



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Pöörlev kuppelkatuse mudel

Revolving roof model

MASINAEHITUS- JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMISE
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Risto Väärtmaa

Üliõpilaskood: 183428EDJR

Juhendaja: Veroonika Shirokova,
vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“19” mai 2023.

Autor: Risto Väärtmaa
/ digiallkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele
“19” mai 2023.

Juhendaja: Veroonika Shirokova
/ digiallkiri /

Kaitsmisele
“19” mai 2023.

lubatud

Kaitsmiskomisjoni esimees Veroonika Shirokova
/ nimi ja digiallkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Risto Väärtmaa (sünnikuupäev: 08.01.1994)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Pöörleva kuppelkatuse mudel mille juhendaja on Veroonika Shirokova.

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Risto Väärtmaa, 183428EDJR

Õppekava, peeriala: Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, masinaehitustehnoloogia peeriala, EDJR16/17

Juhendaja(d): Veronika Shirokova, vanemlektor, veronika.shirokova@taltech.ee

Konsultant: Tatjana Baraškova, vanemlektor, tatjana.baraskova@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) *Pöörleva kuppelkatuse mudel*

(inglise keeles) Revolving roof model

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Konstrueerida ja arvutada pöörleva kuppelkatuse mudeli;
2. Paigaldada kuppelkatusele päikesepaneelid ning sellega kaasnevate konstruktsiooni tugevusanalüüsi tegemine;

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Sarnaste mudelite ja nende kasutusala patendiotsing	jaanuar 2023
2.	Pöörleva kuppelkatuse mudeli konstrueerimine ja joonestamine, jooniste vormistamine	veebruar 2023
3.	Ajami, laagrite ja muu masinaelementide valik ja arvutused	märts 2023
4.	Päikesepaneelide paigaldamine kuppelkatuse peale	aprill 2023
5.	Kuppelkatuse mudeli tugevusanalüüsi tegemine SolidWorks programmis	aprill 2023
6.	Töö vormistamine	mai 2023

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "05"juuni 2023a

Üliõpilane: Risto Väärtmaa

"05"juuni 2023a

/digiallkiri/

Juhendaja: Veroonika Shirokova	/digiallkiri/	“05”juuni 2023a
Konsultant: Tatjana Baraškova	/digiallkiri/	“05”juuni 2023a
Programmijuht: Veroonika Shirokova	/digiallkiri/	“05”juuni 2023a

SISUKORD

EESSÕNA	7
SISSEJUHATUS	8
1. SARNASED MEHCHANISMID	9
1.1 Ülakeha treening seade	9
1.1.1 Ehitus	9
1.2 Mänguväljaku pöörlev platvorm.....	10
1.2.1 Ehitus	10
1.3 Pöörlev platvorm autodele	11
1.3.1 Ehitus	11
2 PÖÖRLEVA KUPPELKATUSE MUDEL	12
2.1 Katuse mudeli konstruktsioon	12
2.2 Katuse tugevusanalüüs ja simulatsioon	14
3 PÖÖRLEVA KATUSE AJAMI ARVUTUS.....	16
KOKKUVÕTE	23
SUMMARY	24
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	25
LISAD	26
Lisa 1 Pöörleva kuppelkatuse koostejoonis.....	27
Lisa 2 Kuppelkatuse mudeli detailjoonis.....	28
Lisa 3 Laagri SKF 6080 M detailjoonis	29
Lisa 4 Mootori HPC-CHT56B4-B14 detailjoonis.....	30
Lisa 5 Hülsi tehnilised andmed	31
Lisa 6 Laagri tehnilised andmed.....	32
Lisa 7 Mootori tehnilised andmed.....	34

EESSÕNA

Antud diplomitöö teemat andis Tallinna Tehnikaülikooli Virumaa kolledži vanemlektor ning Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimise õppekava programmijuht Veronika Shirokova. Kuna praegu väga aktiivselt juurutatakse õppeprotsessi (nimelt, õppeainete õpetamisel) probleem- ja projektipõhine õpe, seega töö ülesandeks oli insenerialane ülesanne, mille tulemusena valmis pöörleva katuse prototüüp.

Valituks osutus kuppelkatus , kuna sellel on omad plussid tavalise katuse üle

Autor soovib avaldada suur tänu oma konsultandile vanemlektor Tatjana Baraškovale diplomitöö arvutusliku osa korrigeerimise ja läbivaatamise eest. Samuti suurt tänu oma juhendajale Veronika Shirokovale töö vormistamise ja parandamise eest.

Võtmesõnad: pöörlev kuppekatus, ajamiarvutus, päikesepaneelid, tugevusanalüüs diplomitöö.

SISSEJUHATUS

Masinaehitus-ja energiatehnoloogia protsesside juhtimise õppekaval pidevalt esimesel kursusel tegeletakse süvendatult tudengite motiveerimisega valitud erialal õppimiseks, selgitatakse eriala olemust, vajalikkust ning näidatakse ka perspektiivsemaid suundi. Kõike seda näidatakse ja seletatakse erinevate töötubades läbi praktiliste tegevuste, aktiivõppemeetodite juurutamisega õppeprotsessi, probleem- ja projektpõhiste projekti tegemist. Antud tegevused on väga kasulik õppekava tudengite jaoks, sest nad arendavad sotsiaalseid oskusi (meeskonnatööoskusi) ja rakendavad saadud teadmisi praktilistes tegevustes.

Valituks osutus kuppelkatuse, kuna sellel on eelised tavakatuse ees. Kuppelkatusel tagab ühtlase soojuse ja tugevama struktuuri. Lisaks on kuppelkatuse energia efektiivsem ja ruumikam. Kuigi lõplik otsus tuli ikkagi sellest, et kuppelkatuse sobib pöörlemiseks paremini.

Antud diplomitöö eesmärk oli probleem- ja projektpõhiste projekti õppe raames lahendada praktiline ülesanne, nimelt, insenerialane ülesanne, mille tulemusena valmis pöörleva katuse prototüüp ning mudel. Alguses oli koostatud projekt ning seejärel juba mudel. Oli lahendatud reaalse eluga võimalikult sarnaseid probleeme, kasutades selleks elektrienergia, mehaanika, elektroonika ja teiste erialaseid teadmisi. «Konkreetsete ülesannete praktiline lahendamine aitab tudengitel mõista paremini õppeaine eesmärki ning kasutada saadud kogemusi edaspidi ettevõtetes reaalsete ülesannete lahendamiseks. Seda mudelit on plaanis hiljem arendada, panna realselt tööle ning kasutada õppekava populariseerimisel, õppeainete loengutes, haridusmessidel jne.

Diplomitöö koosneb kolmest peatükist, eesti ja inglise keelsest kokkuvõttest ja lisadest. Esimeses peatükis on kirjeldatud muid sarnaseid pöörlevaid mehhanisme, mis maailmas eksisteerivad.

Teises osas on teemaks kuppelkatuse mudel, tugevusanalüüs ning simulatsioon. Kolmandas osas teostati vajalikud matemaatilised arvutused lähteandmetega, et valida mootor ja laager ja muid masinaelemente katuse pöörlemiseks.

Lisades on toodud mudeli tehnilised joonised: koostujoonis ja detailjoonised.

