

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

2019

Veeti Siira

# KULJETINKÄYTTÖJEN RAKENTEEN JA ALUSTAPALKIN KEHITTÄMINEN

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutus

2019 | 54 sivua, 11 liitesivua

Veeti Siira

# KULJETINKÄYTTÖJEN RAKENTEEN JA ALUSTAPALKIN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää alustapalkkeja ja luoda standardoitu tuoteperhe. Opinnäytetyö tehtiin Kumera Drives Oy:lle. Alustapalkki on rakenne, joka tukee vaihdetta ja sähkömoottoria kuljetinkäytössä. Jo olemassa olevat alustapalkit ovat tehty tapauskohtaisesti. Tavoite oli kehittää tuoteperhe alustapalkeille, jotta alustapalkkeja voitaisiin hankkia kustannustehokkaasti myös varastoon.

Työ toteutettiin ensin tutkimalla jo olemassa olevia alustapalkkeja ja keräämällä tietoa alustapalkkiin vaikuttavista tekijöistä. Kuljetinkäytössä alustapalkkiin asennetaan vaihdelaatikko, kytkin ja sähkömoottori. Alustapalkkien komponenttien tutkimisen jälkeen, aloitettiin konseptien suunnittelu. Konseptit tehtiin 3D mallinnus ohjelmalla Siemens Solid Edge.

Ensisijaiset ongelmat olivat, kuinka sovittaa mahdollisimman monta erikokoista vaihdelaatikkoa samalle alustapalkille ja alustapalkin pituuden määrittäminen. Todettiin, että vaihdettavissa oleva moottorialusta on kannattavampi toteuttaa kuin vaihdettava vaihteen alusta. Tämä johtui vaihteiden suuresta koko skaalasta. Seurauksena rajattiin vaihteet vain G-sarjan vaihteisiin. Suunnittelussa ilmeni, että vain muutama vaihdekoko oli mahdollista sovittaa samalle alustapalkille. Tämä johti kolmeen alustapalkkiin, jotka soveltuvat kahdelle vaihdekoolle per alustapalkki. Yksi alustapalkki ko'oilte 225-250, toinen ko'oilte 280-315 ja kolmas ko'oilte 355-400. Jokainen IEC standardin sähkömoottorin runkokoko koosta 160 kokoon 355 on asennettavissa jokaiseen kolmeen alustapalkkiin. Vaihtamalla moottorin alustaa saadaan asennettua mikä vain runkoko'oilte alustapalkille.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin suunnitteluohje G-2000 ja G-3000 sarjan vaihteiden alustapalkeille. Johtopäätöksenä saman alustapalkin modulointi usealle eri vaihteelle ja sähkömoottorille on mahdotonta, koska vaihteet vaihtelevat muun muassa koossa ja teholuokituksessa.

ASIASANAT:

Tuotekehitys, Hitsaus, Suunnittelu, Rakenne, Modulointi, Vaihde, Alustapalkki, Kumera

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Engineering

2019 | 54 pages, 11 pages in appendices

Veeti Siira

## DEVELOPMENT OF THE DRIVE STRUCTURE AND SWING BASE OF A CONVEYOR

The goal of the thesis was to develop and improve the swing bases for a conveyor drive. The thesis was commissioned by Kumera Drives Oy. A swing base is a structure that supports the gearbox and electric motor in conveyor usage. Already existing swing bases are manufactured case by case. The goal was to modulate the swing bases into a product family. If swing bases could be manufactured as a product family, it could save costs.

First, the already existing swing bases were examined and data was gathered to an Excel table. The main components of a conveyor drive are a gearbox, a coupling and the electric motor. These components are mounted to the swing base. Previously used gearboxes, couplings and electric motors of a conveyor drive were studied. After the research of swing bases' components, the designing of concepts began. The concepts were made with 3D designing software Siemens Solid Edge.

The primary problems were how to fit as many different gearboxes as possible to the same swing base and how to adjust the length of the swing base. The idea of interchangeable bases for the electric motors was easier to implement than the interchangeable gearbox bases. This was due to the very large size scale of gearboxes. The gearboxes had to be narrowed to only include the G-series. It became clear that only a few gearbox sizes were fit to the same swing base. This led to the result of three swing bases, each intended for two gearbox sizes. One swing base for sizes 225-250, the second for sizes 280-315 and the third for sizes 355-400. Every IEC standards electric motor frame size from 160 to 355 could be mounted on each of the swing bases. By changing the motors base to appropriate base for the desired frame size.

The result of the thesis was the designing instructions for the swing bases for the gearboxes of the G-2000 and G-3000 series. In conclusion, the modulation of the swing bases is very difficult as gearboxes are different in sizes and power rating. It is not possible to mount every gearbox and electric motor to the same swing base.

### KEYWORDS:

Product development, Design, Welding, Construction, Modulation, Gear, Swing base, Kumera

# SISÄLTÖ

<b>LYHENNE</b>	<b>LYHENTEEN SELITYS (LÄHDEVIITE)</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>ALUSTAPALKKI</b>	<b>9</b>
2.1	Kumeran nykyisten alustapalkkien rakenteen selvitys	9
2.2	Mahdollisten vaihde, moottori ja kytkin kombinaatioiden selvitys	11
2.2.1	Kartiovaihteet	12
2.2.2	F-, G- ja D-vaihdesarjat	12
2.2.3	Porrasluku	17
2.2.4	Välityssuhde	17
2.2.5	Moottorit	18
2.2.6	Kytkin	19
2.3	Alustapalkin suunnittelu	21
<b>3</b>	<b>KONSEPTIT</b>	<b>23</b>
3.1	Konsepti 1	23
3.2	Konsepti 2	27
<b>4</b>	<b>RAKENTEEN OPTIMOINTI VALMISTUKSEN KANNALTA</b>	<b>29</b>
4.1	Hitsaus	30
4.2	Lujuuslaskenta	31
4.3	Valmistus	33
<b>5</b>	<b>SUUNNITTELUOHJE</b>	<b>34</b>
5.1	Sarjoitus	34
5.2	Aineenvahvuudet	36
5.3	Hitsisaumat	37
5.4	Rakenne	37
5.4.1	Palkki	39
5.4.2	Kansilevy	40
5.4.3	Sisävahvike	40
5.4.4	Momenttikorva	43
5.4.5	Moottorialusta	44
5.4.6	Korotuspalat	48

5.5 Merkinnot kuvaan	49
5.6 Yhteenveto	50
<b>6 LOPUKSI</b>	<b>52</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>53</b>

## LIITTEET

- Liite 1. F-, G- ja D-sarjan vaihteiden mitat.  
 Liite 2. RG-2225 – RG-3400 vaihteiden kombinaatiot.

## KUVAT

Kuva 1. Kumera Drives Riihimäki (Kumera Corporation 2019).	8
Kuva 2. Kumera Corporation (Kumera Corporation 2019).	8
Kuva 3. Kumeran valmistama alustapalkkikokonaisuus kuljetinkäyttöön (Kumera Corporation 2019).	9
Kuva 4. Alustapalkki.	10
Kuva 5. F-sarjan alustapalkkikokoonpano (Kumera Corporation 2019).	11
Kuva 6. Kumera Cumpact F (Kumera Corporation 2019).	13
Kuva 7. Kumera Cumpact LGA (Kumera Corporation 2019).	14
Kuva 8. RF-3000 sarjan mitat (Kumera Corporation 2019).	15
Kuva 9. Rotex joustava sakarakytkin (KTR Systems GmbH 2019).	19
Kuva 10. Rotofluid nestekytin (Westcar S.r.l. 2019).	20
Kuva 11. Compomac ylikuormakytkin (SKSGroup 2019).	20
Kuva 12. Joustavakytkin rumpujarrulla (Hyper Transmission Industries 2019).	20
Kuva 13. RG-3280 IEC 315 sähkömoottorilla.	23
Kuva 14. Alustapalkin pohjan konsepti.	24
Kuva 15. Konsepti alustapalkin komponentit.	25
Kuva 16. Vaihte RG-3280 nestekytinillä liitettynä IEC 315 sähkömoottoriin.	25
Kuva 17. Vaihte RG-3225 nestekytinillä liitettynä IEC 250 sähkömoottoriin.	26
Kuva 18. Vaihte RG-3225 sakarakytkimellä liitettynä IEC 250 sähkömoottoriin.	26
Kuva 19. RG-3280 sakarakytkimellä liitettynä IEC 315 sähkömoottoriin.	27
Kuva 20. RG-3280 sakarakytkimellä liitettynä IEC 250 sähkömoottoriin.	28
Kuva 21. Alustapalkin rakenne.	29
Kuva 22. Kansilevyn hitsaus.	30
Kuva 23. Momenttikorvan ja sisävahvikkeiden hitsaus.	31
Kuva 24. Vaihteen mitat leveyden suhteen.	35
Kuva 25. Alustapalkki vaihteille 280-315.	38
Kuva 26. Päivitetty alustapalkin rakenne.	38
Kuva 27. Alustapalkin mittakuva.	39
Kuva 28. Sisävahvikkeen mittakuva.	41
Kuva 29. Momenttikorvan sisävahvike.	42
Kuva 30. Momenttikorvan mittakuva.	43

Kuva 31. Moottorialusta IEC runkokoolle 400.	45
Kuva 32. Päivitetty sähkömoottorin alusta.	45
Kuva 33. IEC standardin runkokoon mittakuva.	47
Kuva 34. Esimerkki sivuttaistuesta.	48
Kuva 35. Myöstö merkintä piirustukseen.	49
Kuva 36. Hitsiluokka C merkintä.	49
Kuva 37. Alustapalkki 1.	50
Kuva 38. Alustapalkki 2.	51
Kuva 39. Alustapalkki 3.	51

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Aineenvahvuudet RG-2000 ja RG-3000 vaihteiden mukaan.	32
Taulukko 2. Materiaalin S355J2G3 ominaisuudet.	32
Taulukko 3. Yhteenveto aineenvahvuuksista.	36
Taulukko 4. Hitsaustaulukko.	37
Taulukko 5. Palkkien ulkomitat.	39
Taulukko 6. Kansilevyn mitoitus.	40
Taulukko 7. Sisävahvikkeen mitoitus.	41
Taulukko 8. Momenttikorvan sisävahvikkeen leikkauksen mitat.	42
Taulukko 9. Momenttikorvan mitoitus.	43
Taulukko 10. Moottorialustan kiinnitysmitoitukset kansilevyyn.	46
Taulukko 11. IEC standardin runkokokojen mitat.	47

## LYHENNE

## LYHENTEEN SELITYS (LÄHDEVIITE)

FEM	Finite Element Method; Laskennallinen menetelmä, jolla ratkaistaan rakenteen fyysisiä ominaisuuksia differentiaaliyhtälöiden avulla (Comsol Inc. 2019)
IEC	International Electrotechnical Commission; kansainvälinen elektroniikan- ja sähkötekniikan alan standardisointijärjestö (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07)
NEMA	National Electrical Manufacturers Association; Kansallinen elektroniikan valmistajien yhdistys (NEMA 2019)
PDM	Product Data Management; tuotetiedon hallinta eli järjestelmä, jolla hallitaan yrityksen tuotteiden tietoja ja tiedostoja (Siemens Industry Software 2019)
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry; Standardisoinnin keskusjärjestö Suomessa (SFS Suomen Standardisoimisliitto 2019)

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kuljetinkäyttöjen rakenteen ja alustapalkin kehittäminen. Työ toteutetaan Riihimäellä Kumera Drives Oy:lle. Kumera Drives on Kumera-konsernin Voimansiirtoryhmän emoyhtiö. Kumera Corporation on kansainvälisesti toimiva teollisuusvaihteiden toimittaja. Toimin suunnittelijaharjoittelijana Kumeralla kesällä 2019. Yhteistyö Kumeran kanssa jatkui opinnäytetyön merkeissä syyskuussa 2019. Aihe on valittu tuotekehitys tarkoituksella. Alustapalkkeja on suunniteltu tapauskohtaisesti. Opinnäytetyön tavoite on suunnitella standardoitu tuoteperhe, jonka ansiosta olisi mahdollista hankkia alustapalkkeja kustannustehokkaasti myös varastoon.



Kuva 1. Kumera Drives Riihimäki (Kumera Corporation 2019).

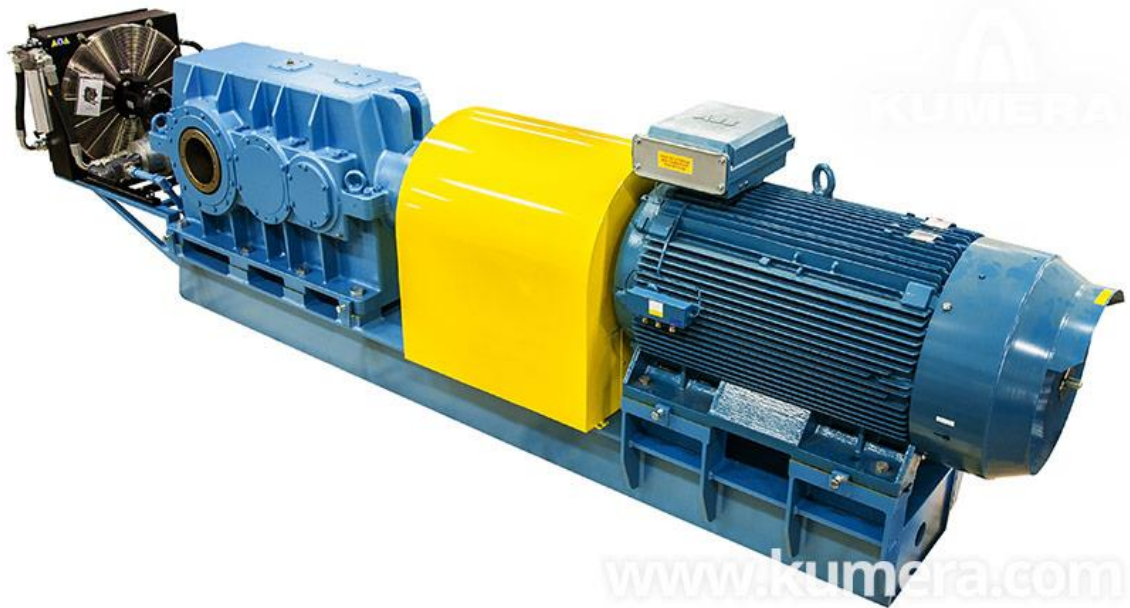


Kuva 2. Kumera Corporation (Kumera Corporation 2019).



## 2 ALUSTAPALKKI

Alustapalkki on rakenne, joka toimii vaihteen, moottorin ja muiden mahdollisten laitteiden alustana ja momenttitukena. Laitteet kiinnitetään alustapalkkiin niille mitoitetuille paikoille. Pääasiallinen käyttökohde alustapalkille on tilanne, jossa kartiohammasvaihde asennetaan suoraan käytettävän koneen akselille. Tällaisessa tilanteessa käytettävä akseli tulee vaihteen toisioakselin sisälle. Tässä tapauksessa toisioakselia voidaan kutsua holkkiakseliksi.



Kuva 3. Kumeran valmistama alustapalkkikokonaisuus kuljetinkäyttöön (Kumera Corporation 2019).

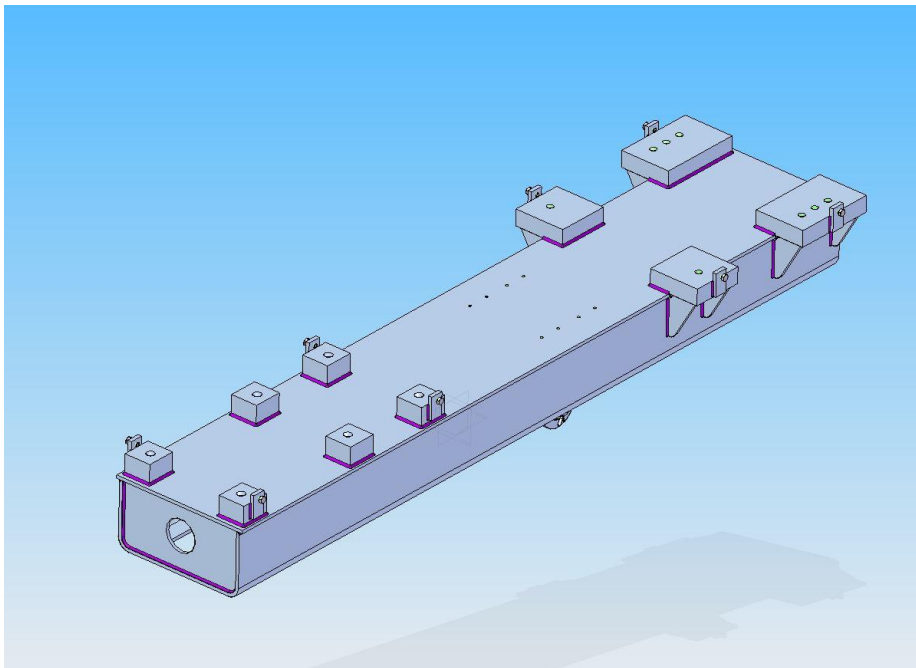
Yleinen käyttökohde alustapalkkiratkaisulle on hinnakuljettimet. Kuvassa 3 on Kumeran kuljetinkäyttöön holkkiakselilla varustettu kokonaisuus. Vaihde asennetaan kiinni laitteeseen, joka liikuttaa kuljetinta. Kuljetinkäytöissä kokonaisuudesta tulee pitkä, sillä vaihde, kytkin ja moottori ovat kiinnitettyinä linjassa toisiinsa. Alustapalkin tulee tukea koko rakennetta.

### 2.1 Kumeran nykyisten alustapalkkien rakenteen selvitys

Kumeran nykyiset alustapalkit muodostuvat taivutetusta palkista ja koneistetuista levyistä. Palkki on särmätty levystä U-profiiliin. Sen päälle hitsataan kansilevy, joka kattaa

koko palkin pituuden. Palat, jotka toimivat komponenttien kiinnityskohtina, hitsataan levyn päälle. Palojen korkeus, sijainti ja muoto vaihtelevat vaihteen ja moottorin mukaan. Palkki sisältää jäykistelevyjä, joiden sijoitus määrittyy lujuuslaskennan mukaan. Sen pohjassa tai päädyissä on usein aukko, jotta hitsaaminen sisäpuolella olisi mahdollista. Rakenteeseen tulee myös momenttikorva, se sijaitsee palkin pohjassa. Momenttikorva toimii rakenteen momenttitukena. Momenttituen tarkoitus on pitää vaihteisto paikoillaan, jotta teho moottorista saadaan välitettyä käytettävään akseliin.

Nykyiset ratkaisut toteutuvat niin sanottujen korokkeiden avulla, joilla saadaan kartioakseli ja moottorin akseli linjattua. Linjaus on tärkeää, sillä kytkin vaurioituu jos linjaus on pielessä. Taivutetun palkin lisäksi toinen vähemmän käytetty rakenne on tehty kokonaan hitsaamalla liitetystä levyistä. Rakenne on muuten samanlainen kuin taivutettu versio, paitsi ”U-muoto” on saavutettu hitsaamalla kolme levyä yhteen.



Kuva 4. Alustapalkki.

Kuvan 4 alustapalkkia on käytetty G-sarjan vaihteen, kytkimen ja sähkömoottorin alustana. Kansilevyn päällä sijaitsevat palat ovat hitsattu kiinni ja koneistettu mittoihin. Levyt, jotka ovat kiinnitetty paloihin vertikaalisesti kansilevyn nähden, toimivat moottorin ja vaihteen sivusäätiminä. Palkin keskiosaan tulee kytkinsuoja, jonka kiinnitysreiät näkyvät kuvassa. Kytkinsuojan tehtävänä on suojata kytkintä.

Sähkömoottorin alusta on usein leveämpi kuin vaihteen. Tämän seurauksena kiinnityskohdasta on tehtävä leveämpi. Levennys täytyy usein tukea lisäpaloilla alustapalkkiin.

## 2.2 Mahdollisten vaihde, moottori ja kytkin kombinaatioiden selvitys

Yhdistelmään kuuluu aina vaihde, kytkin, kytkinsuoja ja moottori. Jo näistä syntyy useita kombinaatioita, koska vaihteissa, kytkimissä ja moottoreissa on paljon vaihtelua kokoon, kiinnitykseen ja tehoon nähden. Myös yleisimmät lisävarusteet, kuten jarru, tulee huomioida kombinaatioita selvitettäessä. Vaihteen toisioakseli on usein holkkiakseli. Nimitys holkkiakseli tulee siitä, että käytettävän koneen ensioakseli tulee vaihteen toisioakselin sisälle.



Kuva 5. F-sarjan alustapalkkikokoonpano (Kumera Corporation 2019).

Kuvan 5 kokoonpanossa on F-sarjan vaihde, kytkin, kytkinsuoja ja sähkömoottori. Käytettävällä vaihteella sekä moottorilla on suora vaikutus alustapalkin mitoitukseen, etenkin kokonaispituuteen. Myös lisävarusteilla vaaditaan lisää pituutta palkille. Esimerkiksi tuuletinella varustettu kokonaisuus on huomattavasti pidempi. Vaihteita on eri sarjoja, jotka eroavat toisistaan etenkin koossa. Sarjan sisällä on eri kokoisia vaihteita. Sähkömoottorien koot vaihtelevat tehon mukaan, joten huomiota pitää kiinnittää palkin mitoituksessa ja kiinnikkeiden suunnittelussa.

