin laakeripesiin.

4.4 Tiivisteet

Tiivistetyyppien valintaa tehdessä ilmeni, että monessa puunkäsittelyn alueen hihnakuljettimien vetorummuissa saattoi olla käytössä erilaisia tiivisteratkaisuja jopa kahdella identtisellä ja vierekkäisellä kuljettimella. Tämä johtui osittain siitä, että osa tiivisteratkaisuista saattoi olla jo käyttöikänsä päässä eikä niitä ollut päivitetty nykyaikaisempaan, mutta vastaavaan ratkaisuun. SAP-varaosaluetteloissa saattoi myös olla eroavaisuuksia samanlaisten kuljettimien välillä. Tämä olikin hyvä syy yhtenäistää ja päivittää tiivisteratkaisuja, jolloin päästään eroon ”ylimääräisistä” ja vanhentuneista tiivisteistä.

Tiivistetyyppejä konsultoidessa ehdotuksia tuli aika laajalta alalta, huopatiivisteistä labyrinttitiivisteisiin asti. Suurimman kannatuksen tiivistetyypin valinnassa vei kuitenkin yleisestikin monessa paikassa käytettävä nelihuulitiiviste, joka esitetään kuvassa 11.

Kuva 11. Nelihuulitiiviste (SKF)

Ne ovat todettu luotettaviksi sekä pitkäikäisiksi ratkaisuiksi ja toimivat näissä käyttöolosuhteissa erittäin hyvin. Tiiviste kestää erinomaisesti kulutusta ja estää lian sekä kosteuden pääsyn voiteluaineen sekaan tehokkaasti. Niiden asentaminen on myös helpompaa kuin

huopatiivisteiden tai labyrinttitiivisteiden, koska tiivisteet ovat kaksiosaisia eli ne ovat halkaistu kahtia. Nämä tiivisteet eivät myöskään ole kovin alttiita linjausvirheille. Tiivisteen materiaalina voidaan käyttää nitriilikumia, tpe:tä tai ptfe:tä. Alla olevassa taulukossa 1 on vertailtu eri tiivisteratkaisujen tärkeimpiä ominaisuuksia puunkäsittelyn alueen käyttöolosuhteet huomioon ottaen.

Taulukko 1. Tiivisteratkaisujen parhaat ominaisuudet

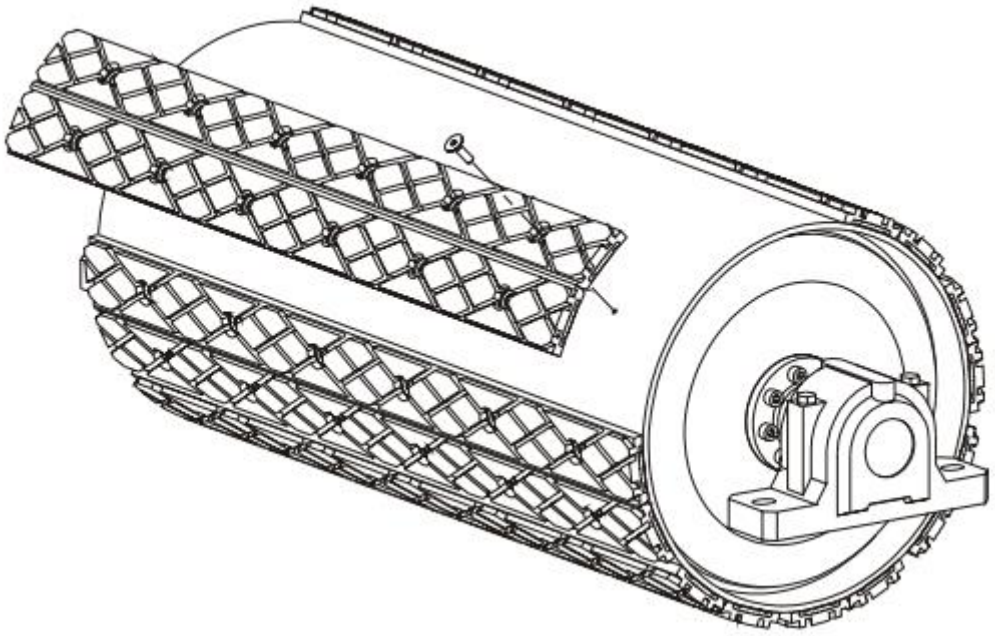
	Huopatiiviste	Labyrinttitiiviste	Nelihuulitiiviste	V-huulitiiviste
Materiaali	Huopa	Teräs, silikoni	TPE	Teräs, nitriilikumi
Tiivisteen kitkakerroin	5	10	10	10
Asennettavuus ja vaihto	7	5	10	5
Tiivistyskerroin	6	6	8	7
	18	21	28	22