1. SARNASED MEHHAANISMID

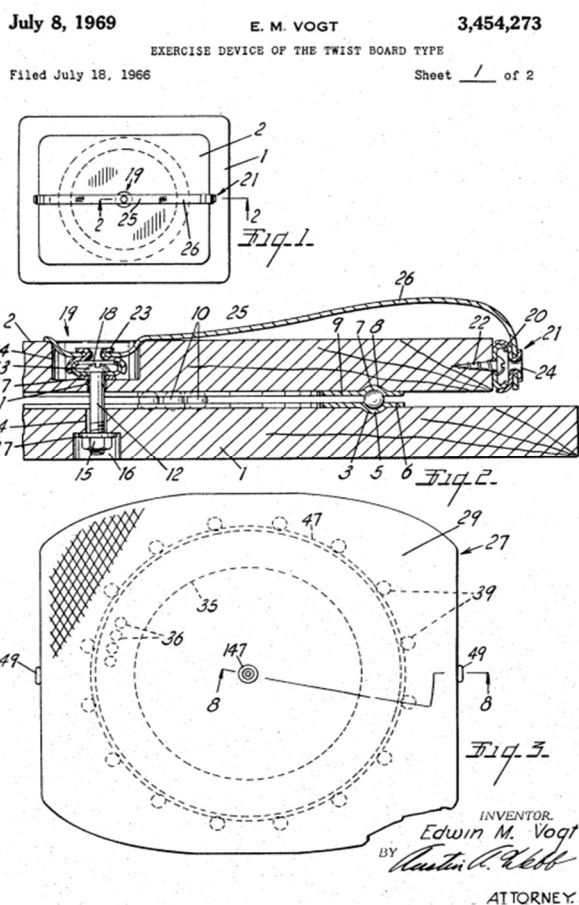
Kõigepealt, et minna edasi projektiga üliõpilastele, on vaja teha ka sarnaste mehhanismide uuring. Vaadelda nende ehitust ja tööpõhimõtet ning saada parem arusaam nende kasutusest ja rakendusest.

1.1 Ülakeha treening seade

Vanasti väga populaarne treening seada, mis on tänapäeva fitnessi maailmas taas esile kerkinud., mis kasutab puusade ja ülakeha keeramist, et treenida ülakeha lihasgruppe. [1]

1.1.1 Ehitus

Pöördlaua tüüpi treeningseade (vt joonis 1.1), millel on alumine tugidetail ja ülemine pööratav osa. Seade sisaldab täiustatud kuullaagri komplekti paigutatud ülemise ja alumise liikme vahel ning täiendatud vahendid erinevate komponentide kokkupanekuks ja säilitades sama teatud ettemääratud asendi üksteise suhtes, võimaldades samal ajal suhtelist pöörlemist nimetatud ülemise ja alumise elemendi vahel. [1]



Joonis 1.1 Pöördlaua treeningseade

1.2 Mänguväljaku pöörlev platvorm

Mänguväljakud ja linna pargid koosnevad erinevatest konstruktsioonidest, mis on mõeldud lastele. Nende hulka kuuluvad tavaliselt liumäed, kiiged ja ronimis konstruktsioonid. Üks selline mänguväljaku struktuur on pöörlev platvorm (vt joonis 1.2), kus on tavaliselt ka käetoed kinni hoidmiseks. Kuid vanemad lapsed kipuvad, noorematele julgelt hoogu tegema, olles ise platvormilt maas. [2]

1.2.1 Ehitus

Sellest tulenevalt on käesoleva leiutise ühe aspekti eesmärgiks pakkuda välja pöörlev platvorm, mille puhul platvormi pöörlemist takistab vähemalt üks summutussilinder, takistades seega vanematel lastel maapinnal seismast ja platvormi suurel kiirusel pöörlemast. [2]

U.S. Patent Oct. 30, 1990 Sheet 2 of 2 4,966,361

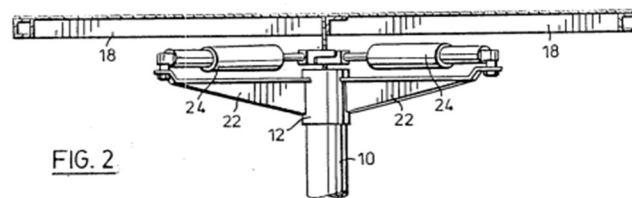


FIG. 2

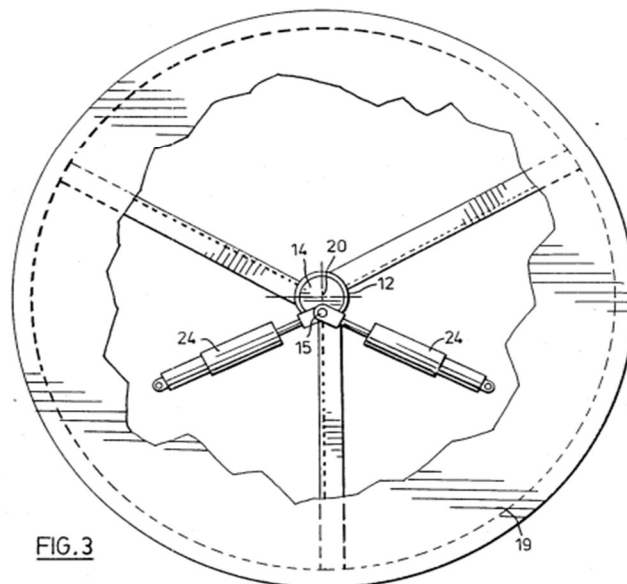


FIG. 3

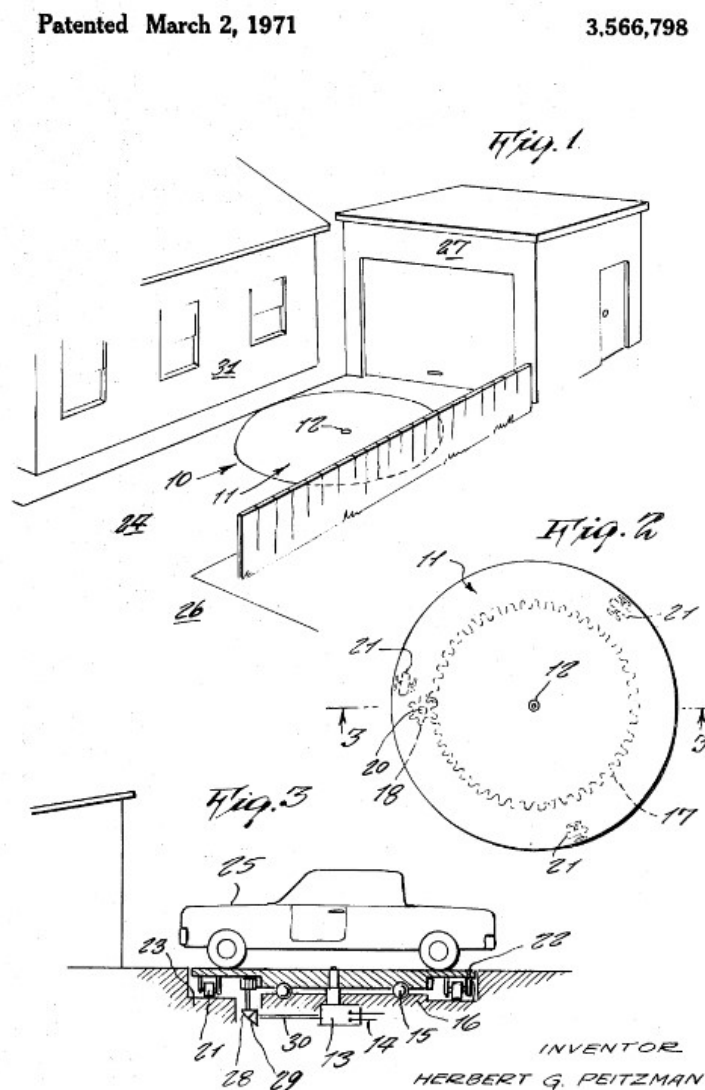
Joonis 1.2 Mänguväljaku pöörlev platvorm

