

**TAL
TECH**

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**LEHTMETALLIST UKSE SOOJUSPIDAVUSE
PARENDAMINE**

**IMPROVING THERMAL RESISTANCE OF SHEET METAL
DOOR
MAGISTRITÖÖ**

Üliõpilane: Merlis Voitk

Üliõpilaskood: 183032

Juhendaja: Aigar Hermaste, lektor

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.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Merlis Voitk (sünnikuupäev: 02.07.1995)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Lehtmetallist ukse soojuspõlvavuse parendamine“ mille juhendaja on Aigar Hermaste.

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh 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.

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

2. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

TalTech Mehaanika ja tööstustehnika instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Merlis Voitk 183032
Õppekava, peeriala: MATM02/18 - Tootearendus ja tootmistehnika
Juhendaja: Aigar Hermaste, lektor
Konsultandid: Kaspar Peek, Aivar Kask

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Lehtmetallist ukse soojuspidavuse parendamine
(inglise keeles) Improving thermal resistance of sheet metal door

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Soojuspidavuse parendamine.
2. Konkurentsi suurendamine puitustega.
3. Eelis teiste metallukse tootjate ees.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Turuanalüüs, vajalike andmete kogumine	08.03.2020
2.	Külmakatkestus profiili konstrueerimine	22.03.2020
3.	Soojuslähivusarvutused / profiil materjali valik	29.03.2020
4.	CAD mudel	05.04.2020
5.	Kooste- ja detailijoonised	12.04.2020
6.	Lõputöö vormistamine	26.04.2020

Täiendav info ja nõuded:

Töö keel: Eesti

Üliõpilane: ".....".....201....a
/allkiri/

Juhendaja: ".....".....201....a
/allkiri/

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	8
SISSEJUHATUS	9
1. TURUANALÜÜS.....	10
1.1 Olemasolevad lahendused.....	10
1.1.1 Hörmann.....	10
1.1.2 Saajos Group.....	11
1.1.3 Tammer	11
1.1.4 Jeld-Wen.....	11
1.1.5 Haapsalu uksetehas.....	12
1.2 Turuanalüüsi kokkuvõte.....	12
2. PROJEKTEERIMISE IDEEDE GENEREERIMINE	13
2.1 Ukse esialgne konstruktsioon.....	13
2.2 Soojusläbivuse parendamise ideede genereerimine.....	13
2.2.1 Külmakatkestus profiil	14
2.2.2 Roostevaba materjali kasutamine.....	14
2.2.3 Teine tihend	14
2.2.4 Fenoolvaht	15
2.2.5 Perforeeringud lengis / ukselehes.....	15
3. SOOJUSARVUTUSED	16
3.1 Ukse ristlõiked	16
3.1.1 Sarnased ristlõike pindalad.....	18
3.2 Esialgsete kontrollarvutuste teostamine	20
3.2.1 Ristlõike 1 kontrollarvutus.....	21
3.2.2 Ristlõike 9 kontrollarvutus.....	21
3.2.3 Ristlõike 10 kontrollarvutus	22
3.3 Soojusläbivuse parendamine.....	23
3.3.1 Plastik profiil.....	23
3.3.2 Roostevaba leng	25
3.3.3 Teise tihendi lisamine	26
3.3.4 Fenoolvahu kasutamine	27
3.3.5 Perforeering lengis	28
3.3.6 Roostevaba leng ja ukseleht.....	29
3.4 Ukse soojusläbivuse arvutamine.....	30
3.4.1 Arvutuskäik	30
3.4.2 Plastik profiiliga ukse soojusläbivuse arvutamine.....	32

3.4.3	Roostevaba lengiga ukse soojusläbivuse arvutamine.....	32
3.4.4	Topelt tihendiga ukse soojusläbivuse arvutamine	33
3.4.5	Fenoolvahuga ukse soojusläbivuse arvutamine	33
3.4.6	Perforeeringuga ukse soojusläbivuse arvutamine	33
3.4.7	Roostevabast materjalist ukse soojusläbivuse arvutamine	34
3.4.8	Soojusläbivuse tulemused	34
4.	ESIALGSED HINNAKALKULATSIOONID	35
4.1	Plastik profiili hinnakalkulatsioon	35
4.2	Roostevaba lengi hinnakalkulatsioon.....	35
4.3	Teise tihendi hinnakalkulatsioon	35
4.4	Fenoolvahu hinnakalkulatsioon.....	36
4.5	Roostevaba ukse hinnakalkulatsioon	36
4.6	Hinna ja soojusjuhtivuse suhe.....	36
5.	KATKESTUSPROFIILI PROJEKTEERIMINE	38
5.1	Liitmis tehnoloogia	39
5.1.1	Lehtmetalli venitus	39
5.1.2	Tagasipaine	40
5.2	Kasutatavad painutuspingid	42
5.2.1	Painutusrobot Prima Power Express Bender	42
5.2.2	Amada HFE 130/3	42
5.3	Katkestusprofiili variandid	43
5.3.1	Variant 1	43
5.3.2	Variant 2	44
5.3.3	Variant 3	45
5.3.4	Variant 4	45
5.3.5	Variant 5	46
5.3.6	Variant 6	47
5.3.7	Variant 7	47
5.4	Välja valitud variantide koostejoonised	48
6.	Venitustööriista seadistamine.....	50
7.	TOOTMISPROTSESS.....	52
7.1	Hetkeline tootmisprotsess	52
7.2	Uus tootmisprotsess	54
8.	PROTOTÜÜBI VALIK.....	56
8.1	Valitud profiilide soojusläbivuse arvutused.....	56
8.1.1	Variant 2 soojusläbivus	56
8.1.2	Variant 5 soojusläbivus	57

8.1.3	Variant 7 soojusläbivus	57
8.2	Valitud profiilide hinnakalkulatsioonid	58
8.2.1	Variant 2 profiili hinnakalkulatsioon	58
8.2.2	Variant 5 profiili hinnakalkulatsioon	58
8.2.3	Variant 7 profiili hinnakalkulatsioon	58
8.3	Prototüübi valiku kokkuvõte.....	58
	KOKKUVÕTE	60
	SUMMARY.....	61
	KASUTATUD KIRJANDUS	62
	LISAD	64
	GRAAFILINE OSA.....	68
	Detailid- ja koostejoonised.....	68

EESSÕNA

Käesolev lõputöö teema kujunes välja koostöös Saku Metall Uksetehas AS-iga. Lõputöö teema on seotud tööalase ülesandega. Lõputöö teostamist abistasid hea nõu ja vajaliku informatsiooniga Kaspar Peek ja Aivar Kask.

Saku Metall Uksetehas AS asub Põhja – Eestis, Rae vallas. Saku Metall AS on tegutsenud peaaegu 30 aastat, omades seeläbi pikaajalist kogemust metalluste valmistamise valdkonnas ning pakkudes tööd ligikaudu 300 töötajale. Ettevõtte äritegevus jaguneb kahe ärisuuna vahel – uksetootmine ja allhange. AS Saku Metall Uksetehas toodab metalluksi, terasprofiiluksi ja muid terasprofiiltooteid ja tõstuksi (garaažiuksi ja tööstuslikke tõstuksi).
[1]

Lõputöö teema on seotud uue uksetüübi välja töötamisega, mis parandaks ukse soojuslähivus parameetreid. Käesolevas diplomitöös on läbimõeldud ning genereeritud uue uksetüübi erinevad soojapidavust parandavad variandid ning lahendused.

SISSEJUHATUS

Magistritöö eesmärgiks on leida parim lahendus lehtmetsallukse soojusläbivuse vähendamiseks. Selle jaoks tuleb läbi mõelda realiseeritavad lahendused, mis võimaldaks antud kriteeriumi parandada.

Väljakujuneva konstruktsiooni erinevus tavametalluksest seisneb selles, et katkestada ukse sisepinna ja välispinna metall-metall ühendus. Uue ukse projekteerimise käigus on vaja kujundada üldine konstruktsioon ja leida parimad materjalid ja lahendused külmatkestuse tekitamiseks metallukseks.

Töö käik oli jaotatud 7 suuremasse etappi:

1. Turuanalüüs, vajalike andmete kogumine
2. Soojusläbivuse arvutused/ materjalide valik
3. Külmatkestus profiili projekteerimine
4. CAD mudelid
5. Majanduslikud arvutused
6. Kooste- ja detailjoonised
7. Lõputöö vormistamine

Projekteerimiseks on kasutatud Solid Edge CAD tarkvara, kus on tehtud uksekonstruktsiooni mudelid ja joonised. Soojusläbivusarvutuste jaoks on kasutatud tarkvara Therm Software.

1. TURUANALÜÜS

Turuanalüüsi käigus on välja otsitud konkurentide olemasolevad ja sarnased lahendused mis parandavad ukse soojuslähivust. Mida väiksem on U-arvu väärtus, seda soojapidavam on uks.

1.1 Olemasolevad lahendused

1.1.1 Hörmann

Üks euroopa suurimaid uksetootjaid. Omab mitmeid lahendusi kus ukselehe välispinna ja sisepinna ühendus on katkestatud plastik profiiliga.

Thermo65- Tasapinnaline 65 mm paksune ukseleht, millel on Polüuretaan kõvavahuga täidetud sisu ja seespool paiknev ukselehe komposiitstruktuurist profiil, tagab, et külm jääb ukse taha. U-väärtus kuni $0,87 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ [2]

Kus W – soojusvõimsus,
 m^2 – pindala,
 K – temperatuur,
 U – soojusjuhtivus.

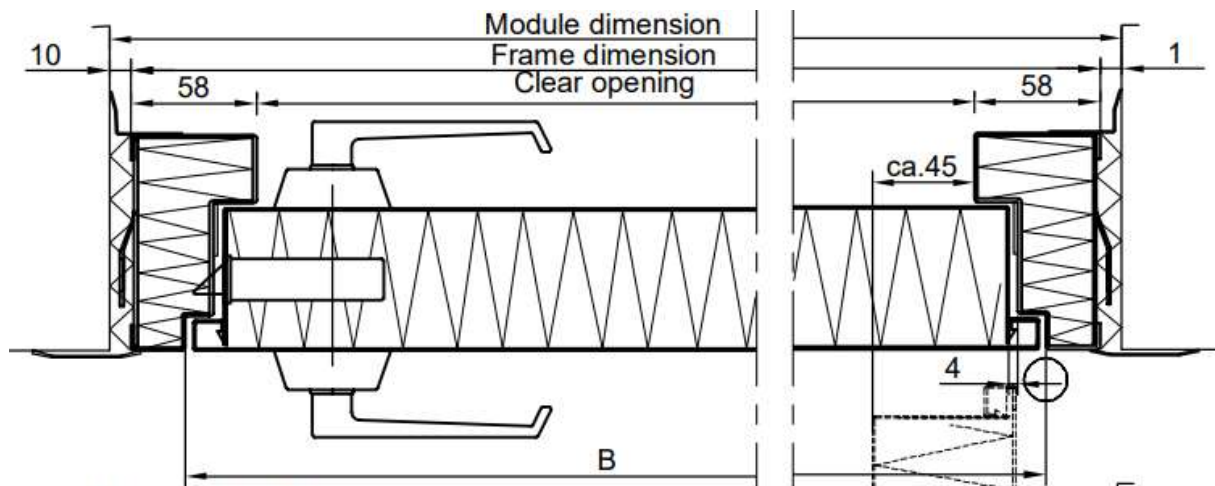


Sele 1.1 Külmakatkestus ukselehes [2]

1.1.2 Saajos Group

Soome uksetootja Saajos Group on spetsialiseerunud tuletõkke- ja turvauste tootmisele. Saajos Group on tarninud oma tooteid luksus kruisilaevadele, haiglatele, hotellidele ja kaubanduskeskustele üle kogu maailma.[3]

Saajos-e tuletõkkeuksed on valmistatud mittesüttivatest materjalidest, mis takistavad tule levikut teatud aja jooksul. Ustel deklareeritakse lisana U-väärtust $<1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. [4]



Sele 1.2 Saajos Group EI60 tuletõkke ukse horisontaalne ristlõige [5]

1.1.3 Tammer

Eestis üks suurimaid konkurente lehtmetailist ukse tootmises on Tammer OÜ. Täna seks on Tammer OÜ kasvanud ca 180 töötajaga suurimaks metalluksetootjaks Baltikumis. Koostööpartneriteks on laevaehitusettevõtted, ehitusettevõtted, kinnisvarahooldusettevõtted, uksetootjad Baltikumis ning Põhjamaades. [6]

Tammer OÜ deklareerib tavalistel silemetall ustel U-väärtuseks kuni $\sim 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Roostevaba ukse puhul $\sim 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

1.1.4 Jeld-Wen

JELD-WEN Europe on Euroopa turul juhtiv uksetarnija. Tootevalikus on standarduksed, kõrge kvaliteediga eksklusiivuksed, eriprojektide põhised uk sed. JELD-WEN Eesti AS Rakveres asuvas tehases töötab enam kui 700 inimest. Toodanguks on täispuituksed ning lenglid. Rakveres asub ka terminal, mis teenindab kõiki Baltimaid. Tootevalikus on siseuksed, liuguksed, saunauksed, rõduuksed, välisuksed ning aiama jauksed. Jeld-Wen deklareerib „Basic“ välisuste mudelile U-väärtuseks $\leq 0,8 \dots 0,9 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$. [18] [19]



Sele 1.3 Jeld-Wen Basic [19]

1.1.5 Haapsalu uksetehas

Haapsalu Uksetehas oli esimene, kaasaegsel tehnoloogial siseuksi ja hiljem alumiiniumvineeri baasil välisuksi tootev tehas Eestis. Haapsalu Uksetehas pakub käesoleval ajal tööd ca 170-le inimesele. Haapsalu Uksetehas toodab puidust välisuksi, siseuksi, helikindlaid siseuksi, saunauksi, niiskuskindlaid uksi, aknaid, lükanduksi, vaheseinu. [20]

1.2 Turuanalüüsi kokkuvõte

Turuanalüüsi tulemusena sai välja selgitatud suurimate konkurentide lahendused ja deklareeritavad väärtused. Uue ukse projekteerimisel arvestan konkurentide ideedega ning materjali valikutega. Antud töös projekteeritav ukse konstruktsioon peab säilitama lihtsuse, et seda oleks võimalikult hea toota. Uue konstruktsiooni välja töötamise eesmärk on laiendada Saku Metall Uksetehase tootevalikut ning olla konkurentsivõimelisem.

Kus d – materjali paksus, m,
 λ – materjali soojajuhtivustegur, W/(m·K).

2.2.1 Külmatkestus profiil

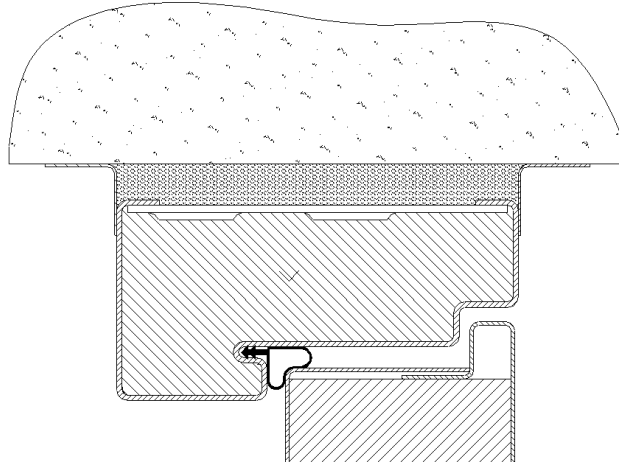
Külmatkestus profiili eesmärk on katkestada metalli ühendus ukselehe ruumi sisemisel küljel ja välisküljel. Profiil peab sobima väliskeskkonda. Ei tohi muutuda hapraks. Antud kriteeriumi täitmiseks sobib kõige paremini plastik profiil. Ekstrusioontehnoloogia sobib kõige paremini antud profiili valmistamiseks.

2.2.2 Roostevaba materjali kasutamine

Roostevaba materjali (AISI304 / EN1.4301) konduktiivsus on üle 3 korra väiksem kui tavapärasel ukse materjalina kasutataval kuumtsingitud terasel (DX51DZ275). Roostevaba materjali kasutamine parandaks oluliselt ukse soojuslähivust. Antud materjali miinuseks on selle kallim hind. Lehtmetall materjali, mõõtudega 1,5mm x 1250mm x 2500mm, hinnavahe on rohkem kui 3 kordne.

2.2.3 Teine tihend

Teise tihendi lisamine ukselehe ja lengi vahele aitaks paremini pidada õhu liikumist ruumi sisekeskkonnast väliskeskkonda. Teise tihendiringi lisamine ei ole majanduslikult kulukas, kuna ukse komplekteerimisel ei võtaks see oluliselt aega. Tihend on ka suhteliselt odav. Teise tihendiringi lisamise miinuseks on asjaolu, et tihend ei tohi olla liimitav. Liimitavad tihendid tulevad kiiresti lahti kui on näiteks tihendi aluspind korralikult puhastamata jäänud ning see tekitab palju probleeme. Tihend peaks olema pauntihend mis kinnitub soonde nagu on hetkeline tihendi lahendus lengis (Sele 2.2). Teise sarnase painde lisamine lengiprofiili või ukselehte on tehnoloogiliselt keerukas, sest painde teostamiseks on kasutatud eri painutustööriista. Painutamine on ajakulukas kuna eri tööriista kasutamiseks tuleb teostada painutuspingil tööriista vahetus. Lisaks geomeetriliselt ei ole teise sellise painde teostamine hetkelise konstruktsiooni juures võimalik.



Sele 2.2 Ukse ülaosa vertikaalne lõige, ristlõige 2

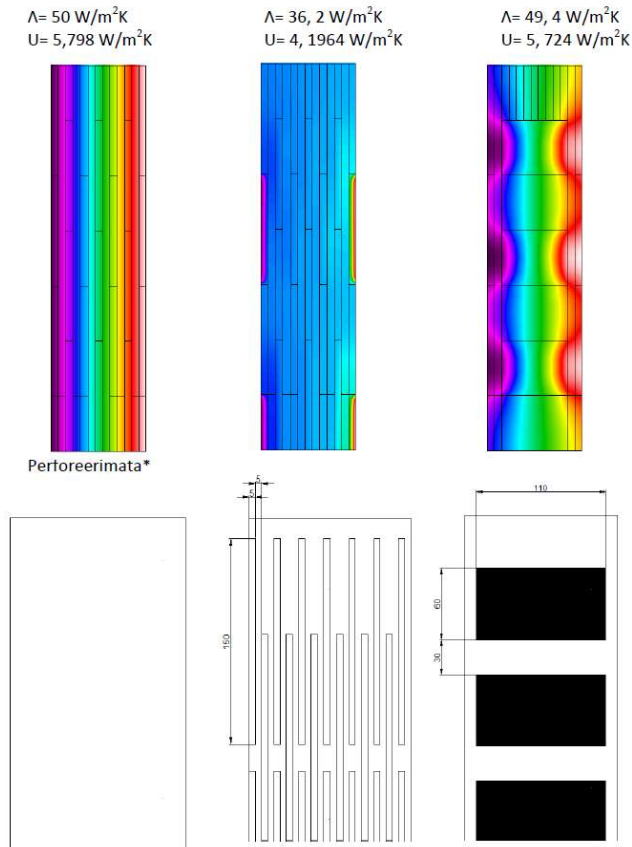
2.2.4 Fenoolvaht

Ukselehes ja lengis on hetkelise lahenduse juures kasutatud kivivilla. Kivivilla soojusjuhtivus on 0,035-0,045 W/(m²·K) olenevalt kivivillast. Et parandada ukse soojusjuhtivust, siis tuleks leida kehvemate soojusjuhtivus omadustega täitematerjal ukse sisse. Fenoolvahu soojusjuhtivus on olenevalt tootjast kas sama või natuke parem kui kivivillal. Fenoolvahu miinuseks on kehv tuletundlikus klass (klass E ehk osavõtt tulekahjus on tavapärane). Kivivilla tuletundlikus klass on tunduvalt parem (klass A1 ehk ei ole tuletundlik). [8][12]

Lisaks fenoolvahu miinuseks võrreldes kivivillaga seisneb selles, et see raskendab ning pikendab ukse koostamis aega. Kivivill on mingil määral kokku surutav, aga fenoolvaht on tahke ning selle peab geomeetriliselt täpseks lõikama, et see ukselehe ja lengi sisse mahuks.

2.2.5 Perforeeringud lengis / ukselehes

Perforeeringud ukse ristlõikes parandavad soojuslähivust, kuna soojus ei kandu edasi niivõrd palju, sest ristlõikes on terasmaterjali vähem. Perforeeringu miinuseks on veepidavus. Perforeeritud avad tuleb katta teibiga või mingi muu taolise kattmaterjaliga, et vesi ei satuks ukselehe või lengi sisse. Suurel kogusel perforeeringu lisamine ukse detailidele pikendab oluliselt stantsimise aega.



Sele 2.3 perforering

3. SOOJUSARVUTUSED

Antud projekti eesmärk on parendada ukse soojuslähivust. Soojuslähivust on võimalik arvutada ka käsitsi, kuid ukse ristlõige on suhteliselt keeruline, et seda hakata käsitsi arvutama. Lisaks käsitsi arvutamine on ka tunduvalt ajamahukam. Et kiirenda soojuslähivusarvutuste protsessi, siis kasutan selleks programmi „THERM.“

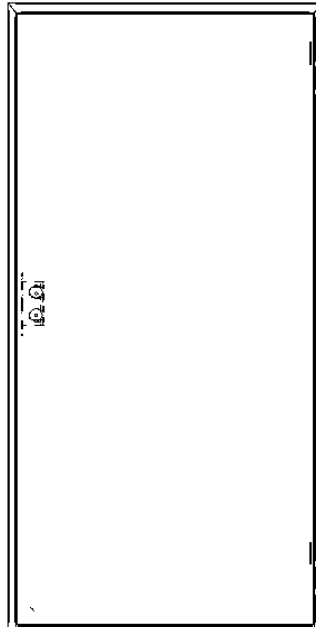
„THERM“ on Ameerika Ühendriikides välja arendatud programm, mis on suunatud akende, hoonete, uste soojalähivuse arvutamiseks ja selle parendamiseks. See on tasuta programm mis on internetist alla laetav.

Hetkel kasutusel olev mittetuletõkke välisuksele on teostatud soojuslähivus arvutused sertifitseeritud asutuse poolt (Kaunase Tehnikaülikool). Ukse soojuslähivust ei ole arvutatud füüsilise tootega katselaboris. Arvutused on teostatud ukse jooniste põhjal.

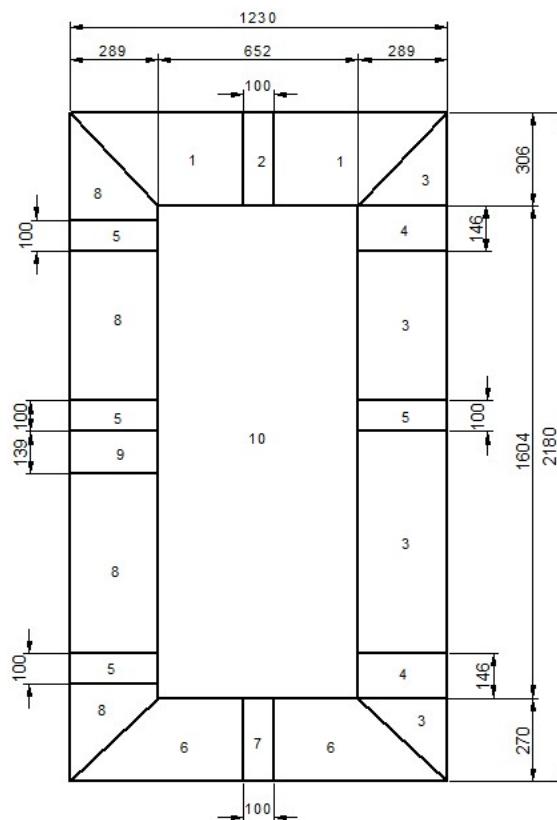
3.1 Ukse ristlõiked

Ukse soojuslähivust on kõige mõistlikum arvutada kui jagada ukse erinevad ristlõiked lõikudeks ning korrutada läbi hiljem pindalaga. Seel 3.2 on näidatud erinevate ristlõigete

asetused ja mõõdud. Antud mõõdud on võetud sertifitseeritud asutuse ehk Kaunase Tehnikaülikooli arvutuste järgi. Samuti ka ukse põhimõõdud (lengi laius x lengi kõrgus). Ukse põhimõõdud tulevad akende ja uste tootestandardist EVS-EN 14351-1:2006+A2:2016. Akende, uste ja luukide soojusliku toimivuse standardist EVS-EN ISO 10077-1:2017 ja EVS-EN ISO 10077-2:2017.



Sele 3.1 Uks eestvaates



Sele 3.2 Erineva ristlõikega pinnad

Soojuslähivuse arvutused teostan programmiga „THERM“ Kaunase Tehnikaülikooli eeskujul, et teada saada kas antud programmiga saab sama tulemuse. Uks on jaotatud kümneks erineva ristlõikega osaks. Teostan U väärtuse arvutused, et võrrelda tulemusi sertifitseeritud asutuse tulemustega. Kui tulemused ühtivad, siis saan olla kindel, et kasutatav programm arvutab tulemusi õigesti. Järgnevalt saan hakata arvutama muudetud konstruktsiooniga lahendusi.

3.1.1 Sarnased ristlõike pindalad

Ei ole mõistlik läbi arvutada kõik kümme erinevat ristlõiget. Teostan soojalähivus arvutused neile ristlõigetele mis on väga erinevad.

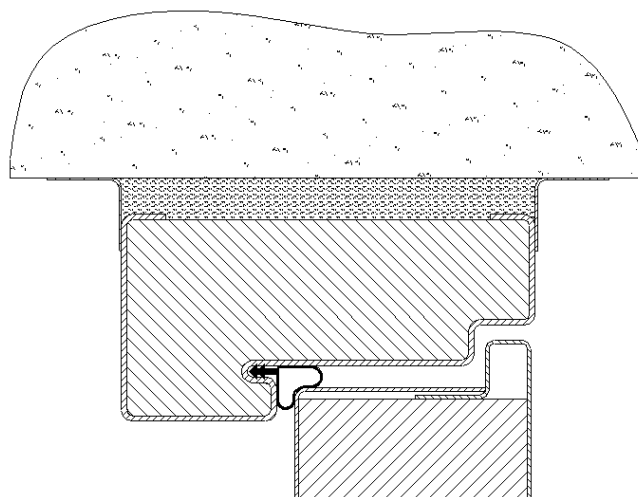
Ristlõikeid 1 (Sele 3.3) ja 2 (Sele 2.2) eristab see, et ristlõikel 2 on keevitatud/needitud lengi seinapoolsesse serva kinnituslapp mille abil leng seinale kinnitub.

Ristlõikeid 3 ja 8 eristab ainult see, et lengi ja ukselehe vaheline pilu ei pruugi olla täpselt sama suur. Ristlõikeid 4 ja 5 eristab kinnituslapi suurus. Hingede poolseid kinnituslapiid on pikemad.

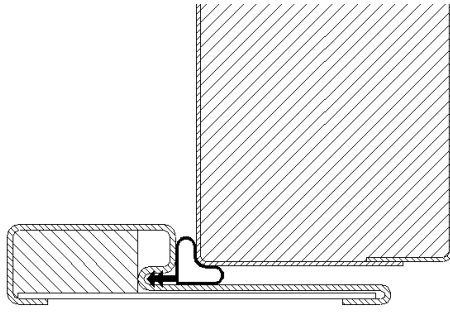
Ristlõikeid 6 ja 7 (Sele 3.4) eristab see, et ristlõikel 7 on keevitatud paku pörandapoolsesse serva kinnituslapp mille abil pakk pörandasse kinnitub.

Ristlõige 10 on uksepaneel. Ristlõige 9 on ukselehes oleva luku ja lukukorpuse ühenduskoht lengis oleva vasturauaga.

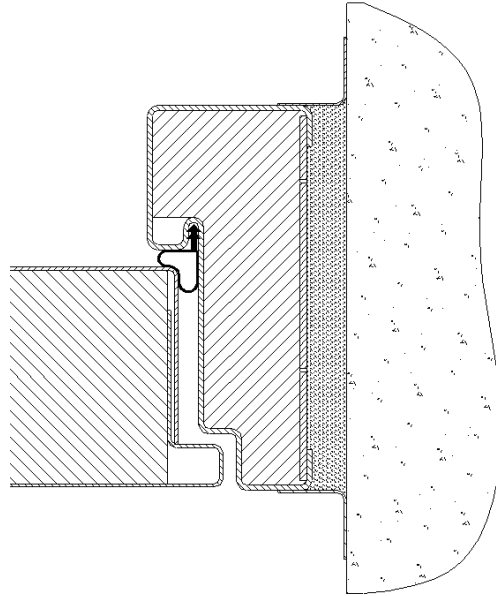
Eelnevast võib järeldada, et erineva ristlõike arvutusi pean kokku teostama 3, et tõestada kas kasutatud programm arvutab tulemusi õigesti. Soojuslähivuse arvutused teostan lõigetele 1, 9 ja 10.



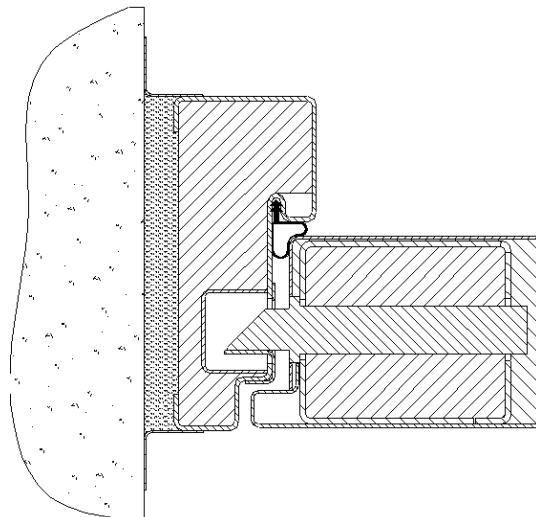
Sele 3.3 Ukse ülaosa vertikaalne lõige, ristlõige 1



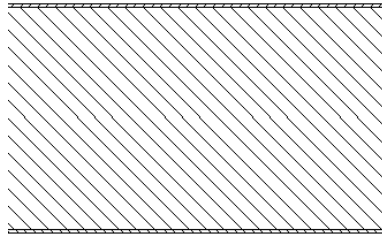
Sele 3.4 Ukse paku vertikaalne lõige, ristlõige 7



Sele 3.5 Ukseposti vertikaalne lõige, ristlõige 4,5



Sele 3.6 Ukseposti lukustuse lõige, ristlõige 9



Sele 3.7 Ukselehe lõige, ristlõige 10

3.2 Esialgsete kontrollarvutuste teostamine

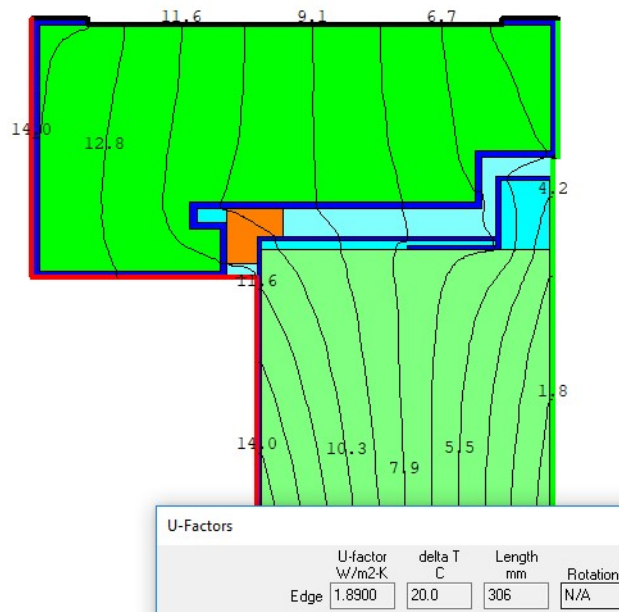
Teostan kontrollarvutused ristlõigetele 1, 9 ja 10. Kasutan soojusläbivuse arvutamisel programmi „THERM“ ning võrdlen saadud tulemusi sertifitseeritud asutuse poolt arvatud tulemustega. Kasutatav programm ei saa aru raadiustest ning seoses sellega tuleb joonistada kõik ristlõiked ümber selliselt, et raadiused oleksid täisnurksed nurgad. Ukse detailid on projekteeritud „Solid Edge“ CAD tarkvaraga ja antud mudelitel on muudetud raadiusega nurgad täisnurkseteks „Autodesk AutoCAD“ tarkvaras. „Therm“ tarkvara suudab lugeda DXF faile mis on teostatud „AutoCAD-is.“ Materjalide konduktiivused ehk soojuseri juhtivuse väärtused ja keskkonna tingimused on võetud akende, uste ja luukide soojusliku toimivuse standardist EVS-EN ISO 10077-2:2017.

Kirjeldatud materjalid ja keskkonna tingimused:

- Sinine – Lengi ja ukselehe materjal DX51DZ275 Materjali konduktiivsus on ~ 50 W/(m·K). Antud väärtust kasutas ka sertifitseeritud asutus kes teostas antud uksele soojusläbivuse arvutused. [7]
- Roheline – Lengis ja ukselehes olev täitematerjal ehk kivivill. Lengis olev kivivill Paroc ROB50. Materjali konduktiivsus 0,037 W/(m·K). Ukselehes olev kivivill Paroc ROS30. Materjali konduktiivsus 0,036 W/(m·K). [8][9]
- Oranž – Lengi ja ukselehe vahel olev tihend. Tihend on valmistatud eritellimusel. Tihendi konduktiivsus on 0,35 W/(m·K).
- Punane joon – Määratletud sisekülje pind.
- Roheline joon – Määratletud väliskülje pind.
- Ruumi sisetemperatuur on 20°C.
- Temperatuur väliskülje keskkonnas on 0°C.
- Samuti tuleb ära kirjeldada ka materjalide pinna soojuskiirgused. Materjalide soojuskiirguse väärtuseks on $\varepsilon = 0,9$.
- Helesinine – Väheventileeritud ja mitte ventileeritud alad.