Taulukossa isompi numero tarkoittaa parempaa tulosta. Eri tiivisteratkaisujen vertailussa käytettiin apuna SKF:n omaa taulukkoa, joka on tehty helpottamaan tiivisteiden valintaprosessia eri SNL laakeripesiin. Taulukko löytyy liitteenä (2) opinnäytetyön lopussa.

4.5 Pintamateriaali

Vetorumpujen pintamateriaalien konsultointi oli hiukan haastavampaa, koska jokaisella kuljettimella se täytyy katsoa tapauskohtaisesti. Tässä ratkaisussa käytetään mallina kuorimolta hakekasalle vievää kuljetinta. Kuljetin on pitkä ja sen nousukulma on suhteellisen jyrkkä.

Vaihtoehtoja rummun pinnoitukseen löytyy kuumavulkanoituja uritettuja kumeja tai irrotettavia kitkapalkkeja. Kuvassa 12 on esitetty kuljetinrumpu, joka on varustettu kitkapalkeilla. Valinta oli kuitenkin loppujen lopuksi helppo ja syyt tälle on helppo ymmärtää. Irrotettavilla kitkapaloilla saavutetaan parempi kitkakerroin kuin kuumavulkanoidulla pinnoituksella. Näitä paloja suositellaankin käytettäväksi jyrkän nousukulman omaavilla kuljettimilla, mutta ne sopivat yhtä hyvin tasaisellakin sijaitseville kuljettimille. Irrotettavat kitkapalat ovat myös ylivertaisia vulkanoituun pinnoitukseen verrattuna, kun ajatellaan sen huoltoa sekä ne pitävät kuljettimen vetopään puhtaana. (Orava 2023.)



Kuva 12. Rummun kitkapalkki (Roxon)

Kitkapalat ruuvataan rumpuun kiinni, joka tekee niiden vaihtamisesta nopeaa ja vaivatonta. Tämä kiinnitysratkaisu mahdollistaa myös kitkapalojen vaihdon ilman hihnan poistoa rummun päältä. Niiden asentaminen on myös mahdollista jo valmiiksi kuluneen kuumavulkanoidun kumipinnoitteen päälle. Irrotettavien kitkapalojen käytössä on huomioitava, ettei ne sovellu sellaisille kuljettimille, joita on tarvetta pyörittää vastakkaiseen suuntaan. Kitkapalat eivät kestä tällaista käyttöä.

4.6 Napa-akseliliitos

Isoin ja merkittävin muutos vetorumpujen rakenteissa saavutetaan tällä napa-akseli liitoksella. Melkein poikkeuksetta kaikissa puunkäsittelyn alueen vetorummuissa tämä liitos on toteutettu hitsausliitoksena. Vetorumpuja valmistavien ja niiden kanssa läheisesti tekemisissä olevien yritysten haastatteluista kävi ilmi, että tämä alkaa olla nykypäivänä jo hieman vanhentunut ja vaikeahko ratkaisu juuri sen takia, että se tekee rummun/akselin huoltamisesta ja korjaamisesta paljon vaikeampaa ja hitaampaa, joka taas näkyy kustannuksissa negatiivisesti.