1.3 Pöörlev platvorm autodele

5 meetrine platvorm, mis keerleb ringi ja talub rasket koormust, ligikaudu 5 tonni. Mõeldud kitsastes kohtades sõiduki pööramiseks vajalikku suunda, et edasi liikuda, kuna kitsad olud seda ei võimalda. [3]

1.3.1 Ehitus

Platvorm toetub kuullaagritele keskel ja rullikutel platvormi ääres (vt joonis 1.3). Mootor asub platvormi all. Ajam paneb omakorda hammasratta ülekandega platvormi liikuma. Ajam on elektriline ja seda on võimalik väljast kontrollida, see tähendab, et auto tuleb seisata ja masinast väljuda, et platvorm keerata enda soovitud suunda. [3]

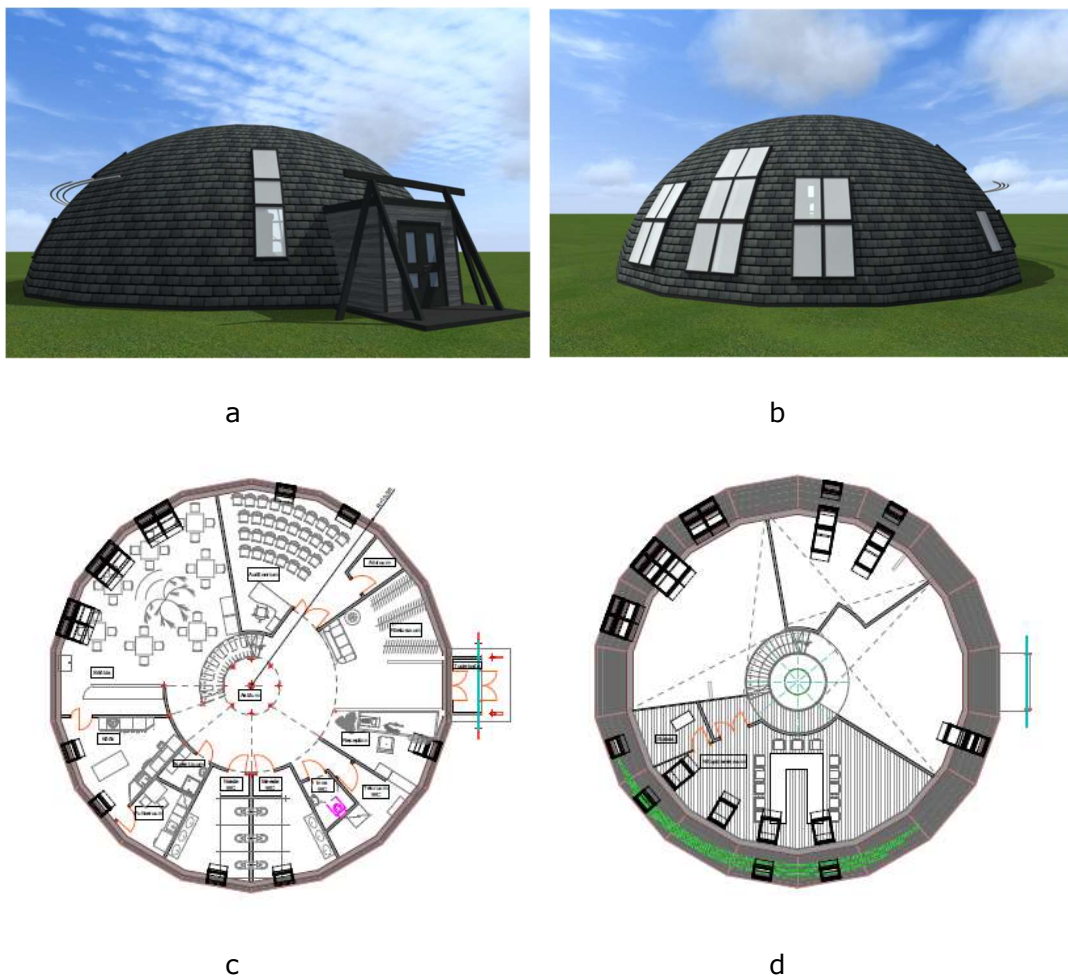


Joonis 1.3 Pöörlev platvorm autodele

2 PÖÖRLEVA KUPPELKATUSE MUDEL

2.1 Katuse mudeli konstruktsioon

Tänapäeval on üsna populaarsemaks muutunud kuppelmajade konstrueerimine ja ehitamine, tänu nende säästlikkuse ja funktsionaalsusele. Eksisteerivad erinevate suuruste ja konfiguratsioonide kuppelmajad. Selliste majade karkassi on väga lihtne paigaldada iga ilmaga, nad on kauakestvad ja vastupidavad ning nende aluseks on energiaefektiivne tehnoloogia. Sellised majad sobivad nii elumajaks kui ka ärimajaks, kohviku või kämpinguks (vt joonis 2.1).



Joonis 2.1 Kuppelmajade projektid, ehk administratiivhoone: a-b) 3D mudel; c) esimese korruse plaan 1:100; d) teise korruse plaan 1:100

Lõputöö eesmärgiks oli vaja konstrueerida kuppelkatuse karkassi mudeli. Selleks, et teha antud maja efektiivsemaks, oli plaanis paigaldada katuse peale päikesepaneelid. Mudel peaks olema pöörlemisvõimalusega, et päikesepaneelid oleksid maksimaalselt suunatud päikese poole. Katuse karkass oli valmistatud vineerist (vt joonis 2.2a). See oli juba valmisolev katuse mudel, mida edasi arendati. Mudeli massi mõõtmiseks oli

ehitatud tugev konstruktsioon, mis sisaldas tala ja selle peale paigaldatud dünamomeetrist (vt joonis 2.2b).



a



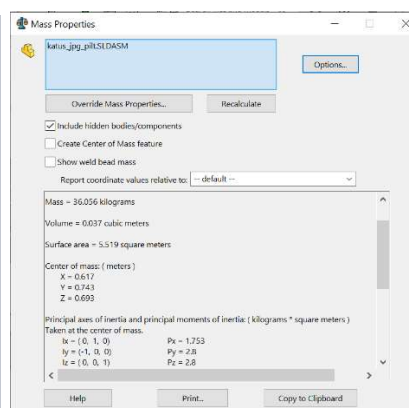
b

Joonis 2.2 Katuse mudel: a) 3D mudel; b) konstruktsioon kaalu mõõtmiseks

Olemasolevast katuse mudelist oli võetud kõik mõõdud ning joonestustarkva SolidWokrsi abil oli saadud katuse 3D mudel (vt joonis 2.3 ja Lisa 2.2).



a



b

Joonis 2.3 Katuse mudel SolidWorks programmi abil: a) 3D mudel; b) füüsikalised parameetrid (mass, tihedus, ruumala)

SolidWorksi raamatukogus vineer materjali puudumise tõttu, sai lisatud vajalik materjal tabelis 2.1 esitatud mehaaniliste ja füüsikaliste omadustega.