3.2.1 Ristlõike 1 kontrollarvutus

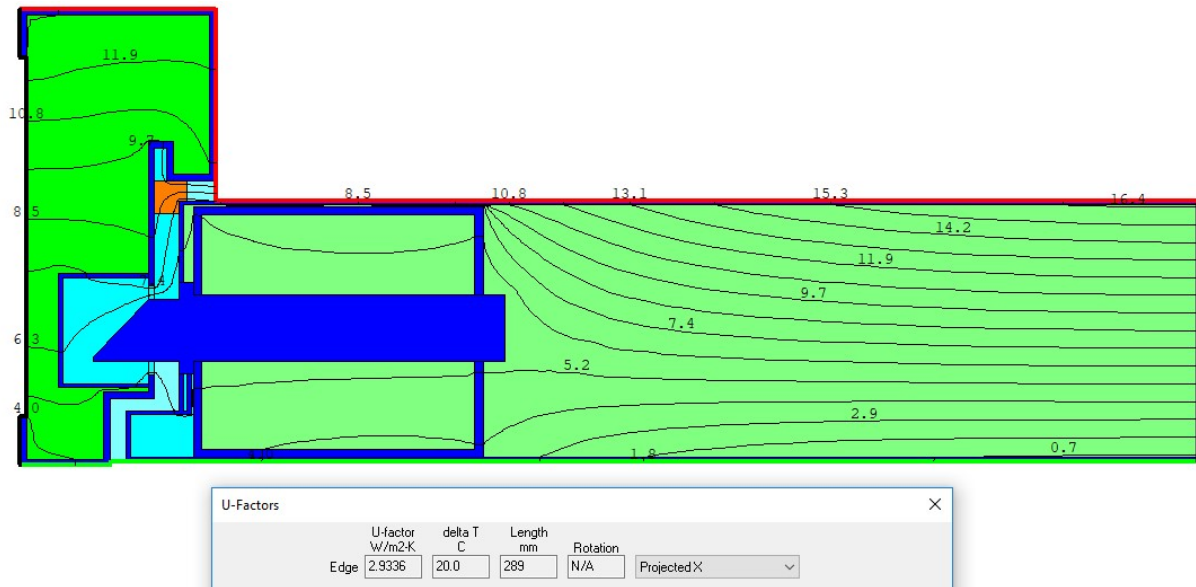
Teostan lõike 1 kontrollarvutuse. Ristlõike pikkusega 306mm. Kirjeldan ära kasutatavad materjalid ning määrän väliseskkonna ning sisesekskonna pinnad. Samuti määrän ära väheventileeritud ning mitte ventileeritud alad. Antud lõike soojuslähivuse tulemuseks on 1,89 W/(m²·K). Sertifitseeritud asutuse poolt arvatatud tulemus on 1,84 W/(m²·K). Erinevus on 0,05 W/(m²·K). Edaspidi arvatatud tulemustelt saadud erinevust maha ei arvuta, et jääks varu kui peaks juhtuma, et arvutuste teostamisel tekib mingi viga.



Sele 3.7 Ukselehe lõige, ristlõige 1

3.2.2 Ristlõike 9 kontrollarvutus

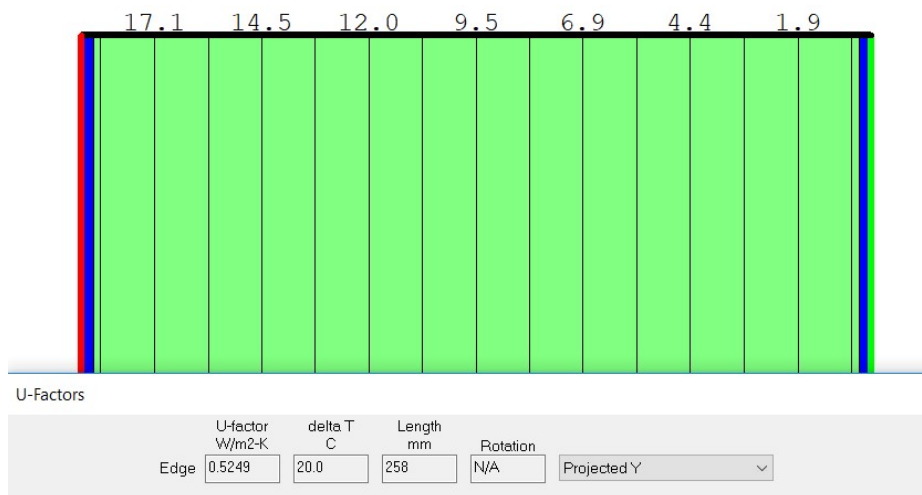
Teostan lõike 9 kontrollarvutuse. Ristlõike pikkus 289mm. Kirjeldan ära kasutatavad materjalid antud lõikes. Määrän ära väheventileeritud ning mitte ventileeritud alad. Tuleb kirjeldada ka sisepinna ning välispinna. Antud lõike soojuslähivuse tulemuseks on 2,9336 W/(m²·K). Sertifitseeritud asutuse poolt saadud tulemus on 2,84 W/(m²·K). Saadud tulemuste erinevus on ~0,094 W/(m²·K). Saadud tulemused on ligilähedased ning sellest võib järeldada, et kasutatud programm arvutab tulemused õigesti.



Sele 3.8 Ukselehe lõige, ristlõige 9

3.2.3 Ristlõike 10 kontrollarvutus

Teostan lõike 10 kontrollarvutuse. Ristlõike pikkus 258mm. Antud olukorras ei ole tähtis kui pikk ristlõige on, sest ristlõige on terves ulatuses samasugune. Kirjeldan ära kasutatavad materjalid ning määran välis- ning sisekeskkonna. Antud lõike soojuslähivuse tulemuseks on $0,5249 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Sertifitseeritud asutuse poolt arvatud tulemuseks antud lõikele on $0,529 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Saadud tulemused on ligilähedased ning sellest võib järeldada, et kasutatud programm arvutab tulemuse õigesti.



Sele 3.9 Ukselehe lõige, ristlõige 10

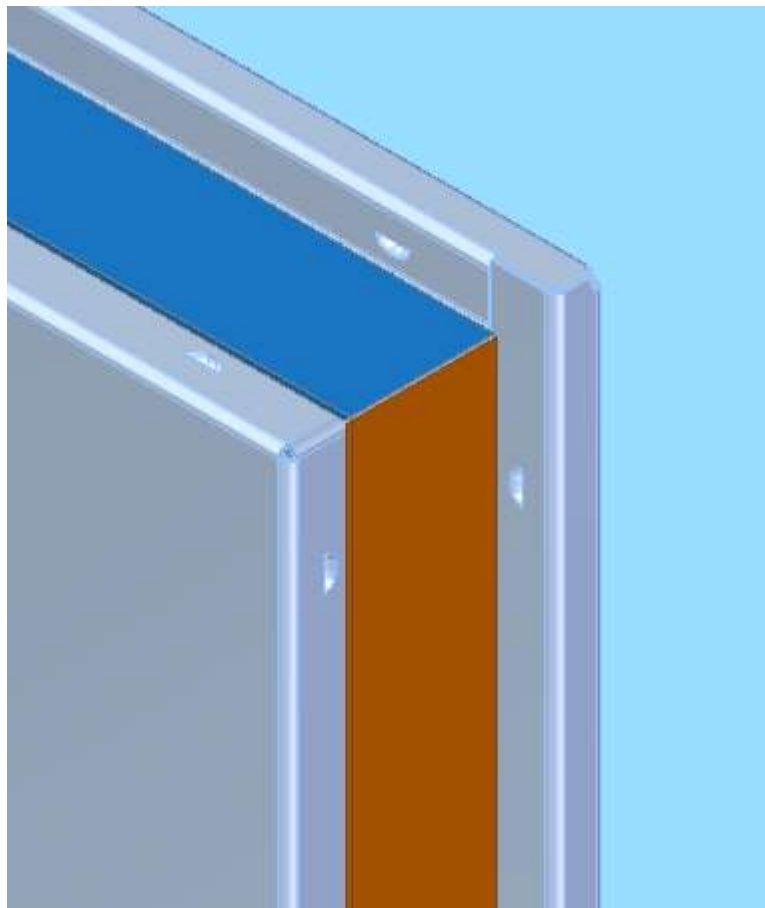
3.3 Soojuslähivuse parendamine

Esiatsete kontrollarvutuste põhjal võib järeldada, et kasutatav programm „THERM“ arvutab tulemused õigesti ning saadud tulemused on ligilähedased sertifitseeritud asutuse poolt saadud tulemustele.

Hakkan modifitseerima ristlõiget 1, et välja selgitada kuidas mõjutavad peatükis 2.2 mainitud erinevad lahendused ukse soojuslähivust. Eelkõige katsetan läbi iga variandiga eraldi, et teada saada milline lahendus muudab soojuslähivust kõige rohkem.

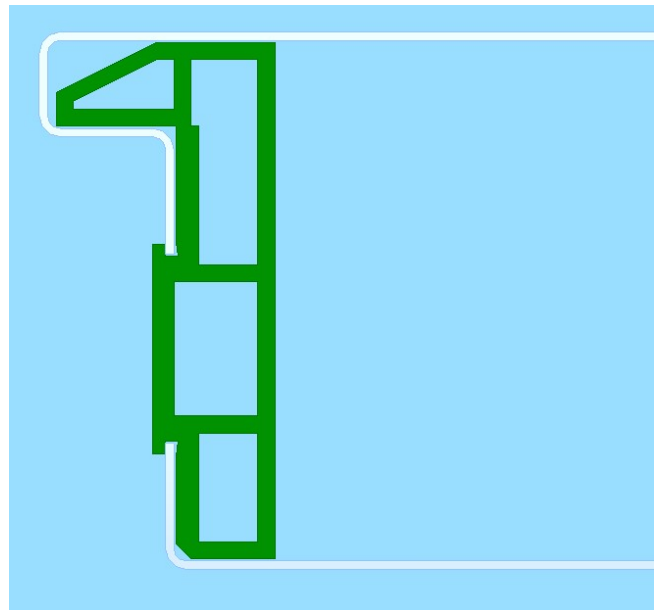
3.3.1 Plastik profiil

Genereerin erinevaid plastik profiili variante. Plastik profiili eesmärk on katkestada metall-metall ühendus ukselehe sise- ja väliskülje vahel. Plastik profiil peab olema piisavalt jäik ja tugev, et kanda ukselehe massi. Sele 3.10 on näidatud profiili asetus ukselehes. Profiilid on pildil oranž ja sinine.

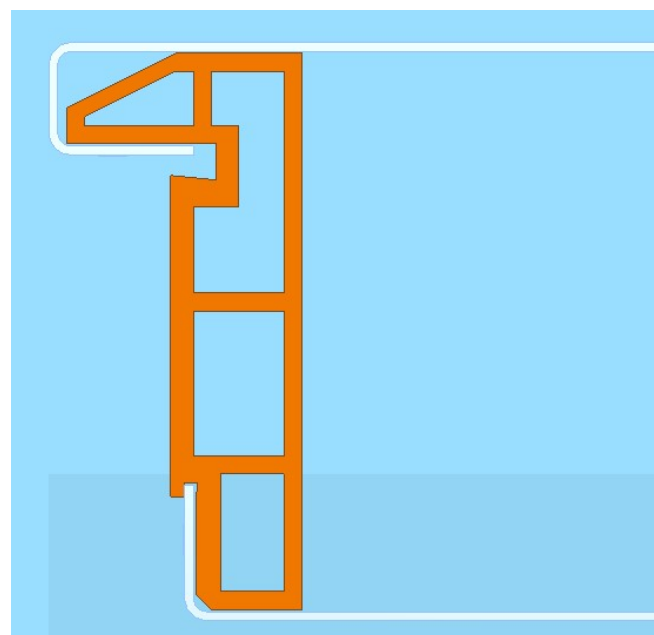


Sele 3.10 Ukselehe nurk

Et saavutada hea soojapidavus, siis sise- ja väliskülje metalli omavaheline distants peaks olema võimalikult suur. Selel 3.11 ja 3.12 vahe on selles, et 3.12 on metalli lehtede omavaheline distants suurem. See parandab mingil määral soojuslähivuse tulemust. Lisaks on profiilidel sees tühimikud. Põhjus on selles, et hoida kokku materjali ning tänu sellele on ka profiil odavam. Plastik profiili seinapaksused peaksid olema võimalikult väiksed, et saavutada parem tulemus. Tühimikud on ka sellepärast, et profiili seinapaksused on väiksed. Et säilitada profiili jäikus, siis lisasin mitmekordsed seinad. Esiolsete soojuslähivuse tulemuste saamiseks kasutan varianti 2.

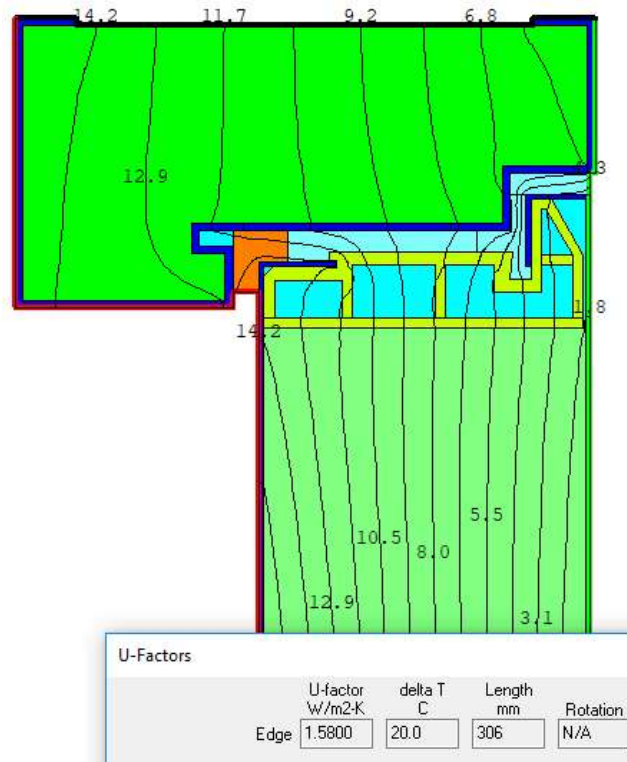


Sele 3.11 Esiolsete profiili variant 1



Sele 3.12 Esiolsete profiili variant 2

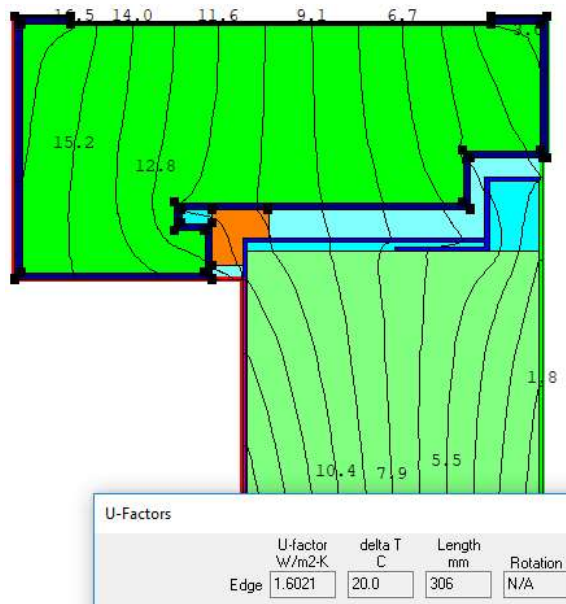
Koos külmatkestus profiiliga on ristlõike 1 soojuslähivuseks 1,58 W/(m²·K). Ilma katkestus profiilita on antud lõike tulemus 1,89 W/(m²·K). Tulemus paranes 0,31 W/(m²·K). Plastik profiiliks on antud juhul ABS. Konduktiivsus on ~0,25 W/(m·K).[10]



Sele 3.13 Esiälge profiili soojuslähivus, ristlõige 1

3.3.2 Roostevaba leng

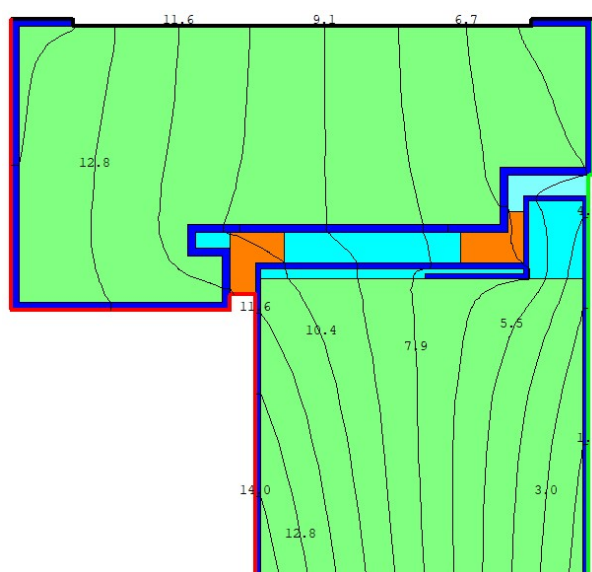
Ristlõikes 1 on asendatud tavapärase lengimaterjal (DX51DZ275) mille konduktiivsus on ~50 W/(m·K). Uueks lengi materjaliks on AISI304 mille konduktiivsus on ~17 W/(m·K). Ilma roostevaba materjalita on antud lõike tulemus 1,89 W/(m²·K). Koos roostevaba materjaliga on antud lõike tulemus 1,6021 W/(m²·K). Tulemus paranes 0,2879 W/(m²·K). [7]



Sele 3.14 Roostevaba lengiga lõige, ristlõige 1

3.3.3 Teise tihendi lisamine

Ristlõikele 1 on lisatud teine tihend. Tihendi konduktiivsus on $0,35 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Tihend on valmistatud eritellimusel ja antul juhul täpselt sama nagu esialgne tihend. Teise tihendi lisamine muudab minimaalselt soojuslähivuse tulemust. Tulemus paranes $0,002 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Reaalsuses muudab teine tihend soojuslähivust rohkem, kuna antud programmis ei ole kirjeldatud õhu läbilaskvust ümber tihendi. Probleem võib tekkida kui näiteks tihend ei ole korrektselt vastu lengi ning ukselehe pinda. Tihendi vahelt pääseb õhk liikuma siseruumist välja ja vastupidi. Sellises olukorras on abiks teine tihend mis takistab õhu liikumist rohkem.

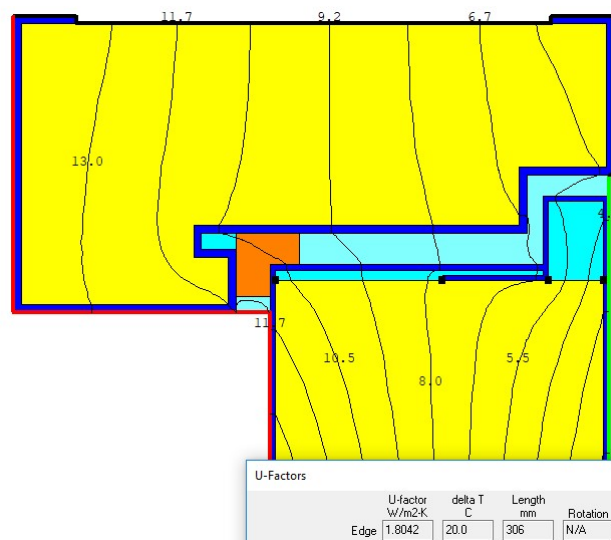


Sele 3.15 Kahe tihendiga lõige, ristlõige 1

3.3.4 Fenoolvahu kasutamine

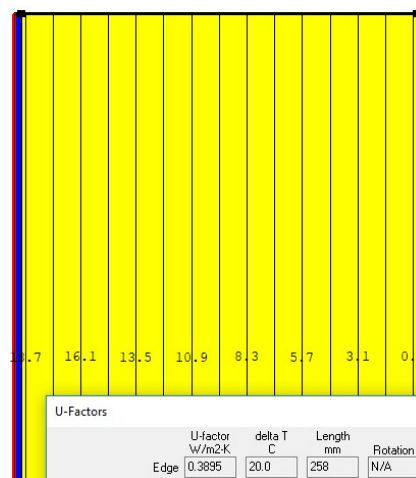
Ristlõikes 1 on asendatud lengi ja ukselehe täitematerjaliks olev vill fenoolvahuga. Kasutatava villa konduktiivsus on $0,036-0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Fenoolvahu konduktiivsus on $0,026 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. [8][9][12]

Ilma fenoolvahuta on antud lõike tulemus $1,89 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Kui asendada antud lõikes vill fenoolvahuga, siis tulemuseks on $1,8042 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Tulemus paranes $0,0858 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Fenoolvahuga lahenduse puhul toimub suurem muutus ukselehes mitte lengi ja ukselehe ühenduskohas. Põhjuseks on see, et ukselehe ja lengi vaheline ala on tunduvalt kehvema soojuslähivusega. Seoses sellega ei ole muutuse tulemust nii hästi näha. Teostan teise arvutuse ka ristlõikele 10 ehk ukselehele.



Sele 3.16 Fenoolvaht lengis ja ukselehes, ristlõige 1

Ilma fenoolvahuta on ukselehe lõike soojuslähivus $0,5249 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Kui asendada ukselehes vill fenoolvahuga, siis soojuslähivuse tulemuseks on $0,3895 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Tulemus paranes $0,1354 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.



Sele 3.17 Fenoolvaht ukselehes, ristlõige 10

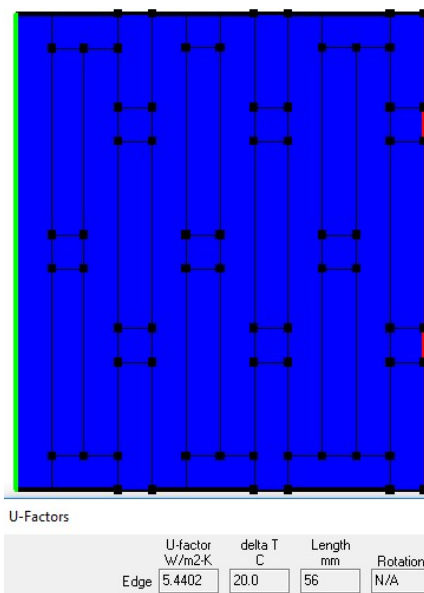
3.3.5 Perforeering lengis

Lisan ristlõike soojuslähivuse arvutusele perforeeringu. Et perforeeringu tulemus teada saada tuleb see kõigepealt eraldi läbi arvutada. Perforeeringu tegemisel on ka teatud piirangud. Suurim piirang on stantspingi templite valik. Perforeeringu geomeetria tuleb teostada nii, et oleks arvestatud olemasolevate stantspingi templitega.

Et määrata mingi kindla perforeeringu konduktiivsust, siis saab seda teostada ristkorrutisena „THERM“ abiga. Teostan algarvutused perforeeringuga mille laius on 48mm ja kõrgus 56mm. Perforeeringu laius jääb lengis samaks, kuid kõrgus muutub vastavalt ukse laiuks ja kõrgusele. Perforeeringus olevate väljalöödud avade mõõt on 4mm x 22mm. Templite omavaheline vahekaugus igas küljes on 4mm ehk templi enda laius mis on ühtlasi ka minimaalne mis võib olla, et materjali või templit ei lõhuks. Esialgsest arvutan soojuslähivuse tulemuse ilma väljalöödud avadeta metalltükile mõõtudega 48mm x 56 mm (Sele 3.18). Tulemuseks on 5,4402 W/(m²·K). On teada, et materjali konduktiivsus on 50 W/(m·K). Seejärel teostan soojuslähivus arvutuse samale metall plaadile, aga kus on avad sisse löödud. Avadega metall plaadi soojuslähivuse tulemuseks on 3,9618 W/(m²·K). Et teada saada antud perforeeritud materjali samasuurse ala konduktiivsust, siis teostan ristkorrutise saadud andmete põhjal:

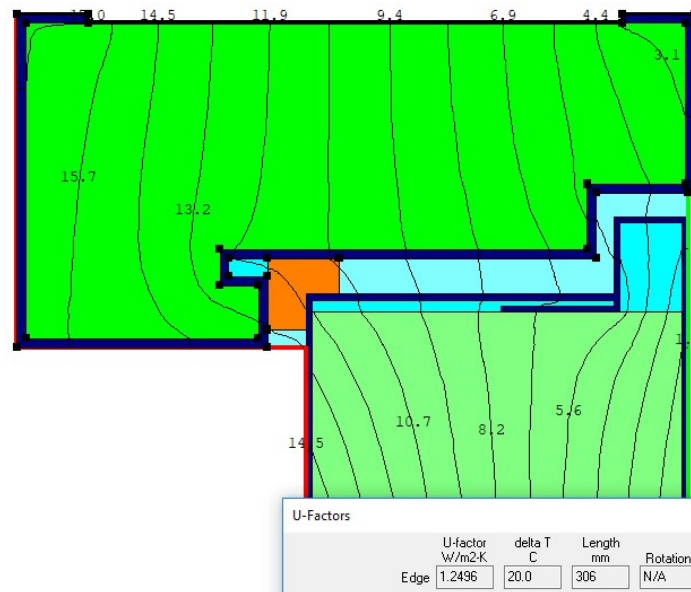
$$\frac{5,4402}{50} \times \frac{3,9618}{X} \Rightarrow X = \frac{50 \cdot 3,9618}{5,4402} \sim 36,42 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \quad (3.1)$$

Lisan teostatavale soojuslähivusarvutuse ristlõikele laiuks 48mm saadud väärtuse, et teada saada palju mõjutab antud perforeering tulemust.



Sele 3.18 Metallplaat ilma avadeta

Ilma roostevaba materjali kasutamata on antud ristlõike 1 soojuslähivuseks 1,89 W/(m²·K). Kui asendada lengi ja ukselehe materjal roostevaba materjaliga, siis soojuslähivuse tulemuseks on 1,2496 W/(m²·K). Tulemus paranes 0,6404 W/(m²·K).



Sele 3.21 Roostevaba uks, ristlõige 1

3.4 Ukse soojuslähivuse arvutamine

Eelnevalt on välja arvatud erinevate variantide puhul valitud lõigete soojuslähivused. Järgnevalt arvan saadud tulemuste põhjal terve ukse soojuslähivuse. Kuna välja ei ole arvatud iga lõike kohta eraldi, siis saan kasutada sarnaste ristlõigete puhul ühte ja sama arvutust.

Selel 3.2 on välja toodud ukse erinevad ristlõiked terve uksekomplekti tasapinna ulatuses. Peatükis 3.1.1 on välja toodud ristlõiked mis on sarnased. Seoses sellega teostan terve ukse ristlõike soojuslähivuse arvutused.

Sertifitseeritud asutuse poolt on välja arvatud erinevate ristlõigete soojuslähivuse väärtused. Nende tulemuste põhjal arvan ukse soojuslähivuse väärtused erinevate genereeritud variantidega.

3.4.1 Arvutuskäik

Kuna erinevaid ristlõikeid on kokku 10, siis tähistan iga ristlõike soojuslähivuse väärtuse. Soojuslähivuse väärtused erinevatel ristlõigetel:

$$U_1 = 1,84 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$U_2 = 2,1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$U_3 = 1,86 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_4 = 2,05 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_5 = 2,07 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_6 = 1,89 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_7 = 1,96 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_8 = 1,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_9 = 2,84 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$U_{10} = 0,529 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Pindala suurused erinevatel ristlõigetel:

$$A_1 = 0,257 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,031 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0,460 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 0,113 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 0,087 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 0,227 \text{ m}^2$$

$$A_7 = 0,027 \text{ m}^2$$

$$A_8 = 0,393 \text{ m}^2$$

$$A_9 = 0,040 \text{ m}^2$$

$$A_{10} = 1,046 \text{ m}^2$$

Kogu pindala – A = 2,68 m²

Kogu ukse soojuslähivuse teada saamiseks tuleb korrutada vastava ristlõike soojuslähivuse väärtus sama ristlõike pindala suurusega. Seejärel tuleb liita kõik erinevate ristlõigete soojuslähivuse ja pindala korrutised omavahel ning jagada ukse kogu pindalaga.

Kasutan ukse soojuslähivuse arvutamiseks valemit:

$$U = \frac{U_1 * A_1 + U_2 * A_2 + U_3 * A_3 + U_4 * A_4 + U_5 * A_5 + U_6 * A_6 + U_7 * A_7 + U_8 * A_8 + U_9 * A_9 + U_{10} * A_{10}}{A} \quad (3.2)$$

$$U = \frac{1,84 * 0,257 + 2,1 * 0,031 + 1,89 * 0,227 + 1,96 * 0,027 + 1,83 * 0,393 + 2,05 * 0,113 + 1,86 * 0,460 + 2,07 * 0,087 + 2,84 * 0,040 + 0,529 * 1,046}{2,68}$$

$$U = 1,369 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.2 Plastik profiiliga ukse soojuslähivuse arvutamine

Plastik profiiliga ukse soojuslähivuse arvutusel kasutan sama valemit mis peatükis 3.4.1. Asendan peatükis 3.3.1 saadud tulemuse algse soojuslähivuse tulemusega selles kindlas ristlõikes. Lisaks sellele on peatükis 3.3.1 arvatud välja ka tulemuse muutus, mis on 0,31 W/(m²·K). Lahutan maha tulemuse muutuse sarnastest ristlõigetest. Tulemuste vahet ei lahuta maha ristlõigetest 9 ja 10.

$$U = \frac{(1,84 - 0,31) * 0,257 + (2,1 - 0,31) * 0,031 + (1,89 - 0,31) * 0,227 + (1,96 - 0,31) * 0,027 + (1,83 - 0,31) * 0,393 + (2,05 - 0,31) * 0,113 + (1,86 - 0,31) * 0,460 + (2,07 - 0,31) * 0,087 + 2,84 * 0,040 + 0,529 * 1,046}{2,68}$$

$$U = 1,186 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.3 Roostevaba lengiga ukse soojuslähivuse arvutamine

Kasutan sama valemit mis peatükis 3.4.1. Asendan peatükis 3.3.2 saadud tulemuse algse soojuslähivuse tulemusega selles kindlas ristlõikes. Peatükis 3.3.2 on välja arvatud ka tulemuste vahe milleks on 0,2879 W/(m²·K). Lahutan maha tulemuse muutuse ristlõigetest kus on leng. Tulemuste vahet ei lahuta maha ristlõikest 10.

$$U = \frac{(1,84 - 0,28) * 0,257 + (2,1 - 0,28) * 0,031 + (1,89 - 0,28) * 0,227 + (1,96 - 0,28) * 0,027 + (1,83 - 0,28) * 0,393 + (2,05 - 0,28) * 0,113 + (1,86 - 0,28) * 0,460 + (2,07 - 0,28) * 0,087 + (2,84 - 0,28) * 0,040 + 0,529 * 1,046}{2,68}$$

$$U = 1,199 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.4 Topelt tihendiga ukse soojuslähivuse arvutamine

Topelt tihendiga ukse soojuslähivus paraneb minimaalselt. Peatükis 3.3.3 on arvatud välja tulemise paranemise suurus milleks on 0,002 W/(m²·K). Lahutan maha tulemise muutuse sarnastest ristlähigetest. Tulemuste vahet ei lahuta maha ristlähikest 10, kuna see on ukseleht kus ei ole tihendit.

$$U = \frac{(1,84 - 0,002) * 0,257 + (2,1 - 0,002) * 0,031 + (1,89 - 0,002) * 0,227 + (1,96 - 0,002) * 0,027 + (1,83 - 0,002) * 0,393 + (2,05 - 0,002) * 0,113 + (1,86 - 0,002) * 0,460 + (2,07 - 0,002) * 0,087 + (2,84 - 0,002) * 0,040 + 0,529 * 1,046}{2,68}$$

$$U = 1,368 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.5 Fenoolvahuga ukse soojuslähivuse arvutamine

Kasutan sama valemit mis peatükis 3.4.1. Lahutan maha peatükis 3.3.4 saadud tulemuste vahe kähikidest ristlähigetest. Ristlähike 10 kohta on eelnevalt mainitud peatükis arvatud eraldi tulemuste vahe. Ristlähike 10 tulemuste vahe on 0,1354 W/(m²·K). Ülejäänud ristlähigetest lahutan maha 0,0858 W/(m²·K).

$$U = \frac{(1,84 - 0,086) * 0,257 + (2,1 - 0,086) * 0,031 + (1,89 - 0,086) * 0,227 + (1,96 - 0,086) * 0,027 + (1,83 - 0,086) * 0,393 + (2,05 - 0,086) * 0,113 + (1,86 - 0,086) * 0,460 + (2,07 - 0,086) * 0,087 + (2,84 - 0,086) * 0,040 + (0,529 - 0,1354) * 1,046}{2,68}$$

$$U = 1,265 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.6 Perforeeringuga ukse soojuslähivuse arvutamine

Perforeeringu mõju teada saamiseks lahutan maha peatükis 3.3.5 saadud tulemuste vahe valitud ristlähigetest. Tulemuste vahet ei lahuta maha ukselehe ristlähikest 10, lukustuse ristlähikest 9 ning paku ristlähigetest 6 ja 7. Ristlähikest 10 ei lahuta kuna selles ristlähikes ei ole lengi. Ristlähikest 9 ei lahuta tulemuste vahet, kuna vasturaua ümber ei ole mõistlik teha perforeeringut, sest see muudab uksest sissemurdmise tunduvalt kergemaks. Ristlähigetest 6 ja 7 ei lahuta tulemuste vahet, kuna paku sisse perfo tegemine nõrgendab pakku ning see võib peale astudes kähveraks minna. Lisaks ei ole mõistlik pakku perforeeringut teha põhjusel, et sinna hakkab vesi sisse valguma. Tulemuste vahe mis lahutada tuleb on 0,0241 W/(m²·K).

$$U = \frac{(1,84 - 0,024) * 0,257 + (2,1 - 0,024) * 0,031 + 1,89 * 0,227 + 1,96 * 0,027 + (1,83 - 0,024) * 0,393 + (2,05 - 0,024) * 0,113 + (1,86 - 0,024) * 0,460 + (2,07 - 0,024) * 0,087 + 2,84 * 0,040 + 0,529 * 1,046}{2,68}$$

$$U = 1,358 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.7 Roostevabast materjalist ukse soojsläbivuse arvutamine

Roostevaba materjali mõju teada saamiseks lahutan maha peatükis 3.3.6 saadud tulemuste vahe valitud ristlõigetest. Tulemuste vahet ei lahuta maha ristlõikest 10. Ristlõikes 10 on küll materjal asendatud roostevaba materjaliga, kuid antud juhul selle tulemus on minimaalne, sest sisekülje ja väliskülje metall ei puutu kokku. Ristlõigete soojsläbivuse väärtusest lahutan maha 0,6404 W/(m²·K).

$$U = \frac{(1,84 - 0,64) * 0,257 + (2,1 - 0,64) * 0,031 + (1,89 - 0,64) * 0,227 + (1,96 - 0,64) * 0,027 + (1,83 - 0,64) * 0,393 + (2,05 - 0,64) * 0,113 + (1,86 - 0,64) * 0,460 + (2,07 - 0,64) * 0,087 + (2,84 - 0,64) * 0,040 + 0,529 * 1,046}{2,68}$$

$$U = 0,980 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

3.4.8 Soojsläbivuse tulemused

Lisaks eelnevalt arvatud erinevate variantide tulemustele on arvatud ka kombineeritud variantidega. Eesmärk on saada ukse, mõõduga 2180mm (kõrgus) x 1230mm (laius), soojsläbivuse väärtus alla 1 W/(m²·K). Selel 3.22 on välja toodud kõik läbi arvatud variandid ja kombinatsioonid. Parim tulemus on 0,728 W/(m²·K) mis on väga hea tulemus, kuid suurel tõenäosusel selline lahendus kasutusse ei lähe. Väga määravaks põhjuseks on siin toote kallis omahind.

plastik profiil	Hetkeline väärtus	x						x	x	x	x	x	x	x
RST leng			x					x	x	x	x	x		
teine tihend				x					x	x	x	x	x	x
Fenoolvaht					x					x	x	x		x
perfo lengis						x					x	x		
Terve uks RST							x					x		
Ud	1,37	1,186	1,199	1,368	1,265	1,358	0,98	0,985	0,973	0,849	0,831	0,728	1,229	1,099

	Parandab tulemust alla 0,1
	Parandab tulemust 0,1-0,2
	Parandab tulemust 0,2-0,3
	Parandab tulemust 0,3-0,4
	Parandab tulemust 0,4-0,5
	Parandab tulemust 0,5-0,6
	Parandab tulemust 0,6-0,7

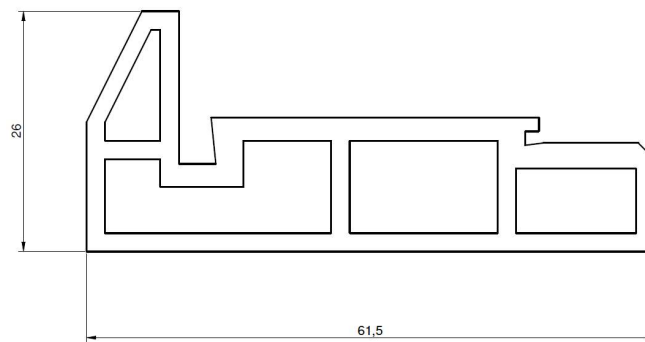
Sele 3.22 Ukse soojsläbivuse väärtused

4. ESIALGSED HINNAKALKULATSIOONID

Antud peatükis arvutan välja iga variandi hinnalisa ukse omahinnale. Hinnad on arvatud uksele suuruses 2100mm (kõrgus) x 1000mm (laius). Kasutatavad hinnad on võetud majandustarkvara andmebaasist ning küsitud ka hinnapakkumisi tarnijatelt.