Vaihde saattaa sisältää myös lisävarusteen, joka ei vaikuta kokonaispituuteen. Esimerkiksi säppi tulee vaihteen akselille ja on poikittain alustapalkkiin nähden. Säppi eli takaisinpyörintäjarru sallii ainoastaan vaihteen pyörimisen toiseen suuntaan. Säppejä on käytössä kuljetinvaihteissa kun kuljetin ei saa päästä liikkumaan takaisin päin äkillisen vian tai muun häiriön takia.

Kytkimien tyypit ja koot vaihtelevat käyttötarkoituksesta riippuen. Kuljetinkäytöissä käytetään usein nestekytкимиä, jotta saavutetaan pehmeät käynnistykset. Kytkimiin vaikuttaa vaihteen ja moottorin akselit, koska kytkimen tehtävä on yhdistää nämä kaksi akselia. Samassa yhteydessä voi olla myös jarru, joka tulee vaihteen ja moottorin väliin. Kytkimen päälle tulee kytkinsuoja. Kytkinsuoja mitoitetään kytkimen ja alustapalkin mukaan. Kytkinsuojan rakenne koostuu pellistä, joka taivutetaan kaareen ja päätyihin hitsataan tai pultataan päätylevyt. Kytkinsuoja kiinnitetään alustapalkin kansilevyyn.

### 2.2.1 Kartiovaihteet

Alustapalkkia suunniteltaessa rajataan vaihteet ainoastaan kartiovaihteisiin. Kartiovaihte on yleisin käytetty vaihdetyyppi kuljetinkäytöissä, mutta poikkeuksiakin löytyy. Esimerkiksi hihnapyörien käytöllä voitaisiin hihnapyörä sijoittaa vaihteen ensiöakselille ja toinen hihnapyörä sähkömoottorin akselille. Tällöin sähkömoottorin pitää olla kohtisuorassa vaihteeseen nähden.

Kartiovaihteissa on kartiohammastus, eli hammaspyörien akselit eivät ole yhdensuuntaiset vaan yleensä kohtisuorassa toisiinsa nähden. Tätä kutsutaan kulmavoimansiirroksi. ” Kartiohammaspyöräparin tärkein tehtävä on saada akselit risteävään asemaan toisiinsa nähden ” (Airila ym.1995, 536). Kartiovaihteen päästä tulee kartioakseli, johon kytketään voimanlähde. Esimerkiksi Kumera valmistaa F-, G- ja D-sarjaa kartiovaihteisena. F-, G- ja D-vaihdesarjan kartiovaihteet ovat tarkalleen ottaen lieriökartiovaihteita, sillä niissä on vain yksi kartiopyöräpari, loput ovat lieriöhammaspareja (Kumera Corporation 2019). Kumera valmistaa muutamia yksiportaisia kartiovaihteita, muuten lierövaihteita, lieriökartiovaihteita ja kierukkavaihteita.

Kuljetinkäytössä kartiovaihteet ovat käytännöllisiä, koska vaihte saadaan kytkettyä suoraan moottoriin kytkimen avulla alustapalkin suuntaisesti, jolloin alustapalkki tukee yhdistelmää koko matkalta.

### 2.2.2 F-, G- ja D-vaihdesarjat

Kumeran vaihteet ovat jaoteltu sarjoihin ja kokoluokkiin. Kumeran vaihdesarjoja ovat muun muassa LX, KA, RA, D, F ja G. Sarjajaot perustuvat välityssuhteeseen ja vääntömomenttiin. Tässä opinnäytetyössä vaihteet rajataan F-, G- ja D-sarjan vaihteisiin.

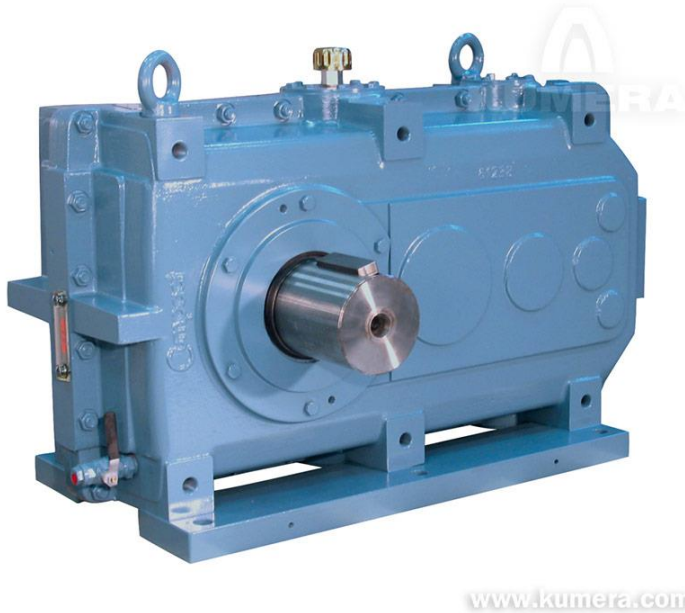
F-, G- ja D-sarjaa valmistetaan sekä kartio- että lieriövaihteina ja vaihdesarja sisältää 20 eri kokovaihtoehtoa. Porraslukujen määrä on kahdesta viiteen. F-, G- ja D-sarjaa on mahdollista asentaa jalka- tai holkkiakselikiinnitteisenä (Kumera Corporation 2019).

F-, G- ja D-sarjan pääasialliset käyttökohteet ovat kuljetinkäytöt, murskainkäytöt, nostinkäytöt, rullainkäytöt, hakkurikäytöt, kelainkäytöt, pumppukäytöt, seulakäytöt, sellu- ja paperikonekäytöt (Kumera Corporation 2019).



Kuva 6. Kumera Cumpact F (Kumera Corporation 2019).

Kuvassa 6 on havainnollistettu Kumeran moottoriliitännällä sähkömoottoriin liitetty F-sarjan kartiovaihte holkkiakselilla. Mahdollisia lisälaitteita F-, G- ja D-sarjaan ovat muun muassa mekaaniset tuulettimet, vesijäähdyttimet, lämmityselementit, kunnonvalvontalaite, moottoriliitännät, vääntömomenttituet, voitelupumput, vesi- ja ilmajäähdytteiset voiteluyksiköt (Kumera Corporation 2019).



Kuva 7. Kumera Cumpact LGA (Kumera Corporation 2019).

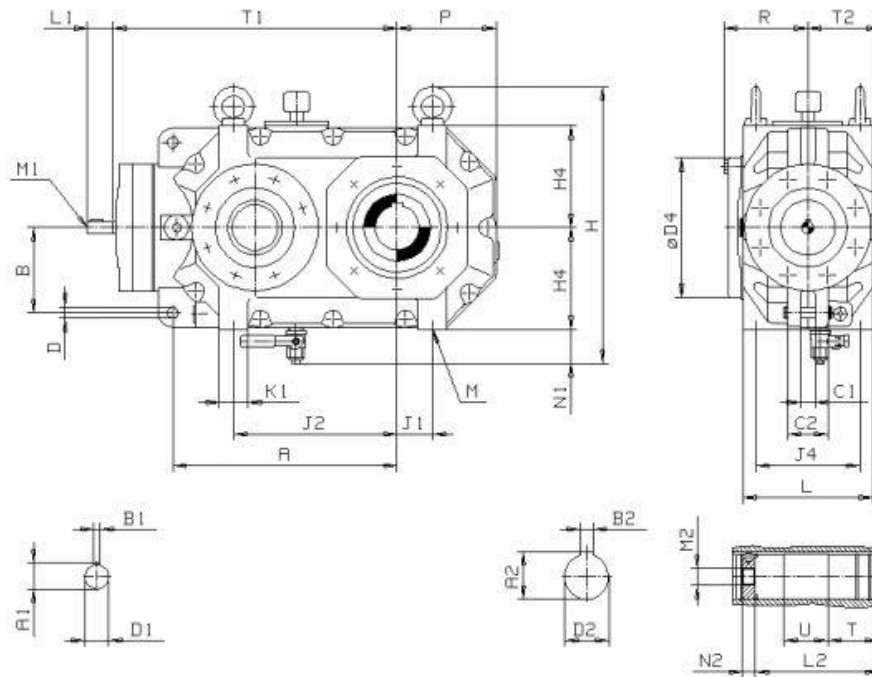
Kuvassa 7 on G-sarjan lieriövaihte jaloilla varustettuna. F-, G- ja D-sarjassa välityssuhdealue on 5,6:1 – 3550:1 ja nimellinen vääntömomenttialue on 0,5 – 610 kN. Vaihteiden painot vaihtelevat 80 kilosta 10 000 kiloon. Suurin mahdollinen nimellisteho on 11 000 kW F-, G- ja D-sarjan vaihteille (Kumera Corporation 2019).

Alustapalkin standardoimiseksi ja kehittämiseksi on tärkeää selvittää tutkittavien vaihteiden ominaisuudet, kuten kiinnitysten paikat. Vaihteiden kiinnityskohdat vaihtelevat vaihteen koon mukaan.



## Cumcompact RF-3000 series

ratio  $i = 11,2:1 - 100:1$



Size	A	B	C1	C2	D	H	H4	J1	J2	J4	K1	L	M	N1	P	R	T1	Output shaft, normal version H1									
																		T2	D2	A2	B2	D4	L2	M2	N2	T	U
80	200	75	18	40	12	284	90	32	148	90	25	120	M10x20	48	88	83	250	70	40H7	43,3	12	125	120	M16	12	50	40
90	225	85	18	40	12	304	100	36	164	100	28	130	M10x20	48	90	88	280	77,5	45H7	48,8	14	140	130	M16	14	55	45
100	250	90	20	50	16	329	112	40	185	110	32	145	M12x24	48	110	97	320	85	50H7	53,8	14	157	145	M16	14	60	50
112	280	103	20	50	16	355	125	45	205	130	36	165	M12x24	48	123	107	360	95	55H7	59,3	16	175	160	M20	14	67	56
125	315	114	24	64	18	396	140	50	230	145	40	185	M16x32	54	137	118	400	105	60H7	64,4	18	198	180	M20	16	75	60
140	355	134	24	64	18	436	160	56	259	165	45	205	M16x32	54	157	133	450	115	70H7	74,9	20	220	195	M27	20	80	70
160	400	149	28	80	22	485	180	63	292	185	50	230	M20x40	54	177	147,5	500	127,5	80H7	85,4	22	248	220	M27	20	87,5	80
180	450	169	28	80	22	525	200	71	329	210	56	255	M20x40	54	197	160	560	140	90H7	95,4	25	275	240	M30	25	95	90
200	500	188	34	92	25	601	225	80	370	230	63	285	M24x48	61	220	178	630	155	100H7	106,4	28	310	265	M30	25	105	100

Kuva 8. RF-3000 sarjan mitat (Kumera Corporation 2019).

Liitteessä 1 on esitetty mittakuvat vaihteista ja taulukot mitta-arvoista. Kuvassa 8 on F-3000 sarjan mitat taulukoituna ja mittapiirros. Kaikkien tarkasteltavien vaihteiden mittakuvat löytyvät liitteestä 1. Liitteen 1 kuvat ovat Kumeran Helical and Bevel Gearboxes katalogista (Kumera Corporation 2019).

Tarkastellaan taulukon J1, J2 ja J4 arvoja. J1 ja J2 kertovat kiinnitysreikien etäisyyden ja J4 kertoo leveyden. Tutkimalla näitä arvoja voidaan huomata niiden muuttuvan vaihteen koon kasvaessa. Esimerkiksi RF-5000 sarjassa J1 arvo koolla 180 on 71, verrataan RF-5000 sarjan kokoon 200, J1 arvo on 81. RF-3000, RF-4000 ja RF-5000 mitat eroavat

keskenään sekä kokojen välillä. Laskemalla yhteen eri sarjat ja niiden koot saadaan yhteensä 17 eroavaa kiinnitys variaatiota.

Tarkastelemalla RG-2000 ja RG-3000 sarjan mittoja liitteestä 1, voidaan huomata, että kiinnityskohtien mitat täsmäävät. RG-2000 ja RG-3000 sarjat käyttävät samaa koteloa. Täten alustapalkin tuoteperhettä suunniteltaessa, voitaisiin käyttää samaa kiinnityspohjaa RG-2000 vaihteille ja RG-3000 vaihteille. Esimerkiksi RG-2225 ja RG-3225 voidaan kiinnittää samoihin kiinnikkeisiin. Näiden vaihdesarjojen osalta täytyy alustapalkit jakaa vain koon mukaan, eli kokoluokille 225, 250, 280, 315, 355 ja 400 omat kiinnikkeet. Huomattavaa on, että samat kiinnityskohdat eivät päde RG-4000 sarjaan eikä RG-5000 sarjaan.

Tarkasteltaessa RG-4000 ja RG-5000 sarjaa (liite 1) voidaan huomata, että mitat täsmäävät sarjojen välillä. RG-4225 ja RG-5225 voidaan kiinnittää samoista kohdista. RG-4000 ja RG-5000 sarja käyttävät samaa koteloa ja siten kiinnityskohdat ovat samat.

G-sarjan vaihteiden osalta alustapalkit voitaisiin jaotella kahteen pääryhmään G-2000-3000 ja G-4000-5000. Nämä kaksi ryhmää puretaan vaihdekokoihin, tulokseksi tulee 12 erilaista alustapalkkia, jotka eroavat toisistaan kiinnityskohdilta.

Kuvat ja taulukot D-sarjan vaihteiden mitoista ovat liitteessä 1. D-sarjan mittoja tarkastelemalla voidaan huomata mittojen eroavaisuudet, joten johtopäätöksenä voidaan tulkita jokaisen sarjan koon tarvitsevan oman kiinnityksensä. Omalla kiinnityksellä tarkoitetaan kiinnityspaikkojen eroavan muiden vaihdekokojen kiinnityspaikoista, ranka itse alustalle voi olla mahdollisesti sama. D-sarjan kiinnityskohdat laskemalla saadaan 12 eri kiinnityskohtaa.

Kaikkia vaihdekokoja ei välttämättä käytetä kuljetinkäytöissä. Ei ole hyötyä käyttää kaikkia kokoja, koska tietyt vaihdekoot soveltuvat paremmin kyseessäolevaan käyttökohteeseen. Tutkimalla toimitettuja vaihteita alustapalkeilla, voidaan huomata yleisimmät vaihdekoot. G-sarjan vaihteita on toimitettu ylivoimaisesti eniten ja D-sarjan vaihteita vähiten. G-sarjan vaihteista lähes puolet ovat G-2000 sarjaa ja loput G-3000 sarjaa. Muutama G-4000 sarjan vaihde alustapalkilla on toimitettu viimeisen kymmenen vuoden aikana. Toimitetuista F-sarjan vaihteista kaikki ovat F-3000 sarjan vaihteita.



### 2.2.3 Porrasluku

Porrasluku muodostuu hammaspyöräpareista. Jos vaihteessa on vain yksi hammaspyöräpari on kyseessä yksiportainen vaihde. Kaksiportainen vaihde sisältää siis neljä hammaspyörää. Kolmiportaisessa vaihteessa on kuusi hammaspyörää eli kolme hammaspyöräparia.

Porrasluku F-, G- ja D-sarjoissa on kahdesta viiteen. Porrasluku määräytyy välityssuhteen mukaan. Välityssuhteen kasvaessa suureksi porrasluku kasvaa. Jotta välityssuhdetta saadaan suuremmaksi, on lisättävä hammaspyöriä. Kuljetinkäytöissä porrasluku on yleensä kaksi tai kolme, perustuen Kumeran toimittamiin alustapalkkeihin. Esimerkiksi vaihde RG-3280 on kolmiportainen ja RD-4500 on neliportainen vaihde. Kumeran vaihteet ovat muun muassa luokiteltu porrasluvun mukaisesti.

### 2.2.4 Välityssuhde

Välityssuhde muodostuu moottorilta tulevasta pyörimisnopeudesta ja vaihteelta ulostulevasta pyörimisnopeudesta. Välityssuhteen yhtälö on  $i=n_1/n_2$ , jossa  $n_1$  on moottorilta tuleva pyörimisnopeus ja  $n_2$  on ulostuleva pyörimisnopeus. Esimerkiksi sähkömoottorin pyörimisnopeus on 1500 1/min ja käytettävän laitteen pyörimisnopeus on 30 1/min, saadaan välityssuhteeksi  $1500/30=50$ , joten  $i=50:1$ . Vaihdetta valitessa, valitaan vaihde sellaisella välityssuhteella, joka on yhtäsuuri tai suurempi kuin laskettu välityssuhde. Kuljetinkäytöissä välityssuhde osuu  $i=10:1-35:1$  alueelle toimitettujen alustapalkillisten vaihteiden perusteella.

Kumeran F-, G- ja D-kartiovaihteiden välityssuhteet:

- G-2000 sarjan välityssuhteet 5,6–18:1
- D-2000 sarjan välityssuhteet 5,6–20:1
- F-3000 sarjan välityssuhteet 11,2–100:1
- G-3000 sarjan välityssuhteet 20–100:1
- D-3000 sarjan välityssuhteet 22,4–100:1
- F-4000 sarjan välityssuhteet 112–400:1
- G-4000 sarjan välityssuhteet 112–560:1
- D-4000 sarjan välityssuhteet 112–560:1
- F-5000 sarjan välityssuhteet 450–1600:1

- G-5000 sarjan välityssuhteet 630–3550:1

### 2.2.5 Moottorit

Moottoria alustapalkkiin mitoitettaessa on ensisijaisesti tärkein mitta runkokoko. Runkokoko mitataan moottorin alustan pohjasta akselin keskipisteeseen. Runkokoko on ilmoitettu millimetreinä, runkokoko kuuluu IEC:n kansainväliseen standardiin. IEC-standardin ansiosta kiinnitysmittat ovat standardisoitu, mutta moottorin muut mitat vaihtelevat valmistajasta riippuen (Rantavuori 2013). Runkokoon mukaan vaihteen ja moottorin akselit linjataan. Vaihteen ensiöakselin keskipisteen tulee olla täysin samalla korkeudella kuin sähkömoottorin akselin keskipiste.

NEMA-standardin mukaiset sähkömoottorit ovat mitoitettu tuumissa. On siis huomioitava myös NEMA-standardin runkokoot selvittäessä mahdollisia vaihde+moottori kombinaatioita. Tuumamitoituksen takia on siis tehtävä NEMA sähkömoottoreille omat kiinnikkeensä, IEC-standardi käyttää metrijärjestelmää. NEMA-standardin sähkömoottorit ovat yleisiä esimerkiksi Yhdysvalloissa. NEMA-standardin runkokoko ilmoitetaan hieman erilailla kuin IEC-standardin.

Runkokoko viittaa mittaan moottorin pohjasta moottorin akselin keskipisteeseen, mutta runkokoko luku ei ole suoraan tämä mitattu etäisyys. Runkokoko on joko kaksi- tai kolminumeroinen, kaksinumeroinen luku jaetaan 16:sta niin saadaan akselin keskipisteen ja moottorin kiinnitysalkojen pohjan etäisyys, kolminumeroinen luku jaetaan neljällä. Esimerkiksi runkokoko 56 jaetaan 16:sta saadaan tulokseksi  $3\frac{1}{2}$ ", tämä on etäisyys akselin keskipisteestä moottorin jalkojen pohjaan. Toinen esimerkki, runkokoosta 213 otetaan vain ensimmäiset kaksi lukua eli 21 ja tämä jaetaan neljällä, tulokseksi tulee  $5\frac{1}{4}$ " (Burden Sales Surplus Center).

Moottorin kiinnikkeiden suunnittelussa on huomioitava runkokoko ja kiinnitysreikien etäisyydet. Palojen, joihin moottori tulee kiinni, korkeutta säätämällä saadaan akselit linjattua. Sähkömoottori kiinnitetään yleensä neljällä tai kuudella pultilla.

Vaihdetta valittaessa on tiedettävä moottorista seuraavat tiedot:

- Moottorin nimellinen syöttöteho
- Syöttönopeus
- Huippukuormitukset (käynnistys, käyttö ja jarrutus)

- Liitöntätapa

### 2.2.6 Kytkin

Kytkin vaihtoehtoja on erilaisia ja kytkimen valinta riippuu monesta tekijästä. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi kuormitus, käyttökohde ja halutut ominaisuudet. Kytkimen tarkoitus on liittää akselit toisiinsa, täten siirtää voimaa eteenpäin moottorista. Selvitetään mitä kytkimiä käytetään kuljetinkäytöissä.

Kuljetinkäytöissä käytetään joustavia sakarakytkimiä ja nestekytкимиä, koska kuljetimissa täytyy olla pehmeä käynnistys. Ilman pehmeää käynnistystä kuljetin käynnistyesään heittäisi kuljettimella olevat kappaleet liikkeelle. Kuljettimelta halutaan, että kappaleet pysyvät linjalla, jopa vian sattuessa.



Kuva 9. Rotex joustava sakarakytkin (KTR Systems GmbH 2019).

Kuvassa 9 on Rotex joustava sakarakytkin. Sakarakytkin muodostuu kahdesta kytkinpuolikkaasta ja joustoelementistä. Kytkinpuolikkaissa on sakarat, joiden väliin joustoelementti tulee. Kaksi kytkinpuolikasta ja joustoelementti muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden.



Kuva 10. Rotofluid nestekytin (Westcar S.r.l. 2019).

Nestekytinissä on pumppu ja turbiini, jotka ovat vastakkain kotelon sisällä. Neste kiertää kotelossa tuottaen vääntöä (FluidPowerWorld 2017). Nestekytin kokonaisuudessaan vie enemmän tilaa ja on kalliimpi kuin perinteinen sakarakytkin. Kuvan 10 Rotofluid nestekytin on tyypillinen kuljetinkäytöissä käytetty nestekytin.