Tabeli 2.1 Vineeri füüsikalised ja mehaanilised omadused

Tehnilised andmed	Väärtused
Elastsusmoodul	12.4 GPa
Poissoni tegur	0.3
Nihke moodul	620 MPa
Tihedus	300 kg/m ³
Tõmbetugevus	31 MPa
Survetugevus	41 MPa
Voolavuspiir	13.8 MPa
Soojusjuhtivustegur	0.14 W/(m·K)
Erisoojus	1386 J/(kg·K)

2.2 Katuse tugevusanalüüs ja simulatsioon

Kuna katuse peale on mõeldud päikesepaneelide paigaldamine, siis oli teostatud mudeli FEM (finite elements method), ehk lõplike elementide meetodil tugevusanalüüs programmis SolidWorks. Aluseks oli võetud painduvad päikesepaneelid (vt joonis 2.4). Paneeli tehnilised andmed on toodud tabelis 2.2.

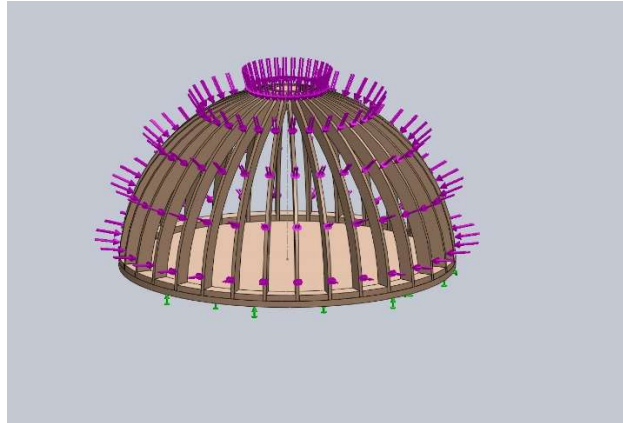


Joonis 2.4 Painduv päikesepaneel

Tabel 2.2 Päikesepaneeli ja katuse mõõdud

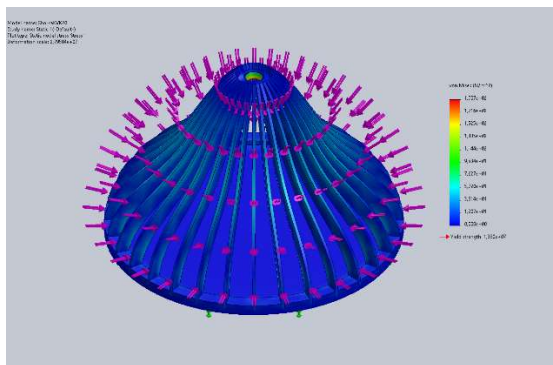
Tehnilise andmed	Tähis	Väärtused	SI mõõteühikud
Pöördkatuse aluse läbimõõt	D	1097	mm
Pöördkatuse mass	M	25	kg
Päikesepaneeli mass	m	0,2317	kg
Päikesepaneeli pindala	S	280×305	mm ²
Päikesepaneelide kogu mass	m	20×0,2317=4,63	kg
Katuse segmendi pindala	S	1,72	m ²
Redukti ülekandetegur	iv	4,4	
Laagrite läbimõõt	d	400	mm
Veerehõõrdetegur	my	0,01	

FEM analüüs oli teostatud Simulation rakendusega. Katus oli kinnitud põhjas (vt joonis 2.5a). Kinnitused on näidatud roheliste noolekestega. Karkassi kaarele oli rakendatud 0.016N jõud (pildil on näidatud violett värviga noolekestega). Konstruktsioonile oli rakendatud standartvõrgustik. Rakendatava jõu väärtus on 0.016N.

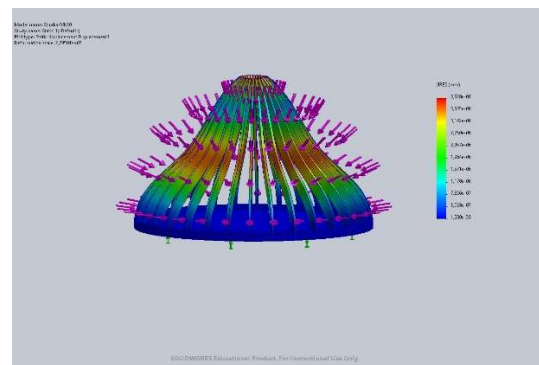


Joonis 2.5 Simulatsiooni lähteandmed: koormused ja kinnitused

Tabeli 2.2 järgi katuse külgpinna pindala on 1.72 m². Katus koosneb 32 kaartest. Seega ühel ruutmeetril paikneb 18,6 kaart. Katuse külgpinnale mahub 20 päikesepaneeli kogu massiga 4.63 kg. Seega nende koormus katusele on 2.69 kg/m². Siit järeldub, et ühel kaarel koormus on $\frac{2.69}{18.6} = 0.1446 \text{ kg/m}^2$. Seega, korrutades viimast numbrit kaare laiussega ehk, 11 mm-ga (vt Lisa 2.2, saame koormust ühel kaarel, ehk 0.0016 kg/m või 0.016 N/m.



a



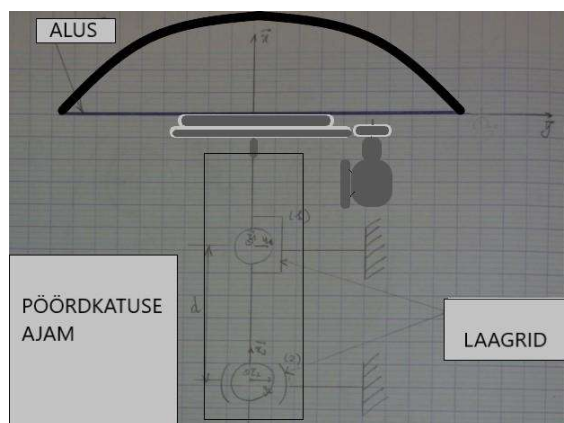
b

Joonis 2.6 Tugevusanalüüsi tulemused: a) Stress analüüs; b) Nihe analüüs

Joonis 2.6 on näha tugevusanalüüsi tulemusi, et katus talub 0.016 N rakendatavat jõudu ja palju veel. Seega kuppelkatus oma olemuse poolest on palju efektiivsem, kui standardsed katused.

3 PÖÖRLEVA KATUSE AJAMI ARVUTUS

Pöördkatusele on asetatud päikesepaneelid nagu katusekate, mida vajadusel pööratakse iga 2 sekundi järel 90° võrra. Täispööramine kestab 8 sekundit ja maksimaalne kiirendus ei tohi see juures ületada 1 m/s². Pöördkatusel asetseva päikesepaneelide välisservas mõõdetud lubatav positsioneerimise viga on ±2 mm. [4] Enne ajami arvutuste tegemist oli joonestatud skemaatiliselt ajami struktuuri skeem (vt joonis 3.1).



Joonis 3.1 Pöördkatuse ajami struktuuri skeem

Struktuuri skeemi järgi tuli valida õige mootori, laagri, muhvid, hammasratad ja muud kinnituselemendid (nurgad, poldid, mutrid jne). Mootori arvutamiseks on võetud aluseks tabelis 2.2 toodud tehnilised parameetrid.