Yrityksiä ja henkilöitä konsultoitaessa kaikki suosittelivat liitoksen toteuttamista kitkaliitoksena. Tähän tarkoitukseen löytyy hyvin laajalti soveltuvia erilaisia kiinnitysholkkeja tilantarpeesta ja kuormituksesta riippuen. (Martikainen 2023; Parkano Steel 2023.)

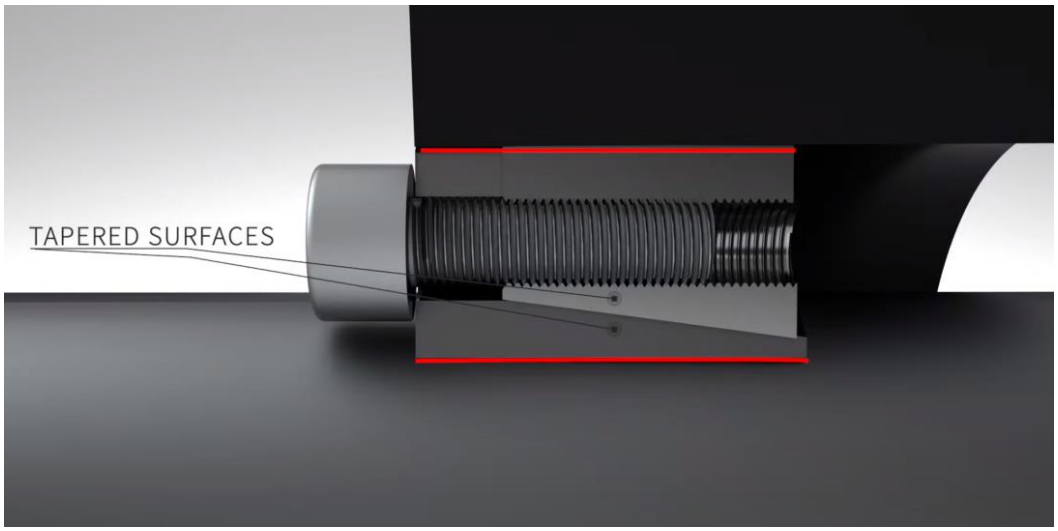
Uusien vetorumpujen napa-akseliliitos tullaan siis toteuttamaan tällä menetelmällä. Kiinnitysholkkeina käytetään Bonfix-kiinnitysholkkeja. Näiden liitosratkaisujen suunnittelu ja käyttö on myös helppoa, tarvitaan vain akselin ja navan mitat sekä siirrettävä vääntömomentti. Tämän ratkaisun avulla tulevaisuudessa, esimerkiksi laakerivaurion sattuessa ei enää tarvitse purkaa koko rumpua hihnakuljettimelta, vaan voidaan irrottaa pelkkä akseli sen koneistamista varten ja säästetään huomattavasti aikaa ja kustannuksia. Opinnäytetyön liitteenä (1) on taulukko Bonfix-kiinnitysholkkien mitoittamista varten.

4.7 Bonfix-kiinnitysholkki

Kiinnitysholkkeja käytetään nykyään teollisuudessa todella paljon eri käyttökohteissa, esimerkiksi ketjupyörissä, kytkimissä ja muissa napa-akseliliitoksissa, joissa halutaan päästä eroon kiilaurallisista tai hitsatuista vaihtoehdoista. Kiinnitysholkissa voimansiirrosta aiheutuva rasitus jakautuu koko vastinpintojen alueelle, joka myös mahdollistaa pienempien akseleiden käyttämisen. Samalla myös navan ja akselin välinen välys poistuu kokonaan eikä näin ollen aiheuta melua tai käyntitarkkuuden heikkenemistä. (SKS Group) Kuvassa 13 on esitetty Bonfix-kiinnitysholkki.