Kuva 11. Compomac ylikuormakytkin (SKSGroup 2019).

Ylikuormakytkin suojaa muita laitteita ylikuormituksen sattuessa, turvaten laitteiston toimintaa (SKSGroup 2019). Kuvan 11 Compomac on SKS:n valmistama ylikuormakytkin.



Kuva 12. Joustavakytkin rumpujarrulla (Hyper Transmission Industries 2019).

Rumpujarru saa nimensä rumpumaisesta muodostaan. Rumpujarruja käytetään vaihteen ja moottorin välissä kytkimen yhteydessä. Kuten kuvassa 12 ilmenee rumpujarrut yleensä sisältävät kytkimen.

### 2.3 Alustapalkin suunnittelu

Mahdollisten kombinaatioiden ja nykyisten rakenteiden selvittämisen jälkeen pystytään osoittamaan tärkeimmät tiedot, jotka tulee huomioida palkkia suunniteltaessa. Tässä vaiheessa vaihteita pystytään rajaamaan sen perusteella, mitkä ovat yleisimmät toimitetut alustapalkilliset vaihteet. Täytyy myös huomioida mahdollisuus, että tiettyjä vaihteita on toimitettu enemmän, siksi että muiden vaihteiden alustapalkkia ei ole kehitetty tarpeeksi. Silti esimerkiksi välityssuhde aluetta pystytään rajaamaan jo käytössä olevien pohjalta, koska asiakas haluaa kuljetinkäyttöille tyypilliset ominaisuudet. Tyypilliset ominaisuudet pohjautuvat jo käytössä oleviin kuljetinkäyttöön toimitetuista vaihteista. Myynnin puolelta selvittämällä ja toimituksia tutkimalla kuljetinkäyttöjen välityssuhde on 10:1-40:1 välillä. Myös laskemalla vaihteen tehon ja käyttökertoimen avulla saadaan sama välityssuhde alue.

Vaihteista F-, G- ja D on eniten toimitettu G-sarjaa ja toiseksi eniten F-sarjaa alustapalkin kanssa. Alustapalkin standardoimisessa täytyy harkita kustannusten kannalta, mitä on ja mitä ei ole kannattavaa standardoida. D-sarjaa eli isointa kolmesta sarjasta menee vähiten, joten sen priorisoiminen muiden edelle ei ole kannattavaa. Alustapalkkien kehittäminen kaikille vaihdekombinaatioille soveltuviksi on erittäin haastavaa, joten ensisijaisesti on priorisoitava kannattavimmat vaihdekombinaatiot.

Porrasluku pystytään rajaamaan tarkastelun ansiosta kaksi- ja kolmiportaisiin. Porrasluku vaikuttaa välityssuhteeseen, kun yleisimmät kuljetinkäyttöjen välityssuhteet ovat selvillä, sen perusteella rajataan porrastuvutkin. Vaihteiden koot voidaan rajata siten porrastuvun mukaan, ottaen huomioon myös eniten toimitetut vaihdesarjat. Rajaus olisi G-2000, G-3000 ja F-3000 sarjat. G-3000 ja F-3000 ovat kolmiportaisia ja G-2000 sarja kaksiportainen. Sarjakoona lisäksi saadaan vielä tarkemmat koot, tarkastelemalla eniten toimitettuja kyseessä olevia kokoja. F-sarjan osalta tämä tarkoittaa RF-3125 - RF-3200 rajausta. G-sarjalle rajaus olisi seuraavanlainen; G-2225 - G-2400 ja G-3225 - G-3400. Kiinnikkeiden suunnittelun kannalta helpottaa, että G-2000 ja G-3000 sarjan kiinnitysmittat ovat samat.

Poikkeukset, kuten RG-4355 ja RG-4400, ovat harvinaisia viimeisen kymmenen vuoden toimitusten perusteella, joten täytyy harkita onko niiden alustapalkkien standardointi tärkeä prioriteetti juuri nyt. Kustannus mielessä, jos edes osa eniten toimitettavista alustapalkeista olisi standardoitu, voitaisiin säästää kustannuksissa ja nopeuttaa toimitusta.

Erikoistapauksia voi tulla aina ja silloin tarvitaan suunnittelua erikoisen tilanteen ratkaisemiseksi.

Voimanlähteenä toimivien sähkömoottorien valikoima on laaja. IEC ja NEMA sähkömoottorien eri runkokokoja on yhteensä yli 89 kappaletta. Standardien ansiosta alustapalkille tärkeimmät mitat eli kiinnitysmitat ovat samat runkokoko kohtaisesti. Riippumatta valmistajasta IEC- ja NEMA-standardin moottorien kiinnitysmitat ovat aina samat tietylle runkokoolle, vaikka moottorin muut mitat eroaisivat. Standardoidun runkokoon ansiosta akselin keskipisteen etäisyys moottorin jalkojen pohjasta on aina sama runkokoolle, oli sitten valmistaja esimerkiksi ABB tai WEG. Laskemalla sähkömoottoreilta vaadittava teho käyttämällä vaihteen tehoa ja kuljetinkäyttöjen käyttökerrointa, pystytään tarkastelemaan moottoreita tehon perusteella. Kuljetinkäyttöön soveltuvat IEC ja NEMA sähkömoottorit vaihdekohtaisesti löytyvät Excel taulukosta liitteestä 2. Esimerkiksi vaihteelle RG-3280 IEC standardin sähkömoottorien käytettävät runkokoot ovat siten välillä 355 – 180L.

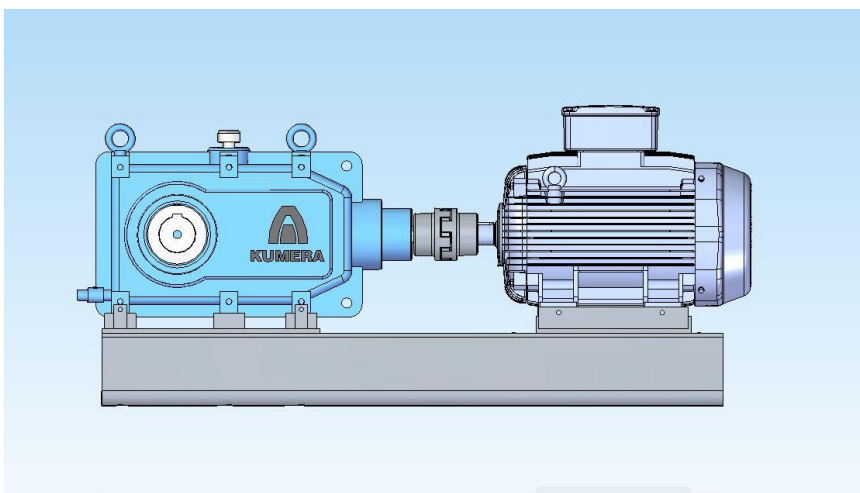
Suunnittelua varten tarvitaan seuraavat tiedot:

- Vaihde
- Sähkömoottorin runkokoko
- Kytkintyyppi
- Lisälaitteet

## 3 KONSEPTIT

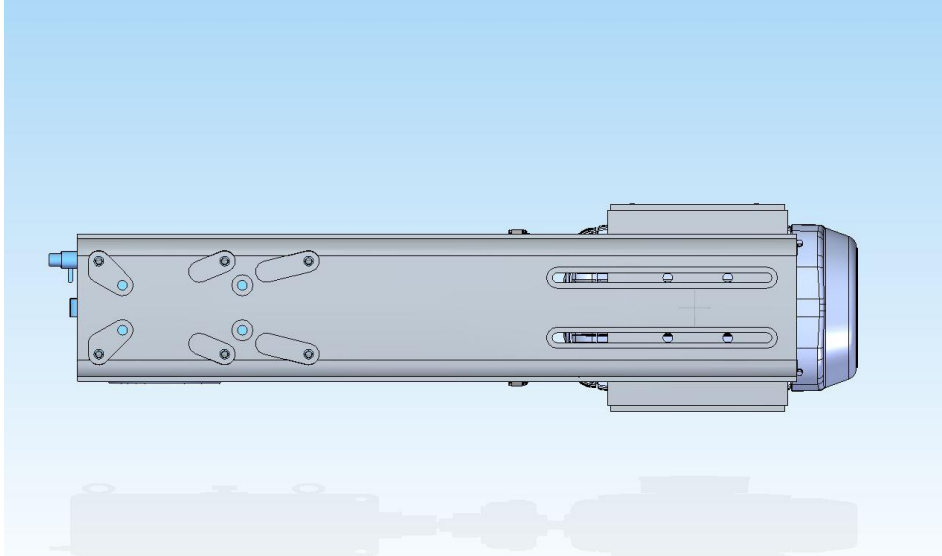
Konseptien suunnittelu aloitettiin vaihteesta RG-3280, koska se oli toimitusten perusteella eniten toimitettu vaihde kuljetinkäyttöihin. Tiedot kaikista muuttujista koottiin Excel-taulukoihin, erilaisten variaatioiden selvitystä varten. Tiedot kerättiin olemassa olevista kuljetinkäyttöön tehdyistä RG-3280 vaihteista. Tärkeimmät muuttujat olivat kytkimet, moottorit, jarrut ja muut lisälaitteet. Kun käytettävät kytkintyypit, moottorikoot, jarrut ja mahdolliset muut lisälaitteet olivat tiedossa, tehtiin alustavia karkeita konsepteja alustapalkeista. Konseptien tekemiseen oli käytettävissä Siemens Solid Edge 3D-mallinnusohjelma ja Siemens Team Center PDM-järjestelmä. Alla olevista malleista puuttuu momenttikorva, sisävahvikkeet ja pultit. Momenttikorvan sijainti määrittyy yleensä asiakkaan toiveesta, joten sen mallintaminen karkeaan malliin ei ole kannattavaa. Konseptissa on käytetty tilanvarausmalleja, jotka ovat pelkistettyjä 3D-malleja. Tilanvarausmalli ei sisällä kaikkia komponentteja vaan ainoastaan näyttää ulkopuolelta samalta kuin oikea kappale. Tilanvarausmallin ulkomitat ovat samat kuin tarkassa mallissa.

### 3.1 Konsepti 1



Kuva 13. RG-3280 IEC 315 sähkömoottorilla.

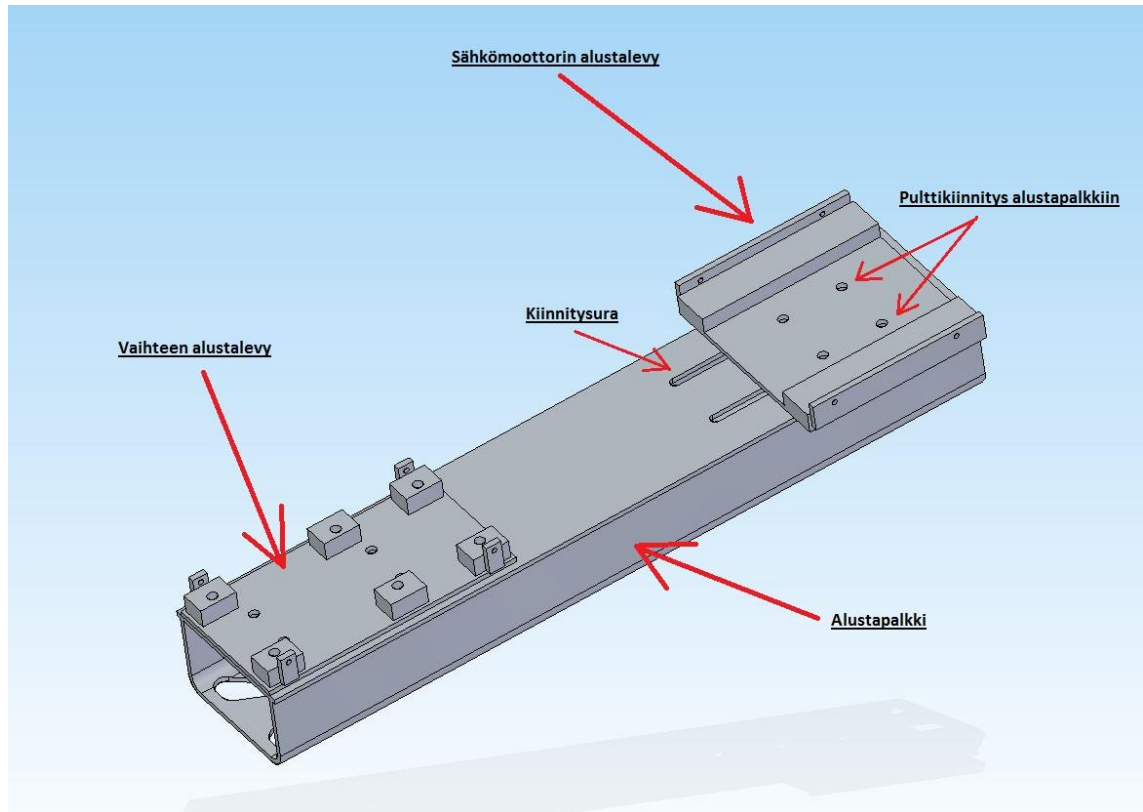
Kuvassa 13 on RG-3280 vaihde, joka on sakarakytkin liitoksella liitetty IEC 315 sähkömoottoriin. Konseptin poikkeava ominaisuus nykyisiin alustapalkkeihin verrattuna on eriliset alustalevyt vaihteen ja moottorin alla.



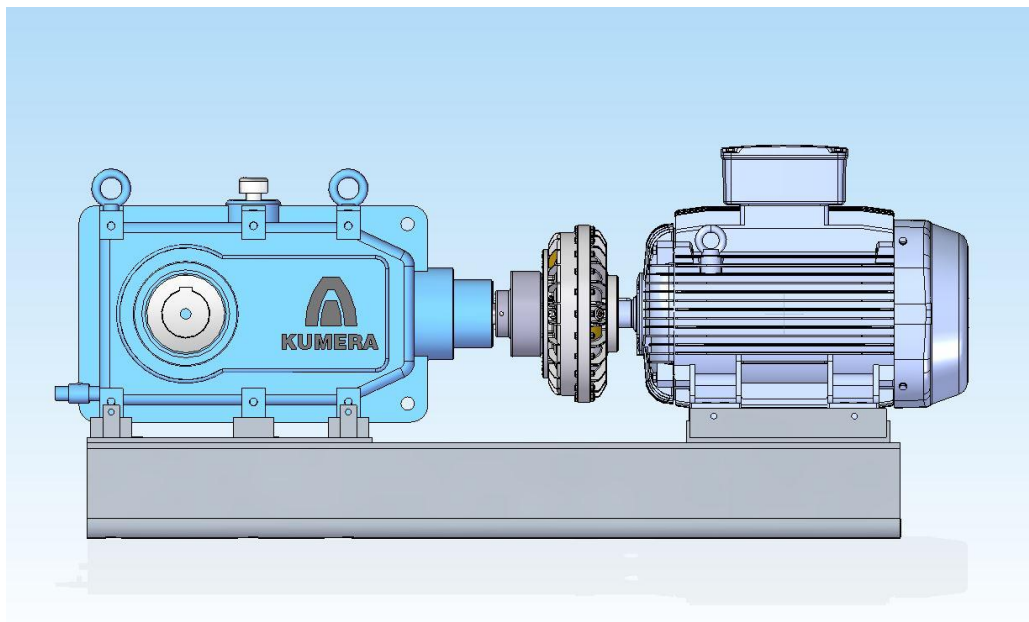
Kuva 14. Alustapalkin pohjan konsepti.

Alustalevyjen hyöty on vaihdettavuus, samaan palkkiin saadaan eri vaihteiden ja sähkömoottorien kiinnitys eri alustalevyillä. Tässä konseptissa palkin pohjassa on muotoon leikatut reiät, jotka ovat suunniteltu siten, että vaihdekoot 225-280 ovat mahdollista kiinnittää samaan paikkaan ilman lisäkoneistusta. Sähkömoottorin alustalevyn kiinnitys on ura, joten pituutta voidaan säätää. Alustalevyt kiinnitetään alustapalkkiin pulttiliitoksella ja koneistetaan oikeisiin mittoihin, jotta akselit ovat linjassa. Tällä konseptilla alustapalkki olisi standardoitu ja niitä voitaisiin tuottaa varastoon. Tilauksen tullessa valittaisiin oikeat kiinnityslevyt vaihteelle ja sähkömoottorille ja liitettäisiin alustapalkkiin.

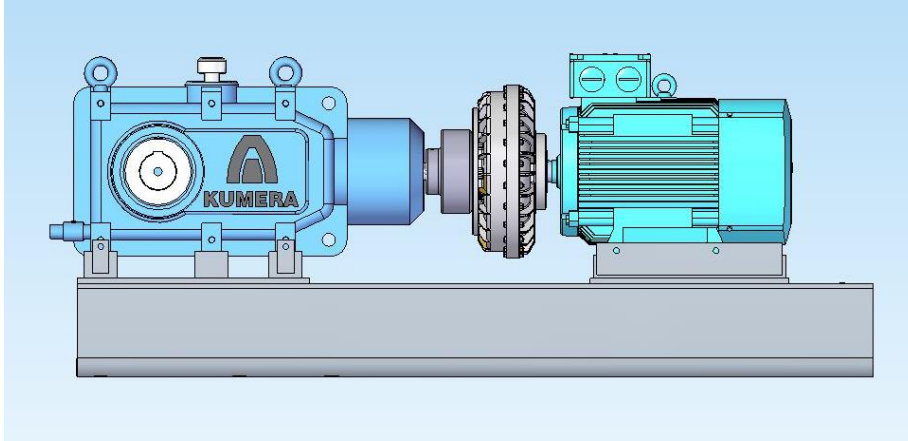




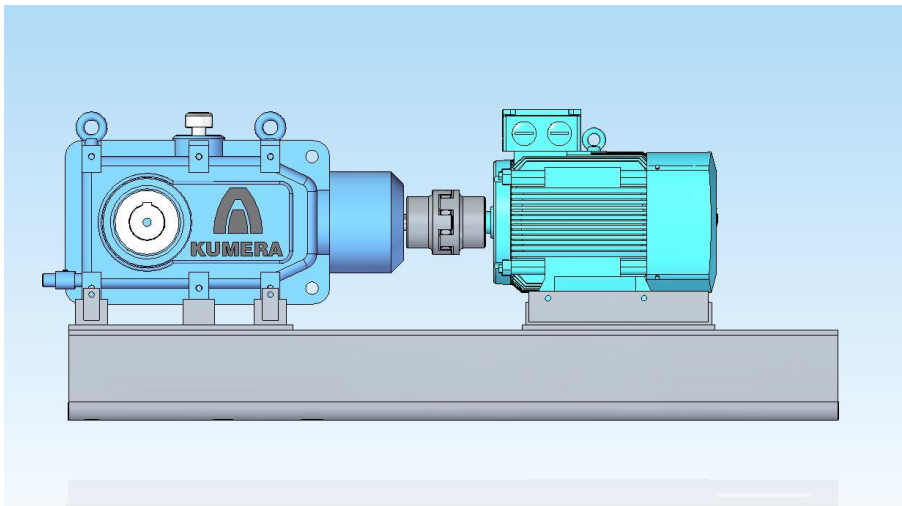
Kuva 15. Konsepti alustapalkin komponentit.



Kuva 16. Vaihte RG-3280 nestekytkimellä liitettynä IEC 315 sähkömoottoriin.



Kuva 17. Vaihte RG-3225 nestekytkimellä liitettynä IEC 250 sähkömoottoriin.

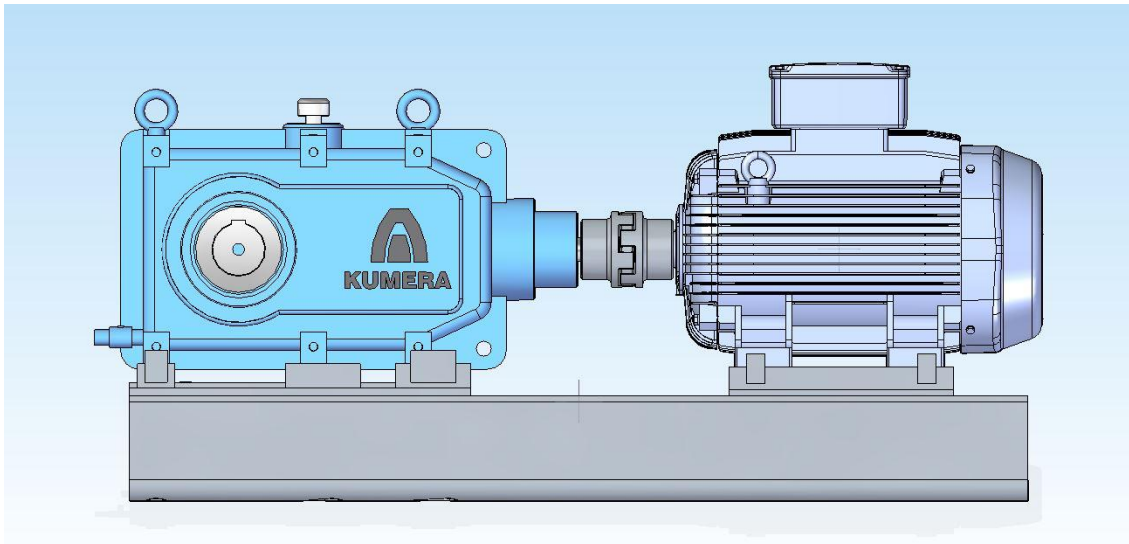


Kuva 18. Vaihte RG-3225 sakarakytkimellä liitettynä IEC 250 sähkömoottoriin.