Ajami inertsimomendi arvutus:

Kuna detailid paiknevad sümmeetriliselt ümber pöörldaua, siis võib summaarse inertsimomendi leida lihtsustatult (vt valem 3.1). [4]

$$J_w = \frac{2}{5} \cdot (M + m) \cdot \frac{D^2}{4}, \quad (3.1)$$

kus

J_w – töödeldava detaili inertsimoment, kg×m²;

M – katuse mass, kg;

m – päikesepaneeli kogumass, kg;

D – katuse aluse läbimõõt, m;

$$J_w = \frac{2}{5} \cdot (25 + 9,13) \cdot \frac{1,097^2}{4} = 4,1072 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Kiiruse ja käivitusaja arvutamine:

$$a=30 \text{ m/s}^2$$

$$t=4.5 \text{ s}$$

Pindala arvutus on teostatud valemi 3.2[4] järgi:

$$S = \frac{(2 \cdot \pi \cdot \frac{D}{2})}{4}, \quad (3.2)$$

kus

S – katuse segmenti pindala, m^2 ;

D – katuse aluse läbimõõt, m ;

$$S = \frac{(2 \cdot \pi \cdot \frac{1.097\text{m}}{2})}{4} = 0.8616 \text{ m}$$

Kiiruse arvutus on tehtud valemi 3.3[4] järgi:

$$v = \frac{a \times t - \sqrt{(a \times t)^2 - 4 \times a \times s}}{2}, \quad (3.3)$$

kus

v – kiirus, m/s ;

t – aeg, s ;

s – pöördlaua pindala, m^2 ;

a – kiirendus, m/s^2 ;

$$v = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 4.5\text{s} - \sqrt{(30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 4.5\text{s})^2 - 4 \times 30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,8616 \text{ m}}}{2} = 0.1917 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pöörlemis kiiruse arvutus on tehtud valemi 3.4[4] järgi:

$$n = \frac{v \times 60}{2 \times \pi \times \frac{D}{2}}, \quad (3.4)$$

kus

n – pöörlemis kiirus, min^{-1} ;

v – kiirus, m/s ;

D – pöördlaua läbimõõt, m ;

$$n = \frac{0.1918 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 60}{2 \times \pi \times \frac{1.097 \text{ m}}{2}} = 3.3381 \text{ min}^{-1}$$

Käivitus aja arvutus on tehtud valemi 3.5[4] järgi:

$$t_a = \frac{v}{a}, \quad (3.5)$$

kus

t_a – käivitus aeg, s;

v – kiirus, m/s;

a = kiirendus, m/s²;

$$t_a = \frac{0.1917 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,0064 \text{ s}$$

Võimsuse arvutamine:

Pöördlaua inertsimoment on tavaliselt palju suurem kui mootori inertsimoment ja seepärast võib käesoleval juhul arvutada käivitusvõimsuse piisava täpsusega ka ainult välise inertsimomendi põhjal. [4]

$$P_{tot} = P_{dyn} + P_{stat}, \quad (3.6)$$

kus

P_{tot} – koguvõimsus, kW;

P_{dyn} – dünaamiline võimsus, kW;

P_{stat} – staatiline võimsus, kW;

Dünaamilise võimsuse arvutus on tehtud valemi 3.7[4] järgi:

$$P_{dyn} = \frac{J_w \times n^2}{91200 \times t_a \times \eta_y}, \quad (3.7)$$

kus

P_{dyn} – dünaamiline võimsus, kW;

J_w – inertsimoment, kgm²;

n – pöörlemis kiirus, min⁻¹;

t_a – käivitus aeg, s;

η_y - kasutegur, 0.9;

$$P_{dyn} = \frac{4.1072 \text{ kgm}^2 \times (3.3381 \text{ min}^{-1})^2}{91200 \times 0,0064 \text{ s} \times 0.9} = 0.0872 \text{ kW}$$

Staatilise võimsuse arvutus on tehtud valemi 3.8[4] järgi:

$$P_{stat} = \frac{(M+m) \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times my \times d \times n}{2 \times 1000 \times 9550 \times ny}, \quad (3.8)$$

kus

M – pöördlaua mass, kg;

m – päikesepaneelide mass, kg;

my – veerehõõrdetegur, 0.01;

g – raskuskiirendus, m/s^2 ;

ny – kasutegur, 0.9;

d – laagriläbimõõt, mm;

n – pöörlemis kiirus, min^{-1}

Arvutuste järgi oli valitud laager SKF 6080 (vt joonis 3.1 ja Lisa 2.3). Laagri tehnilised andmed on toodud tabelis 3.1:

Tabel 3.1 Laagri SKF 6080M andmed [6]

Tehnilised andmed	Väärtused	SI mõõteühikud
Dünaamiline koormus	520	kN
Staatiline koormus	865	kN
Taustkiirus	2000	rpm
Kiiruse piirang	1700	rpm
Sise diameeter	400	mm
Välis diameeter	600	mm
Paksus	90	mm
Laagri mass	87.5	kg



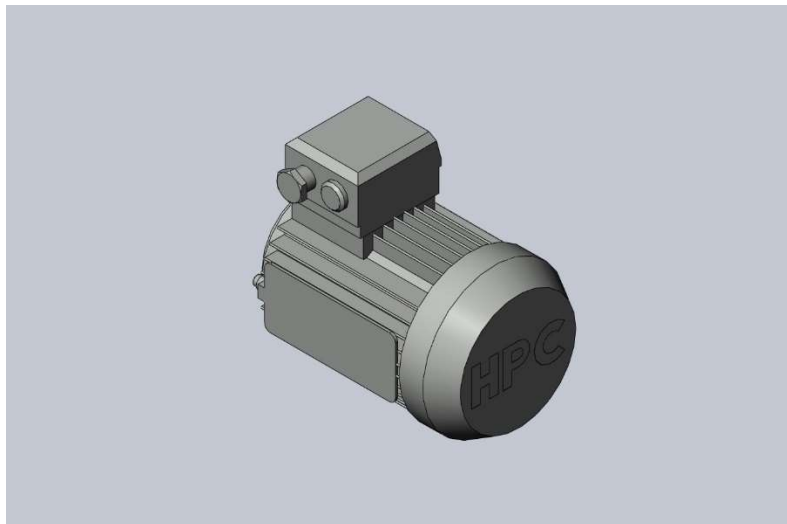
Joonis 3.1 Laager SKF 6080M [6]

$$P_{stat} = \frac{(25\text{kg} + 9.13\text{kg}) \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.01 \times 400 \times 3.3381 \text{ min}^{-1}}{2 \times 1000 \times 9550 \times 0.9} = 2.5980\text{e} - 04 \text{ kW}$$

Totaalse võimsuse arvutus on tehtud valemi 3.6 järgi:

$$P_{tot} = 0.0872\text{kW} + 2.5980\text{e} - 04 \text{ kW} = 0.0875 \text{ kW}$$

Lähtudes antud tulemustest oli valitud AC asünkroonmootormootor (vt joonis 3.2 ja Lisa 2.4). Mootori tehnilised andmed on toodud tabelis 3.2.