4.1 Plastik profiili hinnakalkulatsioon

Hinnapakkumine on küsitud seel 4.1 olevale plastik profiilile. Materjaliks on ABS. Uue profiili töösse suunamisega tuleb juurde ka ühekordne tööriista valmistamise kulu mis on 3500 €. Antud profiili meetri hind on 5,91€. Ukse omahinna arvutamisel ei arvesta ühekordset kulu. Kui ukse kogupindala on $A = 2,1\text{ m}^2$, siis selle ukse jaoks kulub plastik profiili ~6,2m. Hinnalisa plastik profiiliga uksele on 36,65€.



Sele 4.1 Plastik profiil

4.2 Roostevaba lengi hinnakalkulatsioon

Roostevaba AISI304 materjali hinnakalkulatsioon on arvatud võrreldes tavalise ja roostevaba materjali lehe hinnavahet. Lehtmaterjali mõõt on 1,5mm x 1250mm x 2500mm. AISI304 hind sellise mõõdu korral on 78,5€. Materjali DX51DZ275 hind sellise mõõdu korral on 24,2€. Kuna ühele sellises mõõdus olevale lehele mahub 2 antud mõõdus oleva ukse lengi komplekti, siis arvutan tulemuste vahe poole lehe kohta. Hinnalisa Roostevaba lengi korral on 27,15€.

4.3 Teise tihendi hinnakalkulatsioon

Kasutatava soonetihendi meetri hind on 0,39 €. Arvutatavale uksele kulub tihendit ~6,2m. Hinnaks on 2,42€. Kuna lisatud on ka teine samasugune tihend, siis kulub uksekomplektile 12,4m tihendit ning hind on 4,84€. Hinnalisa teise tihendiga on 2,42€.

4.4 Fenoolvahu hinnakalkulatsioon

Fenoolvahu hinnapakkumine on küsitud paksusele 60mm. Fenoolvahuks on Kingspani Tarecpir 1200mm x 2600mm. Hinnaks on 11 €/m². Kivivilla hind antud mõõduga ukstel on 12,04€. Kui asendada kivivill fenoolvahuga, siis fenoolvahu hinnaks antud ukstel on 32,88€. Hinna vahe on 20,84 €. [12]

4.5 Roostevaba ukse hinnakalkulatsioon

Roostevaba ukse puhul on asendatud nii lengi kui ka ukselehe materjalid roostevaba materjaliga. Peatükis 4.2 on arvutatud roostevaba lengi hinnalisa milleks on 27,15€.

Ukselehe valmistamiseks kasutatakse kahte lehte. Materjali suuruseks on 1mm x 1250mm x 2500mm. AISI304 materjali hind antud mõõduga on 58,5€. DX51DZ275 materjali hind on 15,7€. Kuna ukselehe valmistamiseks on vaja kahte lehte, siis roostevaba ukselehe puhul on hinnalisa 85,6€. Kogu roostevaba ukse hinnalisa on 112,75€.

4.6 Hinna ja soojusjuhtivuse suhe

Järgnev tabel on koostatud põhjusel, et saada parem ülevaade kuidas parandavad erinevad variandid soojuslähivuse väärtust arvestades samal ajal ka hinda. Tabelis on välja toodud erinevate variantide lisahinna kalkulatsiooni tulemused ning soojuslähivuse väärtused. Välja on toodud ka parandamise suurus esialgselt väärtusest milleks on 1,37 W/(m²·K). Et teada saada palju on erinevate variantide hinna ja soojusjuhtivuse suhe, siis kasutan valemit:

$$X = \frac{A}{(B * 1000)} \quad (4.1)$$

Kus X – parandamise hind 0,001 W/(m²·K) kohta, €,

A – hind, €,

B – parandatud tulemuse suurus, W/(m²·K).

	HIND (€)	U väärtus (W/(m2K))	Parandab tulemust (W/(m2K))	0,001 W/(m2K) parandamise hind
plastik profiil	36,65	1,186	0,184	0,199184783
RST leng	27,15	1,199	0,171	0,15877193
teine tihend	2,42	1,368	0,002	1,21
Fenoolvaht	20,84	1,265	0,105	0,19847619
perfo lengis	0	1,358	0,012	0
Terve uks RST	112,75	0,98	0,39	0,289102564

Sele 4.2 Hinna ja soojusjuhtivuse suhe

Selel 4.2 viimasest veerust võib järeldada, et mida väiksem on väärtus seda parem on tulemus. Perforeeringu parandamise hind antud tabeli järgi on 0, aga tegelikkuses lisandub siia näiteks stantspingi tööriista kulumine või liiga pikk stantsimise aeg. Igal variandil on

omad plussid ja miinused. Kuna kõikide variantide lisamine tulevasele uksetüübile oleks liiga kulukas, siis valin välja 3 varianti mis tunduvad kõige paremini teostatavad ning on ka hinna ja soojusjuhtivuse suhtearvutuse põhjal paremad valikud.

Üks kindel valik on roostevaba lengi lisamine uksele, sest selle hinna ja soojusjuhtivuse suhe on kõige parem. Lisaks on seda ka lihtne teostada.

Teine kindel valik on plastik külmatakkestus profiili lisamine ukselehe perimeetrile. Profiili kuju väljatöötamisel on väga palju võimalusi ning see lisab paindlikkust erinevate ideede jaoks.

Kolmandaks valikuks on teine tihend. Teise tihendi lisamine ei ole kulukas. Kui kindel valik on plastik profiil, siis on tunduvalt lihtsam projekteerida plastik profiili sisse soont kus tihend hakkab asetsema. Soojusjuhtivuse poolest eelnevalt tehtud arvutused ei näita, et tihend väga muudaks soojusjuhtivust paremuse poole, kuid tehtud arvutused ei arvesta reaalseid olukordi nagu näiteks õhu liikuvus. Tihendi üks peamisi ülesandeid on takistada õhu liikuvust läbi ukse.

Fenoolvahul on küll hea soojusjuhtivuse ja hinna suhte tulemus, kuid ukse koostamisel hakkab tekitama see palju ajakaotust. Fenoolvaht ei ole kokku surutav nagu vill ning tänu sellele tuleb ukselehe ja lengi sisse paigaldatavad fenoolvahu tükid lõigata väga täpselt.

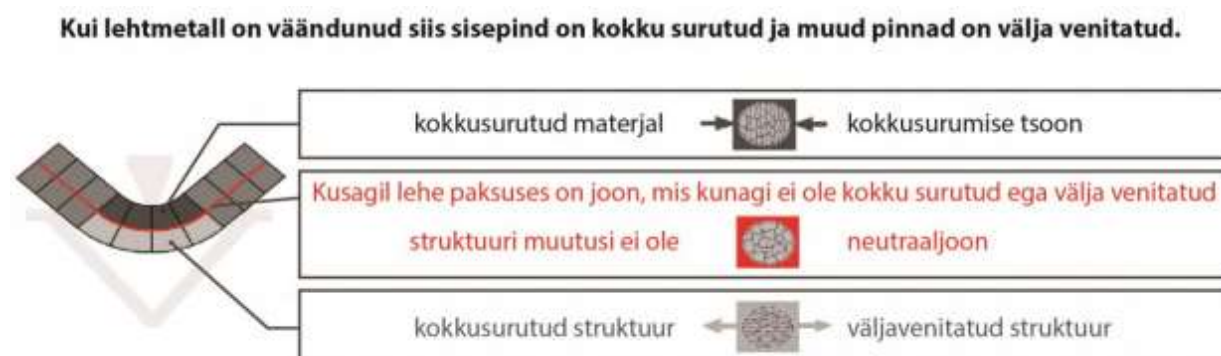
Terve ukse roostevabast materjalist tegemine on liiga kulukas.

Perforeeringute teostamine parandab minimaalselt soojusläbivust ning lisaks sellele tekitab see probleeme ka veepidavusega.

5. KATKESTUSPROFIILI PROJEKTEERIMINE

Eelnevalt on kirjeldatud 6 erinevat lahendust kuidas muuta ukse soojuslähivust paremaks. Antud peatükis on täpsemalt kirjeldatud milliseid konstruktsioonilisi või tehnilisi muutuseid selliste lahenduste lisamine ukse projekteerimisel ja konstrueerimisel kaasa toob. Viie variandi puhul on teostus suhteliselt lihtne ning ei nõua palju muudatusi esialgses konstruktsioonis. Suurem konstruktsiooniline muutus tuleb teostada, kui on soov lisada katkestusprofiil ukselehe sise- ja väliskülje vahele. Eelnevas peatükis on välja valitud 3 soojapidavust parandavat lahendust. Nendeks on roostevaba leng, teine tihend ning katkestusprofiil.

Roostevaba materjali puhul on erinevus minimaalne. Konstruktsioon jääb samaks. Erinevus tuleb sisse painutamisel, sest olenevalt materjalist muutub ka Neutraaltasapind. Kui detaili sisemine külg surutakse kokku ja väliskülge venitatakse. Sise- ja väliskülje keskel asub tasapind, mida ei suruta kokku ega venitata pikemaks. Seda kutsutakse neutraaltasapinnaks või neutraaljooneks. Seoses eelnevaga tuleb materjali pinnalaotuse laiust muuta vastavalt neutraalfaktorile.[13]



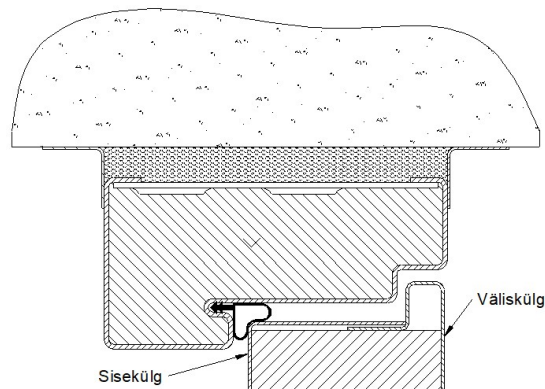
Sele 5.1 Neutraaljoon [13]

Teise samasuguse tihendiringi lisamisel tuleb tekitada lengi või ukselehte samasugune tihendipilu nagu näidatud seel 2.2. Kuna välja on valitud ka plastik profiiliga lahendus, siis teise tihendipilu projekteerimine seostub plastik profiili projekteerimisega. Teise tihendipilu soon hakkab asetsema või tekitatakse katkestus profiili abil.

Katkestus profiili projekteerimine nõuab kõige suuremaid konstruktsioonilisi muutusi ukselehes. Eesmärk on katkestada metall-metall ühendus ukselehe sise- ja väliskülje vahel ning ühendada need omavahel plastik profiiliga. Eesmärk on kinnitada plastik profiil ukselehtede külge liimi ja ukselehes oleva erivenitus lahenduse või tagasipainutuse teel.

5.1 Liitmis tehnoloogia

Liitmistehnoloogia abil on eesmärk positsioneerida ning kinnitada plastik profiil ukselehe väliskülje külge ning hiljem ka ukselehe sisekülje külge. Põhjus miks eelevalt kinnitub plastik profiil väliskülje külge seisneb selles, et ukselehe täitematerjal liimitakse väliskülje sisse. Samuti keevitatakse ka kõik ukselehe sees olevad detailid väliskülje külge. Kui kõik detailid ja materjalid mis peaksid ukselehe sisse käima on väliskülje sisse lisatud, siis kaetakse see siseküljega. Arvestan eelnevalt mainitud koostamisprotsessiga ning projekteerin ukse nii, et koostamisprotsess oleks võimalikult sarnane.



Sele 5.2 Ukselehe lõige

5.1.1 Lehtmetalli venituse

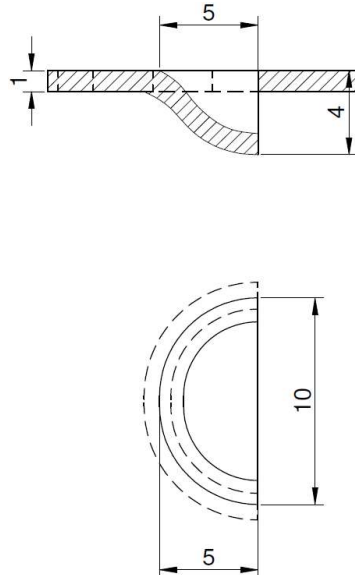
Lehtmetalli stantsitud venituse abil (sele 5.3) on võimalik plastik profiili kinnitada, lukustada või positsioneerida ukselehe külge. Antud venituse teostamiseks on vaja hankida stantspingi eritööriist. Venituse teostamine lehtmetaille seab ka mõningad piirangud painutamiseks. Venitus ei tohi jääda liiga painde lähedale, kuna sellisel juhul võib painutuse teostamine venituse tagasi kokku suruda või lihtsalt ära muljuda.



Sele 5.3 Venitus [14]

Stantspingile on tellitud tööriist mis teostab venitust nagu on näidatud seel 5.4. Antud tööriista peab ka reaalses olukorras katsetama, kuna reaalse venituse tulemus võib olla teiste gabariit mõõtudega. Määravaks on siin nii materjali tüüp, materjali paksus kui ka

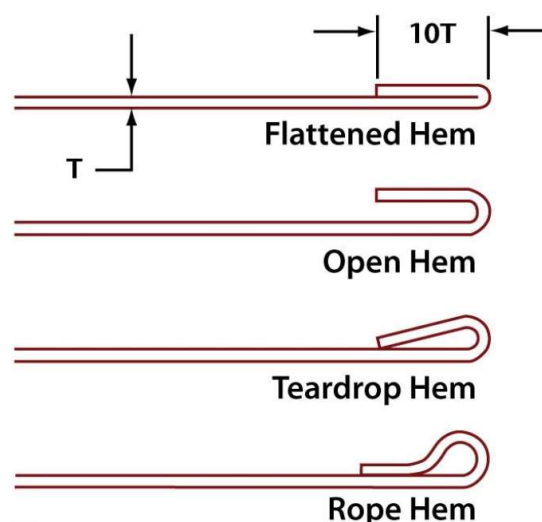
stantspingi eripära. Lisaks tuleb ka reaalse toote peal katsetada millise sammuga antud venitused ukselehe servas peaksid olema. Kui venitusi teostada liiga palju, siis see võib olla koormav stantspingile ning võib tekitada rohkem probleeme painutamisel. Kui venitusi on liiga vähe, siis profiil ei pruugi olla piisavalt jäigalt ukselehtede vahel.



Sele 5.4 Venituse mõõtmed

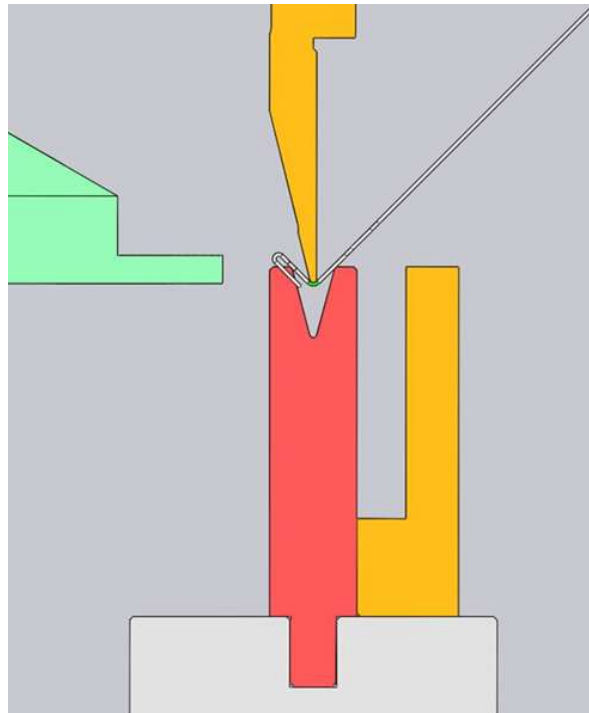
5.1.2 Tagasipaine

Tagasipainde teostamine ukselehe lehtmetsalli servadesse võimaldab plastikprofiilil kinnituda erinevaid lahendusi kasutades tagasipainde serva taha. Tagasipainde variante on mitmeid, kuid siinkohal tuleb arvestada, olemasolevate painutuspinkide eripära ning võimekust, milliseid paindeid on võimalik teha.



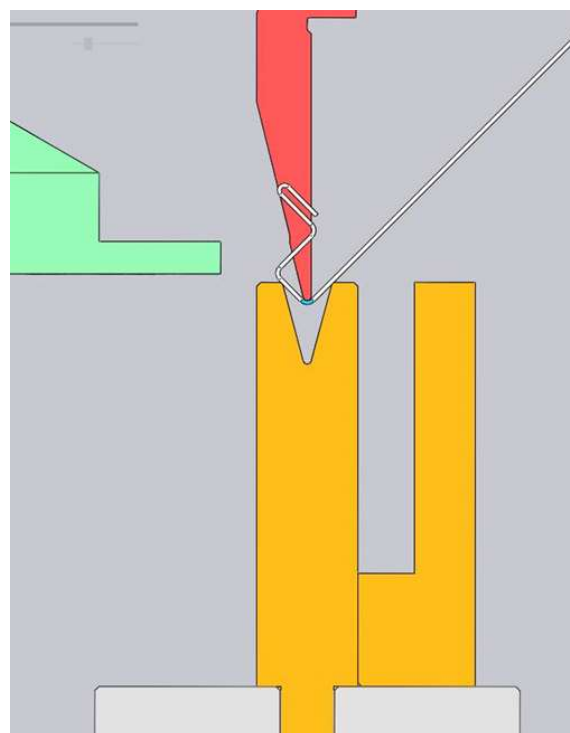
Sele 5.5 Tagasipainde variandid [15]

Tagasipaine ei tohi olla lähedal järgmisele paindele. Tagasipaine ei tohi jääda matriitsi peale nagu näidatud seel 5.6.



Sele 5.6 Tagasipainde painutuse simulatsioon

Eesmärk painutamises on teha kõik painded ühe seadistusega, kuna teise tera külge panek on ajamahukas ning vähendab tootmismahu. Seel 5.7 on näidatud, et antud detaili ei saa painutada ning tuleb teha kaks seadistust.



Sele 5.7 Painutuse simulatsioon

5.2 Kasutatavad painutuspingid

5.2.1 Painutusrobot Prima Power Express Bender

Peamiselt painutatakse robotiga suuremaid detaile. Väiksemaid detaile painutatakse robotiga ainult juhul kui väikeste samasuguste detailide hulk on suurem. Suureks probleemiks on suurte ukselehtede painutamine käsipainutus pingis. Käsipainutus pingis peab ühe ukselehe painutamiseks olema 2 operaatorit. Seoses sellega toimubki enamuse ukselehe detailide painutamisest Prima Power Express Benderil. Painutusroboti maksimaalne paindepikkus on 2650mm ja minimaalne paindepikkus on 350mm. Kuna esineb uksi mille ukselehe detailid ületavad antud masina maksimum paindepikkust, siis tuleb suuremate uste detailide painutused teostada käsipainutuses.



Sele 5.8 Painutusrobot Prima Power Express Bender [16]

5.2.2 Amada HFE 130/3

Hetkel toimub suurim maht painutusprotsessist painutuspingil Amada HFE 130/3. Et detaili painutus toimuks õigesti, siis peab painutuspingi operaator valima/leidma arvutist õiged joonised ja sellele vastava programmi painutuspingist. Painutusprotsessi suurim praagi protsent võrreldes teiste tootmisprotsessidega tuleb sellest, et enamuse detaile on võimalik valmistada ka peegelpildi. Peegelpilt tuleneb sellest, kas üks valmistatakse vasakule avanevaks või paremale avanevaks. Praaki tekitab ka põhidetailide suurem mass ja pindala mis teeb painutamise raskemaks ja ebatäpsemaks.



Sele 5.9 Painutuspink Amada HFE 130/3 [17]

5.3 Katkestusprofiili variandid

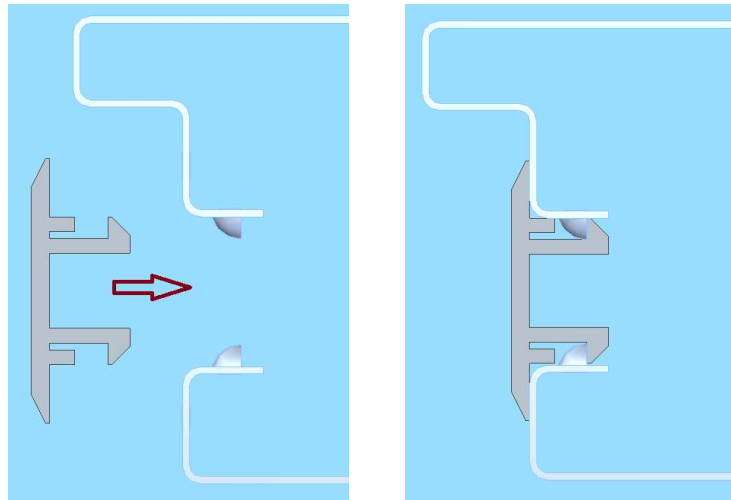
Antud peatükis genereerin erinevaid külmatkestus plastik profiili variante. Iga variandi kohta on välja toodud mis on konkreetse profiili miinused ja plussid. Igal variandi piltidel on näidatud 3 detaili: ukselehe väliskülg mis on piltidel üleval, ukselehe sisekülg mis on piltidel all ning plastik profiil. Mudelid on konstrueeritud Solid Edge tarkvaraga. Disainitud profiilide geometriad on genereeritud tehnoloogiliste erinevuste ja teostuserinevuste eesmärgil. Välja valitud variandid/variandi geometria muutub suurel tõenäosusel arendustegevuse käigus.

5.3.1 Variant 1

Selel 5.10 on näidatud kuidas asetseb ukselehes antud profiil. Profiili plussiks on see, et profiili saab kinnitada ukselehe perimeetrile peale ukselehe koostamist. See tagab selle, et ukselehte saab värvida koostatult ning hetkelises tootmisprotsessis ei ole vaja muudatusi sisse viia.

Profiili miinuseks on venituste asukoht. Eesmärk on painutada ukselehti ka automaat painutuspingil. Antud olukorras ei ole see võimalik, sest venitused jääksid alla ehk vastu automaatpainutuse harjaslauda. Seoses sellega ei ole võimalik detaili positsioneerida, sest ukseleht jääb harjaste külge kinni ning võib lõhkuda ka painutuspink.

Teiseks suuremaks miinuseks on see, et profiil ei hoiaks kahte ukselehte. Profiil hoiab ainult kahe ukselehe vahelist miinimum distantssi. Kuna ukseleht on täidetud isolatsioonimaterjaliga suhteliselt tihedalt, siis ukselehed üritavad üksteisest eemale hoida mida antud profiil ei takista.

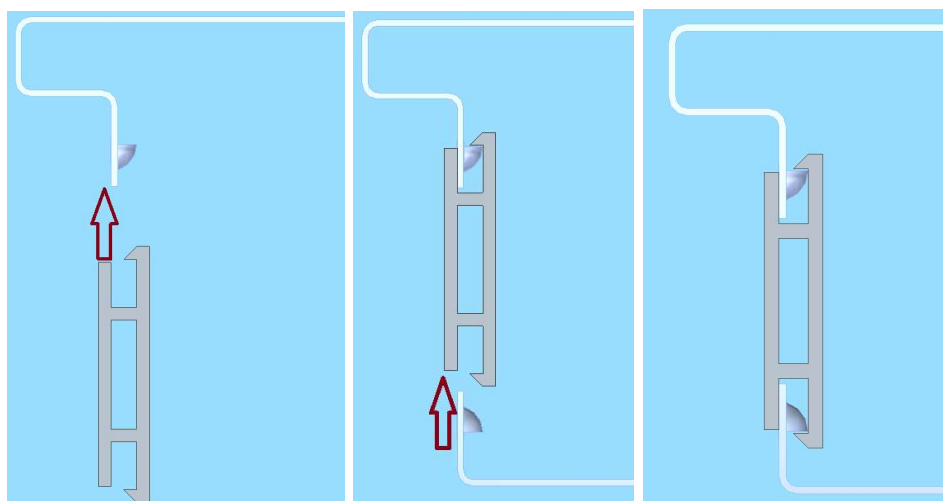


Sele 5.10 Variant 1

5.3.2 Variant 2

Selel 5.11 on näidatud variant 2 paigaldamise järjekord. Esmalt kinnitub profiil väliskülje külge ja seejärel kinnitatakse ukselehe sisekülg profiili külge. Ukselehed lukustavad venituse abil plastik profiili külge. Plastik profiilile on disainitud painduvad nagad. Surudes profiili vastu ukselehe venitust painduvad profiili olevad nagad venitusest eemale kuni naga ots venitusest möödab on ning tagasi paindub. Detailid lukustuvad omavahel.

Antud profiili plussiks on vähene materjali kulu ning profiili lihtsus. Profiili miinuseks on ukselehe koostamise keerukus. Sellise profiili puhul ei ole profiilil tugipinda mis positioneeriks profiili ukselehe väliskülje välispinnaga ristuvalt. Profiili suureks miinuseks on asjaolu, et sellise lahenduse korral tuleb muuta ka ukselehe tootmisprotsessi. Põhjus on selles, et profiil ei pea vastu pulbervärvi ahjus kus on $\sim 200^{\circ}\text{C}$. Ukseleht tuleb koostada 2 korda. Esimesel korral tuleb teostada kõik keevitusprotsessid. Seejärel uks värvida ning peale värvimist ukse küljed täita isolatsioonimaterjaliga ning omavahel kokku liita.

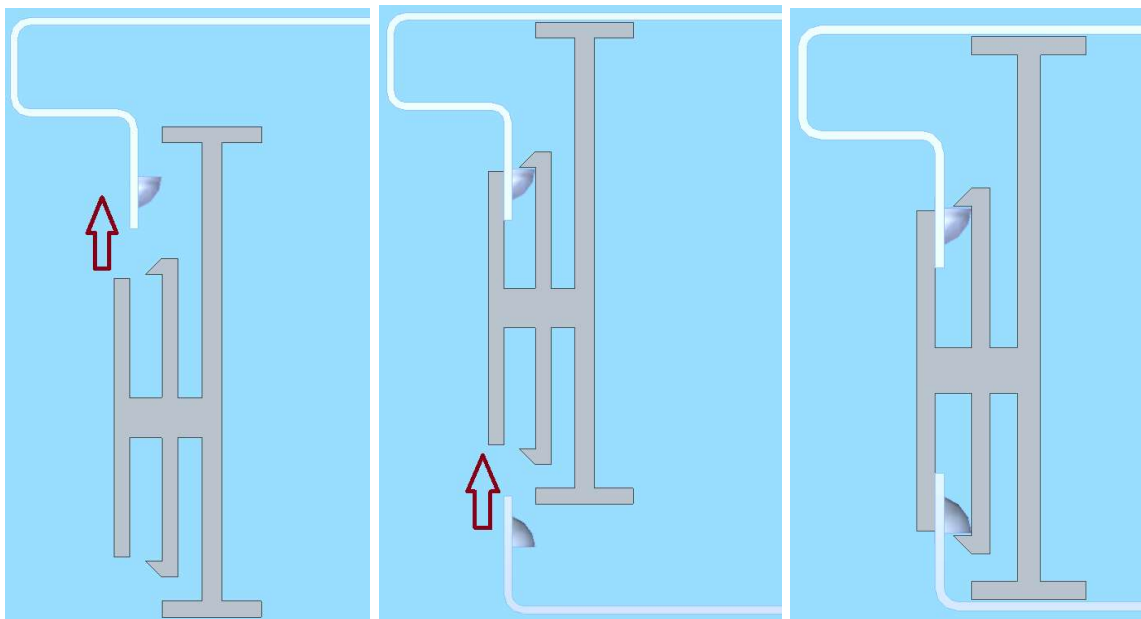


Sele 5.11 Variant 2

5.3.3 Variant 3

Selel 5.12 on näidatud variant 3 koostamise järjekord. Esmalt kinnitub profiil väliskülje külge ja seejärel kinnitatakse ukselehe sisekülg profiili külge. Ukselehed lukustavad venituse abil plastik profiili külge. Plastik profiilile on disainitud painduvad nagad. Surudes profiili vastu ukselehe venitust painduvad profiili olevad nagad venitusest eemale kuni naga ots venitusest möödab ja tagasi paindub. Detailid lukustuvad omavahel.

Profiili eeliseks on distantsi hoidmine ukselehtede vahel. Profiili negatiivseks omaduseks on suur materjali kulu. Lisaks ei ole profiil kompaktne. Väliskülje servadele jääb palju raskesti isolatsioonimaterjaliga täidetavat ala.