Kuvassa 18 on sama alustapalkki kuin kuvissa 14, 15, 16 ja 17. Alustalevyjen ansiosta sama palkki sopii pohjaksi kaikille variaatioille. Kuvissa 18 ja 17 on lisävarusteena tuuletin kytketty vaihteen ensiöakselille. Kuvassa 18 korostuu mitoitus ongelma, eli alustapalkin kokonaispituus. Palkista jää ylimääräistä sähkömoottorin taakse, joka ei ole tarpeen. Ylimääräinen rauta on ylimääräistä kustannusta.

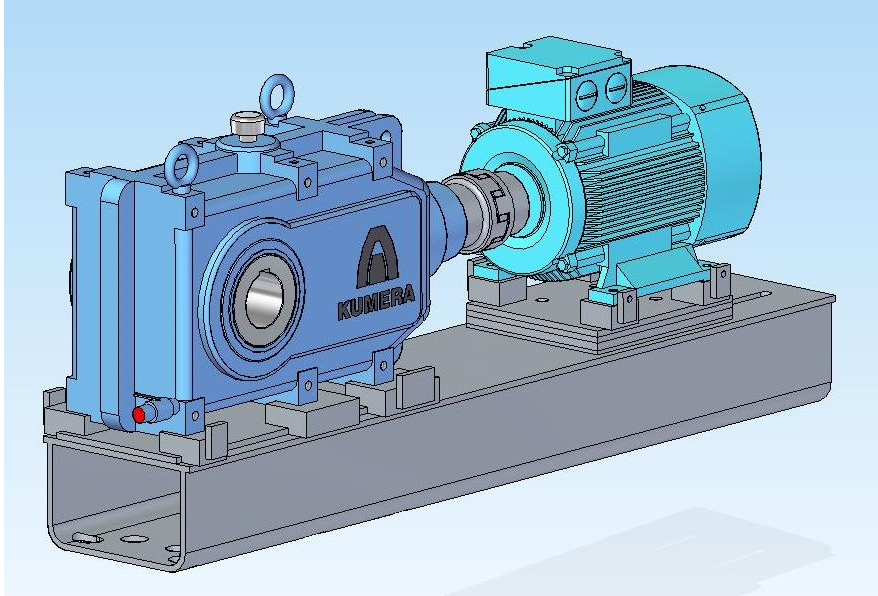
### 3.2 Konsepti 2

Konseptissa kaksi ideana on erilliset välilevyt korkeussäätöön. Vaihteen ja sähkömoottorin akselit linjattaisiin laittamalla palkin ja kiinnityslevyn väliin levy. Idea pohjautuu ensimmäiseen konseptiin, mutta koneistamisen sijaan eri paksuisilla välilevyillä nostettaisiin sähkömoottoria ja/tai vaihdetta. Etuna konseptiin yksi verrattuna, vaihteen ja moottorin kiinnityslevyt voitaisiin toimittaa valmiiksi koneistettuina ja tilaamalla välilevyjä saadaan eri vaihde + moottori kombinaatiot toteutettua. Välilevyjä voisi olla eri paksuuksilla tai laittamalla useampi saman paksuinen levy päällekkäin saadaan tarvittava korkeus. Myös vaihteen sivuttaissäätö ruuvien avulla on jätetty pois. Sen sijaan sivupalojen ja vaihteen kyljen väliin laitetaan asennusvaiheessa tarkoitukseen kehitetty työkalu. Työkalun avulla vaihde pysyy tiukasti kohdillaan ja se voidaan kiinnittää alhaalta päin alustapalkkiin. Kiinnityksen jälkeen työkalu nostetaan pois. Työkalu voisi olla hyvin yksinkertainen mitoitettu ”palkki”, joka laitetaan väliin kiinnityksen ajaksi molemmille puolille. Tähän tapaan voitaisiin jättää sivuttainen säätäminen vain sähkömoottorille, joka linjattaisiin vaihteen mukaan. Tuotannossa tämä nopeuttaisi kokoonpanoa, kun yksi työvaihe voidaan jättää pois.



Kuva 19. RG-3280 sakarakytkimellä liitettynä IEC 315 sähkömoottoriin.

Kuvassa 19 on vaihteen alustaa nostettu 20 millimetrin välilevyllä, jotta akselit ovat samalla korkeudella.

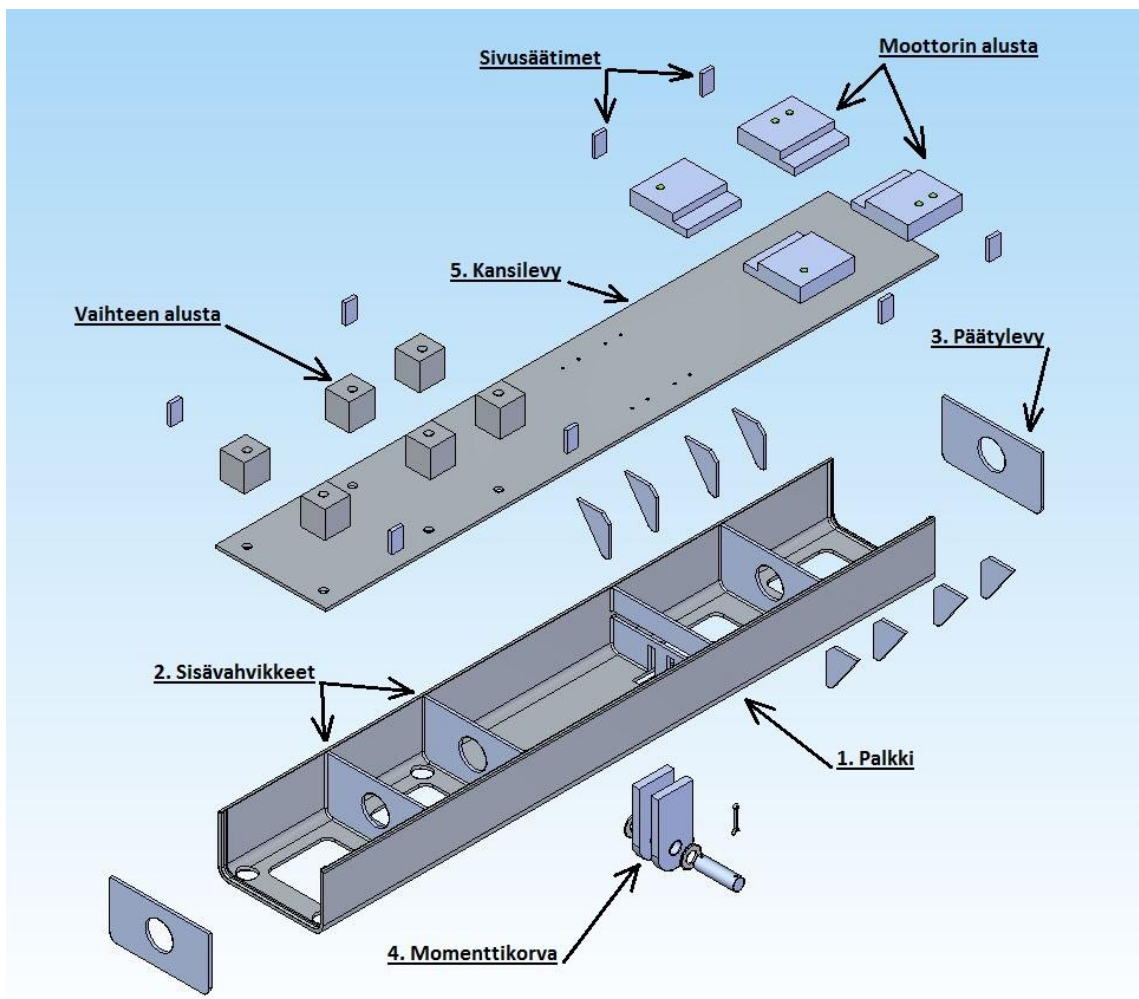


Kuva 20. RG-3280 sakarakytkimellä liitettynä IEC 250 sähkömoottoriin.

Kuva 20 havainnollistaa korotuspalat moottorin alla. Sähkömoottoria on nostettu kolmella välilevyllä. Esimerkiksi kuvassa 20 on 20, 15 ja 10 millimetriä paksut välilevyt päällekkäin sähkömoottorin alla. Korotus voidaan toteuttaa yhdellä tai useammalla välilevyllä. Ideaalista on, että välilevyjen paksuus kasvaa portaittain, jotta korkeuden säätäminen voitaisiin standardoida.

## 4 RAKENTEEN OPTIMOINTI VALMISTUKSEN KANNALTA

Alustapalkin rakennetta optimoidessa tulee kiinnittää huomiota erityisesti kestävyteen, palkin tulee kestää kovia kuormituksia. Kustannusten huomioiminen on tärkeää ja tavoite on, että alustapalkkien hankinta myös varastoon olisi kustannustehokasta. Seinämän paksuutta lisäämällä saadaan helposti lisää kestävyttä, mutta paino ja kustannukset kasvavat myös.



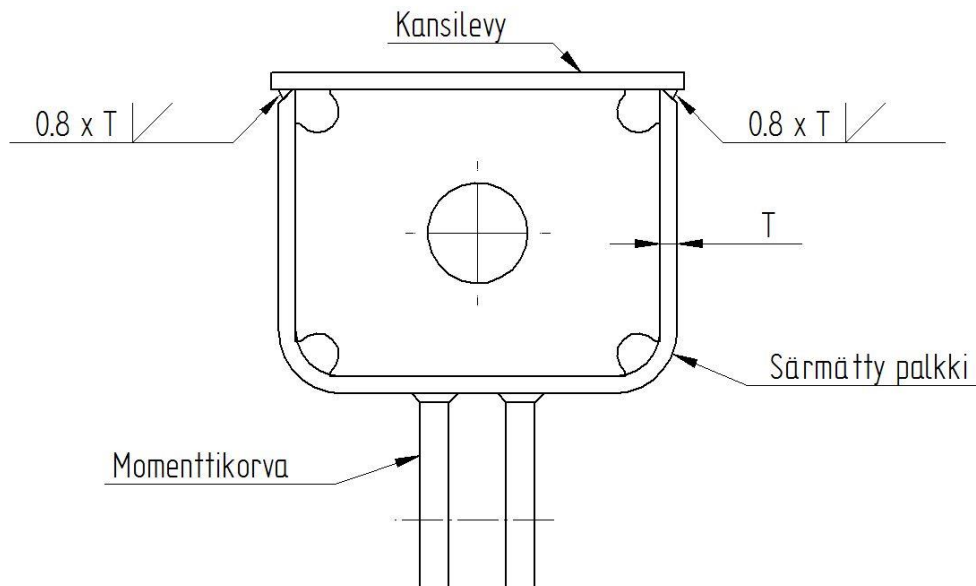
Kuva 21. Alustapalkin rakenne.

Kuva 21 havainnollistaa alustapalkin komponentit. Komponentit ovat eritelty toisistaan. Kokonaisuus muodostuu hitsaamalla liitetyistä osista. Osat saattavat olla erilaiset alustapalkista riippuen, mutta periaate on sama. Kuvan 21 numerointia käytetään aineenvahvuustaulukon hahmottamiseksi.

#### 4.1 Hitsaus

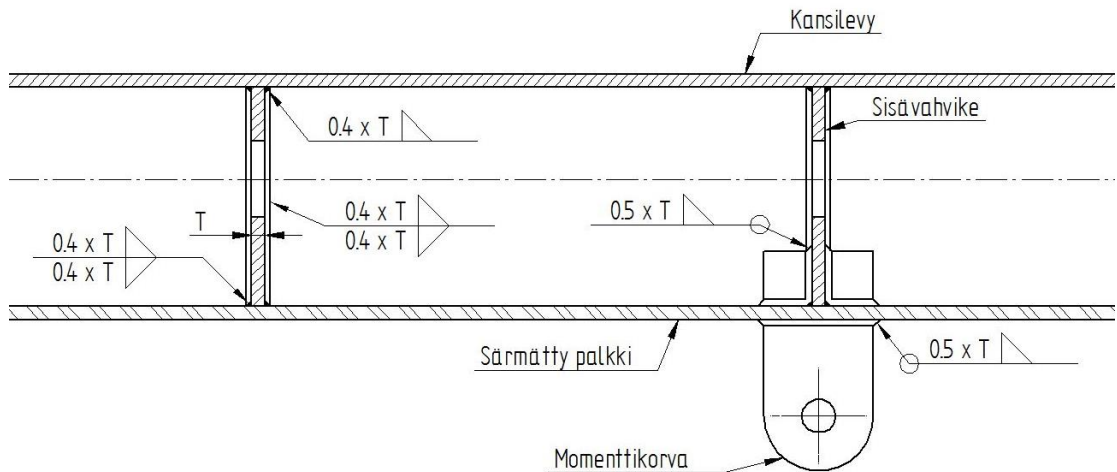
*Metallien hitsaus tarkoittaa työkappaleiden liittämistä siten, että syntyy atomien välinen (metallinen) sidos. Standardiehdotus SFS 3052 määrittelee hitsausliitoksen seuraavasti (2): Hitsaus on osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Hitsauksessa voidaan käyttää apuna hitsausaineita (Airila ym.1995, 244).*

Hitsaus on tehokas tapa liittää kappaleita toisiinsa ja sillä voidaan välttää ylimääräisiä komponentteja. Tärkeää on, että hitsaus on laadukasta jälkeä ja laskettu kestäväksi. Hitsaamalla saadaan tukeva alustapalkki. Alustapalkin hitsaamista varten on tehtävä levyyn kohtia, joiden kautta hitsaaja pääsee hitsaamaan sisäpuolelle. Tehdessä aukkoja palkkiin täytyy ottaa huomioon vaikutus palkin kestävyteen. Ne vaikuttavat jännityksiin ja muodonmuutoksiin, siksi on hyvä tarkistaa vaikutus FEM analyysillä.



Kuva 22. Kansilevyn hitsaus.

Kansilevy hitsataan palkkiin puoli –V hitsillä. Palkin sisäpuolella olevat jäykistelevyt hitsataan pienahitsillä. Kumeran ohjeistuksen mukaisesti hitsin koko puoli –V hitsissä on  $0.8 \times$  levynvahvuus ja pienahitsin koko on  $0.4 \times$  levynvahvuus. Kuvassa 22 merkintä  $T$  on aineenvahvuus.



Kuva 23. Momenttikorvan ja sisävahvikkeiden hitsaus.

Momenttikorvakkeen hitsauksessa hitsin koko on  $0.5 \times$  levynvahvuus ja se hitsataan kiinnityspintojen matkalta ympäri. Kuvasta 23 ilmenee momenttikorvan sekä sisävahvikkeiden hitsaus merkinnät. Kumeran ohjelehdessä numero 848162 mukaan hitsausten jälkeen, ennen koneistusta, suoritetaan jännitystenpoistohehkutus eli myöstö.

#### 4.2 Lujuuslaskenta

”Lujuuslaskennan perusongelma on tasapainoilu kahden vastakkaisen tekijän välissä. Rakenteen on oltava riittävän luja ollakseen varmakäyttöinen, muttei liian luja, jotta siitä ei tule liian suurikokoinen ja samalla painava ja kallis” (Hietikko 2004, 13). Alustapalkin optimoinnissa Hietikon toteama ongelma ilmenee selvästi. Kustannukset halutaan pitää optimaalisina samoin kuin alustapalkin kestävyys. Balanssin löytäminen kustannusten ja lujuuden välillä on haastavaa.

Kumeralla on laskettu lujuuslaskennat olemassa olevia alustapalkkeja varten ja ne ovat todettu kestäviksi. Palkin materiaali on S355J2G3 ja samaa materiaalia käytetään jatkossakin. Koska opinnäytetyön tarkoitus on kehittää alustapalkkeihin jonkin tapainen

standardointi tai tuoteperhe, alustapalkkien rakenne ei muutu radikaalisti. Käytetään jo olemassa olevia lujuuslaskentoja perustana.

Taulukko 1. Aineenvahvuudet RG-2000 ja RG-3000 vaihteiden mukaan.

<b>Numero:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Vaihte:</b>	<b>Särmätty palkki:</b>	<b>Sisävahvike:</b>	<b>Päätylevy:</b>	<b>Momenttikorva:</b>	<b>Kansilevy:</b>
RG-2225	10	8	8	20	10
RG-2250	10	10 / 8	10 / 8	25 / 20	10
RG-2280	10 / 12	8	8	20	12
RG-2315	12	8	8	25	12
RG-2355	12	8	8	25	12
RG-2400	12 / 16	8 / 16	8 / 16	25	12 / 16
RG-3225	10	8	8	20	10
RG-3250	10	8	8	20	10
RG-3280	12	8	8	20	12
RG-3315	12	8	8	25	12
RG-3355	12	8	8	25	12
RG-3400	12 / 16	8 / 16	8 / 16	25	12 / 16

Taulukossa 1 on esitetty alustapalkin aineenvahvuus vaihteittain. Arvot perustuvat suunniteltuihin alustapalkkeihin. Isommilla vaihteilla olevien alustapalkkien aineenvahvuus on suurempi kuin pienemmällä vaihteilla varustetuilla palkeilla. Taulukon arvot ovat millimetrejä. Esimerkiksi RG-3400 vaihteella olevia alustapalkkeja oli tehty aineenvahvuudella 12 mm sekä 16 mm. Numerointi viittaa kuvaan 21.

Taulukko 2. Materiaalin S355J2G3 ominaisuudet.

	<b>Materiaali:</b>	S355J2G3	<b>Yksikkö:</b>	<b>Tunnus:</b>
	<b>Myötölujuus:</b>	355	MPa	$R_{eH}$
	<b>Murtolujuus:</b>	510-680	MPa	$R_m$
	<b>Kimmomoduuli:</b>	210	GPa	
	<b>Poissonin luku:</b>	0.3		$\nu$
	<b>Tiheys:</b>	7850	kg/m <sup>3</sup>	
	<b>Sitkeys:</b>	27	J	

Taulukosta 2 ilmenee alustapalkissa käytettävän materiaalin S355J2G3 ominaisuudet.



### 4.3 Valmistus

Valmistuksen kannalta olennaista on koneistuksien ja hitsausten toteuttaminen. Koneistettavissa kappaleissa tulee olla työvaraa, jotta haluttu aineenvahvuus säilyy ja saavutetaan toleranssien mukaiset mitat. Suunniteltaessa rakennetta tulee pitää mielessä koneistuksen vaatimat tilat, jotta kone pääsee koneistettavalle pinnalle. Samoin hitsauksen kanssa tulee huomioida toteutettavuus. Hitsaajan on päästävä hitsin kanssa liitettävien pintojen luokse. Tämän vuoksi palkin pohjaan tulee tehdä aukot hitsausta varten.

Kansilevyn hitsaaminen vaikuttaa levyn suoruteen ja saattaa tehdä siitä kaarevan. Tällöin pinnan tasomaisuus kärsii, joten moottorialusta ei ole suorassa, kun se liitetään kansilevyyn. Koska kansilevyyn hitsataan vaihteen alustat, koko levyn plaanaus tasaiseksi on hankalaa. Vaihteen alustat tulee olla myös koneistettu ja sama tasomaisuus sähkömoottorin alustan kanssa. Toinen toteutus tapa on shimmi levyjen kanssa. Shimmit ovat toleroituja ohuita levyjä tai renkaita. Shimmejä käytetään muun muassa tasaamaan pintojen korkeus eroja. Shimmejä käyttämällä voitaisiin tasata moottorialusta sopivaksi vaihteen alustan kanssa.

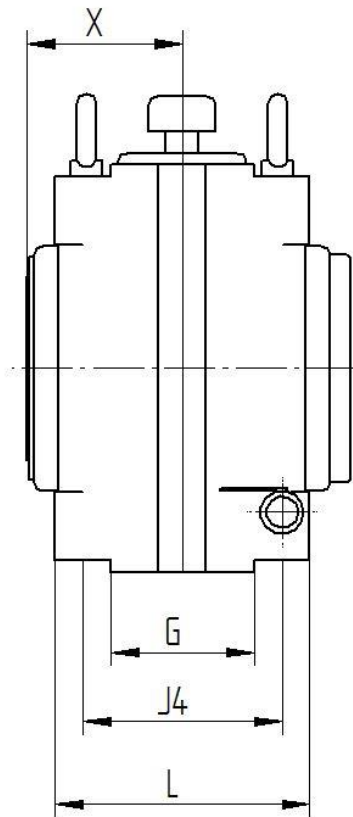
## 5 SUUNNITTELUOHJE

Suunnitteluohje uusille alustapalkeille. Alustapalkkeja ja vaihteita tutkimalla tulokseksi saatiin ohjeistus G-2000 ja G-3000 vaihteiden alustapalkkien suunnitteluun. Konseptoimalla erilaisia ratkaisuja saatiin rajattua vaihtoehtoja kiinnityksiin, pituuksiin ja muihin alustapalkin ominaisuuksiin.

### 5.1 Sarjoitus

Sarjoitetaan alustapalkit kolmeen kokoon. Sarjoitus perustuu vaihdekokoihin. Kolme alustapalkkia, yksi vaihteille G-2225-3250, toinen vaihteille G-2280-3315 ja kolmas vaihteille G-2355-3400.

Vaihteet G-2225-2250 ja G-3225-3250 on mahdollista mitoittaa samalle alustalle, mutta vaihteet G-2280-3315 tarvitsevat leveämmän tilan kiinnityskohtien väliin. Koko 280 tarvitsee 240 millimetriä tilaa kiinnikkeiden väliin, koska koon 225 kiinnitysreikien etäisyys leveyden suhteen on myös 240 millimetriä, niitä ei ole mahdollista sijoittaa samaan alustaan.