Joonis 3.2 AC asünkroonmootor

Tabel 3.2 Mootori HPC-CHT56B4 B14 andmed [5]

Tehnilised andmed	Väärtus	Si mõõtühik
Võimsus	0.09	kW
Pinge	230/400	V
Vool	0.43	A
Pöördemoment	0.65	Nm
Efektiivsus	50%	
Mass	3.2	kg

Selleks, et võll ja laager omavahel kinnitada, oli valitud adapterihülss N-lukumutri ja PL-lukustusplaadiga (vt joonis 3.3 ja Lisa 2.5).



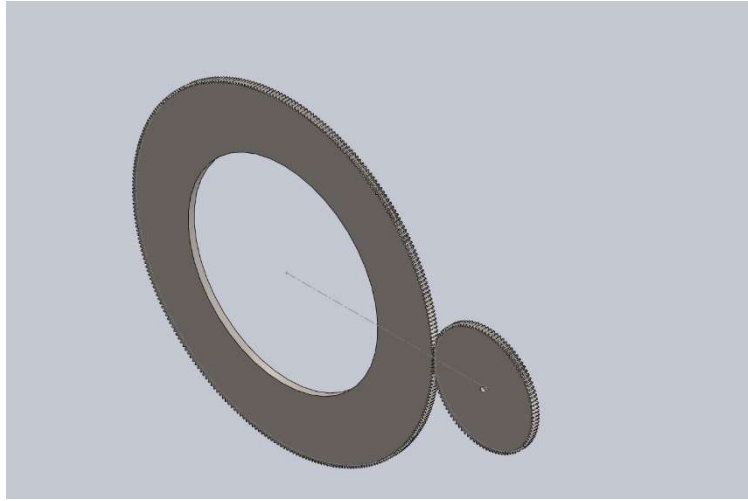
Joonis 3.3 Adapterihülss N-lukumutri ja PL-lukustusplaadiga

Hülssi tehnilised andmed on toodud tabelis 3.3.

Tabel 3.3 Hülsi tehnilised andmed (vt Lisa 2.5).

Tehnilised andmed	Väärtus	Si mõõtühik
Siseläbimõõt	381	mm
Sakkide vaheline läbimõõt	400	mm
Lukustus boltide vaheline läbimõõt	470.027	mm
Laius	213.385	mm
Lukustus boltide laius	52.654	mm
Lukustus boltide laius koos peaga	63.5	mm

Ülekandeks oli valitud hammasülekanne, mis koosneb kaheks hammasratast. Ratta läbimõõdud oli valitud vastavalt võlli ja mootori võlli läbimõõtudele (vt joonis 3.4).



Joonis 3.4 Hammasülekanne

KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli anda üliõpilastele mõtteid ja näidata milliseid lahendusi ja huvitavaid mehhanisme on võimalik luua. Valituks sai pöörlevakuppel katuse mudel, mis omab põhiliselt mehaanilist lähenemist, kuid ka natuke energietika valdkonda.

Esimeseks etappiks oli sarnaste mehhanismide uuring, mille tulemusena sai mõtteid ja inspiratsiooni mudeli koostamiseks, millest põhilisim oli pöördlaua mehhanismi valik.

Teine etapp oli mudeli koostamine ja joonestamine, mille tulemusena valmis 1meetrise läbimõõduga ja 25 kilogrammise massiga pöörlevakuppel katuse mudel Solidwork'is.

Kolmandas etapis sai tehtud vajalikud arvutused, et valida sobiv ajam, laagrid ja muud elemendid. Ajamiks osutus HPC-CHT56B4 B14 ja laagriks SKF 6080.

Neljandas etapis osutus valituks katuse materjaliks vineer kuna see on tugev ja kerge, sobilik väikse konstruktsiooni ehituseks. Vineeri valisin kataloogist kuna ei leidnud tootjate poolt sobilike andmetega materjali. Fem analüüs teostati Simulation tarkvaraga. Tulemuseks oli katus, mis talus kogu koormust edukalt. Katus talub 0.016 N rakendatavat jõudu ja palju veel. Seega kuppelkatus oma olemuse poolest on palju efektiivsem, kui standardsed katused.

Viimases etapis paigaldatakse katusele 20 painduvat päikesepaneeli, mille kogumass oleks 4,63 kg.

Keerulisemaks probleemiks osutus õige ja sobiliku mehhanismi valik. Tuleb valida kõige sobivam, lihtsam ja efektiivsem lahendus.

Kõik püstitatud eesmärgid said täidetud, kuid kui arendusega edasi minna, siis on tööd veel küllaga. Näiteks tuleks vähendada päikesepaneelide arvu ja kasutada pööramis mehhanismi, et saavutada parem efektiivsus - energia ja raha suhtes. Samuti tuleks seda rakendada majale või majana kuna siin leiaks antud töö laialdast kasutust.

SUMMARY

The following thesis *Revolving roof model* by Risto Väärtmaa is used to inspire or spark an interest in students, no matter the age or gender, to have more successful engineers in the field, but first in school.

In the beginning of thesis, author had to decide what kind of mechanism is proper and fitting for revolving roof. For it to be effective, simple and easy – revolving table mechanism was used.

Next author created model of revolving roof using Solidwork, which has the one of the best catalogues on the market. Creating drawings for the roof and other elements of the project. Roof ended up being 1 meter in diameter and has the mass of 25 kilograms.

Having done that next step was to do appropriate calculations to determine fitting motor and other parts of the project. HPC-CHT56B4 B14 motor and bearing SKF 6080 were chosen.

Last step was to do FEM (finite element method) analysis of structural integrity given the mass of solar panels and roof itself. Material for the roof is plywood, given its light weight, easy workability, and strength, it's a great choice. From the results of FEM analysis, we can tell that the roof is easily able to handle the weight and even more, since its equally distributed.