Kuva 13. Bonfix kiinnitysholkki (SKS Group)

Bonfix-kiinnitysholkin asentaminen ja irrottaminen on helppoa ja nopeaa. Se asennetaan akselin ja navan väliin kiristämällä holkissa olevia kiinnitysruuveja, jolloin holkissa olevat kartiopinnat painautuvat toisiaan vasten aiheuttaen näin lujan ja välyksettömän liitoksen akselin ja navan välille. Kiinnitysholkin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Kiinnitysholkin toimintaperiaate (HVH Industrial)

Kiinnitysholkin irrottaminen on yhtä helppoa kuin asentaminen. Holkissa on paikat ruuveille, joiden avulla kartiopintoja voidaan työntää irti toisistaan, jolloin kitkaliitos aukeaa. Kiinnitysholkkeja on saatavilla erilaisilla materiaaleilla, kuten rosterisina tai pinnoitettuina.

4.8 Keskilaippa

Pieni osa vetorummuista on varustettu keskilaipalla, joka sijaitsee keskellä rumpua ja on hitsattu akseliin sekä rummun vaippaan kiinni. Keskilaipan tarkoituksena on jäykistää ja vahvistaa rummun rakennetta. Uusissa vetorummuissa tämä keskilaippa jätetään pois, koska se vaikeuttaisi huomattavasti akselin irrottamista rummusta ja tekisi kitkaliitosholkin käyttämisestä turhaa.

Keskilaipan pois jättäminen vaatii jokaisen rummun kohdalla uudet lujuuslaskelmat, jotta varmistutaan rakenteen kestävyydestä. Tarvittaessa rummun ulko- ja sivuvaippojen paksuutta voidaan lisätä, jolloin saadaan rummusta yhtä kestävä ja jäykkä kuin keskilaipan kanssa. (Martikainen 2023.)

5 Yhteenveto

Kehitystyön tavoitteena oli päivittää Kaukaan sellutehtaan puunkäsittelyn alueen hihnakuljettimien vetorumpuja niin, että niiden kunnossapidollisten toimenpiteiden suorittaminen tulevaisuudessa olisi kustannustehokkaampaa. Kehitystyöhön kuului vetorumpujen parhaimpien ominaisuuksien selvittäminen yhdessä tehtaan oman henkilöstön sekä hihnakuljettimien ja rumpujen kanssa työskentelevien yrityksien henkilöiden avulla. Opinnäytetyön aikana mallina toimi sellupuunkuorimolta hakekasalle haketta kuljettavan hihnakuljettimen vetorumpu.

Työ oli pitkälti tiedonhakemista ja parhaimpien ominaisuuksien selvittämistä eri lähteistä. Haasteellisinta olikin selvitystyö, koska hihnakuljettimien ja rumpujen komponentteja ja niiden parissa työskenteleviä yrityksiä ja henkilöitä on paljon ja siten konsultointeja täytyi tehdä laajalta alalta, jotta varmistuttiin riittävästä tiedonsaannista. Joissakin ominaisuuksissa saatettiin myös törmätä hieman ristiriitaisiin mielipiteisiin esimerkiksi tehtaan henkilöstön ja hihnakuljetinkomponentteja valmistavien yritysten kanssa. Tällaisissa tilanteissa täytyi osata arvioida kummat mielipiteet ovat merkityksellisempiä kehitystyön onnistumisen kannalta.

Selvitystyön jälkeen uudesta vetorummusta tilattiin valmistuspiirustukset ja paikallinen koneistusyritys valmistaa Kaukaalle uuden rummun. Uudet piirustukset ja rumpu eivät ehtineet valmistua ennen opinnäytetyön palautusta, joten niistä ei saatu materiaalia tähän työhön. Kehitystyötä voidaan kuitenkin pitää onnistuneena, sillä sen tuloksena saatiin tuotettua ominaisuuksiltaan vanhasta rummusta paranneltu versio. Uudella versiolla tulevaisuudessa rumpujen vaurioitumisten sattuessa säästetään huomattavasti aikaa ja resursseja verrattuna vanhaan kokoonpanoon. Rumpujen varaosia on myös yhtenäistetty huomattavasti, joka tuo helpotusta varastonhallintaan ja osien hankintaan jälleenmyyjiltä.