Kuva 24. Vaihteen mitat leveyden suhteen.

Kuvassa 24 mitta G on leveys vaihteen kiinnikkeiden välissä, J4 on kiinnitysreikien etäisyys ja L on vaihteen pohjan leveys. Koosta 280 alkaen mitta G on suurempi kuin koon 225 mitta J4. Koon 250 J4 on suurempi kuin koon 280 mitta G, mutta vain 30 millimetriä. Huomioiden kiinnitysreikien halkaisijat, jää seinämä reiän ja reunan välissä ohueksi. Tämän takia koko 250 ei myöskään sovellu samaan alustaan kuin koko 280. Sama pätee myös koon 280 ja 355 kanssa. Koon 355 G:n arvo on 290 millimetriä ja koon 280 J4:n arvo 310 millimetriä. Eroa on vain 20 millimetriä, eli 10 millimetriä per puoli. Kiinnikkeiden osalta jako onnistuu vain kolmeen ryhmään.

Toinen vaikuttava tekijä sarjoitukseen on toisioakselin pituus. Toisioakselin on tultava alustapalkin yli, jotta kytkentä käytettävään laitteeseen on mahdollista. Alustapalkin tulee olla kapeampi kuin pienin siihen kiinnitettävä vaihde. Kuvassa 24 on mitta X, joka kuvastaa toisioakselinpään etäisyyttä vaihteen keskipisteestä. Vaihde koon kasvaessa mitta L kasvaa isommaksi kuin pienempien vaihteiden mitta X, joten toisioakseli ei enää pääse

alustapalkin reunan yli. Alustapalkin tulee olla tukeva, joten isommat vaihteet tarvitsevat myös isomman alustapalkin. Vaihekoon 315 mitta J4 on jo liian suuri mahtuakseen kookojen 225 ja 250 alustapalkille. Samoin koon 400 mitta J4 on liian leveä sopiakseen samalle alustalle kuin koot 280 ja 315. Tämän takia ei voida käyttää pienien vaihekookojen alustapalkkeja myös suurille vaihteille. Alustapalkkia suunniteltaessa alustapalkin leveys tulee olla mieluiten vähintään suuremman vaihteen mitan L verran kuitenkin pienemmän vaihteen toisioakselin tulee olla yli alustapalkin reunan.

Optimaalisin sarjoitus G-sarjan vaihteille on jako kolmeen ryhmään. Koot 225-250 samalle alustalle, koot 280-315 samalle alustalle ja koot 355-400 samalle alustalle.

## 5.2 Aineenvahvuudet

Taulukossa 1 on esitetty aineenvahvuudet alustapalkin osille vaihekoon mukaisesti. Arvot pohjautuvat tehtyihin alustapalkkeihin. Yhteenvetona voidaan jakaa aineenvahvuudet kolmeen eri luokkaan. Luokka 1 on koot 225-250, luokka 2 koot 280-315 ja luokka 3 koot 355-400.

Taulukko 3. Yhteenveto aineenvahvuuksista.

<b>Vaihekoko:</b>	<b>225-250</b>	<b>280-315</b>	<b>355-400</b>
1. Palkki	10 mm	12 mm	16 mm
2. Sisävahvike	8 mm	10 mm	12 mm
3. Päätylevy	8 mm	10 mm	12 mm
4. Momenttikorva	20 mm	25 mm	25 mm
5. Kansilevy	10 mm	12 mm	16 mm

Vaihteille RG-2225 – RG-3250 käytetään taulukon 3 arvoja kohdasta 225-250. Vaihteille RG-2280 – RG-3315 käytetään 280-315 kohdan arvoja ja vaihteille RG-2355 – RG-3400 arvoja kohdasta 355-400.

Esimerkki: Suunnitellaan alustapalkkia vaihteelle RG-3315. Katsotaan taulukosta käytettävälle vaihteelle sopivat aineenvahvuudet. Palkin paksuus on oltava siten 12 millimetriä, sisävahvikkeen paksuus 10 millimetriä, päätylevyn paksuus 10 millimetriä, momenttikorvan paksuus 25 millimetriä ja kansilevyn paksuus 12 millimetriä.

### 5.3 Hitsisaumat

Hitsisaumojen koko määrittyy aineenvahvuuden mukaan.

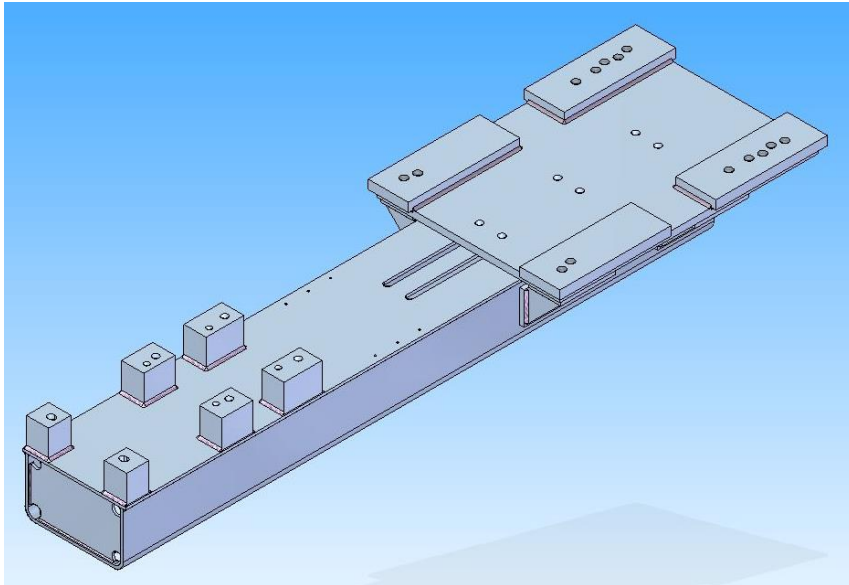
Taulukko 4. Hitsaustaulukko.

Hitsattava osa:	Hitsityyppi:	Hitsin koko:
Kansilevy	Puoli V-hitsi	0.8 x aineenvahvuus
Sisävahvikkeet	Pienahitsi	0.4 x aineenvahvuus
Momenttikorva	Hitsataan koko matkalta	0.5 x aineenvahvuus

Taulukko 4 havainnollistaa ohjeet osien hitsaukseen. Esimerkiksi hitsataan kansilevy kiinni palkkiin, jonka aineenvahvuus on 12 millimetriä. Silloin käytetään puoli V-hitsiä ja hitsin koko on  $0.8 \times 12 \text{ mm} = 9.6 \text{ millimetriä}$ . Palkkiin tulee tehdä viisteet puoli V-hitsiä varten.

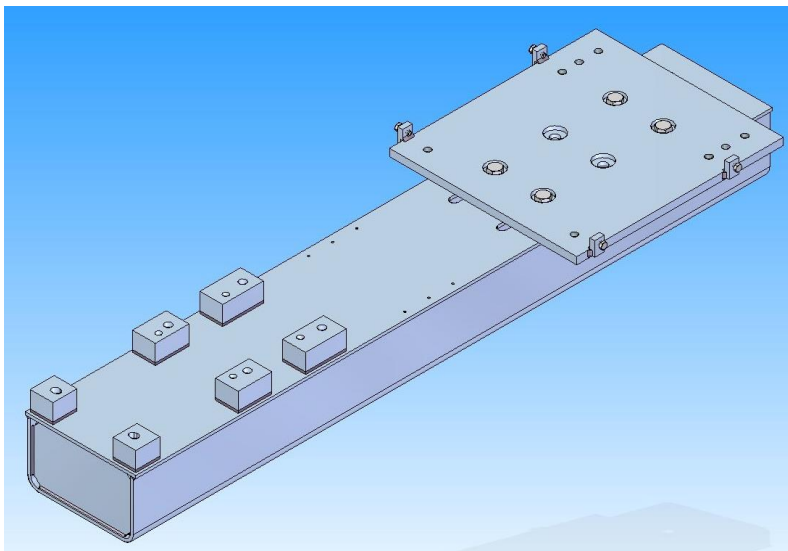
### 5.4 Rakenne

Alustapalkin rakenne muodostuu palkista, kansilevystä, sisävahvikkeista, momenttikorvasta ja moottorialustasta. Lisäksi moottorin koosta riippuen rakenteseen tulee sivuttaistuki ja/tai korotuspala. Rakenne suunnitellaan siten, että suurimman käytettävän sähkömoottorin akselikorkeus määrittää vaihteiden korkeuden. Esimerkiksi vaihteille 280-315 suurin sähkömoottori on IEC 400 vaihteen G-2315 kanssa. Vaihteen alustan korkeus määrittyy siten korkeuteen, jossa vaihteen G-2315 ensiöakseli on linjassa sähkömoottori IEC 400:n akselin kanssa ilman sähkömoottorin alustan korotusta. Runkokoko 400 sähkömoottorin alusta on siis suoraan alustapalkin päällä. Tämä tarkoittaa, että pienempien runkokokojen kanssa on käytettävä korotuspaloja moottorin alustan alla.



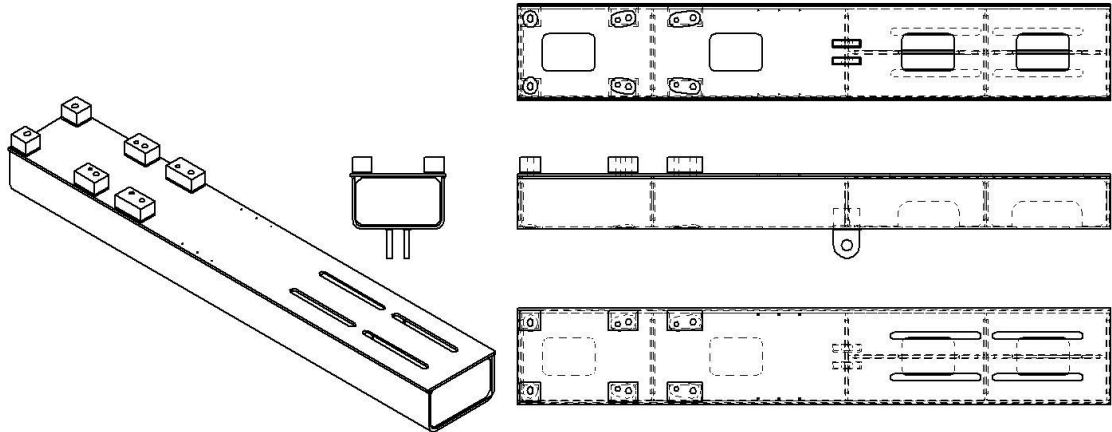
Kuva 25. Alustapalkki vaihteille 280-315.

Kuvan 25 alustapalkki on toinen kolmesta alustapalkista. Vaihteet G-2280, G-3280, G-2315 ja G-3315 on mahdollista kiinnittää palkkiin. Kuvassa 25 moottorialusta on IEC standardin runkokoolle 400. Moottorialusta on pulttiliitoksella kiinnitetty alustapalkin kansilevyyn.



Kuva 26. Päivitetty alustapalkin rakenne.

Kuvan 25 alustapalkin sijaan päivitetty rakenne on kuvan 26 alustapalkin mukainen. Suunnittelun aikana moottorialusta kehittyi yksinkertaisemmaksi rakenteeksi, jonka ansiosta sen valmistus on helpompaa ja halvempaa. Kuvan 26 alustapalkki on vaihteille 280 ja 315.



Kuva 27. Alustapalkin mittakuva.

Kuten kuvasta 27 ilmenee vaihteen kiinnitystä varten on kahdet reiät, jotka sopivat kahdelle vaihdekoolle. Palkin pohjassa on aukot hitsausta varten. Sisäseinämät hitsataan kiinni kansilevyyn pohjan aukkojen kautta. Moottorialustan kiinnitysurien väliin tulee tehdä urien suuntaiset sisävahvikkeet, jotta urien väliin jäävä osuus ei taivu kuormasta.

#### 5.4.1 Palkki

Alustapalkin palkki tehdään särmämällä levy ”U-muotoon”. Levyyn leikataan hitsausaukot, momenttikorvien paikat, sivuttaistuen kiinnitysreiät ja reiät vaihteen kiinnitystä varten.

Taulukko 5. Palkkien ulkomitat.

Vaihdekoko:	Pituus:	Leveys:	Korkeus:	Sisätaivutuksen säde:
<b>225-250</b>	2340 mm	360 mm	230 mm	25 mm
<b>280-315</b>	2840 mm	440 mm	250 mm	32 mm
<b>355-400</b>	3200 mm	550 mm	270 mm	40 mm

Taulukkoon 5 on koottu ulkomitat kolmelle alustapalkille. Esimerkiksi vaihteelle G-3280 palkin pituus on 2840 millimetriä ja se on 440 millimetriä leveä. Sisätaivutuksen säde tarkoittaa kaarta, joka muodostuu kulmaan taivutettaessa.

#### 5.4.2 Kansilevy

Kansilevy mitoitetaan saman pituiseksi kuin palkki. Kansilevyn tulee olla leveämpi kuin palkki, mutta huomioiden toisioakselin pään etäisyys reunasta. Kansilevyyn hitsataan palat vaihteen kiinnitystä varten. Vaihde kiinnitetään palojen päälle ja pultataan alhaalta kiinni kokoonpano vaiheessa. Kansilevyyn koneistetaan reiät vaihteen kiinnitystä varten, raideura moottorin alustalle ja kiertet kytkinsuojan kiinnitystä varten.

Taulukko 6. Kansilevyn mitoitus.

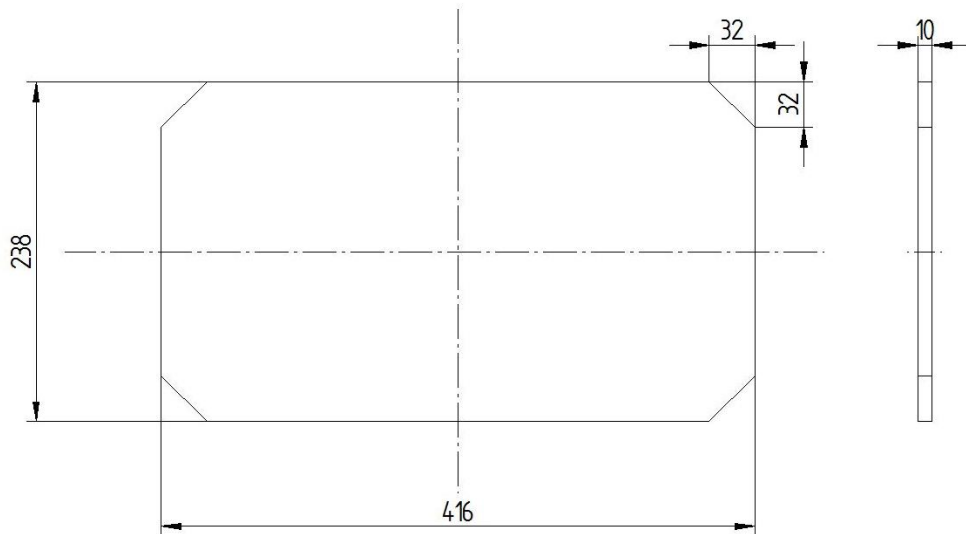
<b>Vaihekoot:</b>	<b>225-250</b>	<b>280-315</b>	<b>355-400</b>
<b>Pituus:</b>	2340 mm	2840 mm	3200 mm
<b>Leveys:</b>	380 mm	460 mm	560 mm

Taulukkoa 6 käyttäen mitoitetaan kansilevyn ulkomitat jokaiselle alustapalkille.

#### 5.4.3 Sisävahvike

Sisävahvikkeisiin tulee tehdä leikkaukset kulmiin. Leikkaus toimii hitsaushelpotuksena kansilevyn hitsaamisessa. Sisävahvike hitsataan sivu- ja alapinnasta palkkiin. Yläpinta hitsataan kiinni kansilevyn. Sisävahvikkeen aineenvahvuus ilmenee aineenvahvuus-taulukosta.





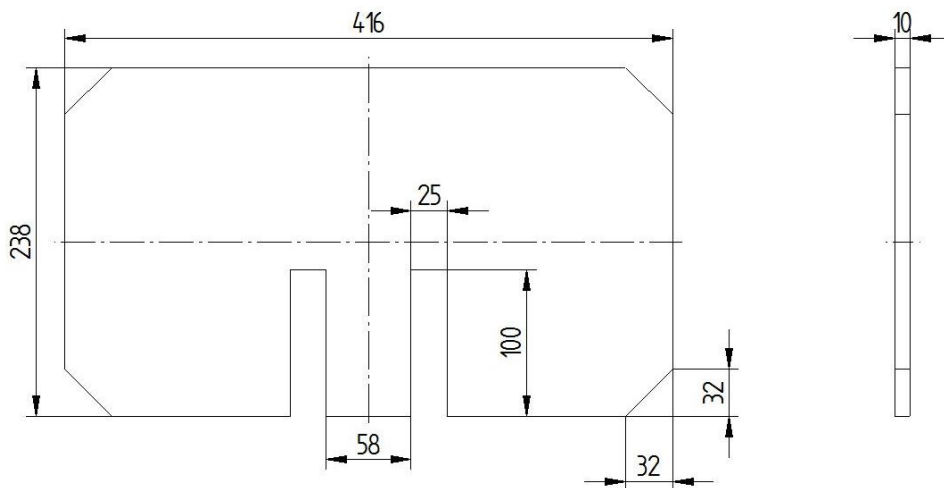
Kuva 28. Sisävahvikkeen mittakuva.

Kuva 28 havainnollistaa mitat sisävahvikkeen hitsaushelpotuksen tekemiseen. Kuvassa 28 on käytetty esimerkkinä kokojen 280 ja 315 alustapalkin sisävahviketta. Sisävahvikkeiden kulmiin tehdään helpotukset, jotta sisäiset jännitykset eivät kohdistu kulmiin. Palkkeja, joissa ei ollut helpotusta kulmissa, hitsauksia on murtunut sisäisistä jännityksistä hitsissä. Myös kansilevyn yhtenäinen hitsaus on mahdollista vain helpotuksella. Alakulmassa oleva helpotus toimii myös sadeveden poistoreittinä. Helpotuksen koko määrittyy palkin taivutuksen säteestä.

Taulukko 7. Sisävahvikkeen mitoitus.

Vaihekoot:	Aineenvahvuus:	Sisätaivutuksen säde:	Ulkomitat:
<b>225 - 250</b>	10 mm	25 mm	220 x 340
<b>280 - 315</b>	12 mm	32 mm	238 x 416
<b>355 - 400</b>	16 mm	40 mm	254 x 518

Taulukko 7 havainnollistaa mitat sisävahvikkeelle vaihde kohtaisesti. Hitsaushelpotus mitoitetaan palkin sisäpuolisen taivutuksen säteen mukaan. Esimerkiksi 280-315 alustapalkin taivutuksen säde on 32 millimetriä, joten sisävahvikkeeseen tehdään 32 mm x 32 mm leikkaus kulmiin. Leikkauksen ansiosta sisävahvike ei ota kiinni alustan taivutukseen ja se on mahdollista hitsata suoraan palkin pohjaan nähden.



Kuva 29. Momenttikorvan sisävahvike.

Momenttikorvan kiinnitystä varten täytyy sisävahvikkeessa olla leikkaukset, kuten kuvasta 29 ilmenee, muoto pysyy muuten samana. Kuvassa 29 on käytetty esimerkkinä kokojen 280 ja 315 alustapalkille tarkoitettua sisävahvikettä.

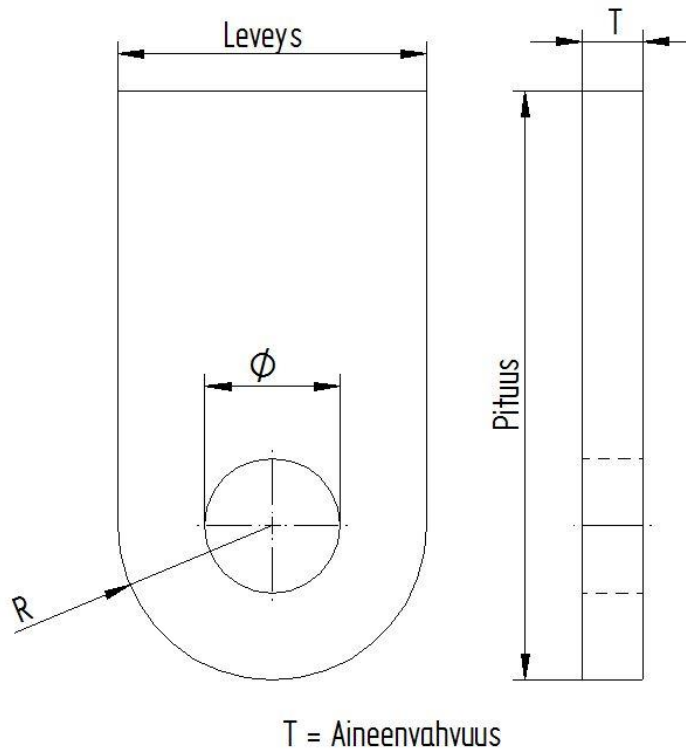
Taulukko 8. Momenttikorvan sisävahvikkeen leikkauksen mitat.