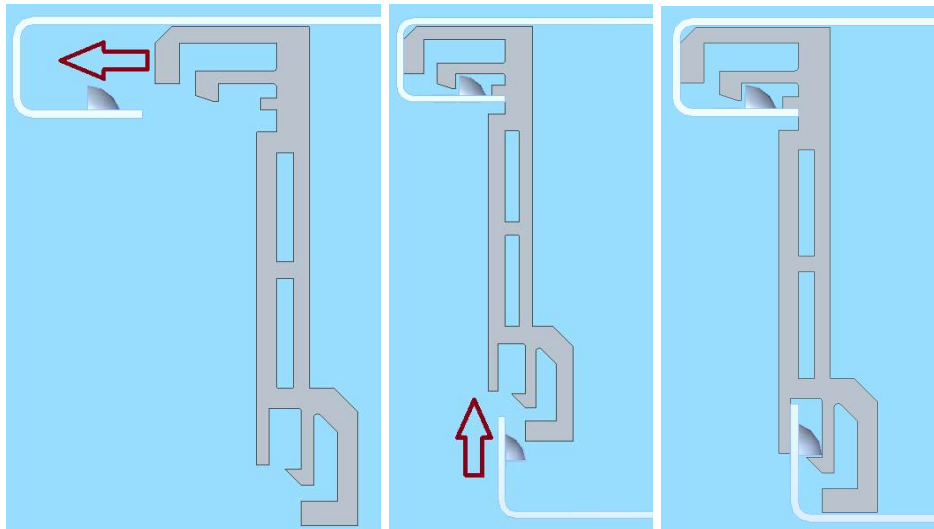


Sele 5.12 Variant 3

5.3.4 Variant 4

Selel 5.12 on näidatud variant 4 koostamise järjekord. Esmalt kinnitub profiil väliskülje külge ja seejärel kinnitatakse ukselehe sisekülg profiili külge. Ukselehed lukustavad venituse abil plastik profiili külge.

Profiili positiivseks omaduseks on selle hea positsioneeritavus. Profiil toetub ukselehe välisküljele kinnitades kolmele küljele ning hoiab profiili õiges asendis. Lisaks toetub profiil ka sisekülje pinnale ning hoiab ukselehtede omavahelist distantsi. Profiili negatiivseks omaduseks on suurem materjali kulu.

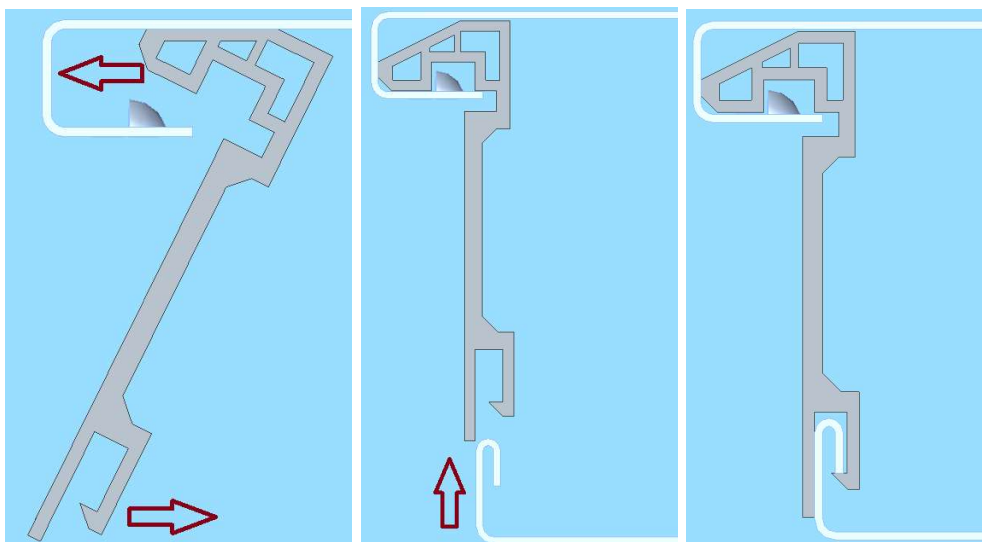


Sele 5.12 Variant 4

5.3.5 Variant 5

Selel 5.13 on näidatud variant 5 koostamise järjekord. Esmalt kinnitub profiil väliskülje külge ja seejärel kinnitatakse ukselehe sisekülg profiili külge. Ukselehed lukustavad venituse abil plastik profiili külge.

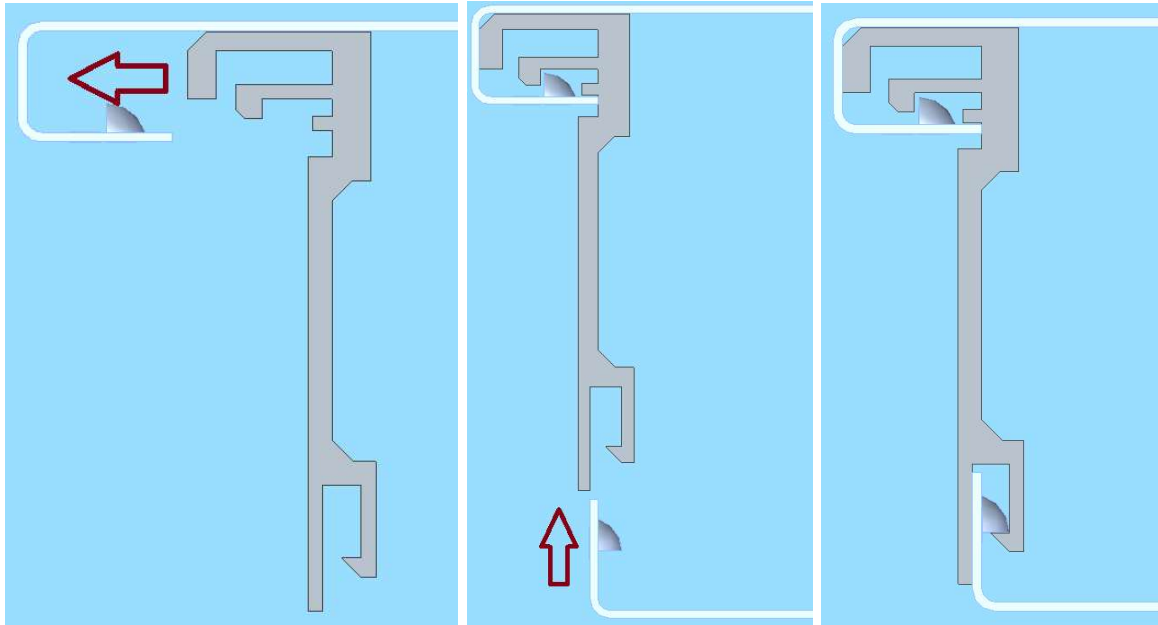
Profiili positiivseks omaduseks on vähene materjali kulu. Profiil toetub ukselehe välisküljele kinnitades kolmele küljele ning hoiab profiili õiges asendis. Negatiivseks omaduseks on profiili töökindlus ja vastupidavus. Väliskülje külge kinnituv osa on suhteliselt õhuke ning võib kinnitusest lahti tulla, aga vastupidavuse omadust saab arenduse käigus parandada.



Sele 5.13 Variant 5

5.3.6 Variant 6

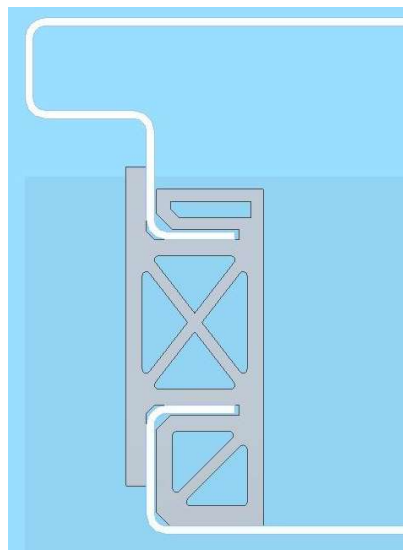
Selel 5.14 on näidatud variant 6 koostamise järjekord. Esmalt kinnitub profiil väliskülje külge ja seejärel kinnitatakse ukselehe sisekülg profiili külge. Ukselehed lukustavad venituse abil plastik profiili külge. Variant 6 on kombineeritud variantidest 4 ja 5.



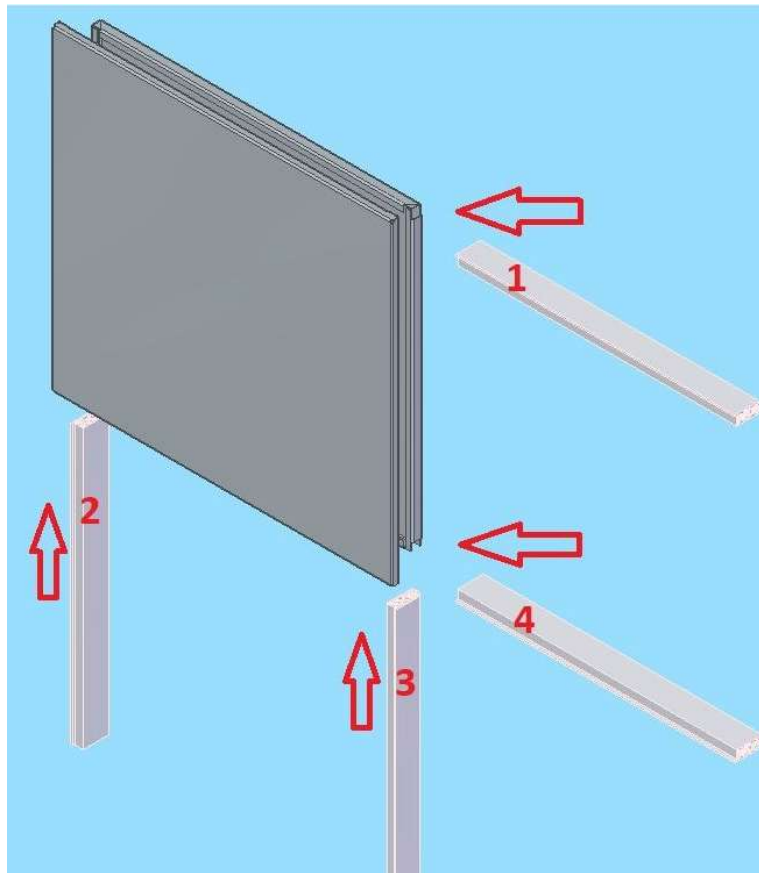
Sele 5.14 Variant 6

5.3.7 Variant 7

Selel 5.15 on näidatud variant 7 profiili kuju. Antud lahendusel ei ole kasutatud profiili kinnitamiseks tagasipainet ega venitust. Ukselehe nurkades on sisselõiked kust profiili saab kahe ukselehe vahele lükata ja nii ukсед omavahel ühendada. Profiilide ühendamise järjekord on näidatud seel 5.16.



Sele 5.15 Variant 7



Selel 5.16 Variant 7 koostamine

Selel 5.16 on näidatud profiilide koostamise järjekord. Esmalt täidetakse ukselehe väliskülg isolatsioonimaterjaliga. Seejärel tõstetakse peale ukselehe sisekülg. Ühendatakse ukselehe ülaserivad profiiliga 1 näidatud selel 5.16. Peale ülaosa ühendamist ühendatakse ukselehed küljed profiilidega 2 ja 3. Viimaks ühendatakse ukselehe alaserivad profiiliga 4. Profiil 4 on servast servani ja ei lase külgmistel postidel ukselehtede vahelt välja nihkuda. Profiilide kinnitamiseks kasutatakse ka liimi.

Profiilide positiivseks omaduseks on väga hea kinnitumise jäikus. Ukselehed on tugevalt omavahel ühendatud. Negatiivseks omaduseks on ukselehe koostamise keerukus. Isolatsioonimaterjali paigaldades tuleb väga täpselt jätta ruumi, et oleks võimalik profiile kinnitada ukselehtede vahele.

5.4 Välja valitud variantide koostejoonised

Eelnevalt loetletud ja projekteeritud variantidest teostatakse ukselehe koostu mudelid ja koostejoonised välja valitud 3 variandi puhul. Eesmärgiks on paremini mõista erinevate profiilidega ukse konstruktsiooni plüsse ja miinuseid tootmiseks. Variantid millest teostatakse mudeli koostud ja koostejoonised on 2, 5 ja 7. Variant 2 eelis teiste profiililahenduste ees on vähene plastiku kulu. Teostan variant kahest omakorda 2 varianti, üks venitustega ja teine tagasipainetega. Variant 5 lahenduse eelis on hea

positsioneeritavus ning samal ajal ka suhteliselt vähene materjali kulu. Variant 7 katsetuse põhjuseks on reaalses olukorras proovida kui keeruline selle koostamine oleks. Koostamise käigus tuleb jätta ukselehe servadesse tühimikud, et hiljem profiilide lisamisel kivivill takistuseks ei jääks. Kui variant 7 koostamine ei ole probleem, siis antud variant oleks kõige töökindlam, sest ülejäänud profiilidega võrreldes on selline lahendus kõige jäigemalt kinnitatud. Lisaks ei peaks variant 7 puhul kasutama ka eritööriista ehk venitust ning tehnoloogiliselt raskemat painutust ehk tagasipainet. Profiilide prototüübid teostatakse 3D printimise teel.

6. Venitustööriista seadistamine

Selel 6.1 on näidatud tööriista tarnija poolt saadetud venituse näidis. Tööriista valmistaja ei suutnud teostada sellist venitust nagu on näidatud selel 5.4. Venitus on madalam, joonisel 4mm kõrgus, reaalselt on võimalik 3,7mm. Järgnevalt tuleb teostada tööriista seadistamine Saku Metallis kasutataval stantspingil.



Sele 6.1 Venituse näidis

Tööriista seadistamise algfaasis tuleb kõigepealt JETCAM tarkvaras ära kirjeldada antud venituse geomeetria. Kuna stantspingil korraga kasutatavate tööriistade arv on piiratud, siis tuleb asendada uus venitustempel sellise templiga mis ei muuda oluliselt olemasolevaid JETCAM õpetusi. JETCAM-i on sisestatud erinevad õpetused tänu millele programm saab aru detaili kontuurist ning paigutab templid peale automaatselt. Asendatud sai uus tempel 30 mm x 6 mm ristkülik templiga.

Tööriista seadistamise käigus teostati stantsimisprotsess kolm korda, et tulemus oleks rahuldav. Selel 6.2 on näidatud esimene katsetus. Esimesel katsetusel tööriista ei muudetud, oli nii nagu tarnijalt tuli. Teise katsetuse käigus keerati tööriistale sügavust juurde. Venituse kõrguseks 1,7mm. Selline tulemus ei ole rahuldav. Kolmanda katsetuse käigus keerati tööriistale sügavust veel juurde. Venituse kõrguseks 3,5mm. Sellise tulemusega saab rahule jääda. Venituse kõrgus on piisav ning projekteerimisel on mõõt 3,5mm mugavam kui 3,7mm.



Sele 6.2 Venituse katsetus 1



Sele 6.3 Venituse katsetus 2



Sele 6.4 Venituse katsetus 3

7. TOOTMISPROTSESS

Antud peatükis on lahti kirjeldatud mis mõju avaldab tootmisprotsessile plastik profiili lisamine ukse konstruktsioonile. Lisaks plastik profiilile ukselehes on uuel uksetüübil ka roostevabast materjalist leng ning teine tihendiring. Uuest materjalist leng ning teine tihendiring tootmisprotsessi ei mõjuta.

7.1 Hetkeline tootmisprotsess

Tootmisprotsess algab projektijuhtidest kes vastavalt kliendi soovidele ukсед majandustarkvaras ära kirjeldavad. Lisaks sellele valivad projektijuhid ka toodete valmistamise kuupäevad vastavalt sellele kus on veel tootmismahud puudu.

Kui projektijuhid on ukсед töösse suunanud, siis järgmiseks etapiks on tootmise ettevalmis osakond. Antud osakond koosneb CAD/CAM inseneridest kes prindivad välja projektijuhi poolt sisestatud andmetega tootespetsid. Arendusosakond on välja töötanud CAD/CAM inseneride jaoks Excelli tabelid mis genereerivad vastavalt erinevatele mõõtudele ja lahendustele ukседetailide Solid Edge mudelid. CAD/CAM insenerid kasutavad arendusosakonna poolt välja töötatud tabelit ning genereerivad Solid Edge mudelid ning teevad nendest pinnalaotused DXF formaadis. DXF-faile kasutatakse JETCAM programmis kuhu on sisestatud stantspingi kõikide templite parameetrid. JETCAM-is teostatakse detailide NC koodid stantspingi jaoks.

Järgnevalt viiakse välja prinditud programmid stantspinki. Välja prinditud lehtedel on visuaalselt näha kuidas detailid peavad lehel asetsema, mis on programmi nimi ja milline materjal valida. Laserpinki ei ole, aga kui on olukordi kus stantspink ei suuda vajalikku geometriat või materjali töödelda, siis tuleb laserlõikus teenust osta. Laserlõikust teostatakse paljude pooltoodete puhul mille materjali paksus on üle 2mm.

Peale stantsimist suunatakse välja löödud lehed painutusse. Enamjaolt ukselehe painutus teostatakse automaatpainutuses ja lengi painutus kantpingil. Pooltoodete ja lisadetailide painutus teostatakse samuti kantpingil.

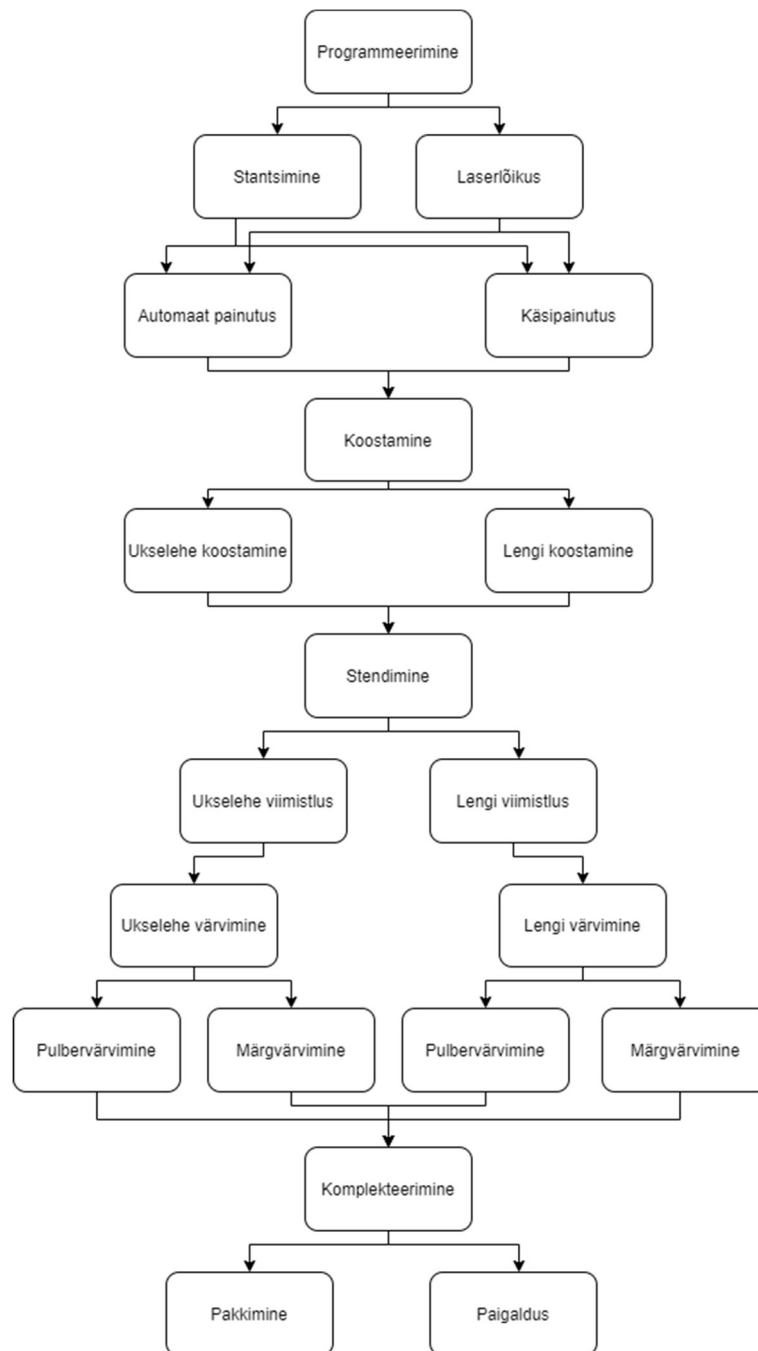
Koostamisprotsessis koostatakse ukselehed ja lengid eraldi. Peale koostamist kontrollitakse stendis ukseleht ja leng korraga.

Peale uksekomplektide kontrollimist liiguvad ukсед viimistlusse. Viimistluse käigus detailid lihvitakse ja poleeritakse, et minimaliseerida eelnevates etappides saadud kahjustused.

Kui ukсед on viimistletud, siis liiguvad need edasi värvimisse. Enamus ukсед värvitakse pulbervärviga. Pulbervärv on kordades odavam, värvimisprotsess kiirem ning kvaliteet parem.

Peale värvimist ukсед komplekteeritakse. Komplekteerimise käigus paigaldatakse tihendid, lukud, riivid, aknad, sulgurid jne...

Kui ukсед on komplekteeritud, siis ukсед kas pakitakse või paigaldatakse. Kui on ostetud ka ettevõtte poolne paigaldus, siis uksti ei pakita.



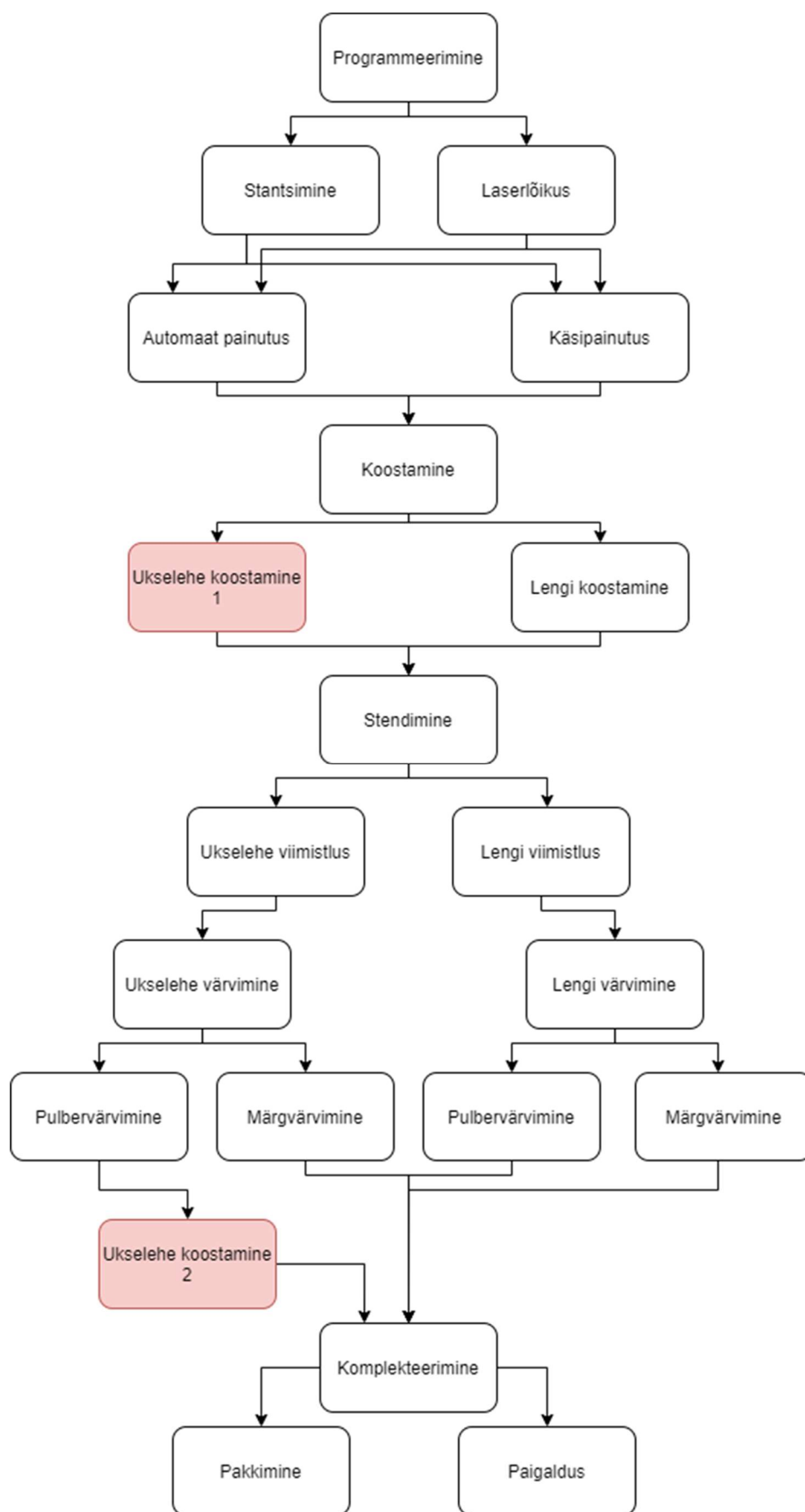
Sele 7.1 Hetkeline tootmisprotsess

7.2 Uus tootmisprotsess

Uue konstruktsiooniga ukse puhul tuleb välja töötada uus tootmisprotsess. Määravaks põhjuseks on plastik profiili lisamine ukse konstruktsioonile. Kuna plastikud enamjaolt ei pea vastu 200°C juures, siis ei ole võimalik ukselehti pulbervärvi liinil värvida, sest peale pulbervärvimist peavad ukсед olema umbes pool tundi ahjus, et pulbervärv detailide pinnal sulaks ühtlaseks.

Ukselehe koostamiseks tuleb teostada kaks koostamise etappi. Esimene etapp asetseb samal kohal nagu esialgses tootmisprotsessis. Erinevus tuleb sisse sellest, et koostamise käigus teostatakse ainult lisadetailide keevitused ukselehe külge. Teises ukselehe koostamise etapis liimitakse ukselehe sisse isolatsioonimaterjalina kasutatav kivivill ja peale seda ühendatakse omavahel ukselehe sise- ja väliskülg.

Suureks ohuks sellise koostamise juures on asjaolu, et ukсед on juba värvitud ning ukselehe koostamine tuleb teha väga ettevaatlikult, et värvikiht kahjustada ei saaks. Selline tootmisprotsessi muudatus nõuab ka uute tööseadmete soetamist. Näiteks tuleks eraldada laudad kus peal ukсед koostatakse peale värvimist nendest laudadest kus ukselehed koostatakse ühe etapina. Põhjuseks on, et laudad peavad olema puhtad ning seal ei tohi olla metallipuru või keevitus pritsmeid mis võiks värvikihti kahjustada.



Sele 7.2 Tootmisprotsessi muutus

8. PROTOTÜÜBI VALIK

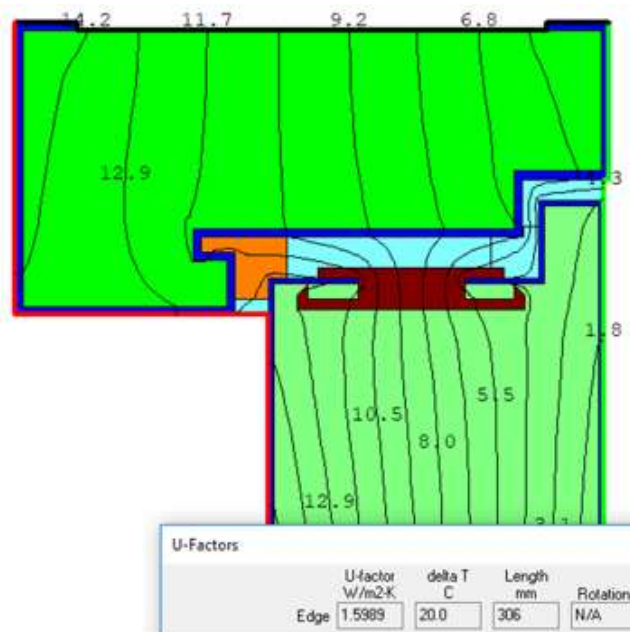
Peatükis 5.4 sai välja valitud profiilide variandid 2, 5, 7. Variandi 2 puhul omakorda 2 varianti (üks venituslahendusega ja teine tagasipainet kasutades). Teostan valitud variantide soojuslähivuse arvutused ning profiilide hinnakalkulatsioonid. Hindan kõiki saadud tulemusi ning valin välja millise variandi puhul teostada füüsiline ukselehe prototüüp.

8.1 Valitud profiilide soojuslähivuse arvutused

Teostan iga valitud variandiga soojuslähivuse arvutused ristlõikes 1 (Sele 3.2). Peatükis 3.1.1 on välja toodud sarnaste ristlõigetega arvutamise meetod. Ristlõike 10 tulemus ei muutu, sellega arvutust ei teosta. Ristlõike 9 tulemus muutub minimaalselt ning ka sellega ei teosta arvutust. Hetkel kasutatava konstruktsiooni ristlõike 1 soojuslähivuse tulemuseks on $1,89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ning ukse enda soojuslähivuse väärtuseks on $1,37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Antud tulemused vastavad ukse mõõdule (2180mm x 1230mm).

8.1.1 Variant 2 soojuslähivus

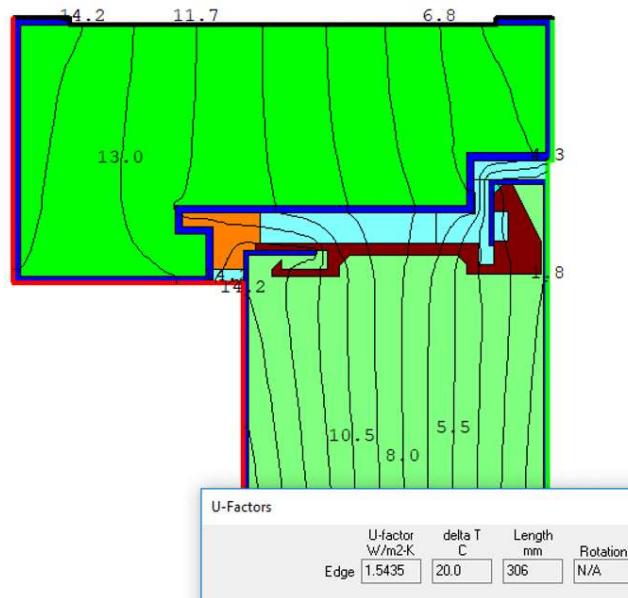
Antud variandi ristlõike 1 soojuslähivuse väärtuseks on $\sim 1,599 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tulemus paranes $0,29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Lahutan maha tulemuse muutuse sarnastest ristlõigetest peatüki 3.4.1 valemi põhjal. Selle profiiliga ukse U väärtus on $1,197 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Sele 8.1 Variant 2, ristlõige 1

8.1.2 Variant 5 soojuslähivus

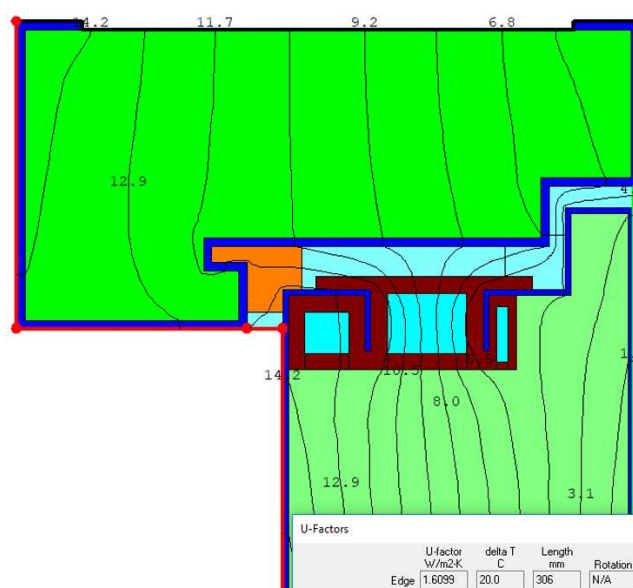
Antud variandi ristlõike 1 soojuslähivuse väärtuseks on $\sim 1,544 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tulemus paranes $0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Lahutan maha tulemuse muutuse sarnastest ristlõigetest peatüki 3.4.1 valemil põhjal. Selle profiiliga ukse U väärtus on $1,164 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Sele 8.2 Variant 5, ristlõige 1

8.1.3 Variant 7 soojuslähivus

Antud variandi ristlõike 1 soojuslähivuse väärtuseks on $\sim 1,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tulemus paranes $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Lahutan maha tulemuse muutuse sarnastest ristlõigetest peatüki 3.4.1 valemil põhjal. Selle profiiliga ukse U väärtus on $1,203 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Sele 8.2 Variant 5, ristlõige 1

8.2 Valitud profiilide hinnakalkulatsioonid

Plastik profiili tootja tegi hinnapakkumise esialgselt saadetud profiili variandile. Profiili meetri hind sõltub materjali kogusest ristlõikes. Esialgse profiili meetri hind on 5,91€ ja profiili ristlõike pindala on 428 mm². Kasutan ristkorrutist, et arvutada valitud variantide profiili meetri hinnad:

$$\frac{428}{\text{Variant x pindala}} = \frac{5,91}{\text{Variant x}} \rightarrow \text{Variant x} = \frac{\text{variant x pindala} * 5,91}{428} \quad (8.1)$$

8.2.1 Variant 2 profiili hinnakalkulatsioon

Variant 2 profiili ristlõike pindala on 179 mm². Teostan ristkorrutise:

$$\text{variant 2} = \frac{179 * 5,91}{428} = 2,48 \text{ €}$$

8.2.2 Variant 5 profiili hinnakalkulatsioon

Variant 5 profiili ristlõike pindala on 235 mm². Teostan ristkorrutise:

$$\text{variant 5} = \frac{235 * 5,91}{428} = 3,25 \text{ €}$$

8.2.3 Variant 7 profiili hinnakalkulatsioon

Variant 7 profiili ristlõike pindala on 405 mm². Teostan ristkorrutise:

$$\text{variant 7} = \frac{405 * 5,91}{428} = 5,59 \text{ €}$$

8.3 Prototüübi valiku kokkuvõte

Antud peatükis on välja arvatud valitud variantide soojuslähivuse tulemused ja profiilide hinnad. Soojuslähivuse tulemused ei ole väga erinevad ning tänu sellele see valiku tegemist ei mõjuta. Profiilide hinnakalkulatsioonis tulevad sisse suuremad erinevused. Profiil variant 2 on võrreldes variant 7-ga üle poole odavam. Kokkuvõtteks eelnevale peatükile võib öelda, et parim variant on profiil 2.