Opinnäytetyön valmistumisen jälkeen onkin ajankohtaista päivittää kaikkien puunkäsittelyn alueen vetorumpujen valmistuspiirustukset sekä SAP-osaluetteloiden nimikkeet vastaamaan uusia versioita. Vanhojen varaosien läpikäynti ja niiden modernisointi on myös aiheellista. Tarkoituksena on menetellä muidenkin puunkäsittelyn alueella sijaitsevien vetorumpujen kohdalla samalla tavalla tulevaisuudessa, jolloin tätä opinnäytetyötä on hyvä käyttää lähtökohtana rumpujen kehitystyölle. Hihnakuljettimet ja vetorummut ovat kuitenkin yksilöitä ja niiden ominaisuuksissa on eroavaisuuksia käyttötarkoituksien mukaan, joten tämän rummun parhaita ominaisuuksia ei voida suoraan käyttää jossakin toisessa laitteessa.

Tulevaisuuden kehityskohteita voisi olla muissakin laitteissa, joissa on vastaavanlaisia napa-akseliliitoksia tai muita samankaltaisia komponentteja. Työstä olisi helppo lähteä

kartoittamaan, onko esimerkiksi tehtaalla sijaitseville muille kuljettimille tai ketjupyörille yms. tarvetta lähteä tekemään samanlaista kehitystyötä ja voitaisiinko sillä saavuttaa samanlaisia ajallisia ja kustannuksellisia säästöjä. Pelkästään jo vanhojen varaosien ja osaluetteloiden päivityksillä voidaan helpottaa varastonhallintaa, osien hankintaa toimittajilta sekä kunnossapitotyön tekemistä huomattavasti.

Lähteet

Airila, M., Karjalainen, J., Mantovaara, U., Nurmi, L., Ranta, A., Verho, A. 1985. Koneenosien suunnittelu 2, liitokset. WSOY:n graafiset laitokset Porvoo.

Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen, A., Suosara, E. 2006. Koneenelimet ja mekanismit. Edita Publishing Oy.

Bonfix-kiinnitysholkkien mitoitustaulukko. Viitattu 03.04.2023. Saatavissa https://assets.ctfassets.net/qp8rp917jhxs/4w6BZx31nO6a0kOuyaI6sA/d99b475433c71770c4af0cbb3c35225b/SKS_Mekaniikka_Bonfix_2014.pdf

Euro-Kumi kuljetinhihna. Viitattu 16.02.2023. Saatavissa https://www.euro-kumi.com/euro-antiflame/

FEECO Incline conveyors. Viitattu 22.02.2023. Saatavissa https://feeco.com/incline-conveyors-vs-steep-incline-conveyors-whats-the-difference/

HVH Industrial Solutions (Ringfeder) kiinnitysholkki. Viitattu 28.03.2023. Saatavissa https://youtu.be/p1bmVphYmGQ

Imatran pultti. Ruuviliitokset. Viitattu 09.04.2023. Saatavissa https://www.imatran-pultti.fi/images/pdfs/tietoa_ruuviliitoksista.pdf

Koivisto, K. 2018. Kuljetintekniikka. Helsinki: Books On Demand.

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P., Tuomikoski, J. 2004. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Edita Publishing Oy

Martikainen, P. 2023. RM-koneistus. Puhelinkeskustelu 06.03.2023

Mäkelä, Kimmo K., Parikka, R., Sarsama, J. & Virolainen, K. 2000. Hihnakuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Viitattu 16.03.2023. Saatavissa: https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf

Orava, S. 2023. Contitech Oy. Puhelinkeskustelu 08.03.2023

Ovako terästen hitsaus 2020. Viitattu 04.03.2023. Saatavissa https://metals.ovako.com/48e4ed/globalassets/metals/ovakon_terasten_hitsaus_2020-paiv-versio.pdf

Parkano Steel Oy kuljetinrummut. Viitattu 16.02.2023. Saatavissa https://parkanosteel.fi/tuotteet/vetorummut

Parkano Steel Oy. 2023. Puhelinkeskustelu 16.02.2023.