<b>Alustapalkki:</b>	<b>225 - 250</b>	<b>280 - 315</b>	<b>355 - 400</b>
<b>Pituus:</b>	100 mm	100 mm	100 mm
<b>Leveys:</b>	20 mm	25 mm	25 mm
<b>Etäisyys:</b>	42 mm	58 mm	58 mm

Kuvaa 29 ja taulukkoa 8 käyttäen mitoitetaan sisävahvikkeeseen tehtävä leikkaus momenttikorvaa varten. Pituus tarkoittaa leikkauksen etäisyyttä vahvikkeen alareunasta, leveys tulee momenttikorvan paksuuden mukaan ja etäisyydellä tarkoitetaan leikkauksien etäisyyttä toisistaan.

#### 5.4.4 Momenttikorva

Momenttikorva sijoitetaan sille määritettyyn paikkaan alustapalkissa. Alustapalkkiin on leikattu paikat momenttikorvalle palkin pohjassa. Momenttikorvan osuus palkin sisäpuolella määrittyy momenttikorvalle tarkoitetun sisävahvikkeen mukaan. Momenttikorvan hitsaus on ohjeistettu hitsaustaulukossa.



Kuva 30. Momenttikorvan mittakuva.

Kuvan 30 mittakuvaa käyttäen mitoitetaan momenttikorvat alustapalkeille. Aineenvahvuus on ilmoitettu aineenvahvuustaulukossa. R on kaaren säde.

Taulukko 9. Momenttikorvan mitoitus.

Alustapalkki:	Leveys:	Pituus:	Reiän halkaisija:
<b>Palkki 225 - 250</b>	90 mm	220 mm	40 mm
<b>Palkki 280 - 315</b>	126 mm	260 mm	55 mm
<b>Palkki 355 - 400</b>	126 mm	270 mm	55 mm

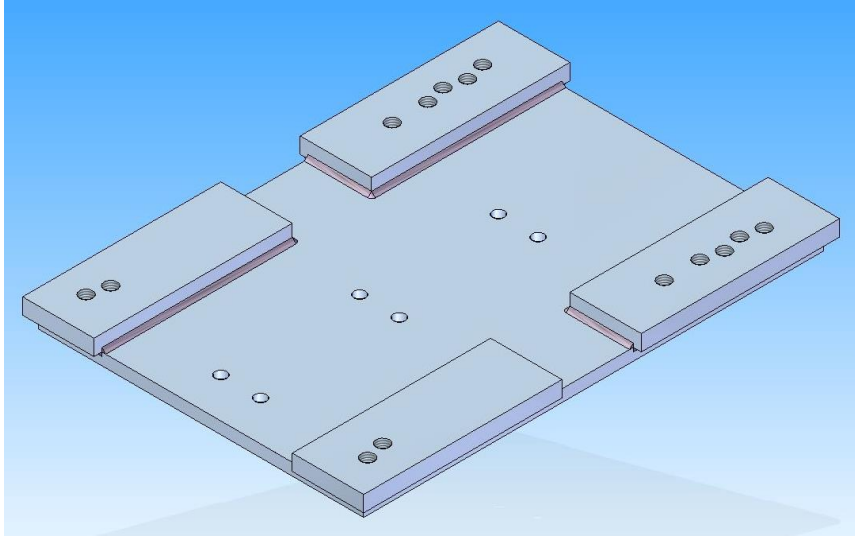
Taulukkoon 9 on koottu momenttikorvan mitat kolmelle alustapalkille. Mitat perustuvat suuremman vaihteen momenttikorvaan. Esimerkiksi vaihteen G-3315 alustapalkeissa on käytetty momenttikorvaa, joka on 126 millimetriä leveä ja reiän halkaisija on 55 millimetriä.

#### 5.4.5 Moottorialusta

Sähkömoottorin kiinnitysalusta suunnitellaan sopivaksi jokaiselle kolmelle alustapalkille, jotta ei tarvitse tehdä jokaiselle palkille omaa alustaa jokaiselle runkokoolle. Tulokseksi saadaan jokaiselle runkokoolle kiinnitysalusta, joka on mahdollista kiinnittää jokaiseen alustapalkkiin. Alustan suunnittelua varten käytetään IEC standardin ja NEMA standardin runkokokoja. Alusta mitoitetaan siten, että runkokoon sähkömoottorin jalat sopivat alustalle ja se saadaan kiinnitettyä pultiliitoksella. Alusta kiinnitetään pulteilla kansilevyyn sille tarkoitetulle raideuralle.

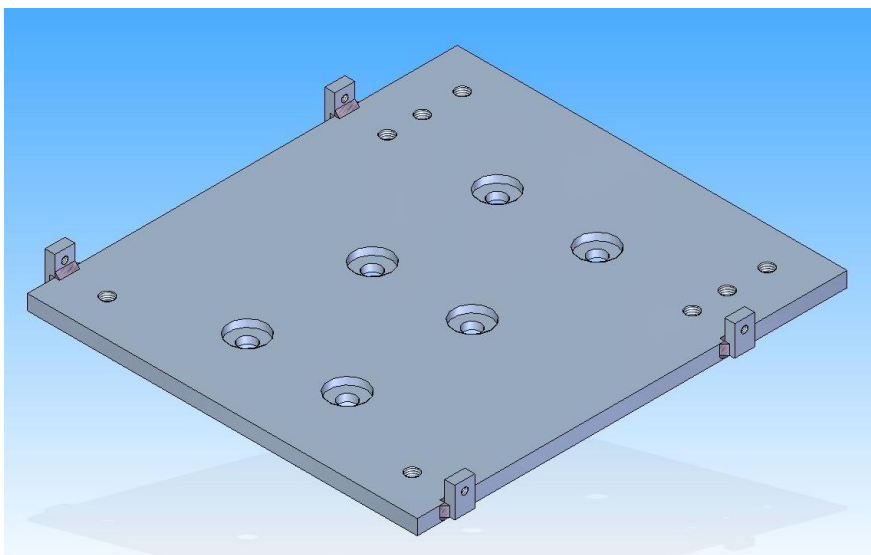
Suurin runkokoko, jolle mahdollisesti tulee suunnitella alusta, on IEC 450. Taustatutkimuksen ansiosta tiedetään suurin sähkömoottori, jota voidaan käyttää kuljetinkäytöissä G-2000 ja G-3000 sarjan vaihteiden kanssa. Runkokoko määrittää etäisyydet kiinnitysreikien välillä, joten saman runkokoon sähkömoottoreilla on samat kiinnitysreiät. Poikkeuksena voi olla enemmän kiinnitysreikiä, esimerkiksi kahden viimeisen kiinnitysreiän jälkeen on vielä kolmas reikä.

On kannattavaa suunnitella alusta sopivaksi useammalle runkokoolle, jos mahdollista. Kuitenkin välttämättä tekemästä alustaa liian suureksi. Esimerkiksi kaksi mitoiltaan lähellä toisiaan olevaa runkokokoa kannattaa sijoittaa samaan alustaan. Yhden alustan hyödyntäminen kahdelle runkokoolle vähentää tarvetta useammalle kappaleelle ja voi säästää kustannuksissa.



Kuva 31. Moottorialusta IEC runkokoolle 400.

Kuvan 31 moottorialusta on suunniteltu IEC standardin runkokoolle 400 ja se soveltuu kiinnitettäväksi jokaiseen kolmeen alustapalkkiin. Runkokokoa 400 on kahdella leveydellä, toisessa reikien välinen leveys etäisyys on 710 millimetriä ja toisessa 686 millimetriä. Alustaan on sijoitettu reiät molemmilla leveys etäisyyksillä ja niille vastaavilla reikien etäisyyksillä. Alusta muodostuu neljästä 500x180x40 palasta ja yhdestä 1160x820x30 levystä. Osat hitsataan yhteen, sitten koneistetaan kiinnitysreiät sähkömoottorille ja kansilevyn kiinnitystä varten.



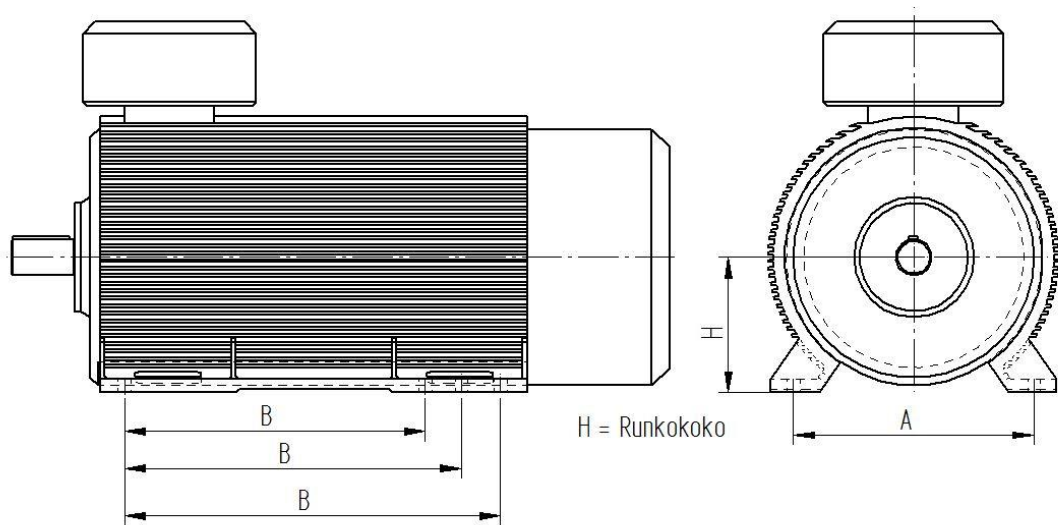
Kuva 32. Päivitetty sähkömoottorin alusta.

Suunnittelun edetessä päädyttiin muuttamaan moottorialustan rakennetta yksinkertaisemmaksi. Kuvan 31 moottorialustan sijaan moottorialusta tulee suunnitella kuvan 32 moottorialustan mukaisesti. Päivitetty rakenne muodostuu yhdestä levystä, johon on koneistettu kierteet moottorin kiinnitystä varten ja reiät kansilevyyn kiinnitystä varten. Kansilevyn kiinnitysrei'ille tulee tehdä upotukset pulttien kannoille, jotta ne eivät ota kiinni sähkömoottorin pohjaan. Alustan sivuihin hitsataan palat sähkömoottorin linjausta varten. Sivuttaissäätöpalat voitaisiin myös pultata kiinni alustaan hitsaamisen sijaan. Kyse on siitä, kumpi tulee edullisemmaksi hitsaus vai kierteiden koneistus. Kuvassa 32 on käytetty IEC runkokoon 355 alustaa.

Taulukko 10. Moottorialustan kiinnitysmitoitus kansilevyyn.

	<b>Reiän halkaisija:</b>	<b>Reikien etäisyys leveys suunnassa:</b>
<b>Kaikille moottorialustoille:</b>	35 mm	200 mm

Kaikissa moottorialustoissa tulee olla sama reiän halkaisija ja vastakkaisten reikien etäisyys, kuten taulukossa 10 ilmenee. Samojen mittojen ansiosta liitos jokaiseen alustapalkkiin on mahdollista. Kiinnitysreiän halkaisijaksi on valittu 35 millimetriä, suurimman vaihteen kiinnityspultin koon perusteella, joka on M30. Alustaan on suositeltavaa tehdä useampi kiinnitysreikä, vaikka kiinnitys riittäisi ilmankin. Tämä sen takia, että uraan kiinnitettäessä on mahdollista, että jokin kiinnitysrei'istä osuu kohtaan, jossa ura katkeaa. Ura kansilevyssä katkeaa kohdassa, jossa sisävahvike tukee palkkia. Useamman reiän ansiosta voidaan alusta kiinnittää kansilevyyn tilanteesta riippumatta.



Kuva 33. IEC standardin runkokoon mittakuva.

Kuva 33 havainnollistaa sähkömoottorin runkokoon mitat.

Taulukko 11. IEC standardin runkokokojen mitat.

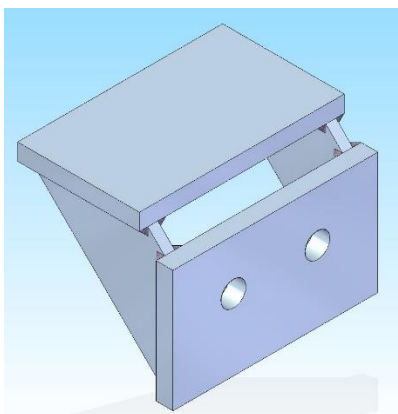
IEC	160 M/L	180 M/L	200 M/L	225 S/M	250 S/M	280 S/M	315 S/M	355	400	450
<b>A</b>	254	279	318	356	406	457	508	610	686 / 710	800
<b>B</b>	210 / 254	241 / 279	267 / 305	286 / 311	311 / 349	368 / 419	406 / 457	560 / 630	710 / 800 / 900 / 1000	1000 / 1120 / 1250

Taulukkoon 11 on koottu mitat IEC standardin sähkömoottorien kiinnityksille. Taulukon arvojen mittayksikkö on millimetri. Taulukko 11 sisältää mitat vain G-2225-G-3400 vaihteiden kanssa käytettäville sähkömoottoreille. Kuvaa 33 ja taulukkoa 11 käyttäen pystytään suunnittelemaan sähkömoottorialustoja IEC standardin moottoreille.

Suurten runkokokojen moottorit ovat huomattavasti leveämpiä kuin vaihteet ja seurauksena moottorin alusta tulee yli alustapalkista. Yli tuleva osuus olisi hyvä tukea alustapalkin kylkiin sivuttaistuilla. Sivuttaistuki vähentää alustan keskelle kohdistuvaa jännitystä

ja tekee alustasta tukevan. Perinteisesti sivuttaistuet ovat hitsattu alustapalkin kylkiin ja moottorin kiinnityspaloihin, jotta alustapalkin modulointi olisi mahdollista sivuttaistuki täytyy olla irroitettavissa ja lisättävissä tarvittaessa.

Kiinnitys alustapalkkiin toteutettaisiin pulttiliitoksella. Alustapalkkiin voitaisiin sijoittaa kiinnitysreiät siten, että sivuttaistuki soveltuu tukemaan kaikkia leveämpiä moottorin alustoja. Sivuttaistuen ylä osa ei tule alustaan kiinni vaan toimii tukena kun ylitse tuleva osuus alustasta on tukien päällä. Koska sivuttaistuki on kiinnitetty alustapalkin kylkiin, moottorin alustan jännitys välittyy palkkiin.



Kuva 34. Esimerkki sivuttaistuesta.

Sivuttaistuen rakenne voi olla yksinkertainen, esimerkiksi kuvan 34 sivuttaistuki muodostuu neljästä hitsatusta levystä. Kaksi suorakulmaista levyä, toinen alustapalkin kylkeen kiinnitystä varten ja toinen sivuttaistuen yläosaksi tukemaan moottori alustaa. Näiden kahden levyn väliin hitsataan kaksi kolmion muotoista levyä siten, että suorakulmaiset levyt ovat 90 astetta toisiinsa nähden.

#### 5.4.6 Korotuspalat

Vaihteen alusta on suunniteltu isoimman käytettävän runkokoon mukaan, joten pienempien moottoreiden kanssa on moottorialustaa nostettava akselien linjaamiseksi. Korotus tapahtuu levyillä, joita on eri paksuuksilla. Niin sanottu korotuspala tulee suunnitella sopivaksi alustapalkin ja moottorin alustan kanssa. Korotuspala kiinnitetään samoilla pulteilla kuin sähkömoottorialusta alustapalkin kansilevyyn. Korotuspala tulee suunnitella sopivaksi mahdollisimman monen moottorialustan kanssa. Korotuspala voi olla yksinkertainen levy, jos alustaa nostetaan vain hieman.



Pienemmille moottorialustoille korotuspalan optimointia kannattaa harkita, koska muuten levystä tulee todella painava, kun paksuutta vaaditaan enemmän. Esimerkiksi rakenne voisi olla tehty kahdesta 20 mm paksusta suorakulmaisesta levystä, joiden väliin hitsataan neljä tai kuusi 60 mm paksuista neliön muotoista palaa. Näin saadaan 100 millimetriä paksu korotuspala, joka ei ole niin painava kuin yksi 100 millimetriä paksu levy. Koska kiinnitys tulee kansilevyn keskellä kulkevaan uraan, korotuspalan keskiosan tulee olla avoin.

Mitä yksinkertaisempi korotuksen rakenne on, sitä edullisempi se on valmistaa. Yksinkertaisin ratkaisu on siis pelkkä levy, johon on koneistettu alustan ja kansilevyn uran kanssa sopivat reiät.

### 5.5 Merkinnät kuvaan

Piirustuksiin tulee merkitä toleranssit, hitsausmerkinnät, myöstö, koneistukset ja pinta-merkit. Koneistettavien osien piirustuksissa tulee huomioida työvarat. Kumeran ohjeistuksen mukaisesti hitsatuille kokoonpanoille tulee suorittaa jännitystenpoistohehkutus eli myöstö. Jotta myöstö onnistuu, edellyttää se lämpökäsittelyn oikein suorittamista. Kuumennus- ja jäähtymisnopeus, aineenpaksuudet ja rakenteen jäykkyys vaikuttavat myöstön onnistumiseen. Piirustukseen merkittäessä pitää merkitä myös myöstöhehkutuksessa käytettävät kuumennus-, pito-, jäähdytysaika ja lämpötila-alue. Arvot löytyvät Kumeran ohjeesta 848162.

Stressrelieving annealing before machining 848162

Kuva 35. Myöstö merkintä piirustukseen.

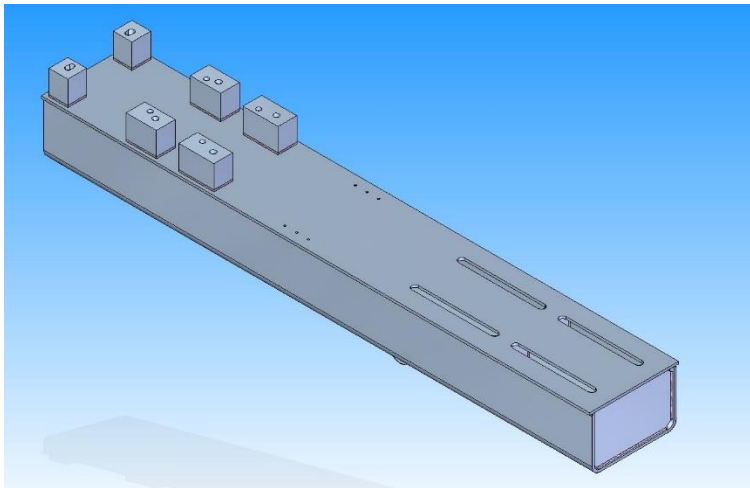
Quality level of welds SFS-EN ISO 5817:2004 C

Kuva 36. Hitsiluokka C merkintä.

Alustapalkin hitsaukset tulee tehdä ISO standardin hitsiluokka C mukaisesti. Kuvassa 36 havainnollistettu merkintä piirustuksessa.

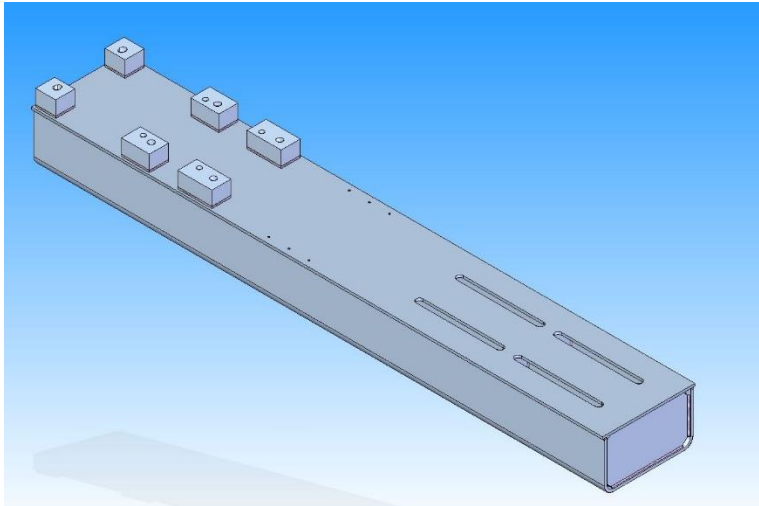
## 5.6 Yhteenveto

Moottorialustan mallia suunniteltaessa todettiin IEC runkokoko 400:n olevan liian suuri, joten päädyttiin rajaamaan välityssuhdealuetta, jolloin suurimmat runkokoot putoavat pois. Tämän seurauksena voitiin sivuttaistuet jättää pois, sillä seuraavan runkokoon moottori ei tule niin paljoa yli alustapalkin reunoista. Sivuttaistuen poisjättämisellä alennettiin kustannuksia. Myös moottorialustan rakenne muutettiin hitsatusta kokoonpanosta yhdeksi paksummaksi levyksi. Näin saatiin vähennettyä tarvittavia komponentteja ja ko-neistuksia. Moottorialustan rakenteen muuttamisen vaikutuksena kustannukset laskivat. Moottorialustaan ei kohdistu niin suuria momenteja, että se tarvitsisi välttämättä sivuttaistukia, kun sen aineenvahvuus on riittävän suuri.