Lisaks soojuslähivuse arvutustele ja hinnakalkulatsioonile tuleb arvestada ka ukse konstruktsiooni lihtsust. Teostatud sai igale variandile Solid Edge koostu mudel ja koostejoonis. Tänu mudeli ja joonise teostamisele sai parema ettekujutuse probleemidest mis esinevad ning mis võivad tekkida.

Profiil variant 5 ei sobi ukse konstruktsiooniga, kuna profiil asetseb ka ukselehe mantelservas, kuid ukselehe alaservas puudub mantelserv (sele 3.4).

Profiil 7 suureks probleemiks on asjaolu, et ukselehe sise- ja väliskülje nurgad peavad olema avatud, et sealt oleks võimalik koostamise käigus profiil sisse lükata. Sellised nurgad ei ole visuaalselt sobivad ning lisaks võib tulla probleeme ka veepidavusega. Teine suur probleem variant 7 puhul seisneb selles, et painutused peavad olema väga täpsed, et profiili oleks lihtne külge paigaldada, samas ei tohi olla lõtk ka liiga suur ukselehe ja profiili ühendusel.

Profiil 2 miinuseks võib pidada positsioneeritavust. Koostamise käigus peavad profiilid säilitama vertikaalse asendi, et ukselehe sisekülje kinnitamine oleks võimalikult murevaba. Variant 2 eelised teiste lahenduste ees on soodne hind, profiili sümmeetrilisus, ukse konstruktsiooni lihtsus.

Seoses eelnevaga teostatakse variant 2-st kaks ukselehe prototüüpi. Ühe prototüübi lahendusel kasutatakse venitust ja teisel tagasipainet, et välja selgitada kumb variant on töökindlam ning lihtsam teostada. Profiilide prototüübid teostatakse 3D printimise teel.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö teema kujunes välja koostöös Saku Metall Uksetehas AS-iga. Diplomitöö on tehtud lektor Aigar Hermaste juhendamisel. Töö eesmärgiks oli välja arendada lehtmetailist ukse konstruktsioon, mis parendaks ukse soojuspidavust.

Lehtmetailist ukse soojuspidavuse parendamise põhjuseks oli asjaolu, et konkureerida teiste lehtmetailukse tootjatega, omada eelist turul hea soojapidavus omadusega ning suurendada pakutavate toodete mitmekesisust. Ehitussektoris on järjest aktuaalsemaks saamas madalenergia- ja liginullenergiahoonete rajamine. Seoses sellega on soojapidavuse paremaks muutmine oluline omadus ehitajale ning ka lõppkliendile.

Projekteerimisetapi alguses sai välja valitud erinevaid materjale ja genereeritud erinevaid ideid kuidas soojapidavust parandada. Kasutades tarkvara „THERM“ teostati iga variandi ja lahendusega ka soojuslähivuse arvutused. Lisaks soojuslähivuse arvutustele teostati ka majanduslikud arvutused, et paremini mõista kui palju erinevad lahendused ukse omahinda mõjutavad. Sellest lähtuvalt koostati ka soojuslähivuse parendamise ning hinna võrdlus, et välja selgitada milliste lahenduste korral on hinna ja tulemuse suhe kõige parem. Parimateks lahendusteks kujunesid välja osaliselt roostevaba materjali kasutamine ning külmatkestus profiili kasutamine. Külmatkestus profiili projekteerimise käigus genereeriti mitmeid profiili variante. Hinnatud sai iga profiili positiivsed ning negatiivsed omadused. Teostati valik milline on sobivaim profiil ning millest teha prototüüp.

Kokkuvõtteks võib öelda, et antud konstruktsiooni projekteerimist ja parendamist saab lugeda õnnestunuks, kuna soojuslähivuse tulemus paraneb oluliselt uue lahenduse puhul. Leian, et püstitatud eesmärk on saavutatud ning projekteeritud ukse lahendus leiab tulevikus kasutust.

SUMMARY

This topic was developed in cooperation with Saku Metall AS and has been guided by lecturer Aigar Hermaste. The aim of the project was to develop a sheet metal door construction that would improve the thermal insulation of the door.

The reason for the improvement of the thermal resistance of a sheet metal door was the fact that it competed better with other sheet metal door manufacturers, had an advantage in the market with good heat resistance properties and increase the variety of products offered. In the construction sector, the construction of low-energy and near-zero energy buildings is becoming increasingly important. Improving thermal insulation is an important feature for the builder and also for the end customer.

At the beginning of the design phase, different materials were selected and different ideas were generated on how to improve thermal insulation. Using the "THERM" software, heat transfer calculations were also performed for each version and solution. In addition to thermal calculations, economic calculations were also performed to better understand how much different solutions affect the cost of the door. Based on this, a comparison of heat transfer improvement and price was made in order to find out which solutions have the best price-performance ratio. The best solutions were the use of stainless material and the use of a cold break profile. During the design of the cold break profile, several profile variants were generated. The positive and negative properties of each profile were evaluated. A choice was made as to what is the most suitable profile and what to make a prototype of.

In conclusion, it can be said that the design and improvement of this door structure can be considered successful, as the heat transfer result is significantly improved. I believe that the set goal has been achieved and the designed door solution will be used in the future.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Saku Metall AS <https://sakumetall.ee/uksetehas/ettevottest/> (29.02.2020)
- [2] Külmakatkestus <https://www.hormann.ee/eramute-ehitajad-ja-renoveerijad/uksed/vaelisuksed-thermo65-ja-thermo46/> (29.02.2020)
- [3] Saajos Group <https://saajos.fi/en/> (14.03.2020)
- [4] Saajos Group U-väärtus <https://saajos.fi/en/tuotteet/construction-division/hinged-fire-doors/> (14.03.2020)
- [5] Saajos Group EI60 joonis https://saajos.fi/wp-content/uploads/SA-25877-H_EN-EI-2-60-UFD125-and-126_EN-1.pdf (14.03.2020)
- [6] Tammer OÜ <http://www.tammer.ee/> (14.03.2020)
- [7] Terasse konduktiivsus https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-metals-d_858.html (19.04.2020)
- [8] ROB50 <https://www.paroc.ee/tooted/konstruksioonid/lamekatuste-soojustus-/paroc-rob-50> (19.04.2020)
- [9] ROS30 <https://www.paroc.ee/tooted/konstruksioonid/lamekatuste-soojustus-/paroc-ros-30> (19.04.2020)
- [10] ABS https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=thermoplastic_acrylonitrile-butadiene-styrene_abs (25.04.2020)
- [11] Roostevaba teras AISI304
https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=stainless_steel_aisi_304 (25.04.2020)
- [12] Tarecpur / Tarespir <https://www.kingspan.com/fi/fi-fi/tuotteet/eristeet/autokori-putkisto-sailio-ja-laivaeristeet> (25.04.2020)
- [13] Neutraaljoon <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/120673> (27.04.2020)
- [14] Venitus <http://sheetmetal.me/tooling-terminology/sheet-metal-louver/> (02.05.2020)
- [15] Tagasipainde varindid
[https://www.pinterest.es/pin/31243791148511741/?amp_client_id=CLIENT_ID\(\)&mweb_unauth_id=%7B%7Bdefault.session%7D%7D&from_amp_pin_page=true](https://www.pinterest.es/pin/31243791148511741/?amp_client_id=CLIENT_ID()&mweb_unauth_id=%7B%7Bdefault.session%7D%7D&from_amp_pin_page=true) (02.05.2020)
- [16] Bender <https://sakumetall.ee/allhanketehas/teenused/bender-prima-power-ebe5-3-with-loading-robot/> (03.05.2020)

[17] Amada HFE 130/3

<https://sakumetall.ee/allhanketehas/et/tehnikapark/painutuspink-amada-hfb-1253/>
(03.05.2020)

[18] Jeld-Wen

<https://www.jeld-wen.ee/jeld-wen-eesti/> (17.05.2020)

[19] Jeld-Wen

<https://www.jeld-wen.ee/tooted/vaelisuksed/vaelisuste-mudelivalik/#/58/2999/~/~/~/~/~/~/52337> (17.05.2020)

[20] Haapsalu Uksetehas

<https://www.uksetehas.ee/toode/tuletokkeuks-ei30-rw40db-trend/> (17.05.2020)

LISAD



N:\ARO\SMS01_01tolerantsitabel.doc

Kinnitan:
 AS Saku Metall juhataja
 / P. Raudmann /
 2004.a.
 käskkirjaga nr.

SAKU METALLI TOLERANTSIDE TABELID SMS01-0104

1. NÕUE

1.1 NÕUDE TINGIMUSED

Käesolev standard kehtestab üldtolerantsid Saku Metalli (edaspidi SM) siseseks kasutamiseks, SM'i autoriõigustega või SM'iga seotud detailide valmistamiseks allhankes (väljaspool ettevõtet). Standard on mõeldud toodetele/detailidele, mida toodetakse lõiketöölusmeetodil ja koostatakse. Samuti võib standardit kasutada ka teiste töötlemise meetodite puhul.

1.2 NÕUDE REEGEL

Käesolevad SM'i sisesed tolerantsid kehtivad kõigil ettevõttes loodud joonistel, mis kannavad SM'i logo, firma või konstruktori nime. Vahet ei tehta, kas joonisele on kantud standardi märges SMS01 + klass või mitte. Klassi märkimine pole kohustuslik, sest iga klass tähistab teatud tooteliini. Järgnevalt esitatakse tooteliinide klassid:

Klass A – metalluksed;
 Klass B – profiiltooted;
 Klass C – tõstuksed.

1.3 TEISED TOLERANTSIDEGA SEOTUD STANDARDID

Ettevõttes kehtib standard SMS01. Kasutada on lubatud ka ISO tolerantside tabeleid, tolerantse ja standardeid, kuid sellisel juhul peab joonisel olema vastav märges. Märke puudumisel kehtib standard SMS01. Kõik teised kasutatavad tolerantsitabelid, mida joonisel ära märgitakse, peavad olema joonisega kaasas (joonise peal) või joonise juurde eraldi paberile trükitud. Joonisel võivad olla vaid ühest standardist võetud tolerantsid. Joonisele ei ole lubatud märkida erinevate standardite märkeid (ISO, GOST, SMS, KOS, DIN jne.).

2. TEMPERatuur

Joonisel märgitud mõõdud koos märgitud tolerantsidega või määramata piirhälvetega on arvestatud olema +20°C temperatuuri käes.

3. ÜLDTOLERANTSID

Üldtolerantsid SMS01 töödeldud pindadele on esitatud lisas.(LISA 1), üldtolerantsid liideskonstruktsioonidele

TALITUSVABADE MÕÖTMETE (MÄRKIMATA PIIRHÄLVETE) TOLEREERIMINE TÖÖDEL DUD PINDADEL

SMS01-0104

Linearmõõtmete tolerantsid töödeldud pindadele

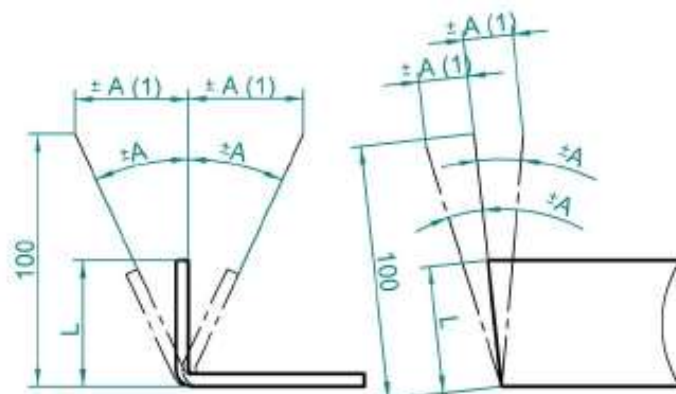
	Nimimõõde mm							
Pikkusmõõt	>0,5 <=3	3 6	6 30	30 120	120 400	400 1000	1000 2000	2000 4000
Stantsimine	± 0,2	± 0,3	± 0,3	± 0,35	± 0,35	± 0,35	± 0,5	± 0,5
Lõikamine, painutamine		± 0,3	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 1,0	± 1,0

Ümardusraadiuste ja faaside tolerantsid töödeldud pindadel

	Nimimõõde mm		
Mõõdud L=	>0,5 <=3	3 6	6 30
Tolerants	± 0,2	± 0,5	± 1

Nurgamõõtmete tolerantsid töödeldud pindadel

Mõõdud L=	Nimimõõde mm (lühema haara pikkus)							
	<=10		10 - 50		50 - 120		120 - 400	
	Tolerantsid kraadides ja minutites / mm-tes 100 mm kohta (1)							
	A	A (1)	A	A (1)	A	A (1)	A	A (1)
Lõikamine	± 1°	± 1,8	± 0°50'	± 1,45	± 0°30'	± 0,9	± 0°20'	± 0,6
Painutamine	± 1°	± 1,8	± 0°50'	± 1,45	± 0°30'	± 0,9	± 0°30'	± 0,9



± A (1) – Tolerantsid mm-tes 100 mm kohta.

Näide: Kui mõõdetava detaili LÜHEMA HAARA PIKKUS L = 40 mm siis mõõdetav tolerants A(1) vastavalt haara pikkusele ning vastavalt tabelile on ± 0,58 mm, mille leitakse

$$\text{järgneva valemiga } \textit{Tolerants} = \frac{A(1) \times L}{100} = \frac{1,45 \times 40}{100} = 0,58 \text{ mm}$$

**TALITUSVABADE MÕÖTMETE (MÄRKIMATA PIIRHÄLVETE)
TOLEREERIMINE LIIDESKONSTRUKTSIOONIDEL
SMS01-0104**

Lineaarmõõtmete tolerantsid liideskonstruktsioonidele

Nimimõõde mm						
Möödud L=	2	30	120	400	1000	2000
	30	120	400	1000	2000	4000
Klass A	± 0,5	± 1	± 1	± 1	± 1,5	± 1,5
Klass B	± 0,5	± 1	± 1	± 1	± 2	± 2
Klass C	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 3

Klass A- Metalluksed/lükanduksed

Klass B – Profiiltooted

Klass C – Tõstuksed

Nurgamõõtmete tolerantsid liideskonstruktsioonidele

Nimimõõde mm (lühema haara pikkus)								
Möödud L=	<=10		10 - 50		50 - 120		120 - 400	
	Tolerantsid kraadides ja minutites / mm-tes 100 mm kohta							
Klass A	± 2°	± 3,5	± 1°	± 1,75	± 0°40'	± 1,2	± 0°30'	± 0,9
Klass B	± 2°	± 3,5	± 1°	± 1,75	± 0°40'	± 1,2	± 0°30'	± 0,9
Klass C	± 2°	± 3,5	± 1°	± 1,75	± 1°	± 1,75	± 0°40'	± 1,2

(2) Tolerantside arvutamisel järgida samasuguseid reegleid, mis nurgamõõtmete tolerantsidel töödelatud pindadel järgiti

Sirgjoonelisuse, tasapinnalisuse ja paralleelsuse tolerantsid liideskonstruktsioonidele

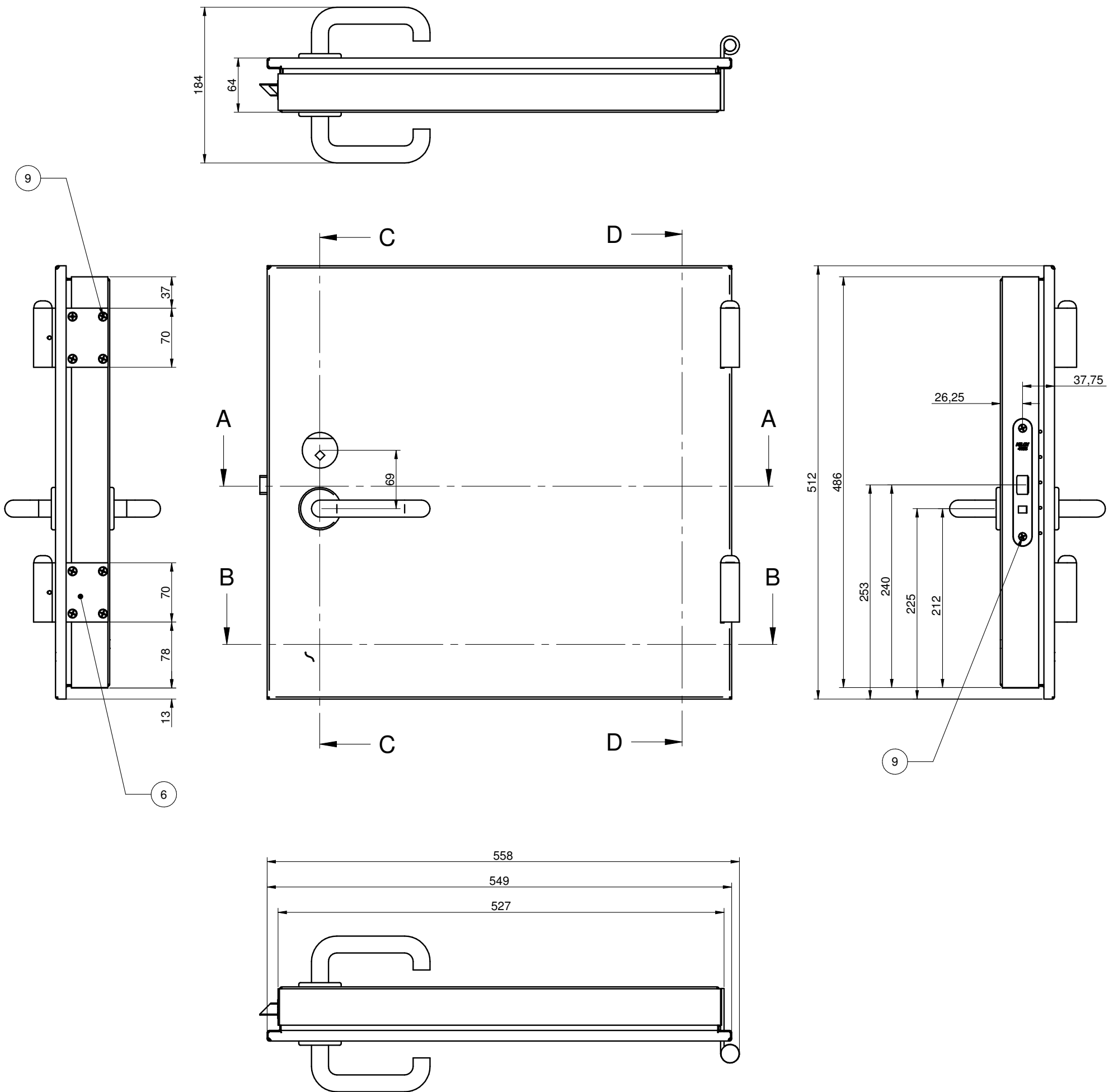
Nimimõõde mm					
Möödud L=	30	120	400	1000	2000
	120	400	1000	2000	4000
Klass A	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3
Klass B	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3
Klass C	± 0,5	± 1	± 2	± 3	± 4

GRAAFILINE OSA

Detailid- ja koostejoonised

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

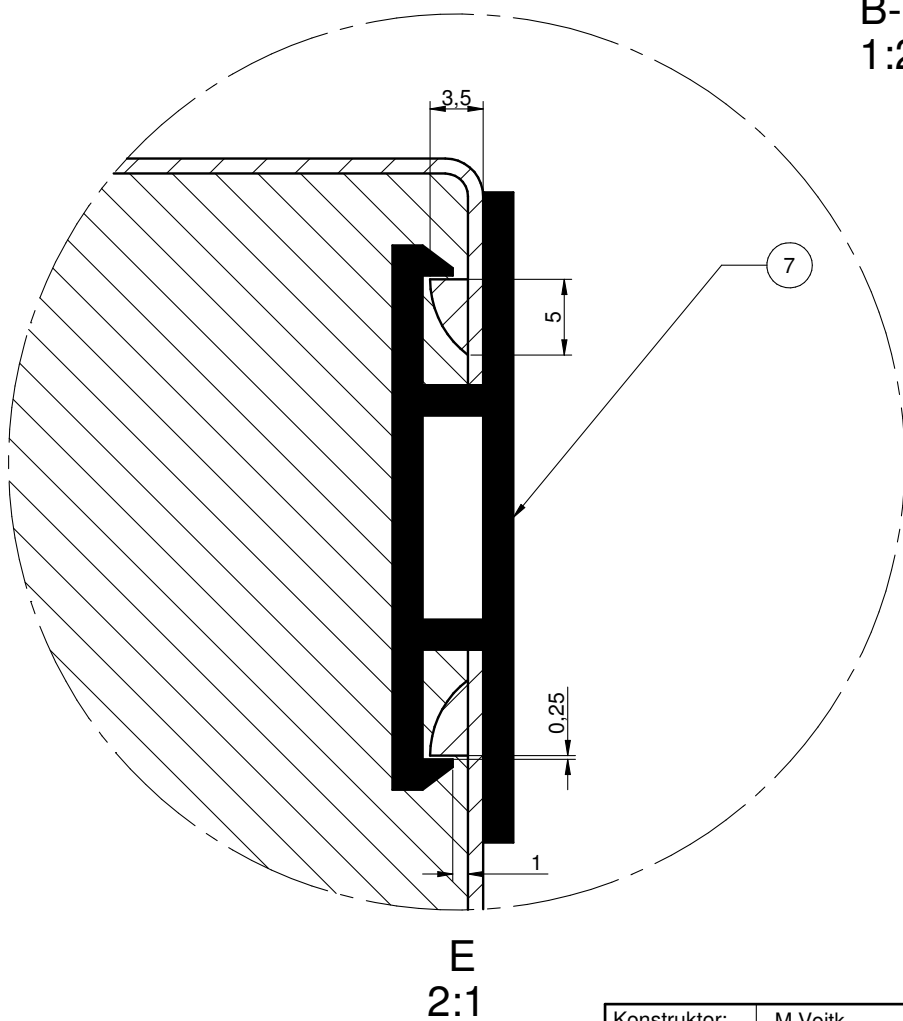
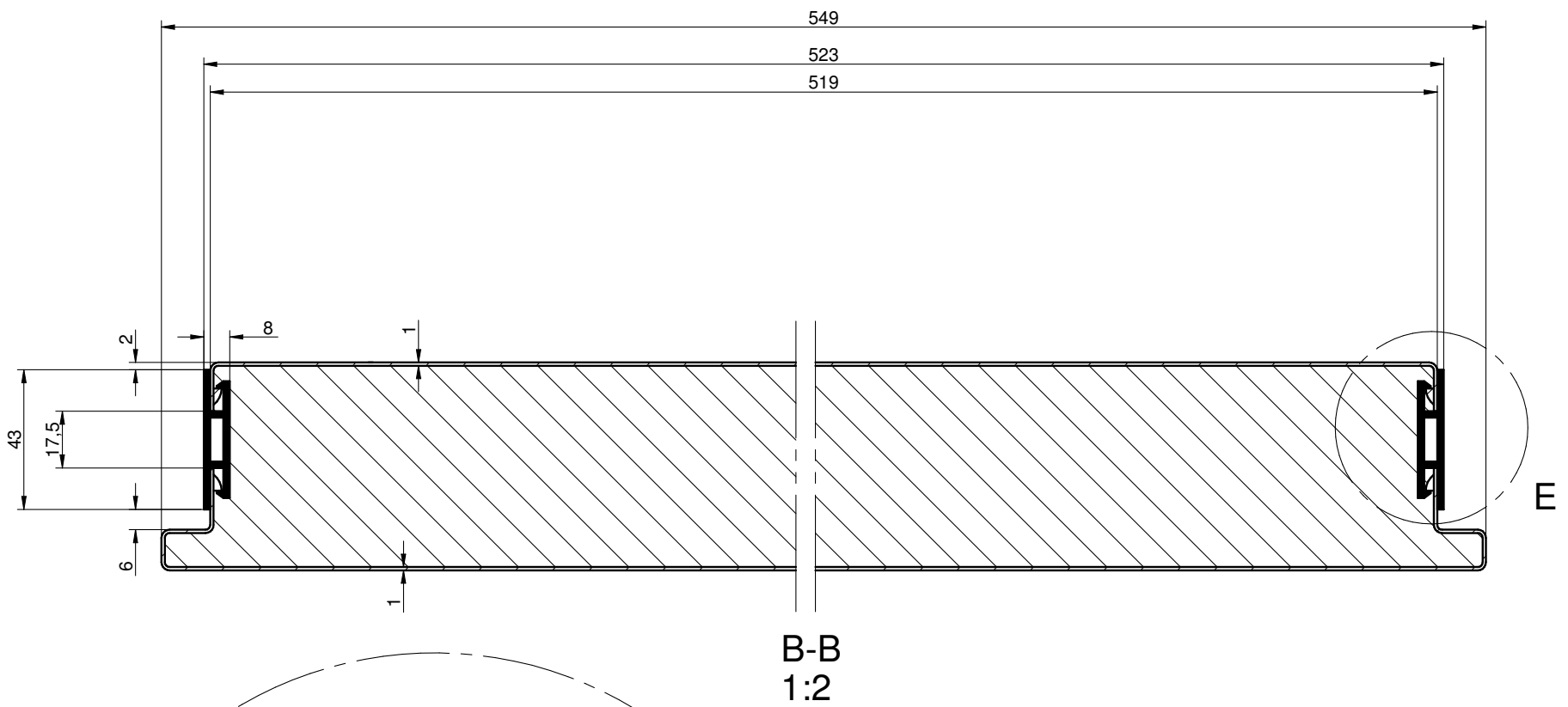
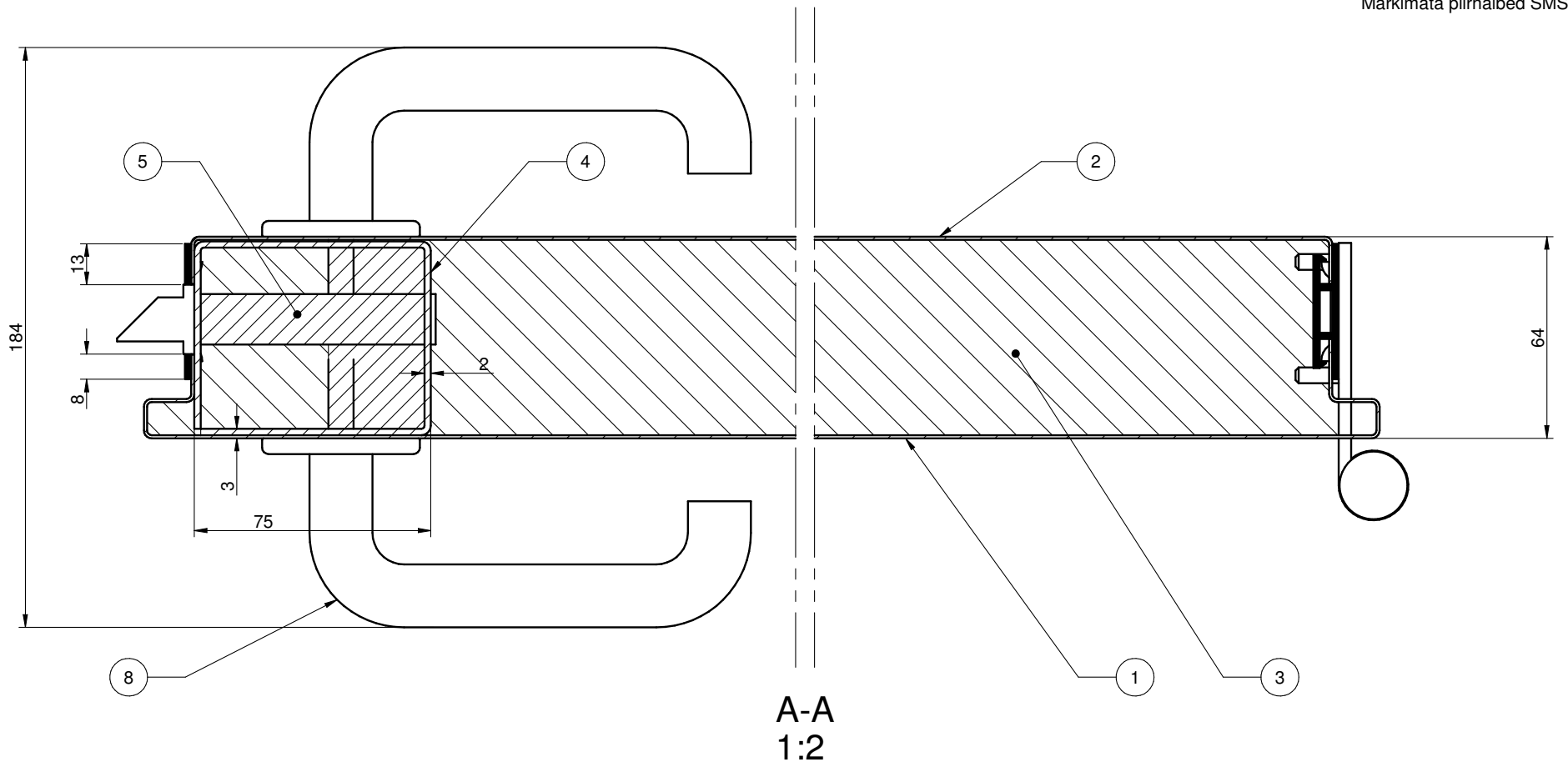
Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



Osa	Nimetus	Tähis/Tootja	Materjal/Kirjeldus	Kogus
1	Ukselehe väliskülg	M-Q64-UL21-ver2.1	Terasleht 1,0 mm	1
2	Ukselehe sisekülg	M-Q64-UL02-ver2.1	Terasleht 1,0 mm	1
3	Kivivill	Paroc ROS30	$\lambda_{D=}$ 0,036 W/mK	
4	Lukukarp	M-Q64-L001.01	Terasleht 2,0 mm	1
5	Lukk	Abloy 4190	Teras	1
6	Hing ukselehes	Hing ukselehes 2.0	Teras 4,00 mm	2
7	Plastik profiil	PROF-2.1	ABS/PVC	2016mm
8	Link	Abloy 4/003		2
9	Kruvi	M5x20		10
Nimetus			Materjal/Kirjeldus	Kogus
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	
Kontrollis:	K.Peek	Kood: Ukseleht-proov-2-venitus.dft	17.05.2020	
		Nimetus: Ukseleht plastik profiiliga ver2- venitus		Mööd: 1:5
		Tähis: 2.1 /1	Suurus: A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

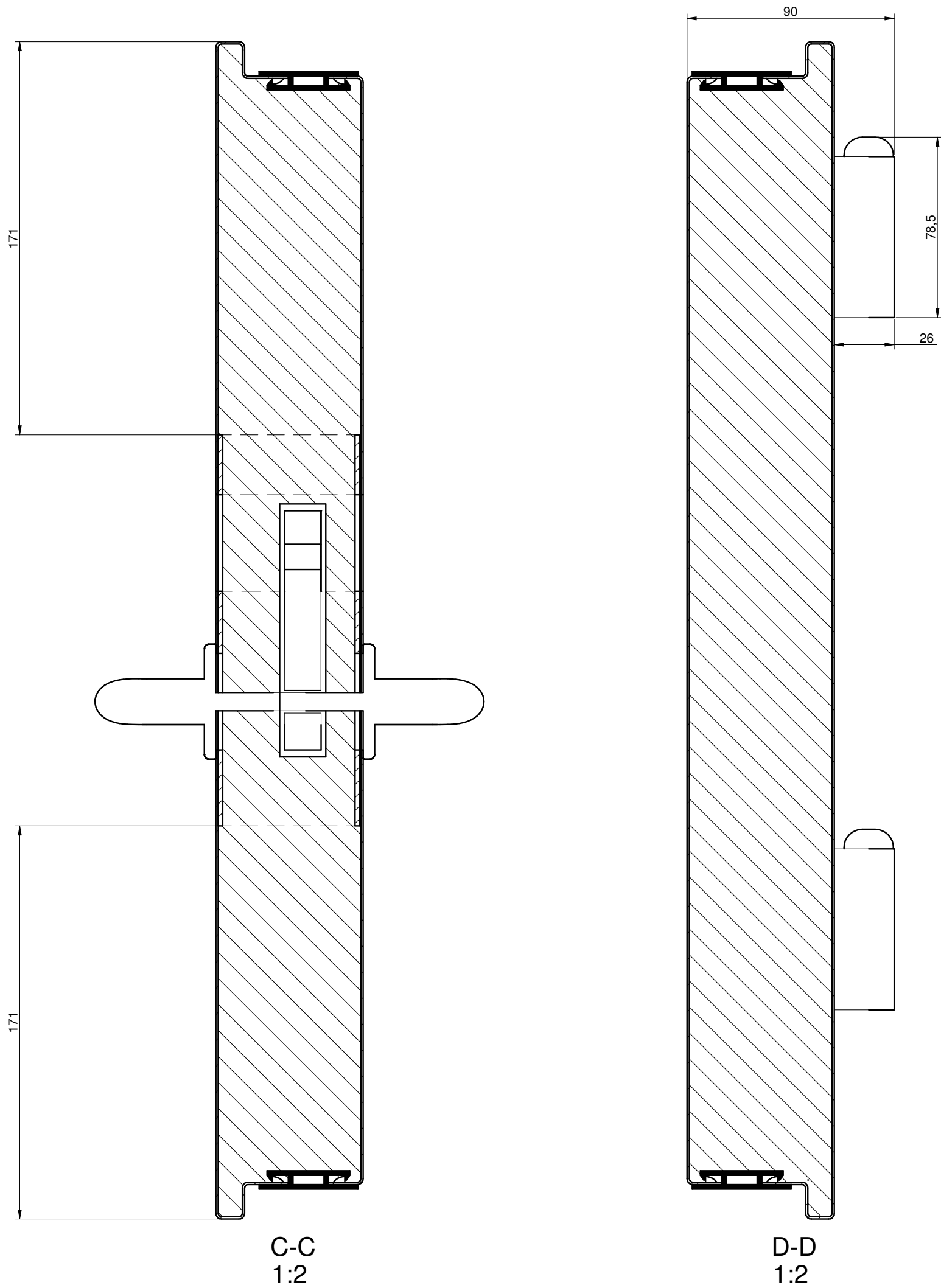


Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood:	Ukseleht-proov-2-venitus.dft			
		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver2- venitus		Mööd:	1:5
		Tähis:	2.1 /2		Suurus:	A3

AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.

Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



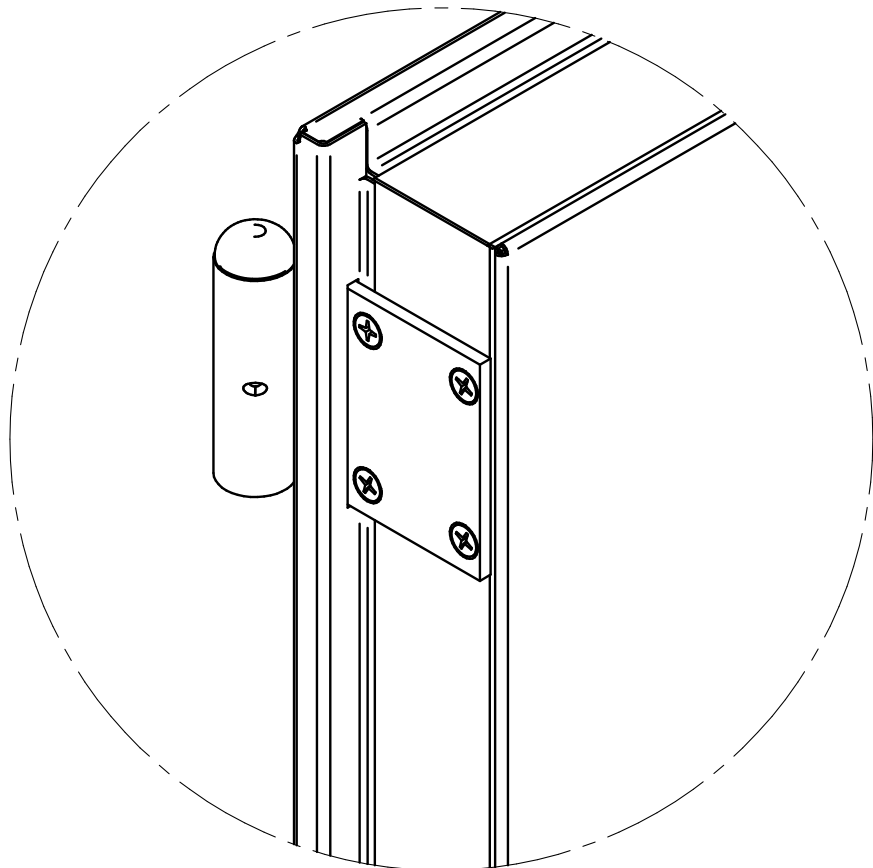
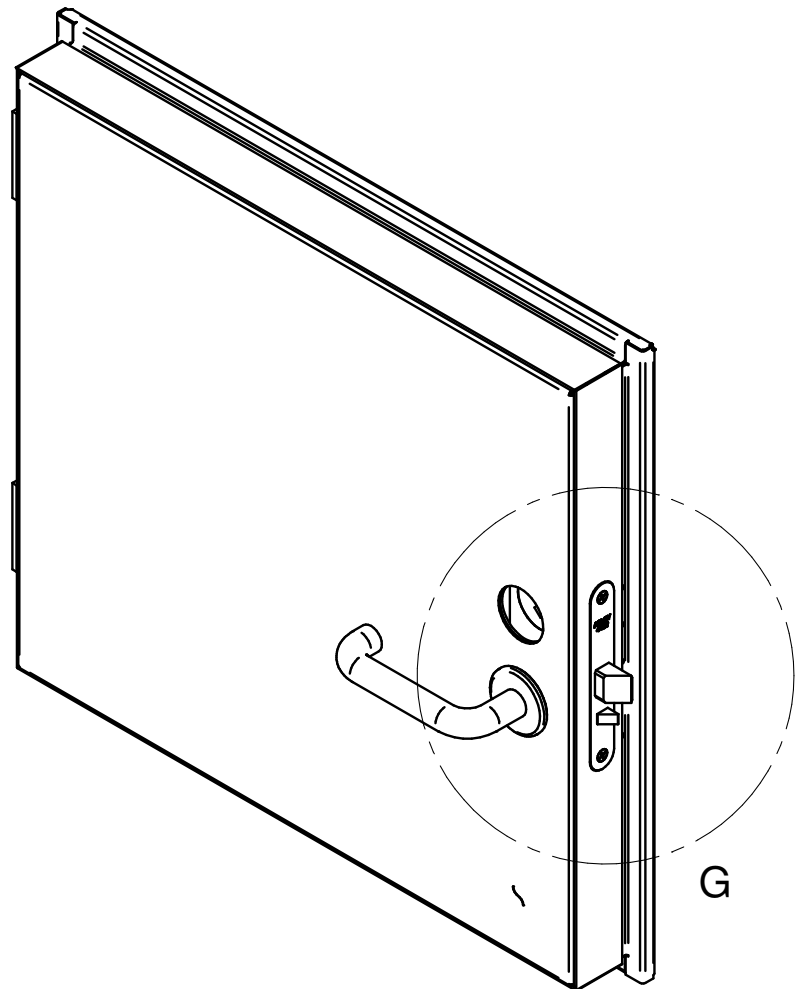
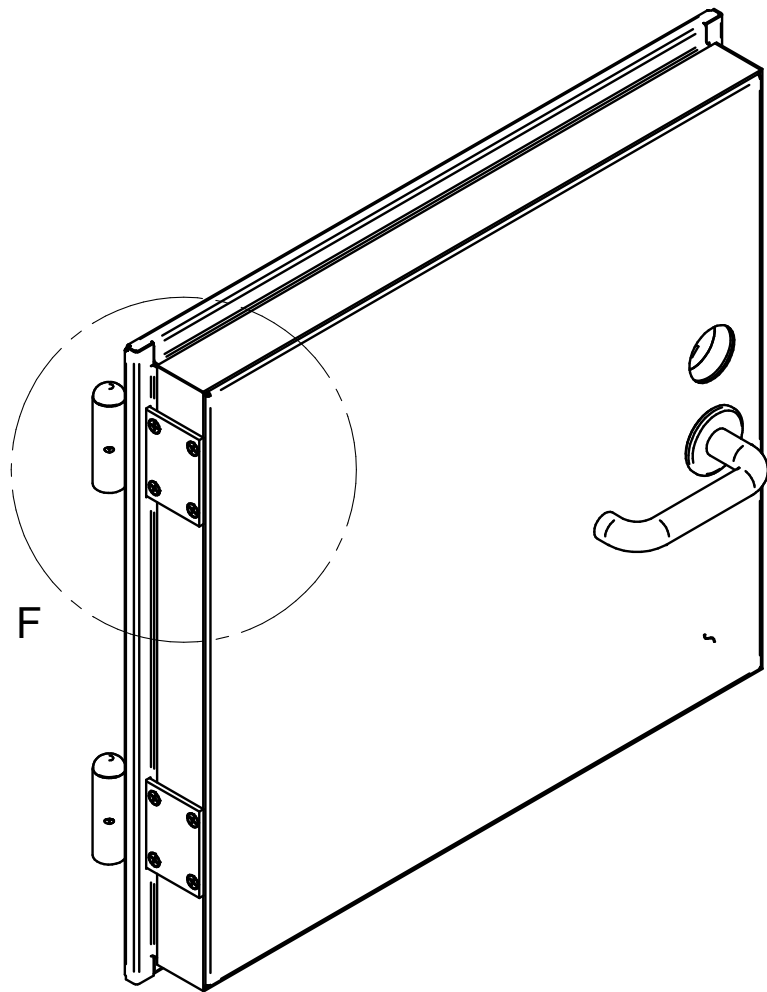
C-C
1:2

D-D
1:2

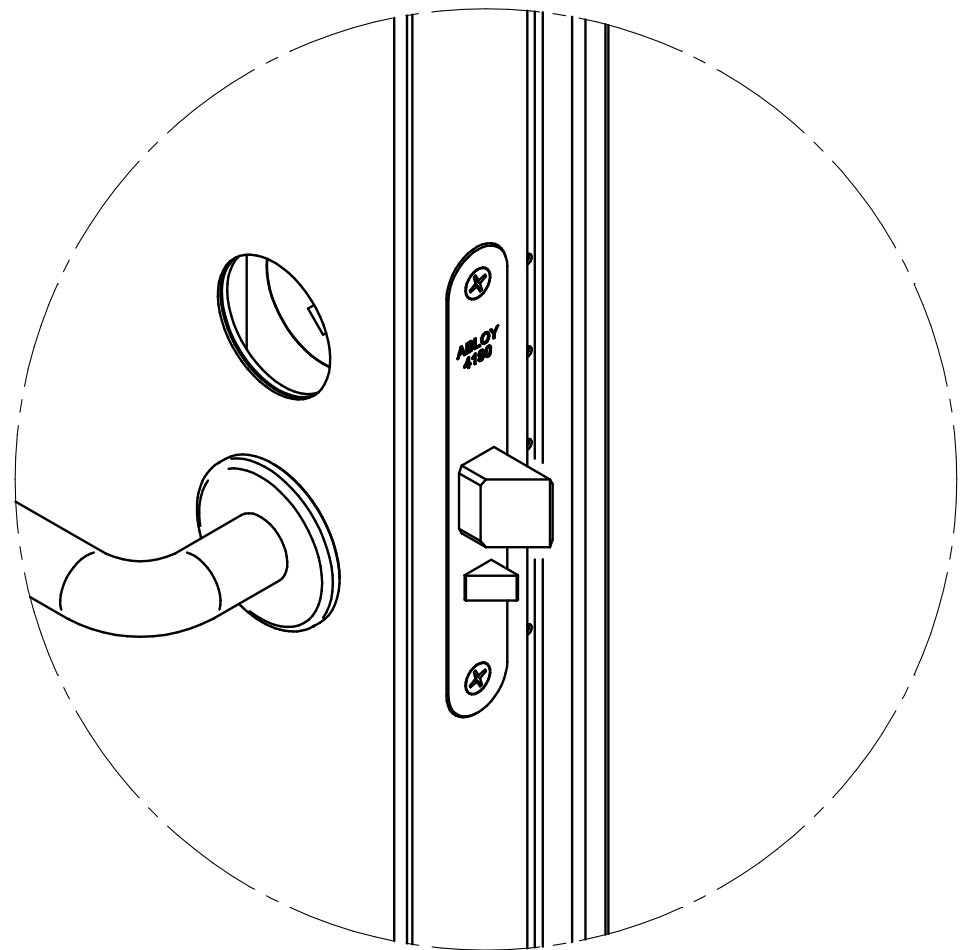
Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Ukseleht-proov-2-venitus.dft			
 <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus:			Mööd: 1:5	
		Tähis: 2.1 /3			Suurus: A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



F
1:2

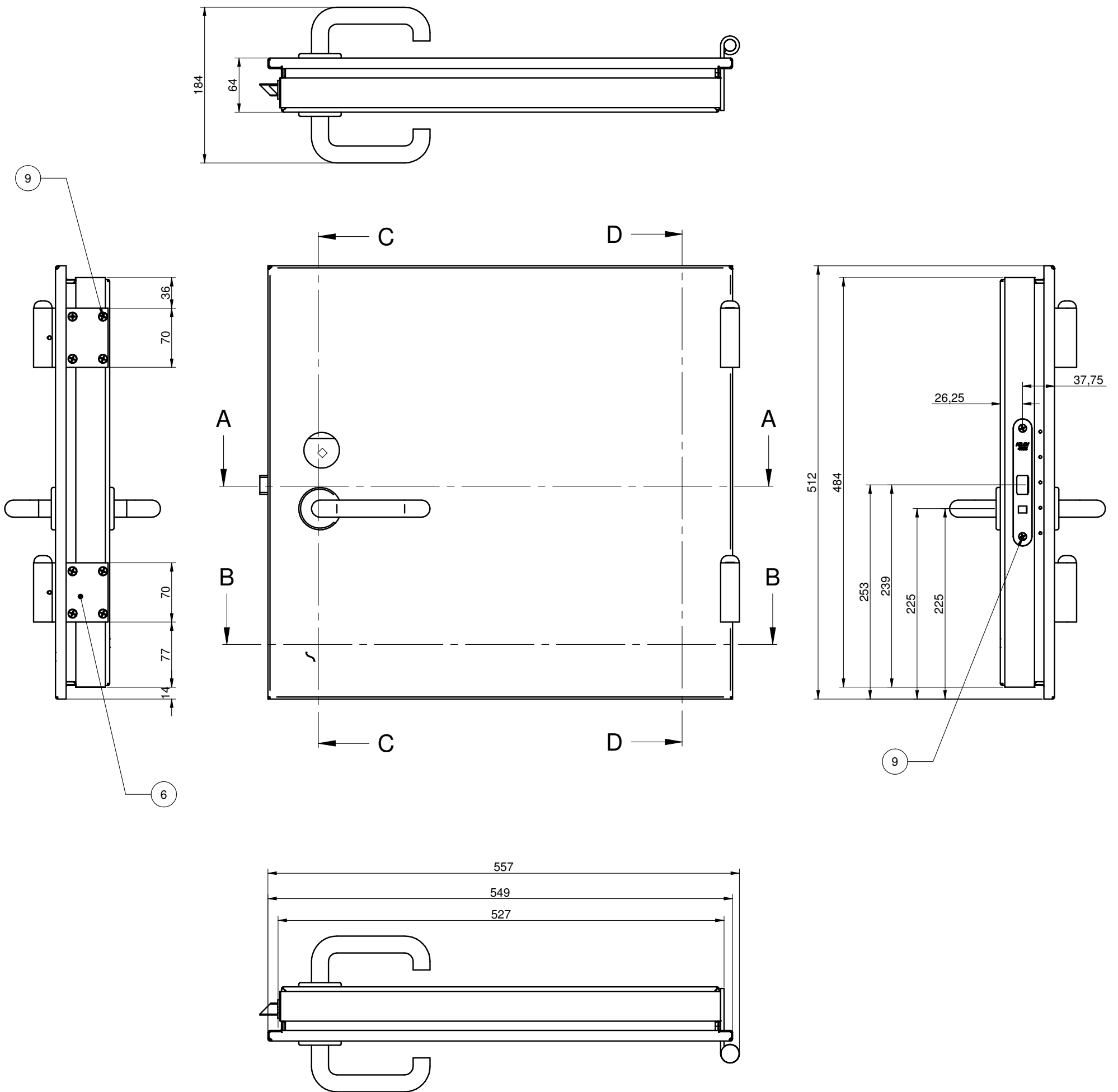


G
1:2

Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood:	Ukseleht-proov-2-venitus.dft			
 <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver2- venitus	Mõõt:	1:5	
		Tähis:	2.1 /4	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

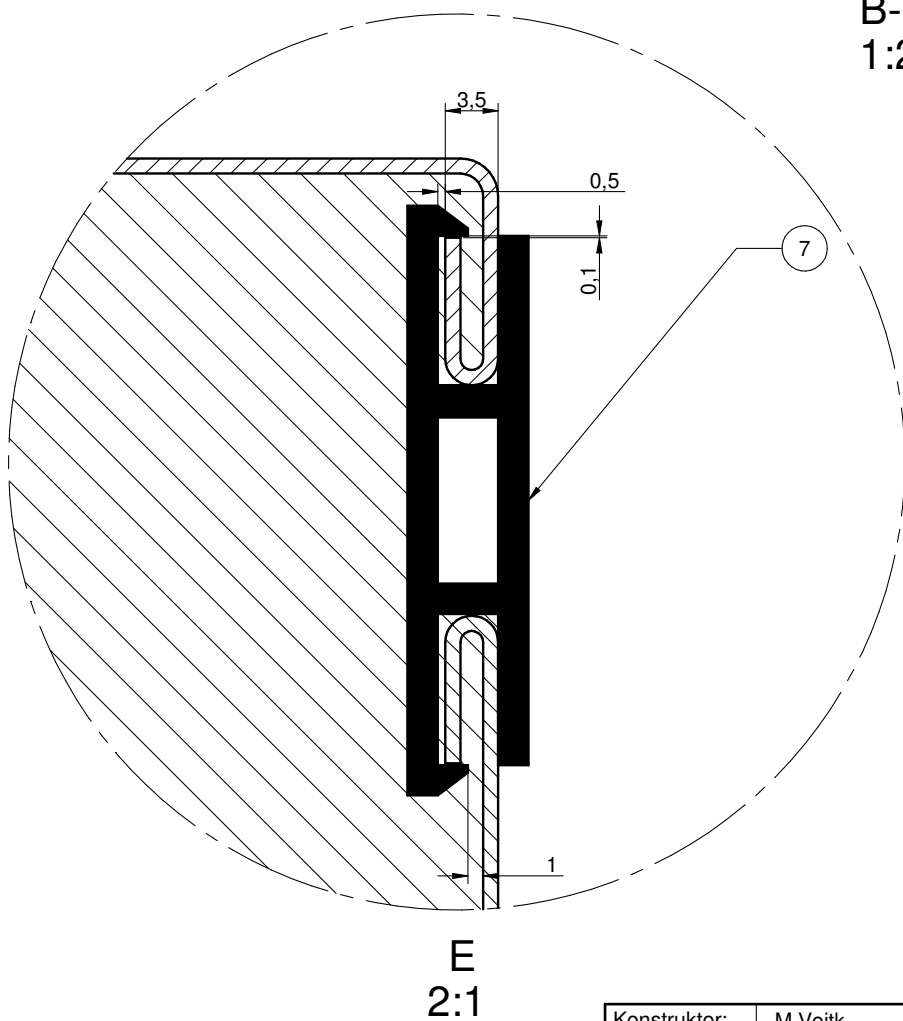
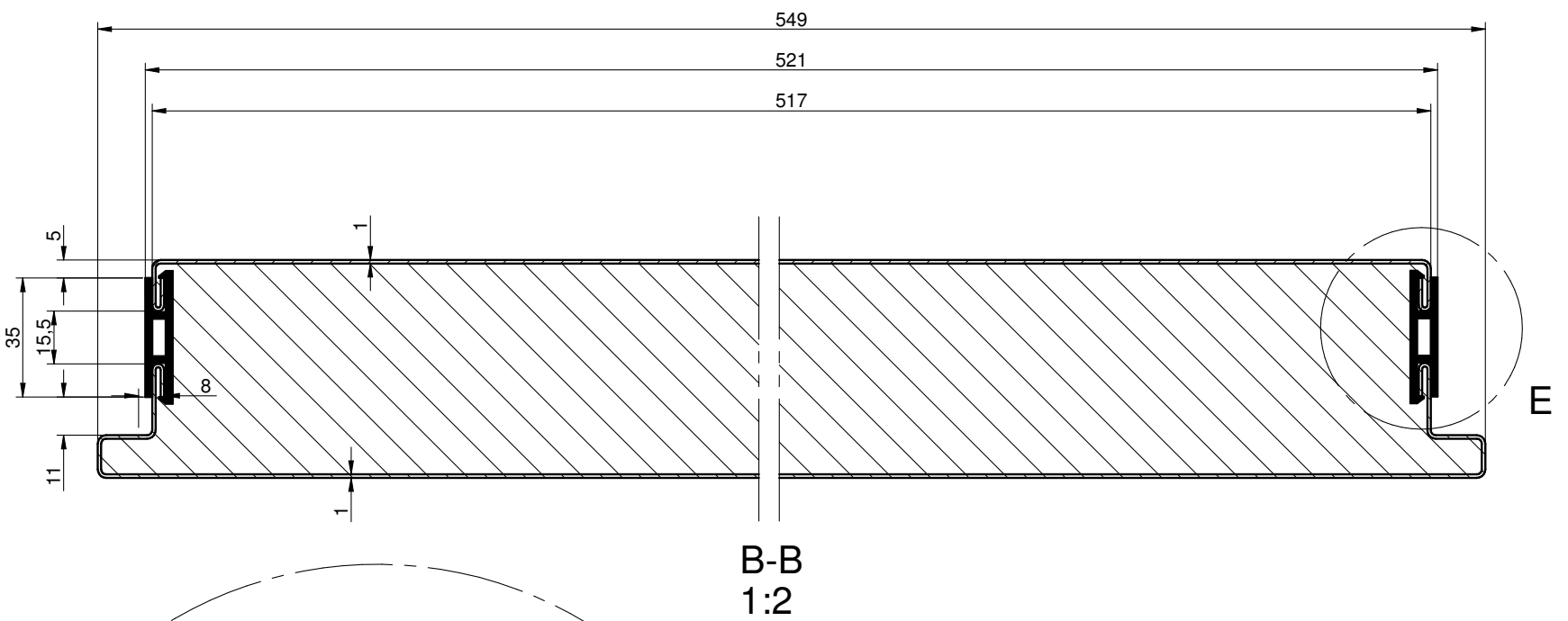
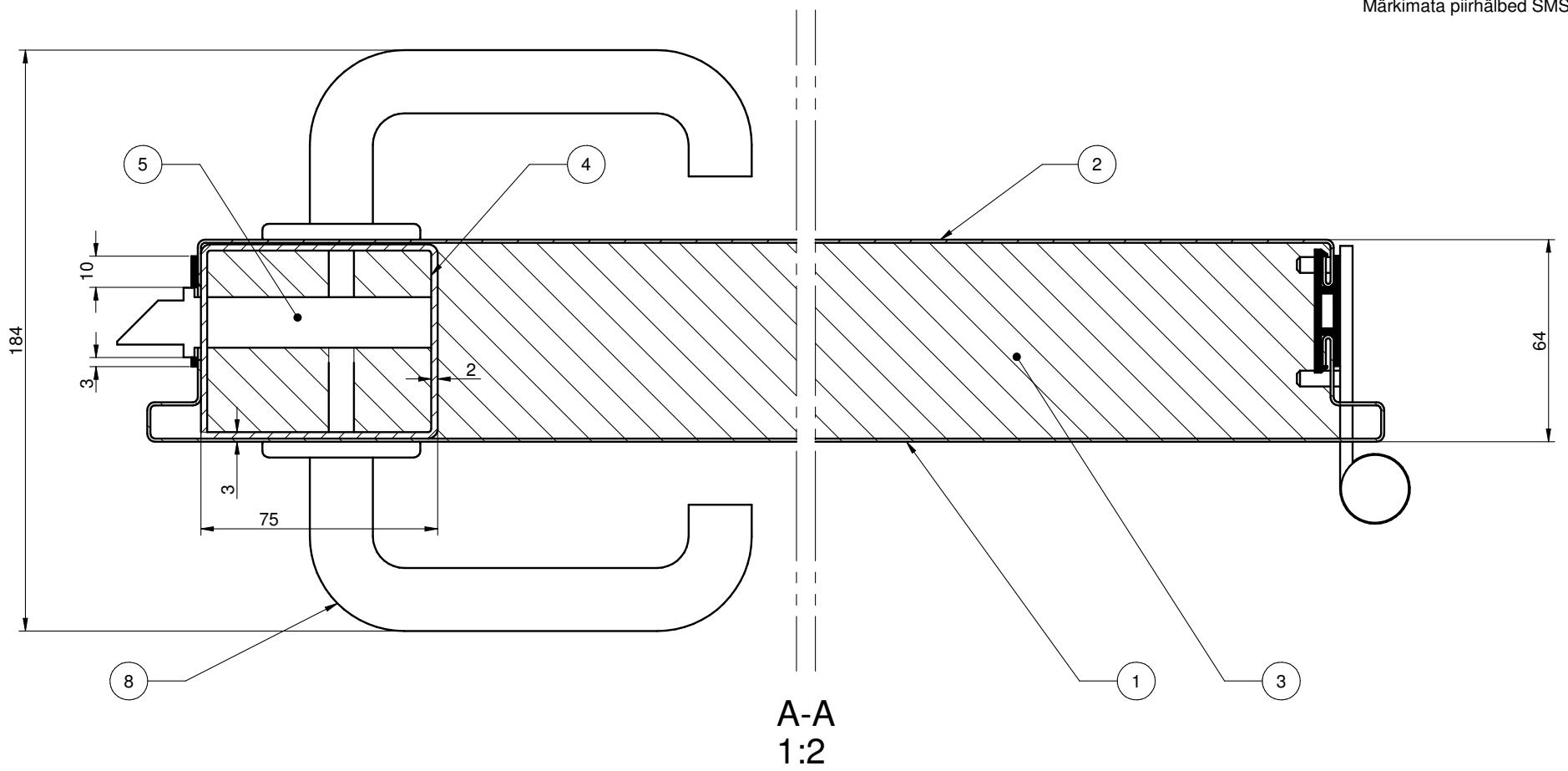
Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



1	Ukselehe väliskülg	M-Q64-UL21-ver2.2	Terasleht 1,0 mm	1
2	Ukselehe sisekülg	M-Q64-UL02-ver2.2	Terasleht 1,0 mm	1
3	Kivivill	Paroc ROS30	$\lambda_{D=}$ 0,036 W/mK	
4	Lukukarp	M-Q64-L001.01	Terasleht 2,0 mm	1
5	Lukk	Abloy 4190	Teras	1
6	Hing ukselehes	Hing ukselehes 2.0	Teras 4,00 mm	2
7	Plastik profiil	PROF-2.2	ABS/PVC	2008mm
8	Link	Abloy 4/003		2
9	Kruvi	M5x20		10
Osa	Nimetus	Tähis/Tootja	Materjal/Kirjeldus	Kogus
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	
Kontrollis:	K.Peek	Kood: Ukseleht-proov-2-tagasipaine.dft	17.05.2020	
		Nimetus: Ukseleht plastik profiiliga ver2- tagasipaine		Mööd: 1:5
		Tähis: 2.2 /1	Suurus: A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

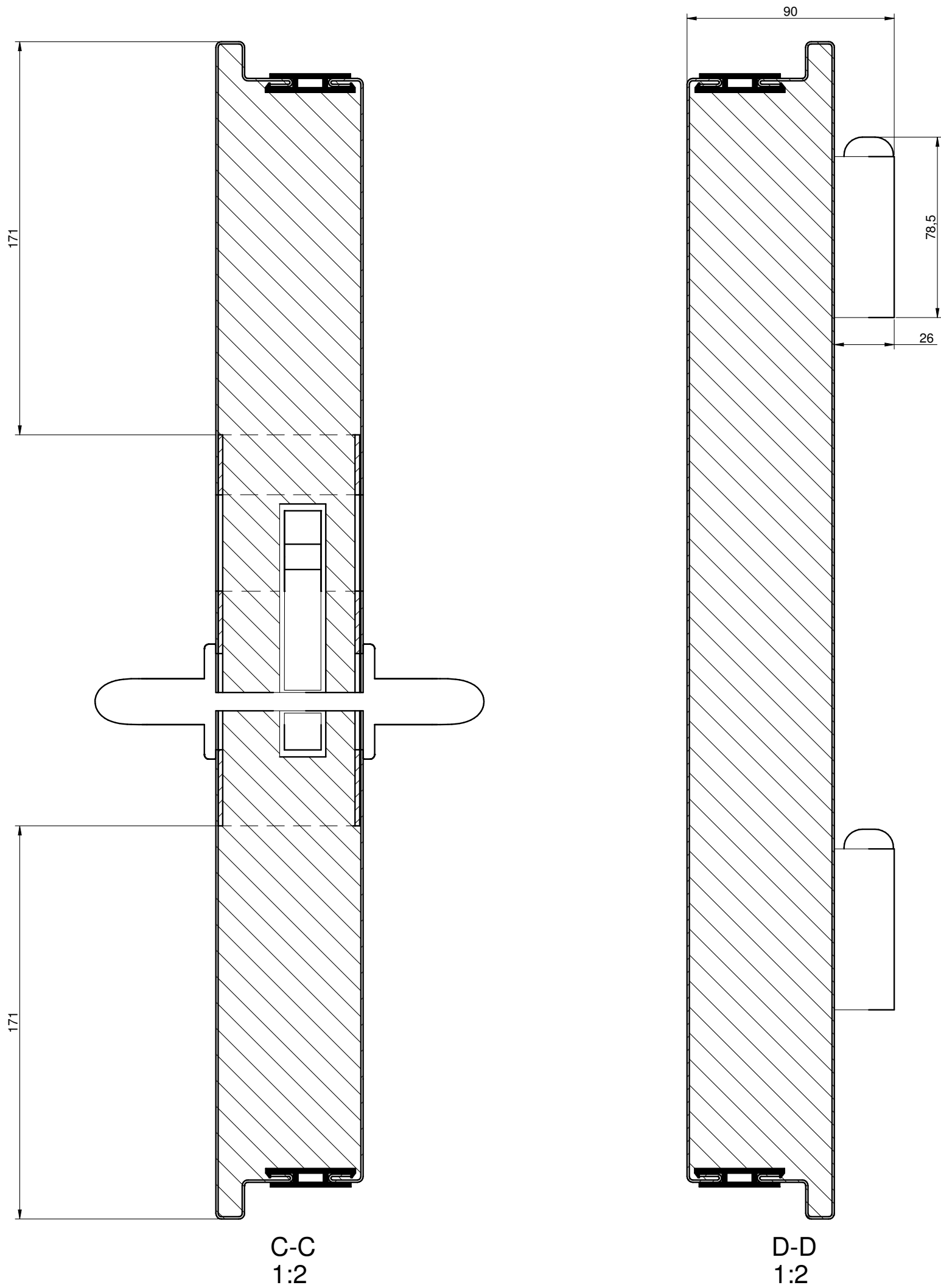
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood:	Ukseleht-proov-2-tagasipaine.dft			
		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver2- tagasipaine		Mööd:	1:5
<small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Tähis:	2.2 /2	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.