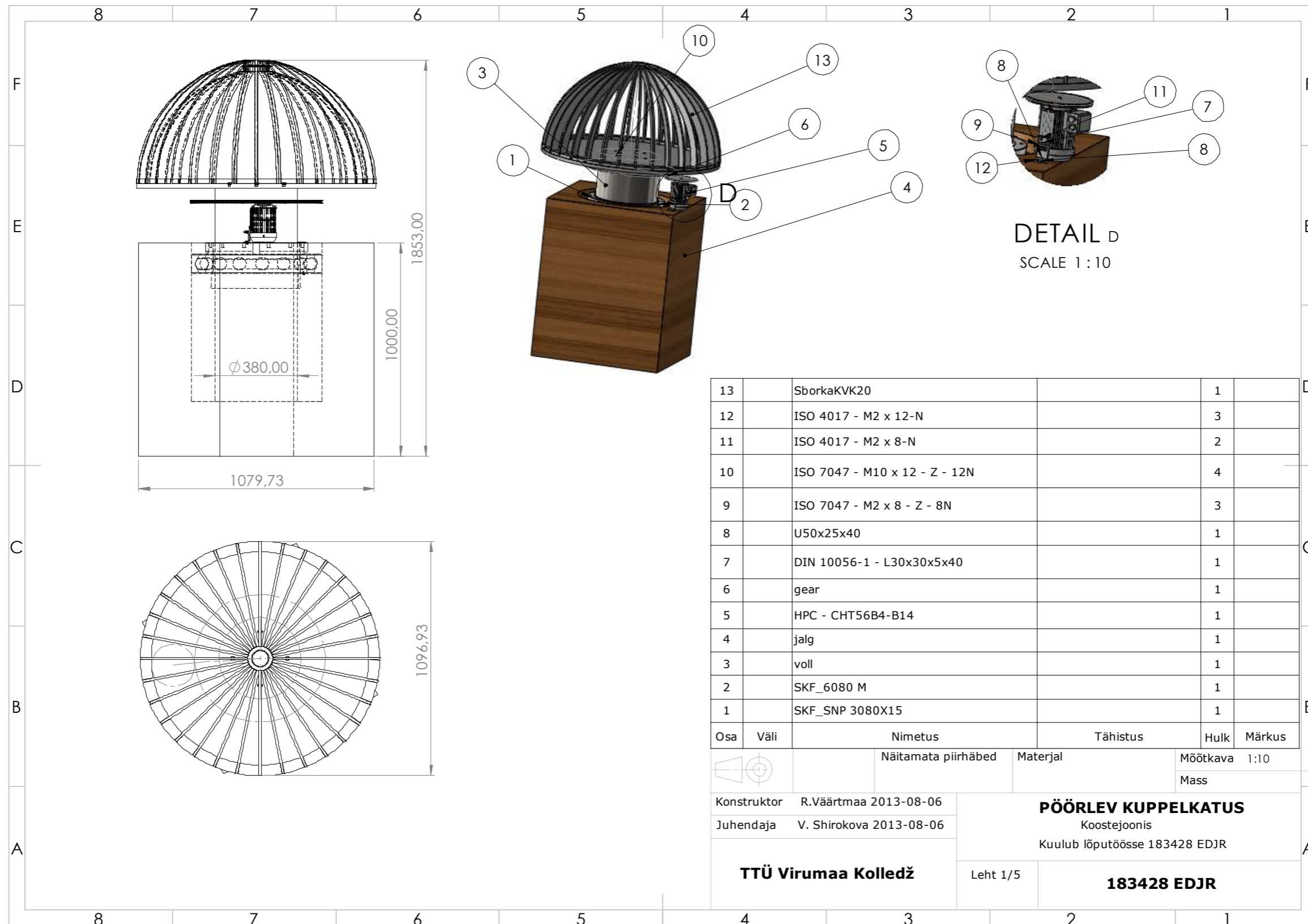
Even after finishing the goals author set for himself, there is still a lot to do if decided to continue with the project. To reduce the number of solar panels and bring the costs down, while using revolving mechanism to improve or keep the efficiency on similar levels after reducing costs.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

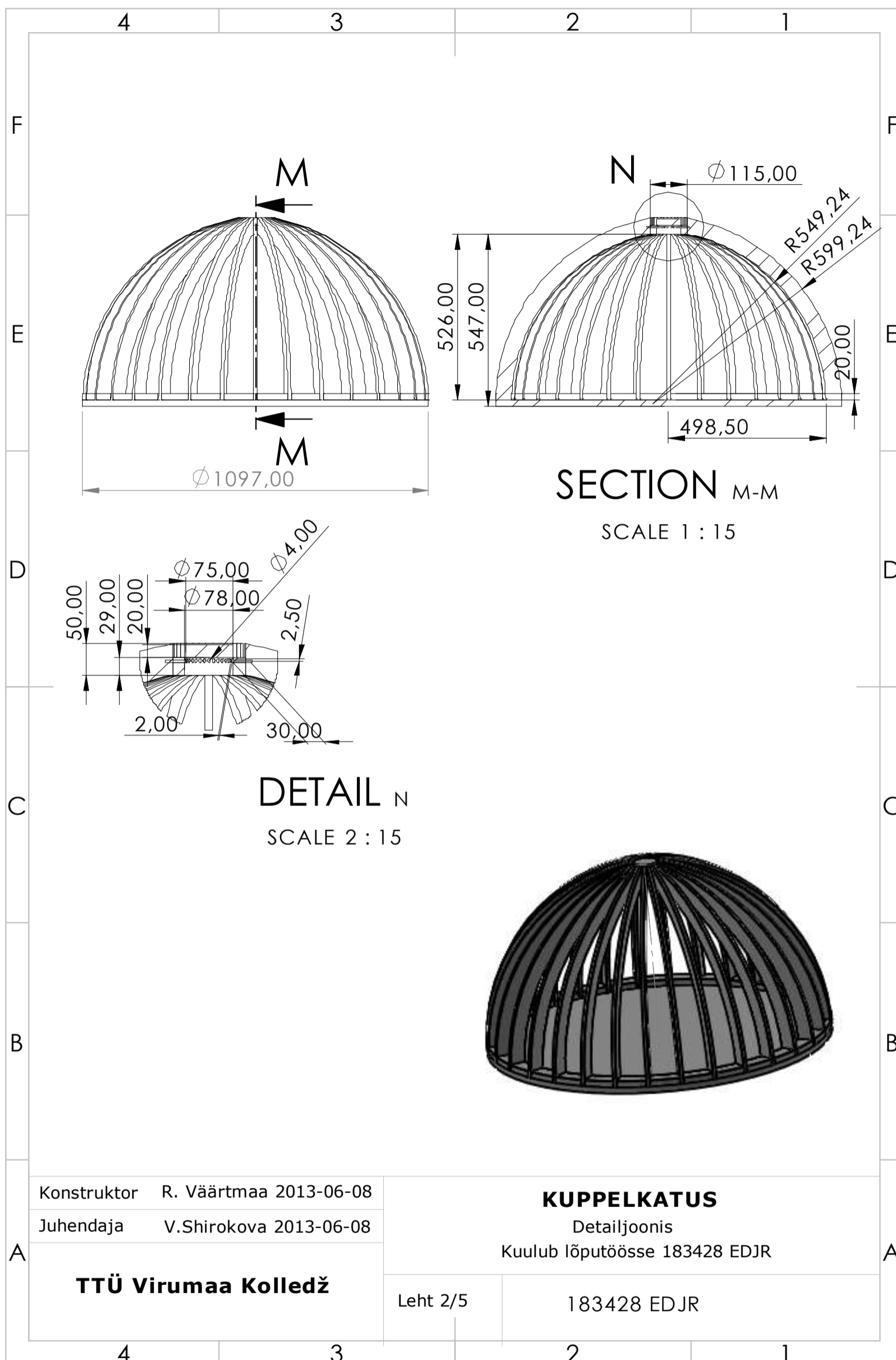
1. Google patents (2023), Vaadatud 03.03.2023
<https://patents.google.com/patent/US3454273>
2. Google patents (2023), Vaadatud 03.03.2023
<https://patents.google.com/patent/US4966361>
3. Google patents (2023) Vaadatud 03.03.2023
<https://patents.google.com/patent/US3566798A/en>
4. SEW Eurodrive (1998) *Ajamitehnika praktilised rakendused. 1. osa, SEW reduktormootorajamid: arvutusmeetodid ja näited* Tallinn: Alas-Kuul
5. Hpceurope (2023) *Asynchronous AC motor 0.09kW* Vaadatud 08.04.2023
<https://shop.hpceurope.com/an/produit.asp?prid=3078>
6. Taltech (2017) *Mechanical Handbook (mehaanika inseneri käsiraamat)* Tallinn: Taltech
7. SKF (2023) *Adapter sleeve with N lock nut and PL locking plate* Vaadatud 04.04.2023
<https://www.skf.com/ng/productinfo/productid-SNP%203080X15>
8. SKF (2023) *Deep groove ball bearing* Vaadatud 06.04.2023
<https://www.skf.com/no/productinfo/productid-6080%20M>
9. Joonised ja mudel koostati programmis Solidworks (<https://www.solidworks.com/>).
10. Projekti tulemusi töödeldi rakenduse Matlab (<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>).