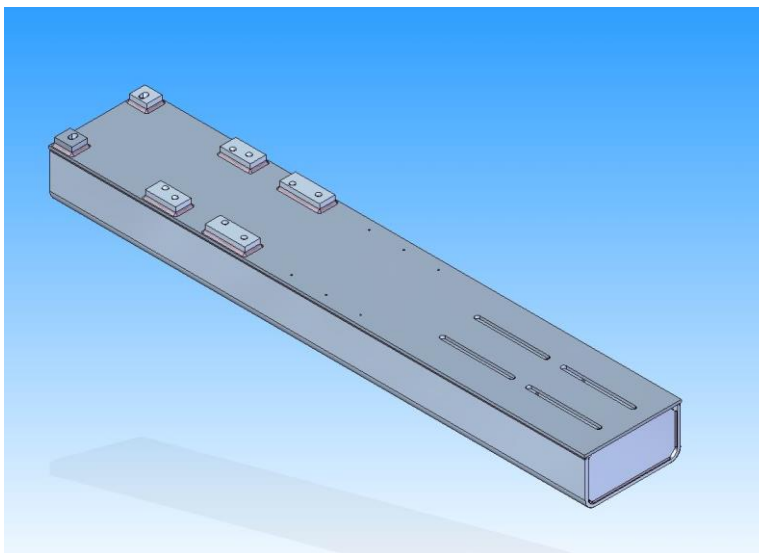
Kuva 37. Alustapalkki 1.

Kuva 37 havainnollistaa vaihdekokojen 225 ja 250 alustapalkin.



Kuva 38. Alustapalkki 2.

Kuva 38 havainnollistaa vaihekokojen 280 ja 315 alustapalkin.



Kuva 39. Alustapalkki 3.

Kuva 39 havainnollistaa vaihekokojen 355 ja 400 alustapalkin. Kuten kuvista 37, 38 ja 39 ilmenee palkkien leveys ja korkeus kasvaa vaihekokojen mukaisesti. Pienemmät vaihekoot vaativat korkeammat alustat, jotta vaihde saadaan linjattua sähkömoottorin kanssa. Palkkeihin lisätään sähkömoottorille sopiva alusta ja kokonaisuus on valmis.

## 6 LOPUKSI

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää alustapalkkeja ja moduloida alustapalkeille tuoteperhe. Tutkimus alkoi tutkimalla jo olemassa olevia alustapalkkeja ja alustapalkeilla olevia komponentteja. Kokoamalla tietoa mahdollisista kombinaatioista taulukoihin ja laskeamalla vaihteiden tehon ja kuljetinkäyttöjen käyttökertoimen avulla, saatiin selville tarvittava tieto soveltuvista moottoreista alustojen ja alustapalkin suunnittelua varten. Taustatutkimuksen jälkeen pystyttiin suunnitella konsepteja ja ideoida erilaisia ratkaisuja.

Opinnäytetyössä haastavaa oli löytää ratkaisu alustapalkin mitoitukseen, joka soveltuu mahdollisimman monelle vaihteelle, kytkimelle ja moottorille kustannusten pysyessä kannattavina. Alustapalkki kuulostaa yksinkertaiselta rakenteelta, mutta siihen vaikuttaa monta muuttujaa. Tiedonhaun kannalta NEMA standardin sähkömoottorien runkokokojen tiedon löytäminen oli haastavaa, aiheesta oli vaikea löytää selvää tietokantaa.

Tästä huolimatta tulokseksi saatiin suunnitteluohje G-2000 ja G-3000 sarjan vaihteiden alustapalkeille ja konseptimallit palkeista. Ohjeen ansiosta voidaan suunnitella alustapalkkeja G-sarjan vaihteille. Alustapalkin rakennetta ja valmistusta saatiin optimoitua työn aikana. Opinnäytetyön alkuperäiset tavoitteet saatiin toteutettua. Kehitystä voi jatkaa D- ja F-sarjan vaihteille.

Työn jälkeen tehdään valmistuskuvat ja prototyyppi suunnitteluohjeen mukaisesti. Prototyypin avulla voidaan testata palkin kestävyyttä ja toimivuutta. Tulosten perusteella voidaan jatkokehittää alustapalkin rakennetta.

## LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Moottorit ja generaattorit. Viitattu 17.9.2019 [http://www.kanerva.org/jemma/Moottorit\\_IEC.pdf](http://www.kanerva.org/jemma/Moottorit_IEC.pdf)

Airila, M.; Ekman, K.; Hautala, P.; Kivioja, S.; Kleimola, M.; Martikka, H.; Miettinen, J.; Niemi, E.; Ranta, A.; Rinkinen, J.; Salonen, P.; Verho, A.; Vilenius, M.; Välimaa, V. & Werner Söderström Osakeyhtiö. 1995. Koneenosien suunnittelu. Juva: WSOY.

Burden Sales Surplus Center. NEMA Frame/Shaft Sizes PDF. Viitattu 25.9.2019 <https://www.surpluscenter.com/images/techhelp/nema2.pdf>

Comsol Inc. 2019. The Finite Element Method (FEM). Viitattu 21.10.2019 <https://www.comsol.com/multiphysics/finite-element-method>

FluidPowerworld 2017. Fluid couplings ensure smooth conveying. Viitattu 24.9.2019 <https://www.fluidpowerworld.com/fluid-couplings-ensure-smooth-conveying/>

Hietikko, E. 2004. Palkki: Lujuuslaskennan perusteet. Keuruu: Otava.

Hyper Transmission Industries 2019. Brake Drum Couplings. Viitattu 25.9.2019 <https://www.hypertransmissionindustries.co.in/brake-drum-couplings.htm>

KTR Systems GmbH 2019. Rotex Standard. Viitattu 24.9.2019 <https://www.ktr.com/en/products/power-transmission-technology/couplings/elastic-jaw-and-pin-bush-couplings/rotex-flexible-jaw-couplings/rotex-standard/>

Kumera Corporation 2019. Kumera Corporation logo. Viitattu 18.11.2019 <http://www.kumera.com/fi/>

Kumera Corporation 2019. Kumera Drives Riihimäki. Viitattu 25.9.2019 <http://www.kumera.com/fi/finland-riihimaki.html>

Kumera Corporation 2019. Kumera käytöt materiaalinhallinnan teollisuusaloille. Viitattu 23.9.2019 [http://www.kumera.com/fi/images/gears/kumera\\_material\\_handling\\_mining\\_conveyor\\_drive\\_cumpact.jpg](http://www.kumera.com/fi/images/gears/kumera_material_handling_mining_conveyor_drive_cumpact.jpg)

Kumera Corporation 2019. Kumera Helical and Bevel Gearboxes PDF. Viitattu 28.10.2019 [http://www.kumera.com/fi/pdf/Kumera\\_Helical\\_and\\_Bevel\\_Gear\\_Units-new.pdf](http://www.kumera.com/fi/pdf/Kumera_Helical_and_Bevel_Gear_Units-new.pdf)

Kumera Corporation 2019. Kumera moniportaiset lieriö- ja kartiovaihteet. Viitattu 16.9.2019 <http://www.kumera.com/fi/kumera-multi-stage-helical-and-bevel-helical-gearboxes.html>

Kumera Corporation 2019. Kumera moniportaiset lieriö- ja kartiovaihteet. Viitattu 16.9.2019 [http://www.kumera.com/fi/images/gears/kumera\\_bevel\\_gearbox\\_cumpact\\_f-range\\_01.jpg](http://www.kumera.com/fi/images/gears/kumera_bevel_gearbox_cumpact_f-range_01.jpg)

Kumera Corporation 2019. Kumera moniportaiset lieriö- ja kartiovaihteet. Viitattu 16.9.2019 [http://www.kumera.com/fi/images/gears/kumera\\_cumpact\\_helical\\_gearbox\\_lga-3315\\_01.jpg](http://www.kumera.com/fi/images/gears/kumera_cumpact_helical_gearbox_lga-3315_01.jpg)

NEMA 2019. The Association of Electrical Equipment and Medical Imaging Manufacturers. Viitattu 22.10.2019 <https://www.nema.org/pages/default.aspx>

Rantavuori, A. 2013. Oikosulkumoottorinimikkeiden standardointi. Opinnäytetyö. Helsinki. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.9.2019

SFS Suomen Standardisoimisliitto 2019. Lyhenteet. Viitattu 24.10.2019 [https://www.sfs.fi/standardien\\_laadinta/mita\\_standardisointi\\_on/lyhenteet](https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on/lyhenteet)

Siemens Industry Software 2019. Product Data Management (PDM). Viitattu 4.11.2019 <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/product-data-management/13214>

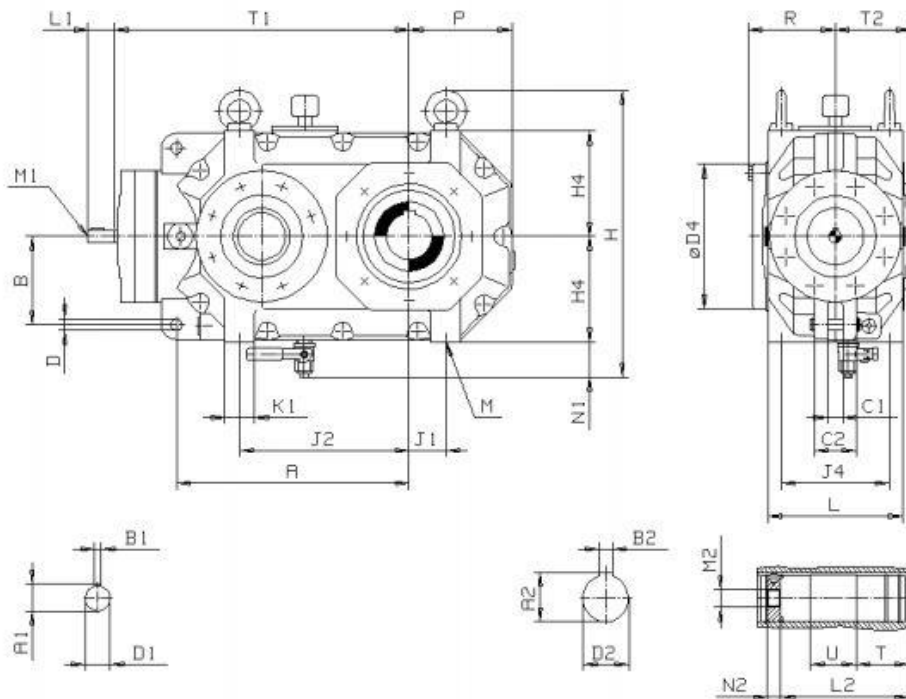
SKSGroup 2019. Ylikuormakytkimet Compomac. Viitattu 24.9.2019 <https://www.sks.fi/tuotteet/kytkimet-ja-vapaapyorat/ylikuormakytkimet-compomac>

Westcar S.r.l. 2019. Rotofluid K. Viitattu 24.9.2019 <http://www.westcar.it/en/Public/Products/Rotofluid>

## F-, G- ja D-sarjan vaihteiden mitat

### Compact RF-3000 series

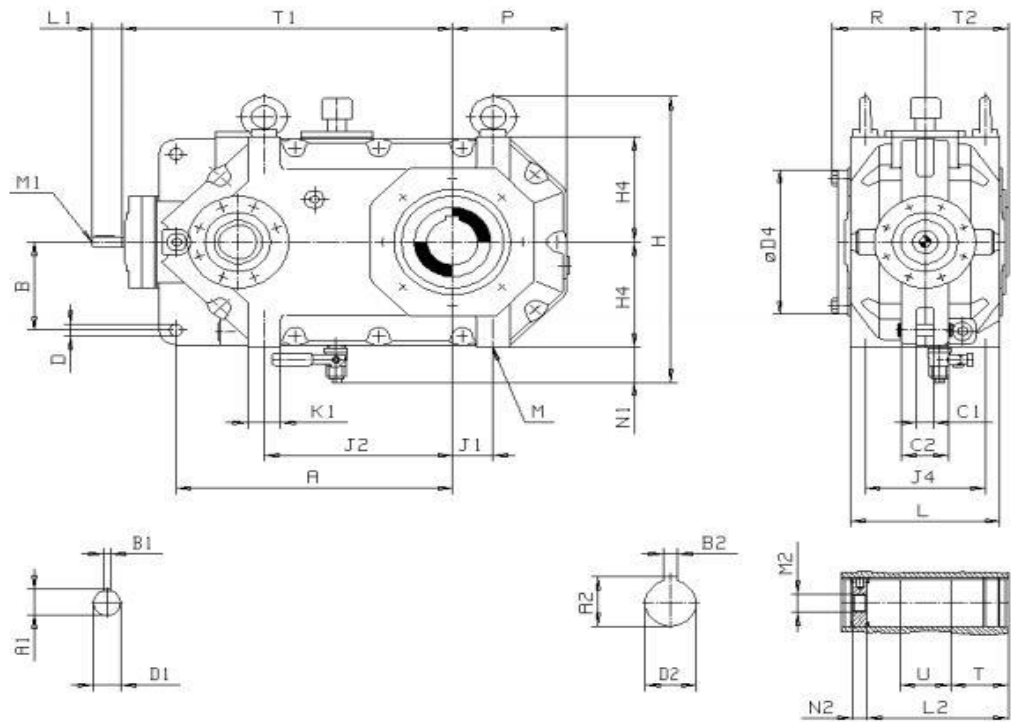
ratio  $i = 11,2:1 - 100:1$



Size	A	B	C1	C2	D	H	H4	J1	J2	J4	K1	L	M	N1	P	R	T1	Output shaft, normal version H1									
																		T2	D2	A2	B2	D4	L2	M2	N2	T	U
80	200	75	18	40	12	284	90	32	148	90	25	120	M10x20	48	88	83	250	70	40H7	43,3	12	125	120	M16	12	50	40
90	225	85	18	40	12	304	100	36	164	100	28	130	M10x20	48	90	88	280	77,5	45H7	48,8	14	140	130	M16	14	55	45
100	250	90	20	50	16	329	112	40	185	110	32	145	M12x24	48	110	97	320	85	50H7	53,8	14	157	145	M16	14	60	50
112	280	103	20	50	16	355	125	45	205	130	36	165	M12x24	48	123	107	360	95	55H7	59,3	16	175	160	M20	14	67	56
125	315	114	24	64	18	396	140	50	230	145	40	185	M16x32	54	137	118	400	105	60H7	64,4	18	198	180	M20	16	75	60
140	355	134	24	64	18	436	160	56	259	165	45	205	M16x32	54	157	133	450	115	70H7	74,9	20	220	195	M27	20	80	70
160	400	149	28	80	22	485	180	63	292	185	50	230	M20x40	54	177	147,5	500	127,5	80H7	85,4	22	248	220	M27	20	87,5	80
180	450	169	28	80	22	525	200	71	329	210	56	255	M20x40	54	197	160	560	140	90H7	95,4	25	275	240	M30	25	95	90
200	500	188	34	92	25	601	225	80	370	230	63	285	M24x48	61	220	178	630	155	100H7	106,4	28	310	265	M30	25	105	100

**Cumpact RF-4000 series**

**ratio i = 112:1 - 400:1**

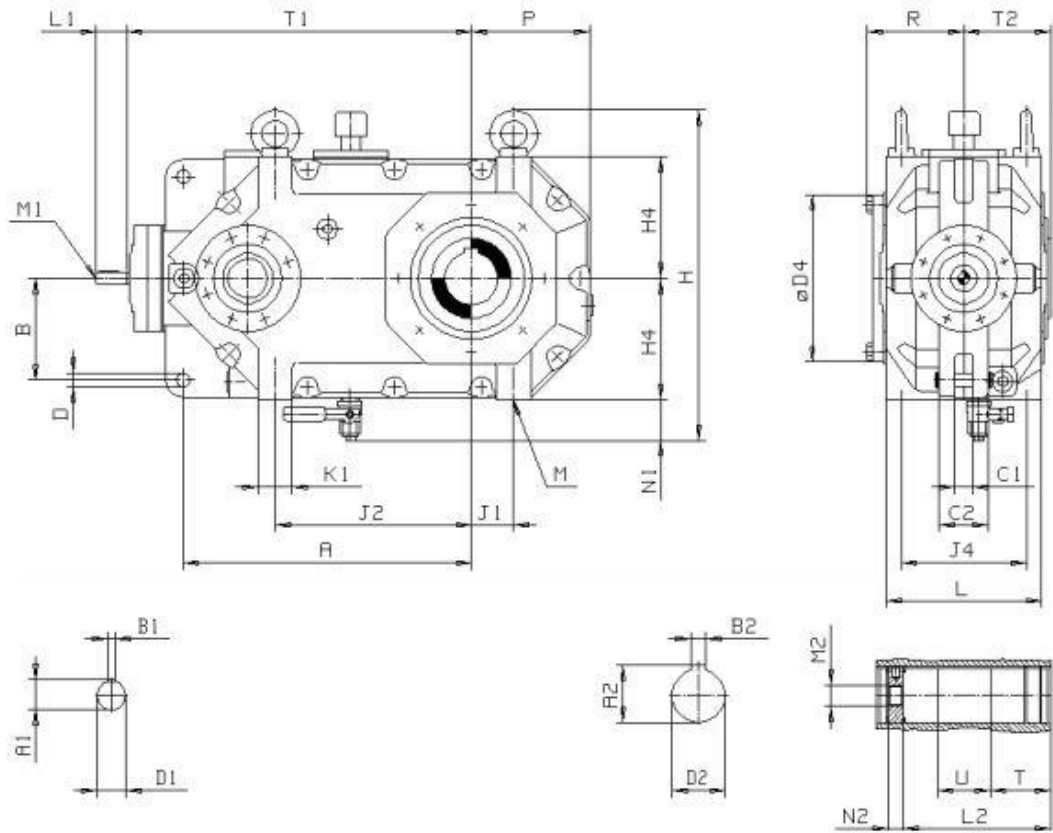


Size	A	B	C1	C2	D	H	H4	J1	J2	J4	K1	L	M	N1	P	R	T1	T2	Output shaft, normal version								
																			D2	A2	B2	D4	L2	M2	N2	T	U
125	335	114	24	64	18	396	140	50	230	145	40	185	M16x32	54	137	118	403	105	60H7	64,4	18	198	180	M20	16	75	60
140	380	134	24	64	18	436	160	56	259	165	45	205	M16x32	54	157	133	455	115	70H7	74,9	20	220	195	M27	20	80	70
160	430	149	28	80	22	485	180	63	292	185	50	230	M20x40	54	177	147,5	515	127,5	80H7	85,4	22	248	220	M27	20	87,5	80
180	485	169	28	80	22	525	200	71	329	210	56	255	M20x40	54	197	160	575	140	90H7	95,4	25	275	240	M30	25	95	90
200	540	188	34	92	25	601	225	80	370	230	63	285	M24x48	61	220	178	645	155	100H7	106,4	28	310	265	M30	25	105	100



**Cumpact RF-5000 series**

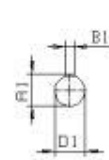
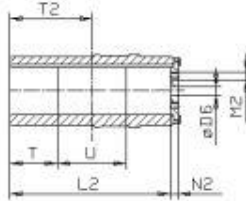
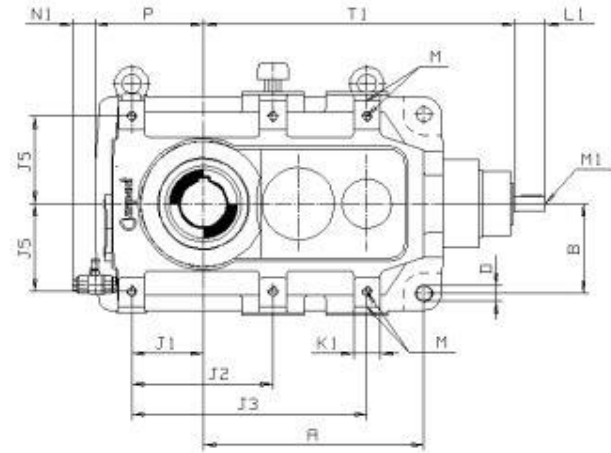
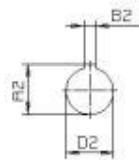
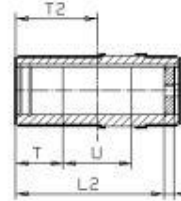
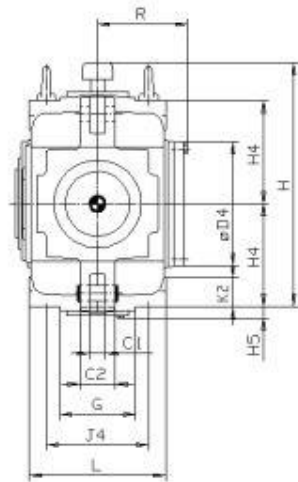
**ratio i = 450:1 - 1600:1**



Size	A	B	C1	C2	D	H	H4	J1	J2	J4	K1	L	M	N1	P	R	T1	T2	Output shaft, normal version H1								
																			D2	A2	B2	D4	L2	M2	N2	T	U
160	430	149	28	80	22	485	180	63	292	185	50	230	M20x40	54	177	147,5	495	127,5	80H7	85,4	22	248	220	M27	20	87,5	80
180	485	169	28	80	22	525	200	71	329	210	56	255	M20x40	54	197	160	555	140	90H7	95,4	25	275	240	M30	25	95	90
200	540	188	34	92	25	601	225	80	370	230	63	285	M24x48	61	220	178	625	155	100H7	106,4	28	310	265	M30	25	105	100