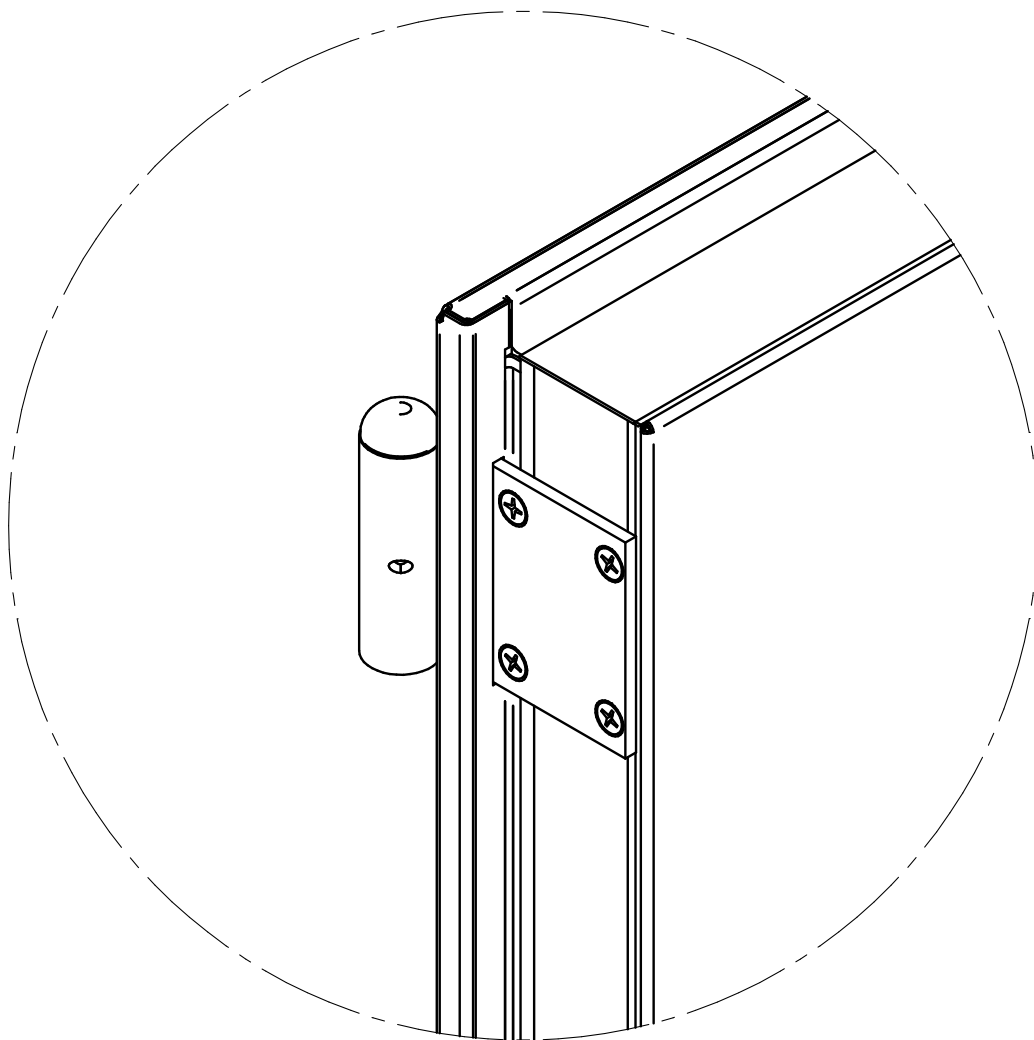
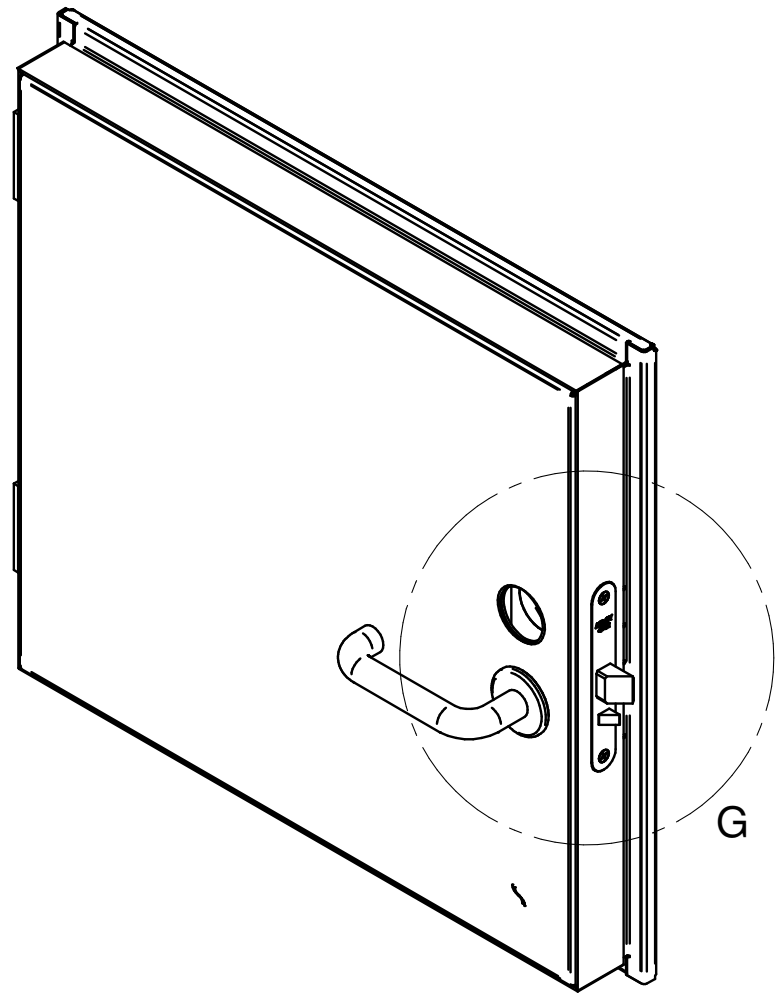
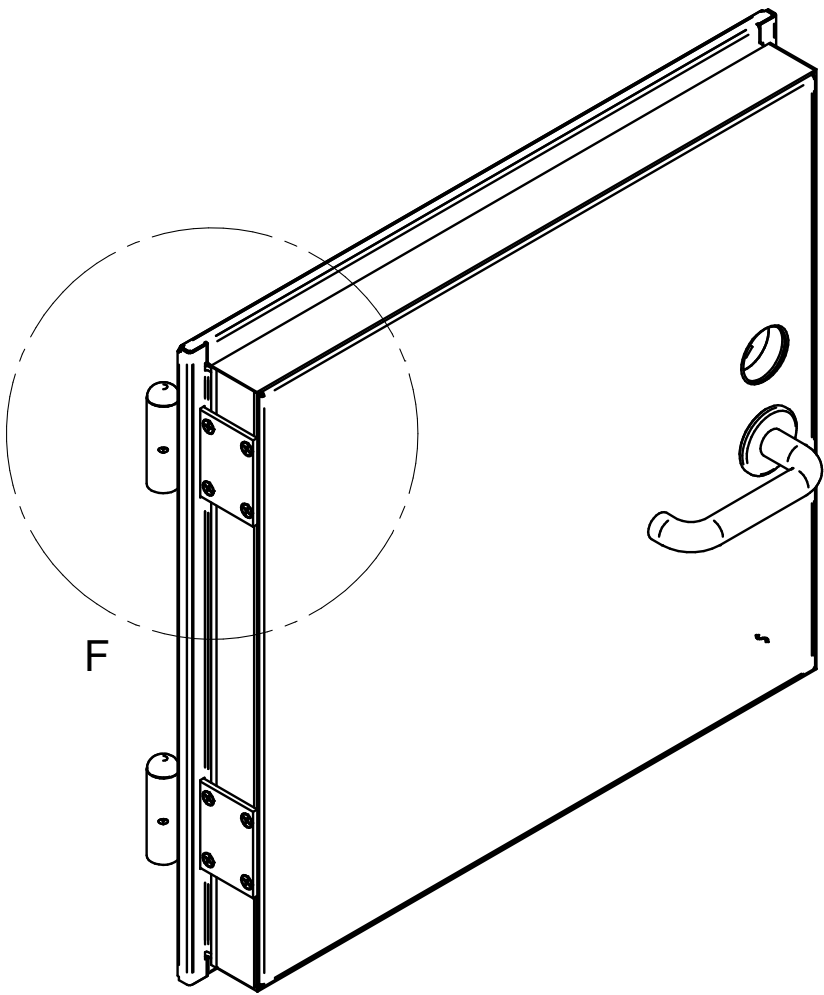
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



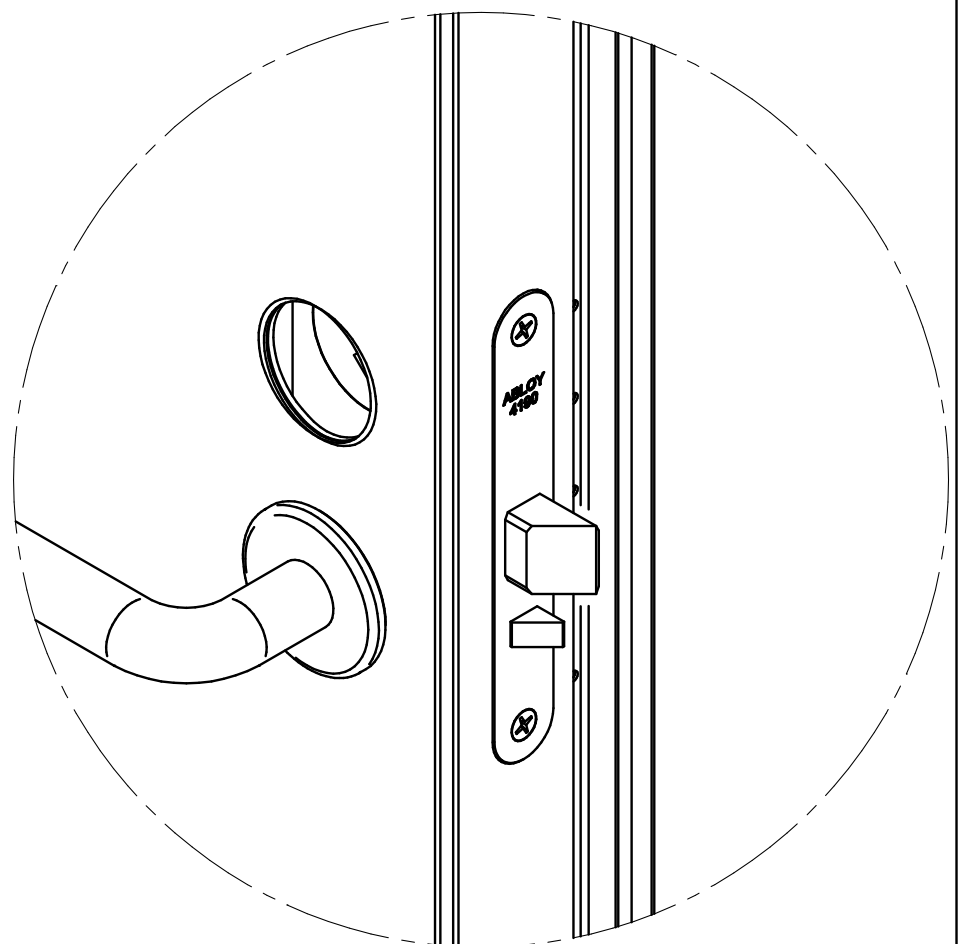
Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Ukseleht-proov-2-tagasipaine.dft			
 <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver2- tagasipaine	Mööõt:	1:5	
		Tähis:	2.2 /3	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



F
1:2

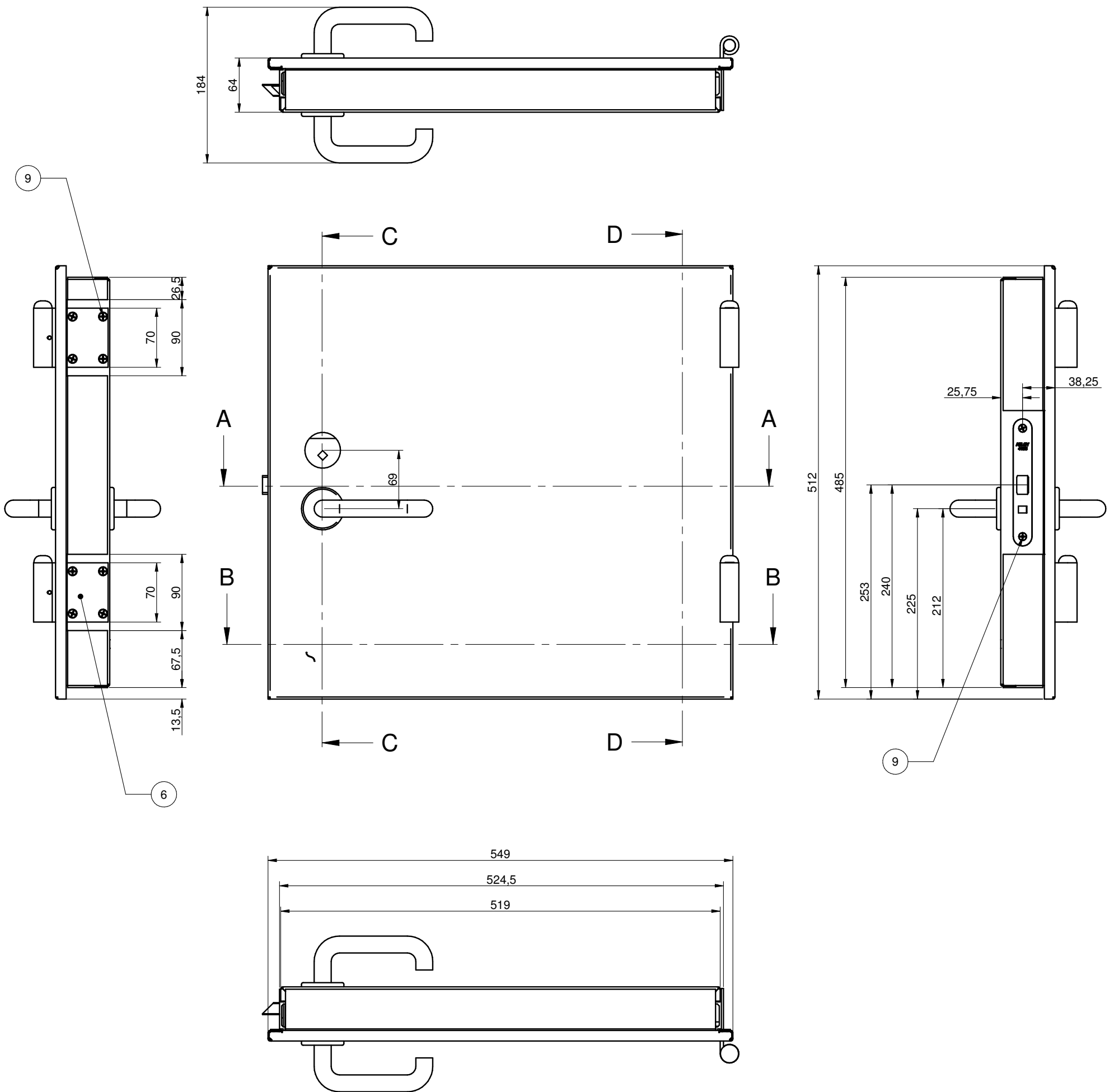


G
1:2

Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-2.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Ukseleht-proov-2-tagasipaine.dft			
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver2- tagasipaine		Mööd:	1:5
		Tähis:	2.2 /4	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

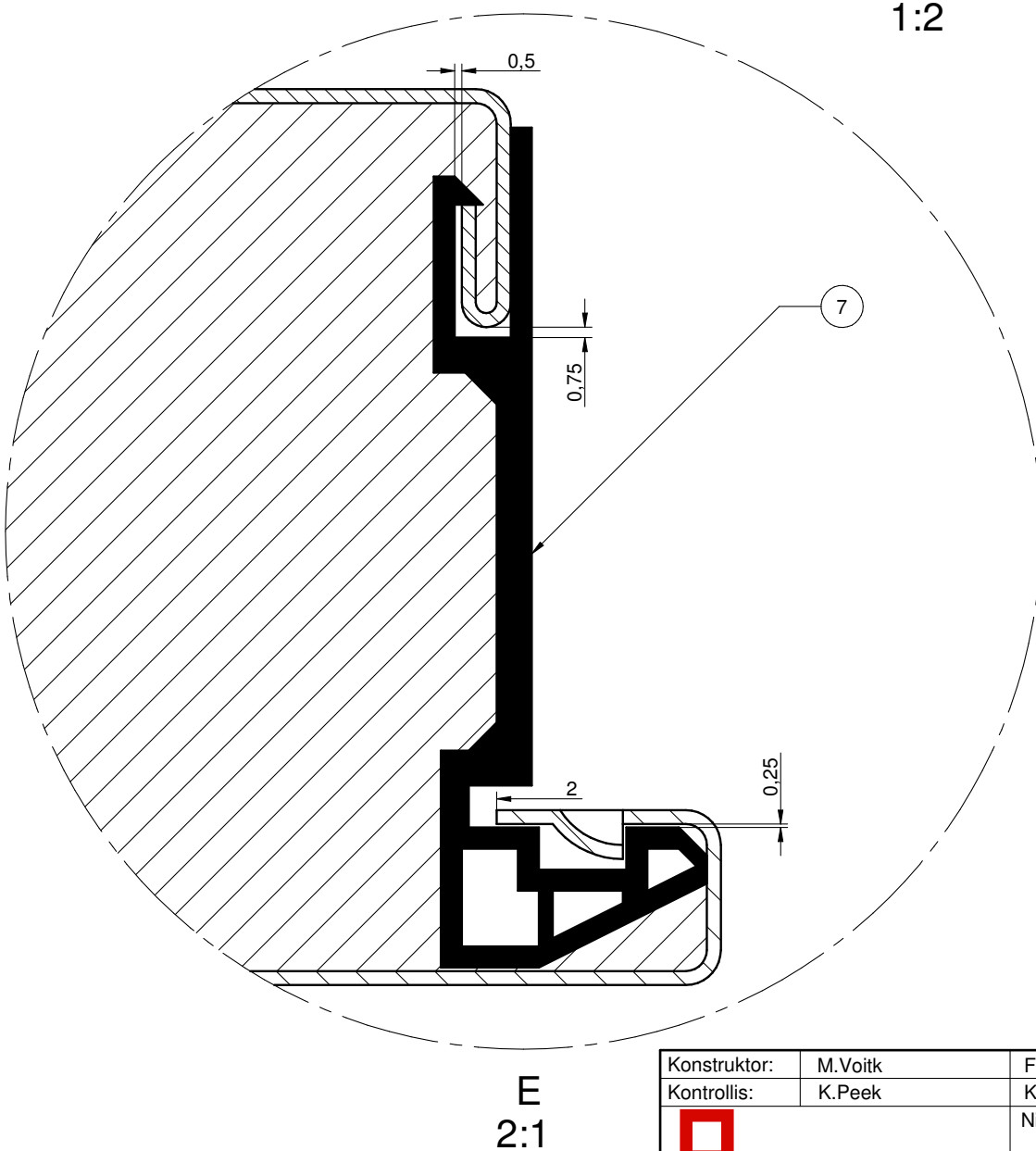
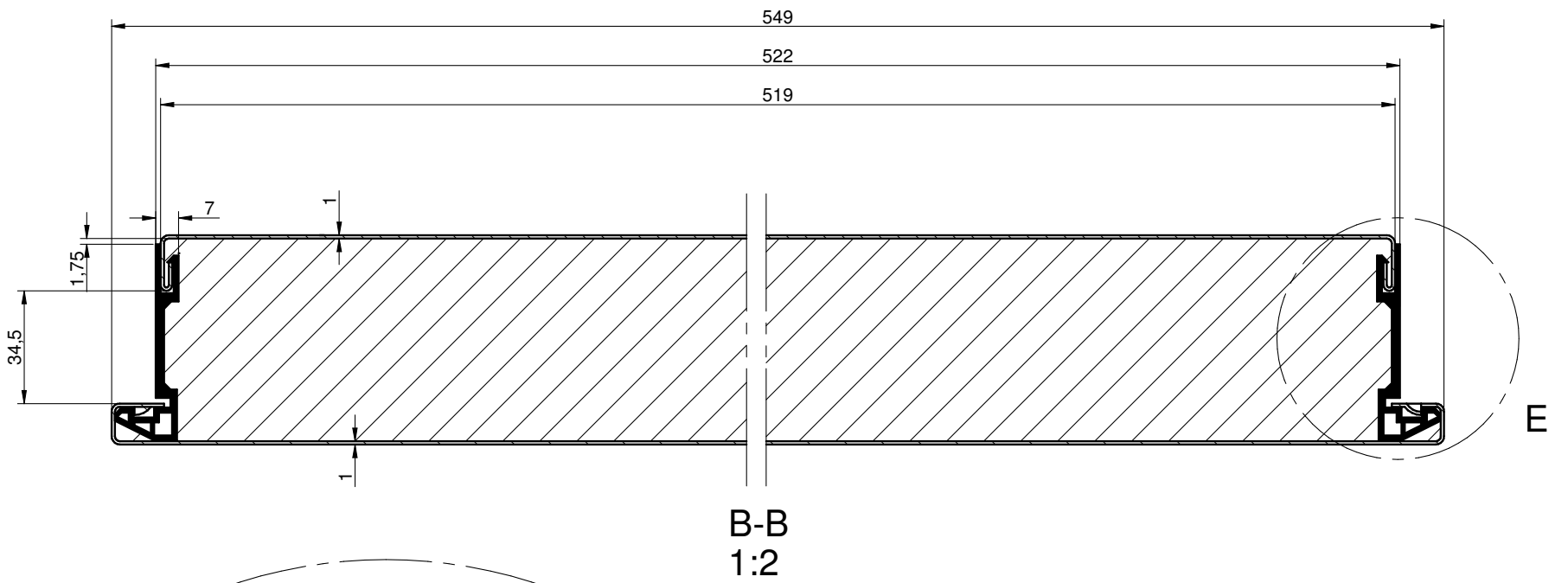
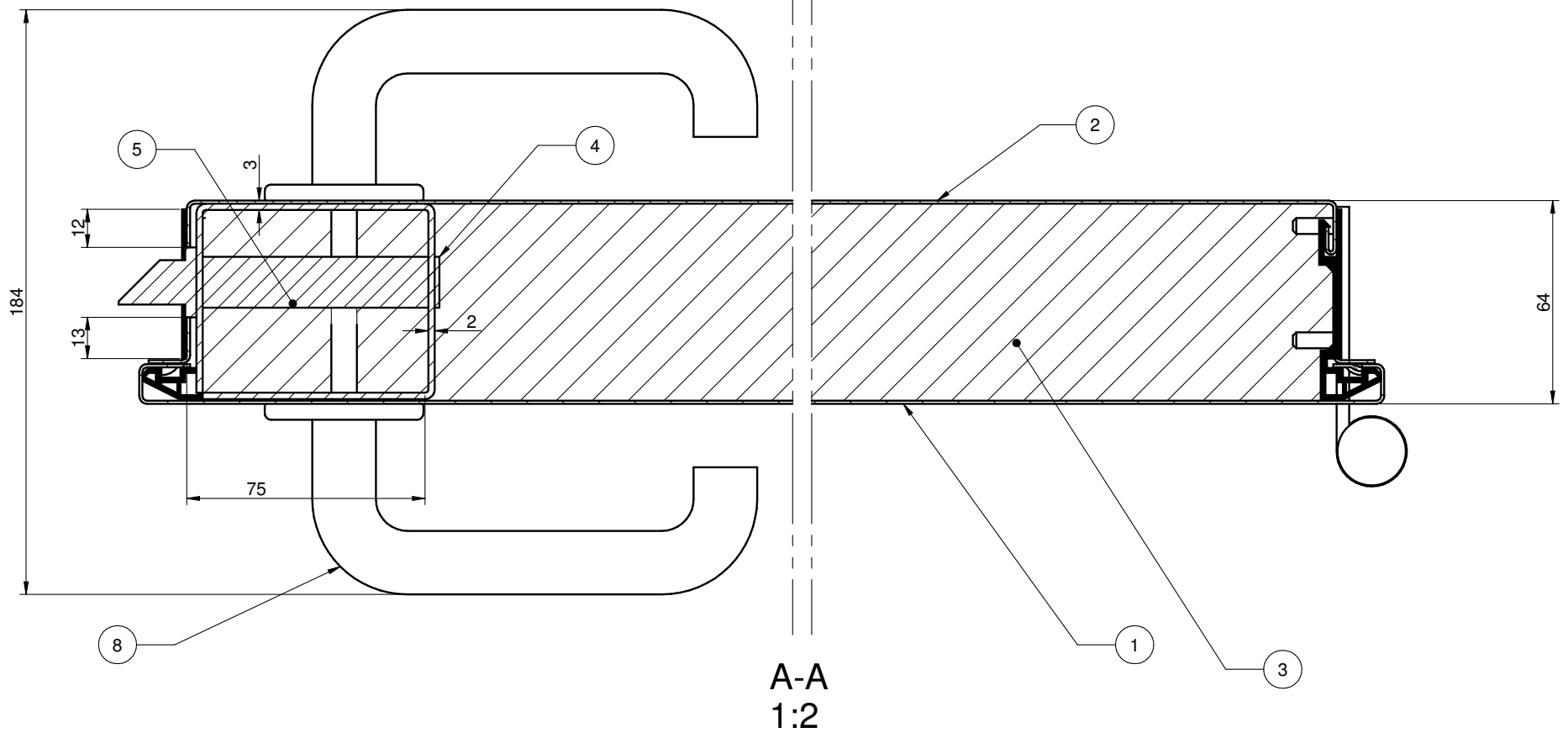
Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



1	Ukselehe väliskülg ver5	M-Q64-UL21-ver5	Terasleht 1,0 mm	1
2	Ukselehe sisekülg ver5	M-Q64-UL02-ver5	Terasleht 1,0 mm	1
3	Kivivill	Paroc ROS30	$\lambda_{D=}$ 0,036 W/mK	
4	Lukukarp	M-Q64-L001.01	Terasleht 2,0 mm	1
5	Lukk	Abloy 4190	Teras	1
6	Hing ukselehes	Hing ukselehes 2.0	Teras 4,00 mm	2
7	Plastik profiil	PROF-5	ABS/PVC	1626 mm
8	Link	Abloy 4/003		2
9	Kruvi	M5x20		10
Osa	Nimetus	Tähis/Tootja	Materjal/Kirjeldus	Kogus
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: Ukseleht-proov-1.asm	Kuupäev: 17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood: Ukseleht-proov-1.dft		
		Nimetus: Ukseleht plastik profiiliga ver5		Mõõt: 1:5
		Tähis: 5.1 /1	Suurus: A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

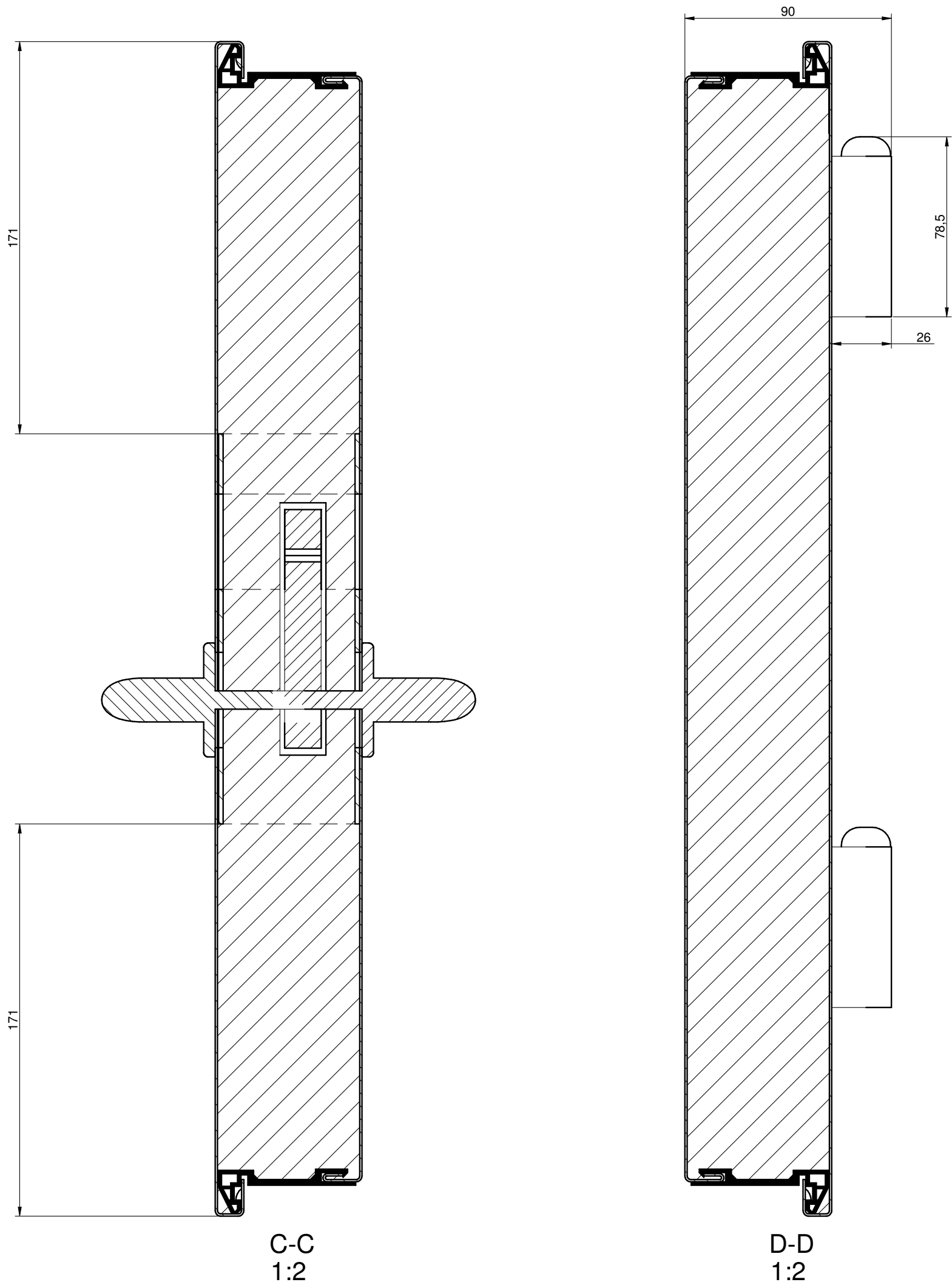
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-1.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood:	Ukseleht-proov-1.dft			Mööd: 1:5
 AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver5			
		Tähis:	5.1 /2	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.

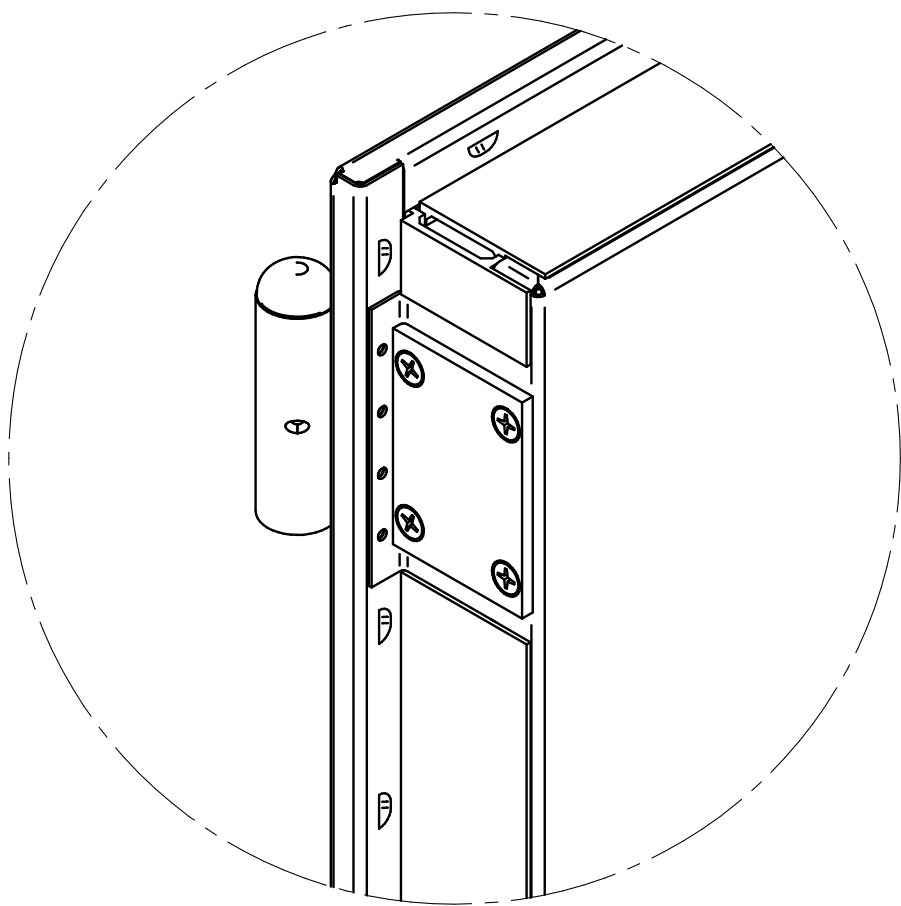
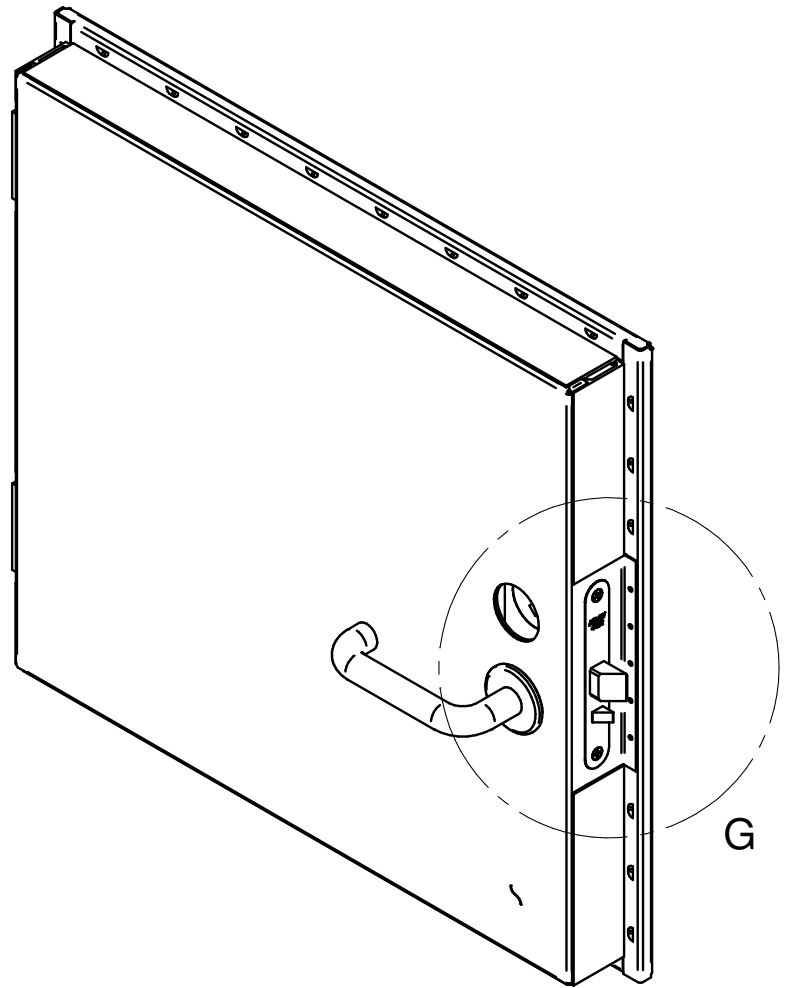
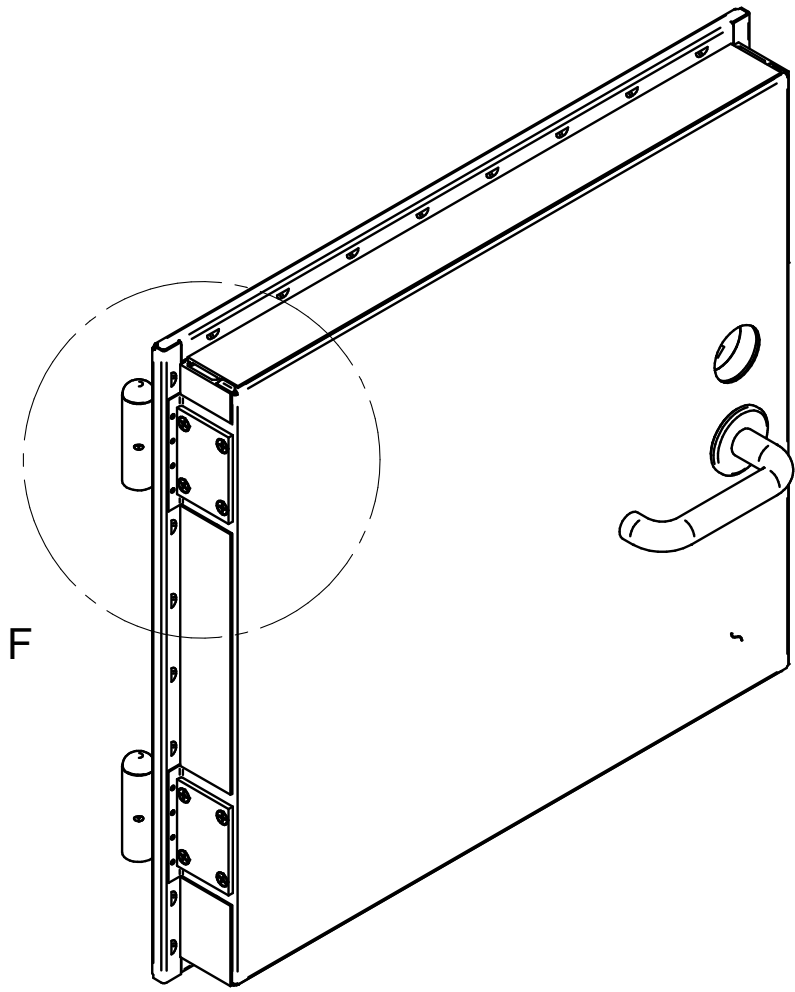
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