Roxon kuljetin komponentit. Viitattu 20.03.2023. Saatavissa https://www.roxon.com/wp-content/uploads/2019/02/Roxfin.pdf

SKF laakerit ja tiivisteet. Viitattu 29.03.2023. Saatavissa https://www.skf.com/fi

SKF tiivistevaihtoehdot SNL laakeripesille. Viitattu 16.04.2023. Saatavissa https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/bearing-housings/split-pillow-block-housings-snl-2-3-5-6-series/sealing-solutions

SKS Group Kiinnitysholkit. Viitattu 28.03.2023. Saatavissa https://www.sks.fi/tuotteet/kytkimet-ja-vapaapyorat/kiinnitysholkit-bonfix

Suomen standardisoimisliitto SFS RY. 2003. SFS-Käsikirja 29, Kuljettimet Helsinki: Kyriiri Oy

UPM 2023a. UPM-Kymmene Oy. Viitattu 25.01.2023. Saatavissa https://www.upm.com/fi/

UPM 2023b. UPM-Kaukas. Viitattu 01.02.2023. Saatavissa https://www.upmpulp.com/fi/upm-kaukas/

UPM 2023c. UPM-Intra. Viitattu 01.02.2023. Saatavissa rajoitetusti.

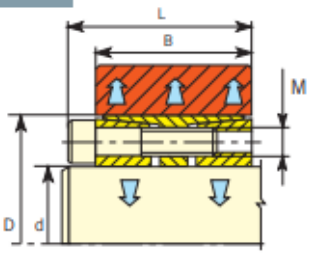
Liite 1. Bonfix kiinnitysholkkien mitoitustaulukko