**Compact RG-2000 series**

**ratio i = 5,6:1 - 18:1**



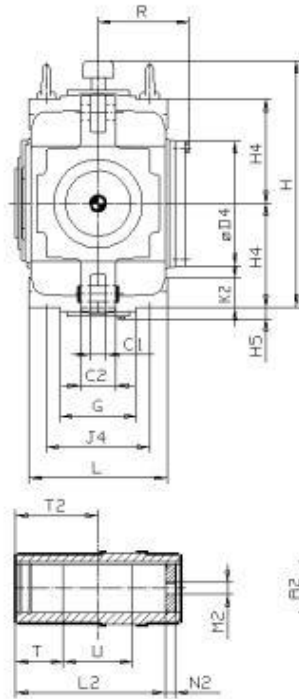
**Sizes: 225 - 280**

**Sizes: 315- 400**

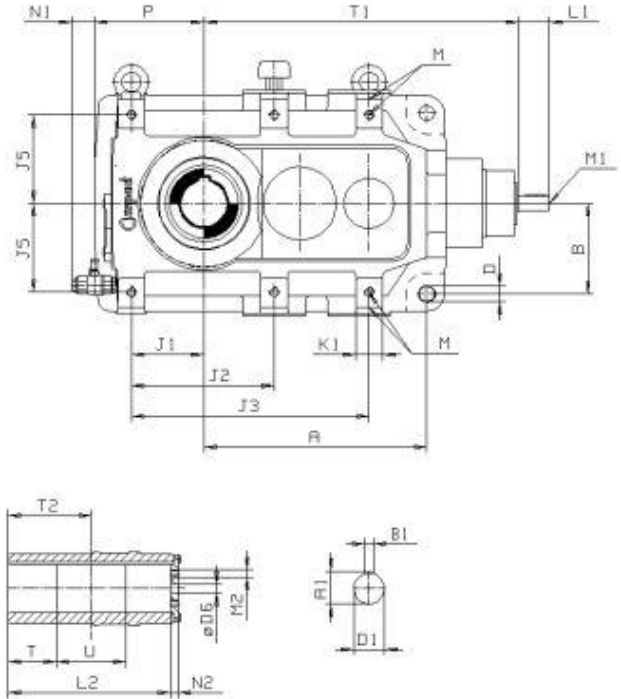
Size	A	B	D	C1	C2	G	H	H4	H5	J1	J2	J3	J4	J5	K1	K2	L	M	N1	P	R	T1	T2
<b>225</b>	515	205	40	42	92	180	581	240	30	173	335	558	240	205	60	72	320	M20x30	70	255	215	705	195
<b>250</b>	580	235	40	42	92	190	641	270	30	189	372	619	270	230	70	80	360	M24x36	70	285	235	780	215
<b>280</b>	655	265	40	42	102	240	706	305	26	220	420	700	310	260	70	80	400	M24x36	70	315	255	865	235
<b>315</b>	720	292	55	58	118	240	791	345	31	240	470	780	330	290	90	106	450	M30x45	50	365	315	960	260
<b>355</b>	810	337	55	58	128	290	889	390	31	265	525	870	390	340	90	107	510	M30x45	50	390	335	1070	285
<b>400</b>	910	387	55	58	148	340	976	435	36	320	600	1000	430	385	90	107	560	M30x45	50	445	360	1200	310

**Cumpact RG-3000 series**

**ratio i = 20:1 - 100:1**



**Sizes: 225 - 280**

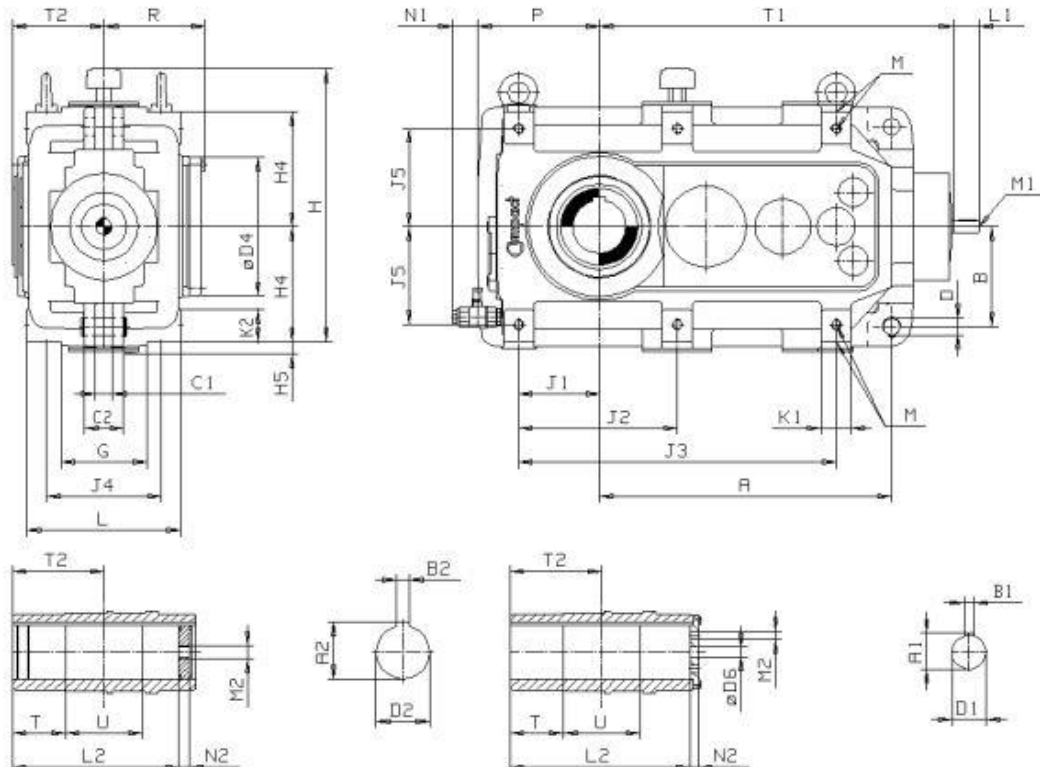


**Sizes: 315- 400**

Size	A	B	D	C1	C2	G	H	H4	H5	J1	J2	J3	J4	J5	K1	K2	L	M	N1	P	R	T1	T2
225	515	205	40	42	92	180	581	240	30	173	335	558	240	205	60	72	320	M20x30	70	255	215	740	195
250	580	235	40	42	92	190	641	270	30	189	372	619	270	230	70	80	360	M24x36	70	285	235	820	215
280	655	265	40	42	102	240	706	305	26	220	420	700	310	260	70	80	400	M24x36	70	315	255	915	235
315	720	292	55	58	118	240	791	345	31	240	470	780	330	290	90	106	450	M30x45	50	365	315	1020	260
355	810	337	55	58	128	290	889	390	31	265	525	870	390	340	90	107	510	M30x45	50	390	335	1135	285
400	910	387	55	58	148	340	976	435	36	320	600	1000	430	385	90	107	560	M30x45	50	445	360	1265	310

**Compact RG-4000 series**

**ratio i = 112:1 - 560:1**



**Sizes: 225 - 280**

**Sizes: 315 - 400**

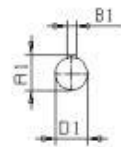
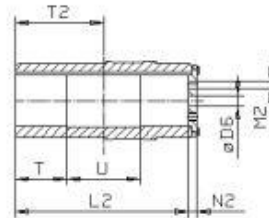
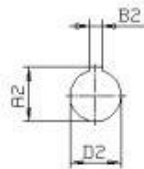
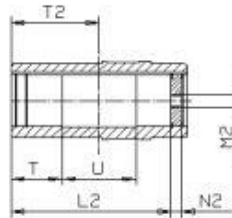
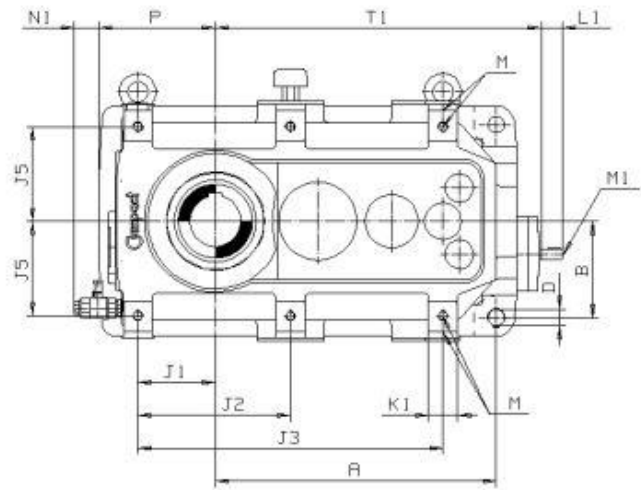
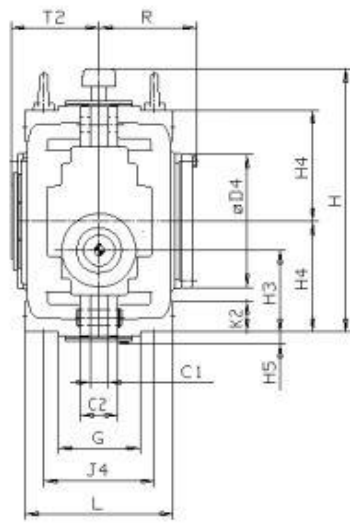
Size	A	B	D	C1	C2	G	H	H4	H5	J1	J2	J3	J4	J5	K1	K2	L	M	N1	P	R	T1	T2
225	612	205	40	42	92	180	581	240	30	173	335	670	240	205	60	72	320	M20x30	70	255	215	742	195
250	685	235	40	42	92	190	641	270	30	189	372	744	270	230	70	80	360	M24x36	70	285	235	830	215
280	770	265	40	42	102	240	706	305	26	220	420	840	310	260	70	85	400	M24x36	70	315	255	930	235
315	860	292	55	58	118	240	791	345	31	240	470	940	330	290	90	106	450	M30x45	50	365	315	1055	260
355	965	337	55	58	128	290	889	390	31	265	525	1050	390	340	90	107	510	M30x45	50	390	335	1175	285
400	1085	387	55	58	148	340	976	435	36	320	600	1200	430	385	90	107	560	M30x45	50	445	360	1315	310

Size	Input shaft														
	i = 112:1 - 180:1					i = 200:1 - 355:1					i = 400:1 - 560:1				
	D1	L1	A1	B1	M1	D1	L1	A1	B1	M1	D1	L1	A1	B1	M1
225	32k6	80	39	10	M12x28	28k6	60	31	8	M10x22	24k6	50	27	8	M8x19
250	38k6	80	41	10	M12x28	32k6	80	39	10	M12x28	28k6	60	31	8	M10x22
280	42k6	82	45	12	M16x36	38k6	80	41	10	M12x28	32k6	80	35	10	M12x28
315	42k6	82	45	12	M16x36	32k6	80	35	10	M12x28	32k6	80	35	10	M12x28
355	48k6	82	51,5	14	M16x36	38k6	80	41	10	M12x28	38k6	80	41	10	M12x28
400	55m6	82	59	16	M20x42	42k6	82	45	12	M16x36	42k6	82	45	12	M16x36



**Cumpact RG-5000 series**

**ratio i = 630:1 - 3550:1**



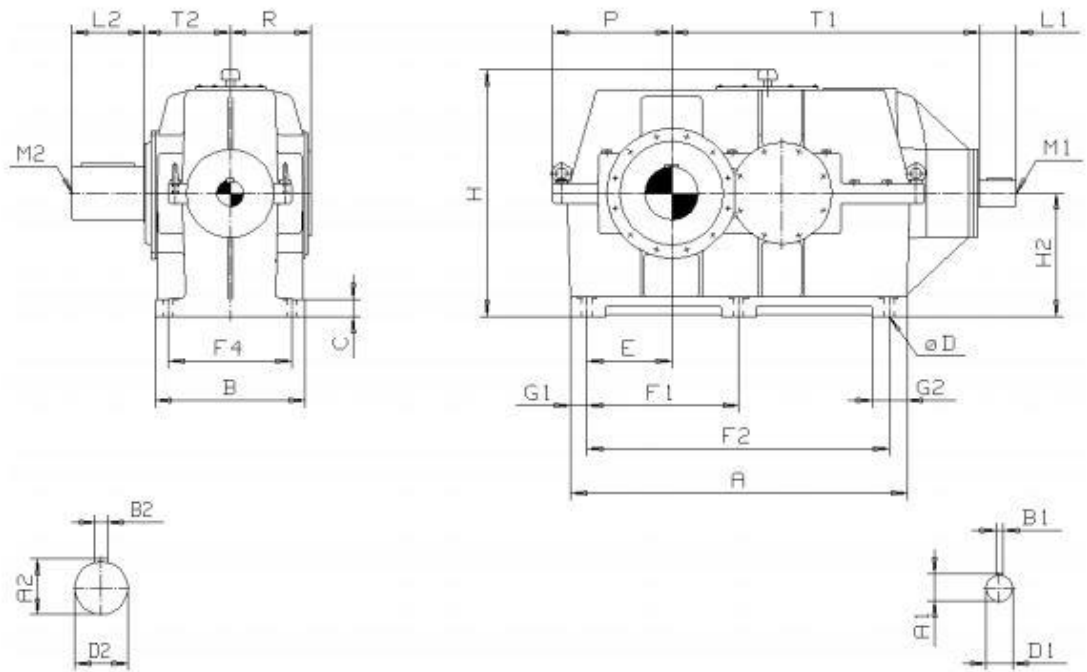
**Sizes: 225 - 280**

**Sizes: 315 - 400**

Size	A	B	D	C1	C2	G	H	H3	H4	H5	J1	J2	J3	J4	J5	K1	K2	L	M	N1	P	R	T1	T2
225	612	205	40	42	92	180	581	170,7	240	30	173	335	670	240	205	60	72	320	M20x30	70	255	215	717	195
250	685	235	40	42	92	190	641	189,4	270	30	189	372	744	270	230	70	80	360	M24x36	70	285	235	795	215
280	770	265	40	42	102	240	706	213,3	305	26	220	420	840	310	260	70	85	400	M24x36	70	315	255	885	235
315	860	292	55	58	118	240	791	244,8	345	31	240	470	940	330	290	90	106	450	M30x45	50	365	315	1000	260
355	965	337	55	58	128	290	889	275,4	390	31	265	525	1050	390	340	90	107	510	M30x45	50	390	335	1110	285
400	1085	387	55	58	148	340	976	304,2	435	36	320	600	1200	430	385	90	107	560	M30x45	50	445	360	1240	310

**Cumera KD-2000 series**

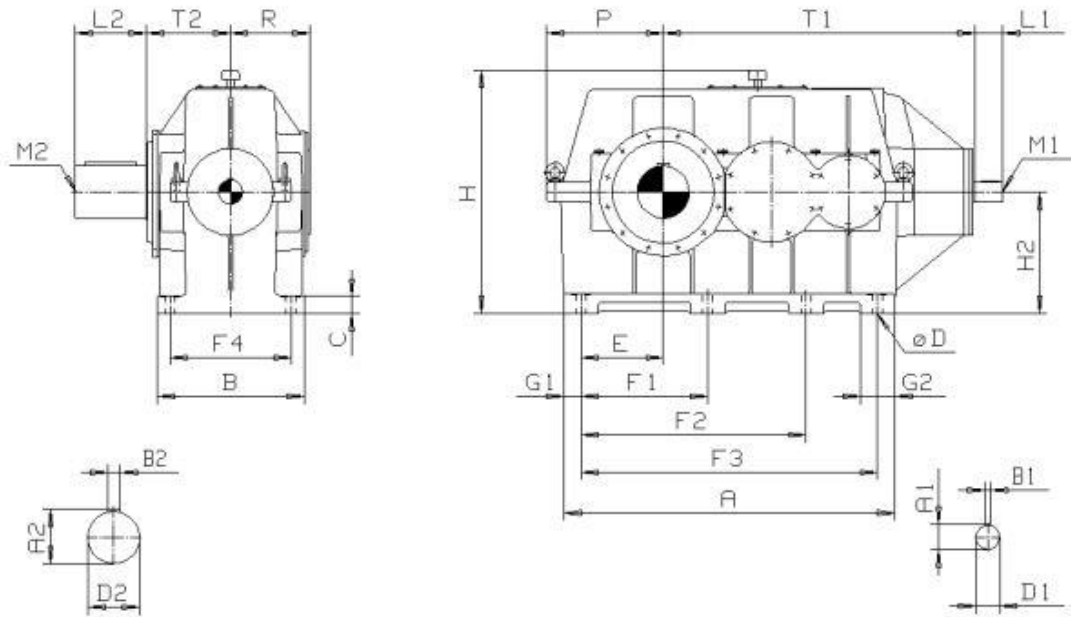
**ratio i = 5,6:1 - 20:1**



Size	A	B	C	D	E	F1	F2	F4	G1	G2	H	H2	P	R	T1	T2
450	1410	650	80	39	345	650	1300	560	55	110	980	500	500	345	1350	360
500	1610	730	80	45	380	725	1450	610	80	160	1080	560	540	400	1500	415

**Cumera KD-3000 series**

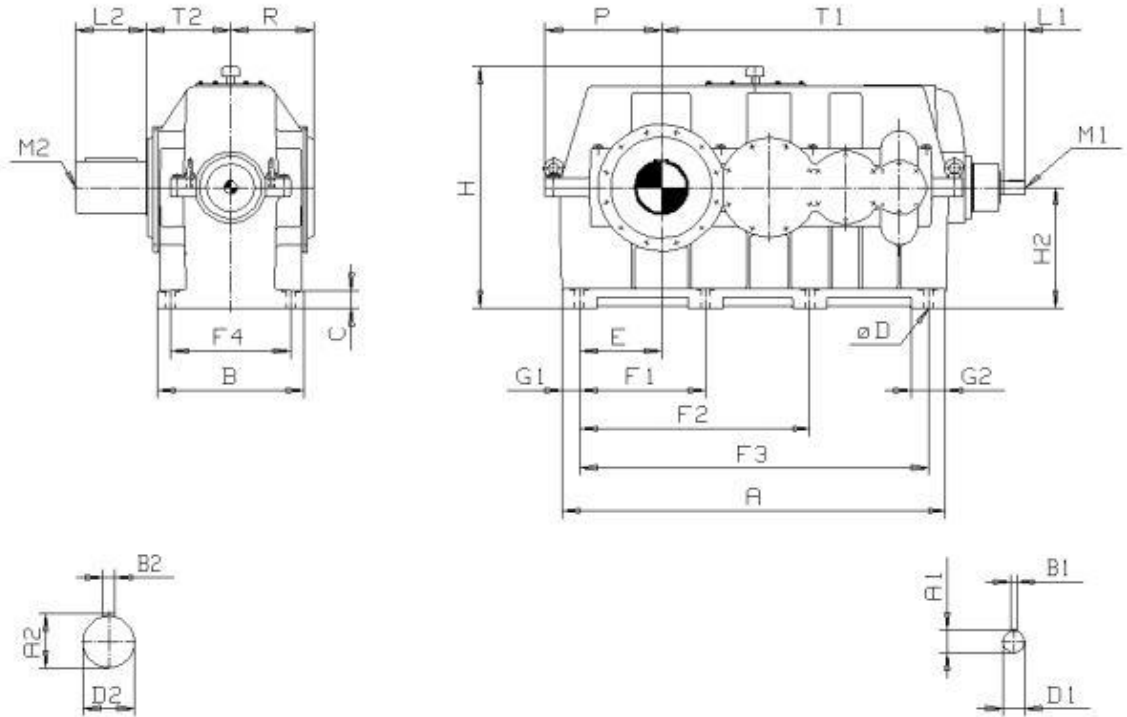
**ratio i = 22,4:1 - 100:1**



Size	A	B	C	D	E	F1	F2	F3	F4	G1	G2	H	H2	P	R	T1	T2
450	1410	650	80	39	345	650		1300	560	55	110	980	500	500	345	1410	360
500	1615	730	80	45	380	585	1040	1455	610	80	160	1080	560	540	400	1570	415
560	1820	800	90	45	430	660	1180	1640	680	90	180	1205	630	610	435	1760	455
630	2030	910	100	52	475	735	1320	1830	770	100	200	1360	710	675	495	1980	515
710	2275	1020	112	52	535	830	1485	2050	870	112,5	225	1515	800	760	545	2210	565

**Cumera KD-4000 series**

**ratio i = 112:1 - 560:1**



Size	A	B	C	D	E	F1	F2	F3	F4	G1	G2	H	H2	P	R	T1	T2
<b>450</b>	1530	650	80	39	345	540	970	1420	560	55	110	980	500	500	345	1470	360
<b>500</b>	1780	730	80	45	380	585	1070	1620	610	80	160	1080	560	540	400	1635	415
<b>560</b>	2000	800	90	45	430	660	1210	1820	680	90	180	1205	630	610	435	1825	455
<b>630</b>	2240	910	100	52	475	735	1350	2040	770	100	200	1360	710	675	495	2040	515
<b>710</b>	2485	1020	112	52	535	830	1515	2260	870	112.5	225	1515	800	760	545	2280	565



**RG-2225 – RG-3400 vaihteiden kombinaatiot**

Vaihde:	Sähkömoottorit:	Kytkimet:	Jarru:	Lisävarusteet:	Yhteensä:
RG-2225	355-250S L449T-404T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	15x2x3x2=180
RG-2250	400-280S L449T-444T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	14x2x3x2=168
RG-2280	400-280M 589-444T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	15x2x3x2=180
RG-2315	450-315M 589-445T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	13x2x3x2=156
RG-2355	450-355 589-447T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	11x2x3x2=132
RG-2400	450-355 589-L447T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	9x2x3x2=108
RG-3225	280M-160M 445T-254T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	24x2x3x2=288
RG-3250	315S-160L 505-284T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	25x2x3x2=300
RG-3280	355-180L 449T-324T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	22x2x3x2=264
RG-3315	355-200L 449T-364T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	18x2x3x2=216
RG-3355	400-225M 587-364T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	20x2x3x2=240
RG-3400	400-250M 589-404T	Joustava sakarakytkin Nestekytkin	Ei Rumpujarru Levyjarru	Ei Tuuletin	17x2x3x2=204