LISAD

Lisa 1 Pöörleva kuppelkatuse koostejoonis



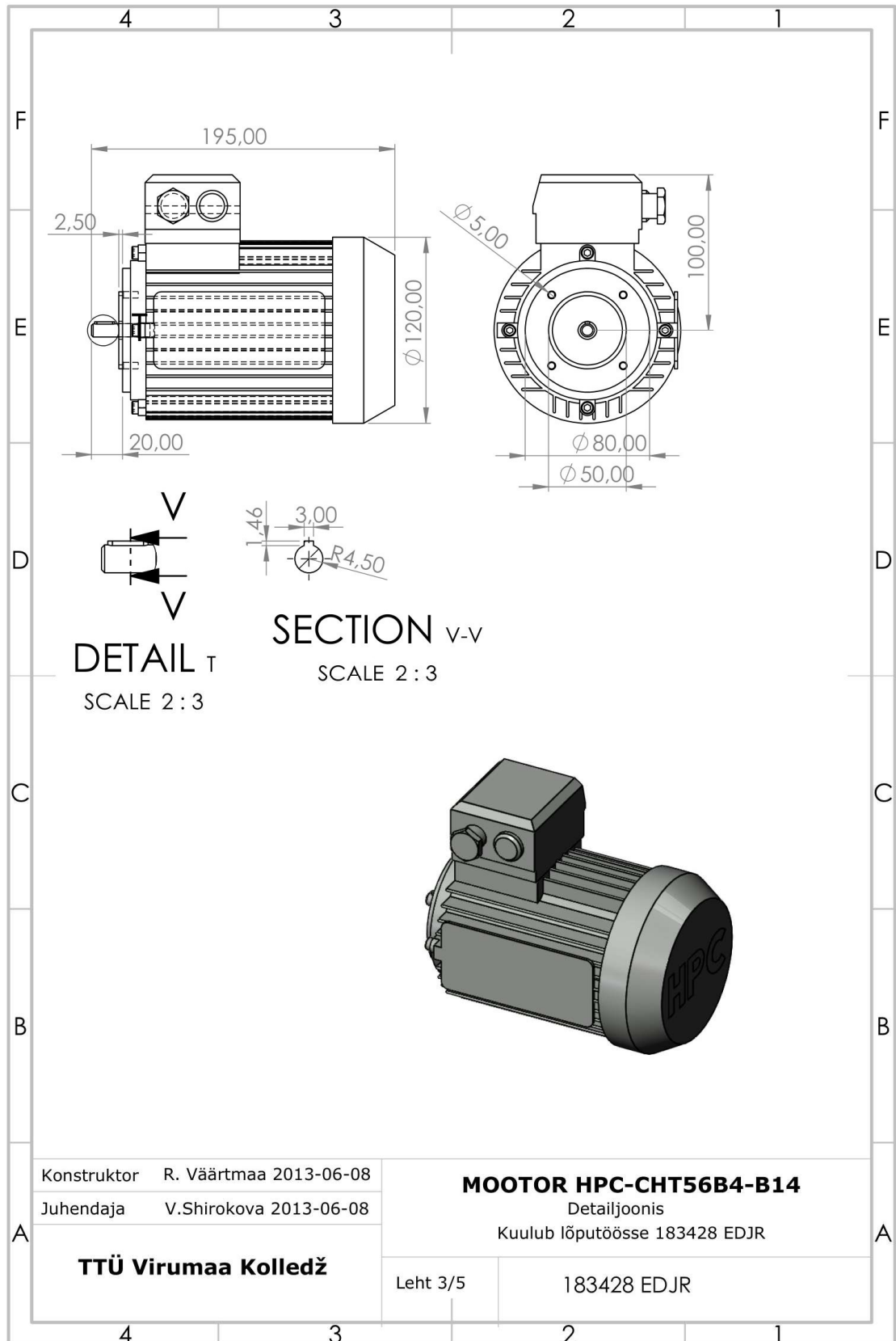
Lisa 2 Kuppelkatuse mudeli detailjoonis



Lisa 3 Laagri SKF 6080 M detailjoonis



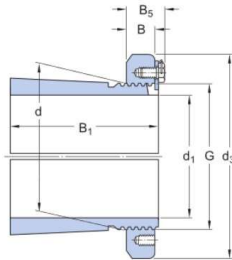
Lisa 4 Mootori HPC-CHT56B4-B14 detailjoonis



Lisa 5 Hülslitehnoloogiline kogumik



Technical Specification



Dimensions

d_1	381 mm	Bore diameter
d	400 mm	Outside diameter small taper
d_3	max. 470.027 mm	Outside diameter lock nut
B_1	213.385 mm	Width
B	52.654 mm	Width lock nut
B_5	63.5 mm	Width lock nut including locking plate
	1:12	External taper

Thread

G	399.009 mm	Thread
	5	Threads per inch

Mass

Mass adapter sleeve assembly	43.4 kg
------------------------------	---------

Included products

Sleeve	S 3080x15
Lock nut	N 080
Locking plate	PL 80

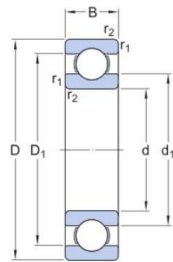
Associated products

Hydraulic nut	HMVC 80E
---------------	----------

Lisa 6 Laagri tehnilised andmed

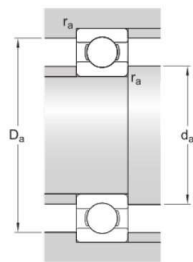


Technical Specification



Dimensions

d	400 mm	Bore diameter
D	600 mm	Outside diameter
B	90 mm	Width
d ₁	≈ 463.8 mm	Shoulder diameter
D ₁	≈ 536.2 mm	Shoulder diameter
r _{1,2}	min. 5 mm	Chamfer dimension



Abutment dimensions

d _a	min. 418 mm	Diameter of shaft abutment
D _a	max. 582 mm	Diameter of housing abutment
r _a	max. 4 mm	Radius of shaft or housing fillet

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	520 kN
Basic static load rating	C ₀	865 kN
Fatigue load limit	P _u	16.3 kN
Reference speed		2 000 r/min
Limiting speed		1 700 r/min
Minimum load factor	k _r	0.025
Calculation factor	f ₀	15.9



Mass

Mass bearing	87.5 kg
--------------	---------

Tolerance class

Dimensional tolerances	Normal
Radial run-out	Normal

Lisa 7 Mootori tehnilised andmed

3D PDF DATASHEET				
Create Your Individual 3D PDF Datasheet ▶	eCATALOGsolutions Learn How to Create Your Mechanical Product Catalog ▶	BIM catalogs.net Learn How to Create Your BIM Product Catalog ▶	PARTsolutions Reduce Your Costs in Engineering and Purchasing ▶	



HPC - CHT56B4-B14

Asynchronous AC motor 0,09kW - Torque : up to 0.64kW - Simplified drawing

Technical Data

REF (Part number)	CHT56B4-B14
P (Power / kW)	0.09
T (Voltage / V)	230/400
C (Current at 400V / A)	0.43
CO (Torque / Nm)	0.64
R (Efficiency)	50%
F (Factor / cos)	0.61
MAS (Weight / kg)	3.2
REP (View)	Simplified view
INFO (Informations)	INFO