BONFIX 9600 - BONFIX 9500 - 9000 - 9700

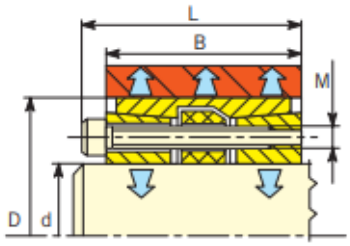
BONFIX 9500 - 9600
BONFIX 9000 - 9700

Erittäin suuri
momentinsiirtokyky
Itsekeskittävä

BONFIX 9600
BONFIX 9500



BONFIX 9000



BONFIX 9600

					Raskas käyttö				Kevyt käyttö*			
d mm	D mm	M mm	B mm	L mm	T_a Nm	T Nm	F kN	P N/mm²	T_a Nm	T Nm	F kN	P N/mm²
70	110	M10	62	72	83	7270	208	125	49	4250	121	74
75	115	M10	62	72	83	7780	207	120	49	4590	122	71
80	120	M10	62	72	83	10350	259	143	49	6100	153	85
85	125	M10	62	72	83	11000	259	138	49	6500	153	81
90	130	M10	62	72	83	12800	284	146	49	7580	168	86
95	135	M10	62	72	83	13500	284	140	49	8000	168	83
100	145	M12	72	84	145	19400	388	148	69	9200	184	71
110	155	M12	72	84	145	21400	389	139	69	10100	184	66
120	165	M12	72	84	145	25600	427	144	69	12200	203	68
130	180	M12	82	94	145	35400	545	149	69	16800	258	71
140	190	M12	82	94	145	40800	583	151	69	19400	277	72
150	200	M12	82	94	145	43700	583	144	69	20800	277	68
160	210	M12	82	94	145	49800	623	145	69	23700	296	69
170	225	M14	93	107	230	67500	794	146	108	31700	373	69
180	235	M14	93	107	230	71500	794	140	108	33500	372	66
190	250	M14	105	119	230	80500	847	118	108	37800	398	56
200	260	M14	105	119	230	95000	950	128	108	44700	447	60
220	285	M16	111	127	355	119000	1082	124	168	56500	514	59
240	305	M16	111	127	355	173500	1446	154	168	82200	685	72
260	325	M16	111	127	355	197500	1519	152	168	93500	719	71
280	355	M20	111	131	690	236000	1686	166	369	126000	900	89
300	375	M20	111	131	690	270000	1800	168	369	144000	960	90
320	405	M20	136	156	690	360000	2250	154	369	192000	1200	82
340	425	M20	136	156	690	382000	2247	147	369	204000	1200	78
360	455	M22	155	177	930	501000	2783	142	550	296000	1644	84
380	475	M22	155	177	930	529000	2784	135	550	313000	1647	80
400	495	M22	155	177	930	613000	3065	143	550	362000	1810	85
420	515	M22	155	177	930	702000	3343	150	550	415000	1976	88
440	535	M22	155	177	930	735000	3341	144	550	435000	1977	86
460	555	M22	155	177	930	769000	3343	139	550	454000	1974	82
480	575	M22	155	177	930	835000	3479	140	550	494000	2058	83
500	595	M22	155	177	930	870000	3480	135	550	514000	2056	80
520	615	M22	155	177	930	1014000	3900	146	550	599000	2304	86
540	635	M22	160	182	930	1053000	3900	136	550	622000	2304	80
560	655	M22	160	182	930	1170000	4179	141	550	692000	2471	84
580	675	M22	160	182	930	1210000	4172	137	550	716000	2469	81
600	695	M22	160	182	930	1250000	4167	139	550	741000	2470	78

* sopivat ohutseinämäisille navoille, kuten kuljettimien rummuille.

Liite 2. SKF tiivistevaihtoehdot SNL laakeripesille

Table 1 - Standard sealing solutions for SNL plummer block housings

Seal							
Type	Four-lip split	V-ring	Felt seal split	Felt strip split	Labyrinth	Taconite	End cover
Designation	TSN .. L	TSN .. A	TSN .. C	FS 170	TSN .. S	TK ..	ASNH ..
Material	thermoplastic polyester elastomer	nitrile rubber, steel	felt, nitrile rubber, aluminium	felt	steel, silicone	steel or cast iron, nitrile rubber	polymer
Seals per pack	2 seals	2 seals	2 seals	1 strip[2]	1 seal	1 seal	1 end cover
Application conditions and requirements							
Temperature [°C]	–40 to +100	–40 to +100	–40 to +100	–40 to +100	–50 to +200	–40 to +100	–40 to +110
Temperature [°F]	–40 to +210	–40 to +210	–40 to +210	–40 to +210	–60 to +390	–40 to +210	–40 to +230
Max. circumferential speed[1] [m/s]	13	7[2]	4[2]	4[2]	not limited	12	n/a
Max. misalignment [°]	1 to 0.5	1.5 to 1	0.5	0.5	0.3	0.5	n/a
Low friction	++	++	–	–	++	+	n/a
Axial shaft displacement	++	–	++	++	+	+	n/a
Vertical arrangement	+	++[3]	– –	– –	– –	+	++
Replacement	++	–	+	+	–	–	++
Shaft tolerance class	h9Ⓔ	n/a	h9Ⓔ	h9Ⓔ	h9Ⓔ	h9Ⓔ	n/a
Shaft roughness Ra [µm]	≤ 3.2	n/a	≤ 3.2	≤ 3.2	≤ 3.2	≤ 3.2	n/a
Sealing suitability							
Dust	++	+	–	–	–	++	++
Fine particles	++	+	–	–	+	++	++
Coarse particles	++	+	+	+	+	++	++
Chips	+	– –	+	+	++	++	++
Liquids when sprayed	+	+	–	–	– –	++	++
Direct sunlight	+	– –	++	++	++	++	++