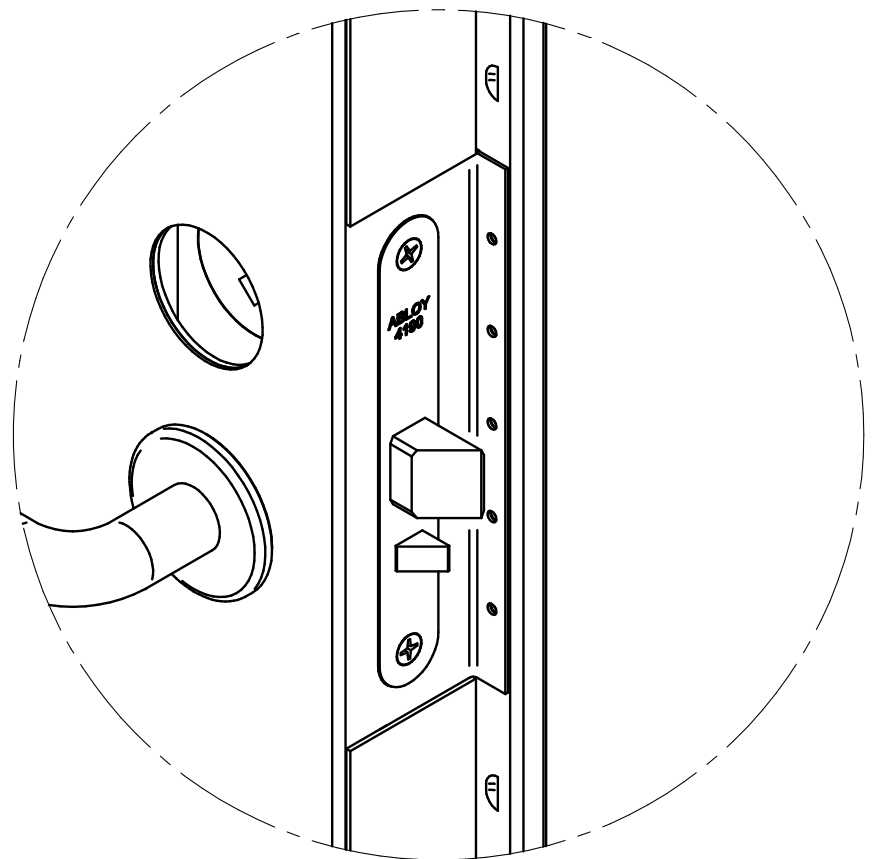
Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-1.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Ukseleht-proov-1.dft			
 AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver5	Mööõt:	1:5	
		Tähis:	5.1 /3	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



F
1:2

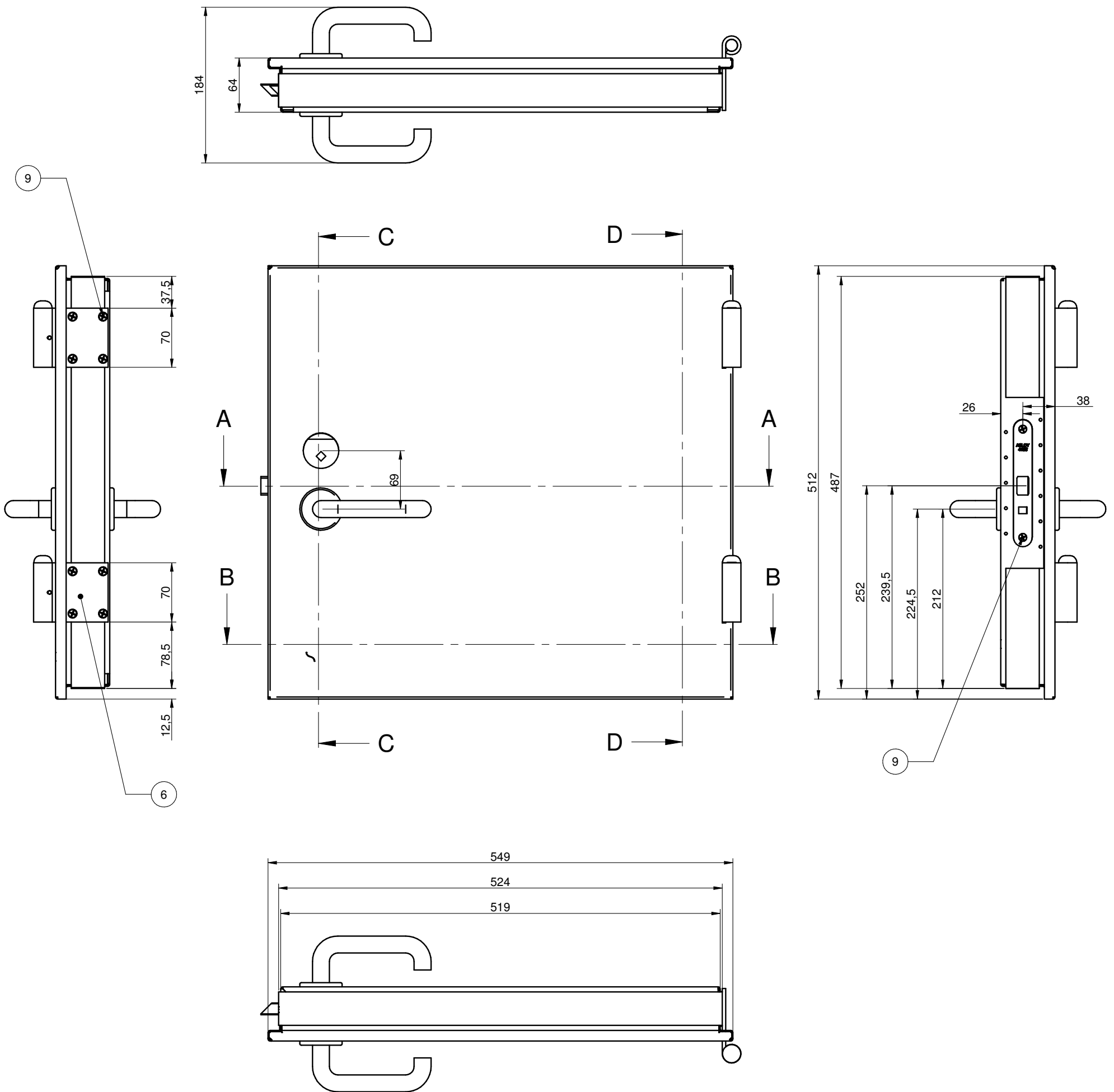


G
1:2

Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-1.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Ukseleht-proov-1.dft			
		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver5	Mööd:	1:5	
AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti		Tähis:	5.1 /4	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

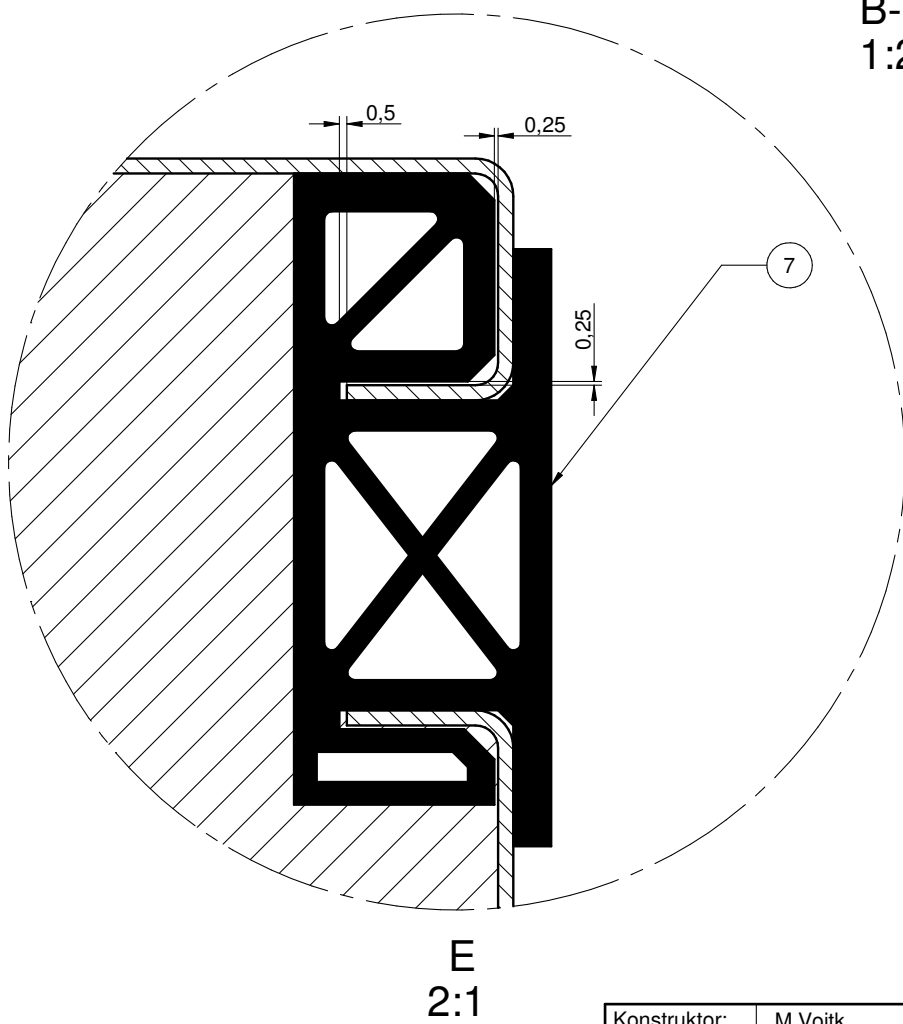
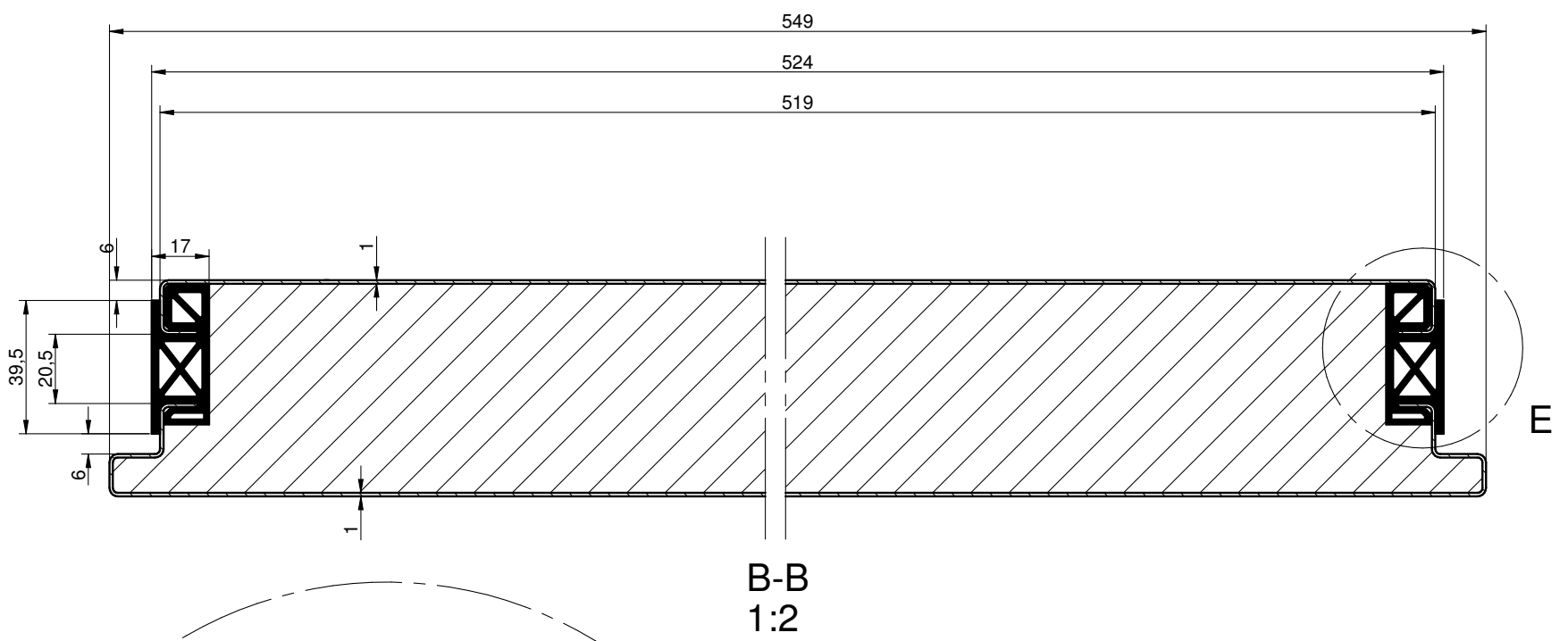
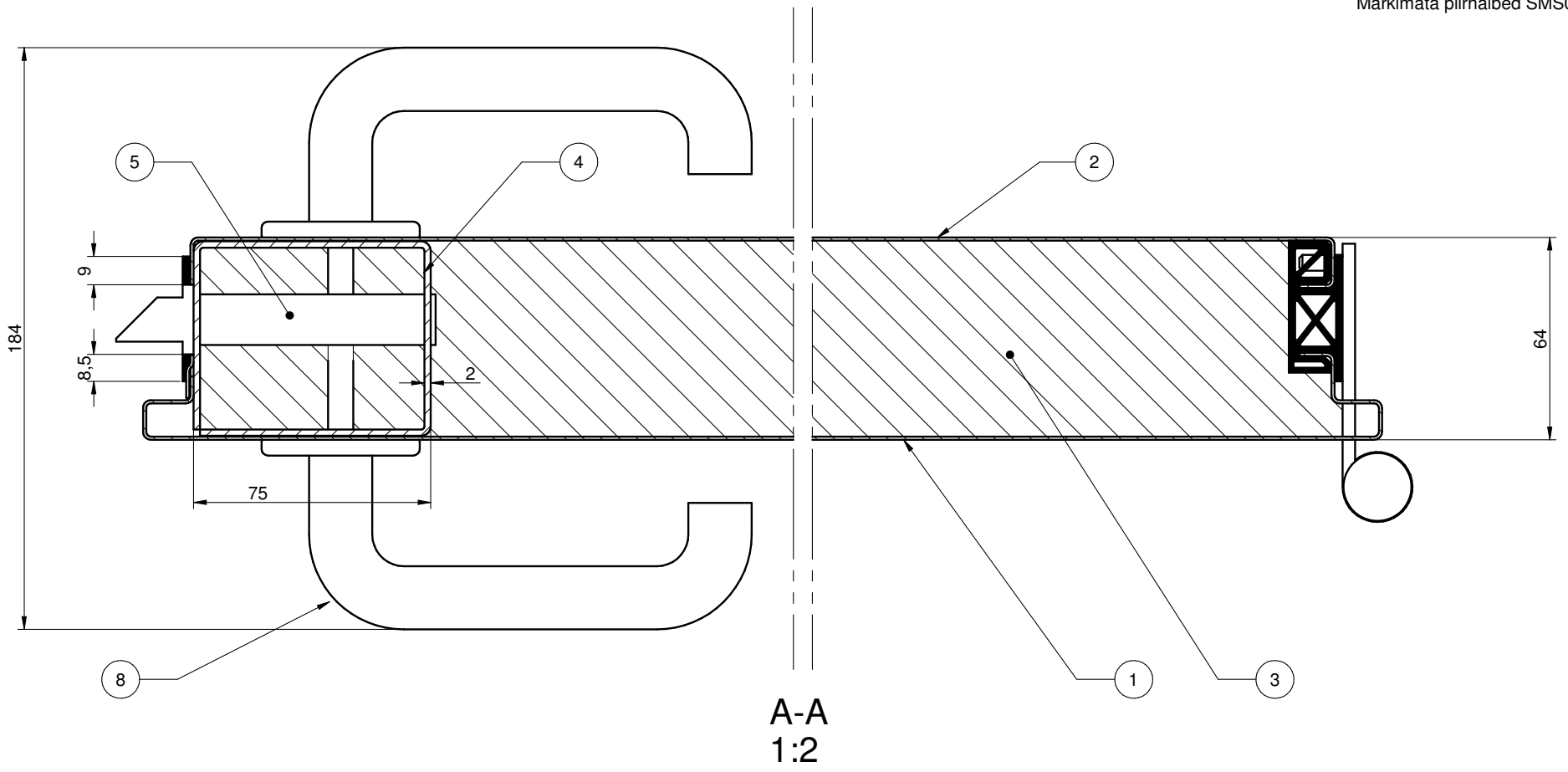
Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



1	Ukselehe väliskülg ver7	M-Q64-UL21-ver7	Terasleht 1,0 mm	1
2	Ukselehe sisekülg ver7	M-Q64-UL02-ver7	Terasleht 1,0 mm	1
3	Kivivill	Paroc ROS30	$\lambda_{D=}$ 0,036 W/mK	
4	Lukukarp	M-Q64-L001.01	Terasleht 2,0 mm	1
5	Lukk	Abloy 4190	Teras	1
6	Hing ukselehes	Hing ukselehes 2.0	Teras 4mm	2
7	Plastik profiil	PROF-7	ABS/PVC	1817mm
8	Link	Abloy 4/003		2
9	Kruvi	M5x20		10
Osa	Nimetus	Tähis/Tootja	Materjal/Kirjeldus	Kogus
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: Ukseleht-proov-3.asm	Kuupäev: 17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood: Ukseleht-proov-3.dft		
		Nimetus: Ukseleht plastik profiiliga ver7		Mööd: 1:5
<small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Tähis: 7.1 /1	Suurus: A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

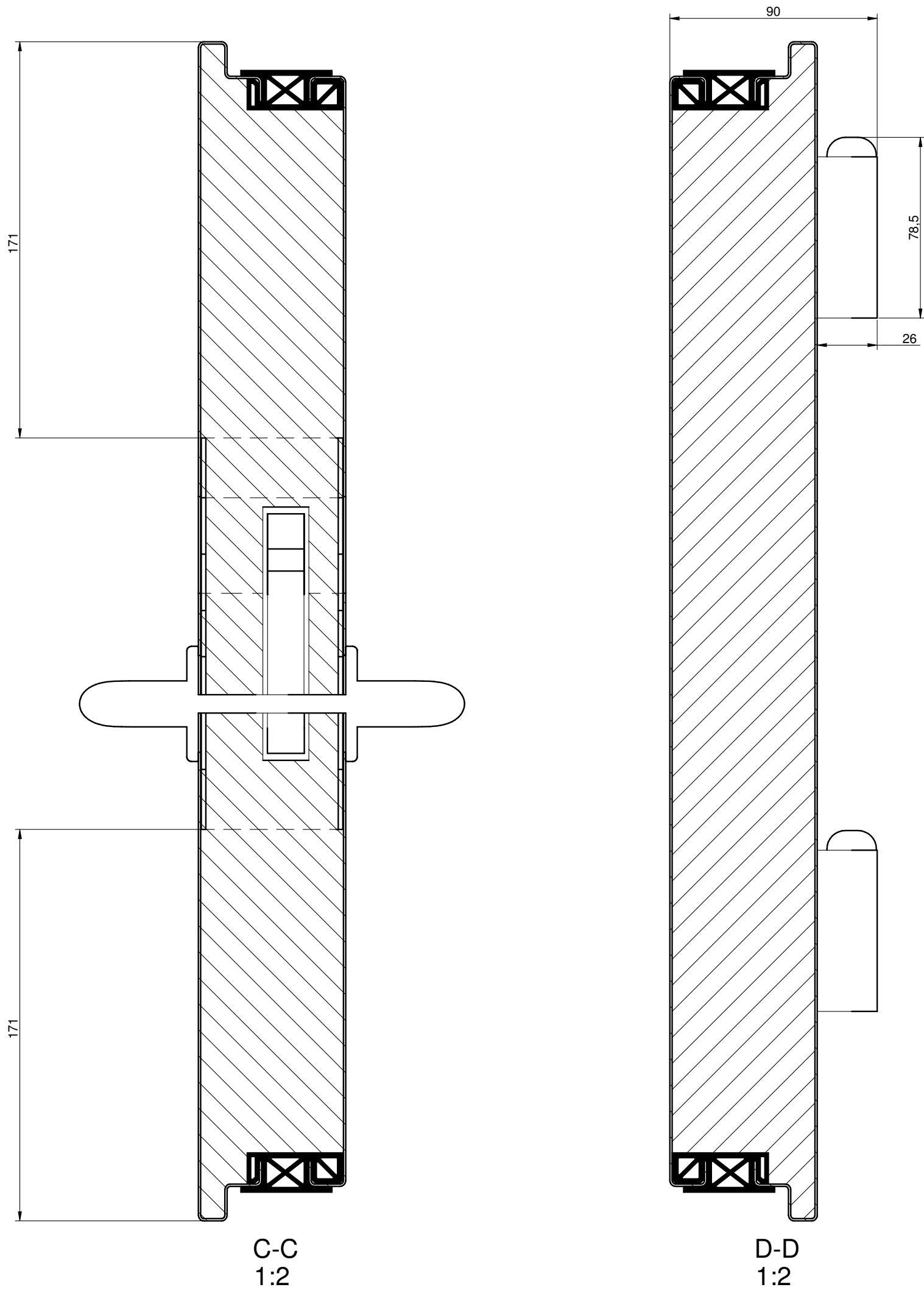
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-3.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood:	Ukseleht-proov-3.dft			
		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver7	Mööd:	1:5	
<small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Tähis:	7.1 /2	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:		Kuupäev	Muutja
				Kontr.

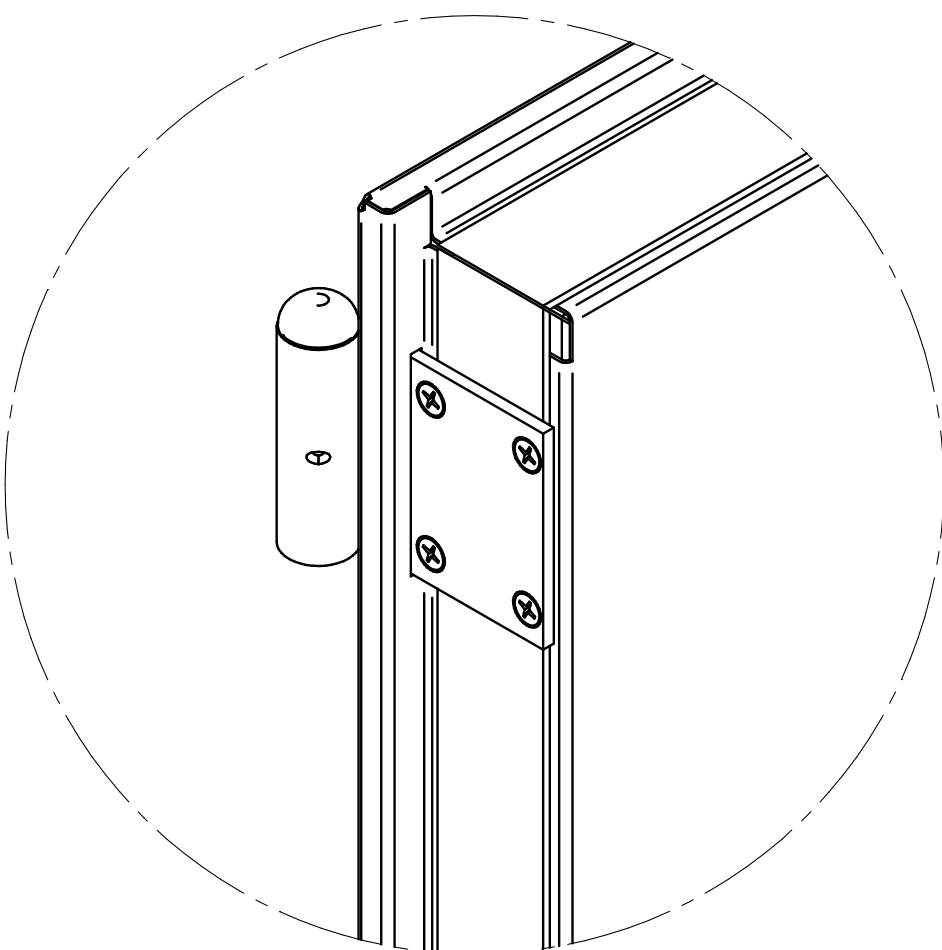
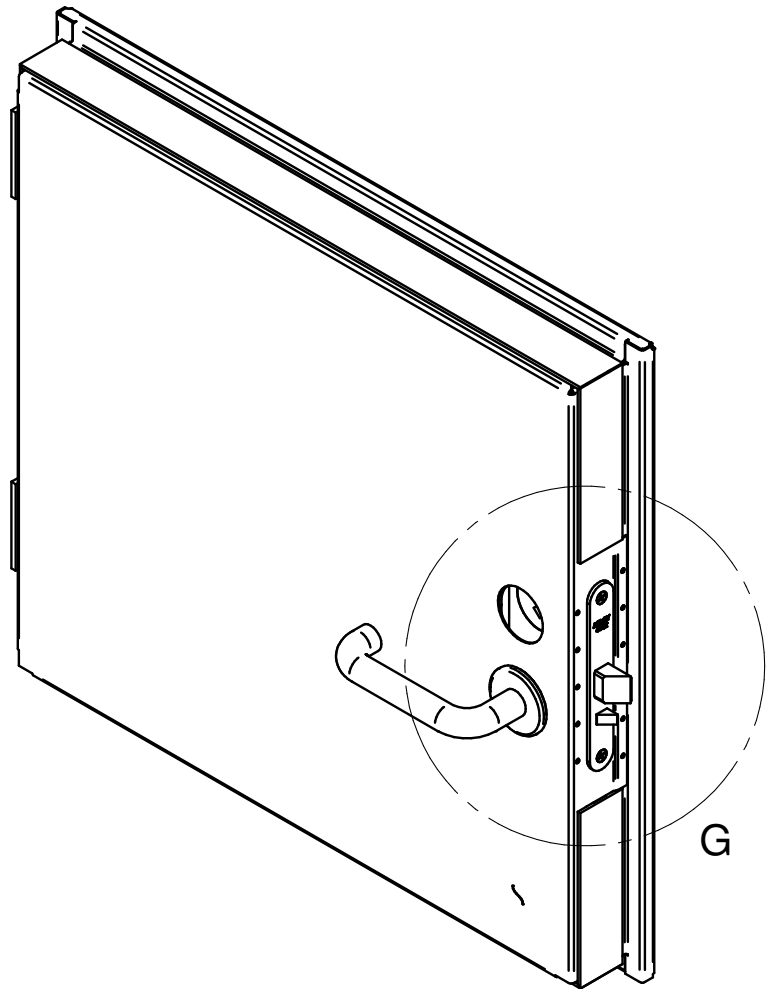
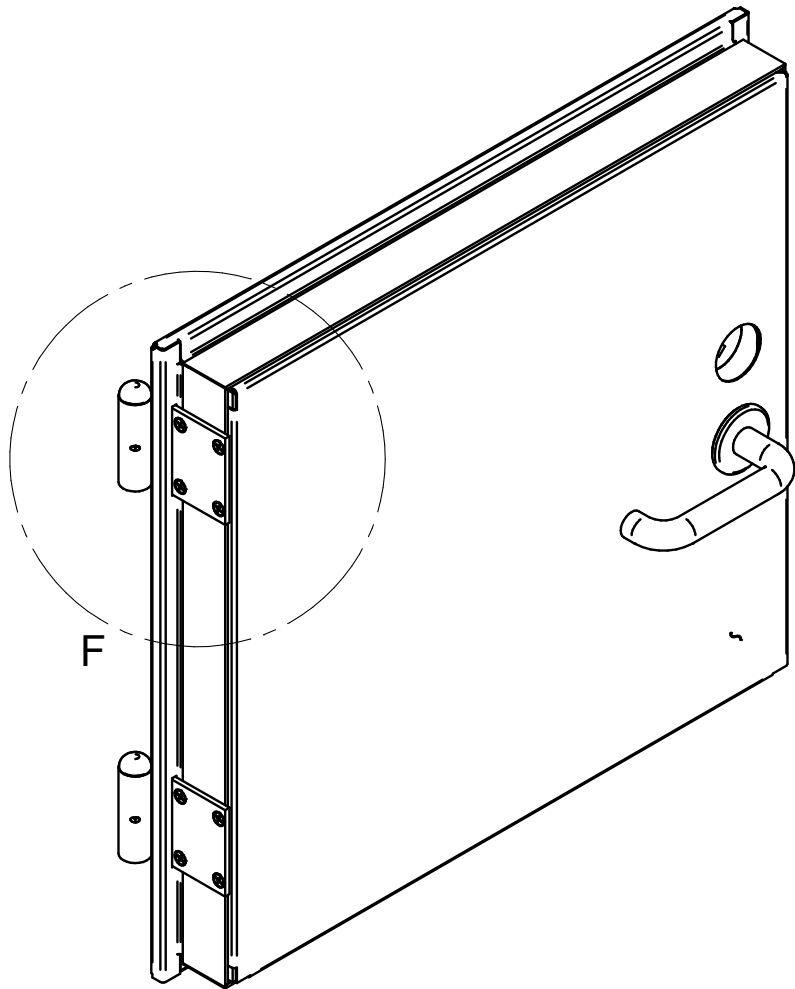
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi



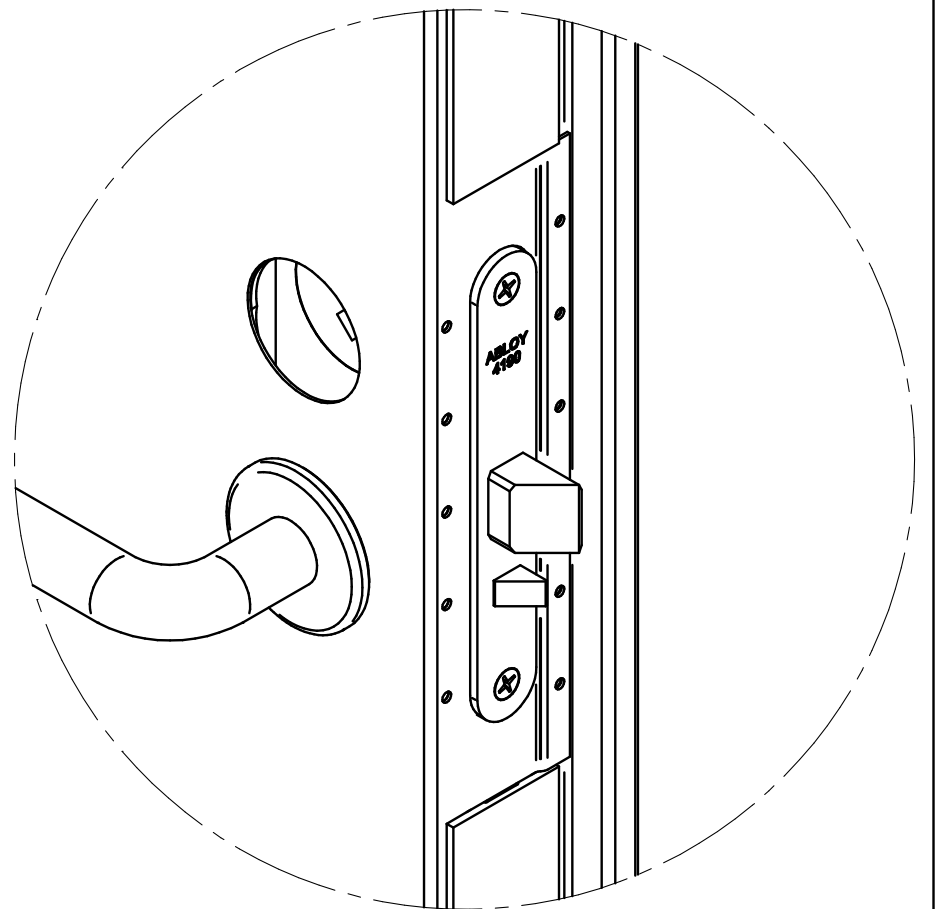
Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-3.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Ukseleht-proov-3.dft			
 AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver7	Mööõt:	1:5	
		Tähis:	7.1 /3	Suurus:	A3	Rev.nr:

Liitub:		Kuupäev	Muutja	Kontr.
Rev.nr:	Muudatus:			

Märkimata piirhälbed SMS01 järgi



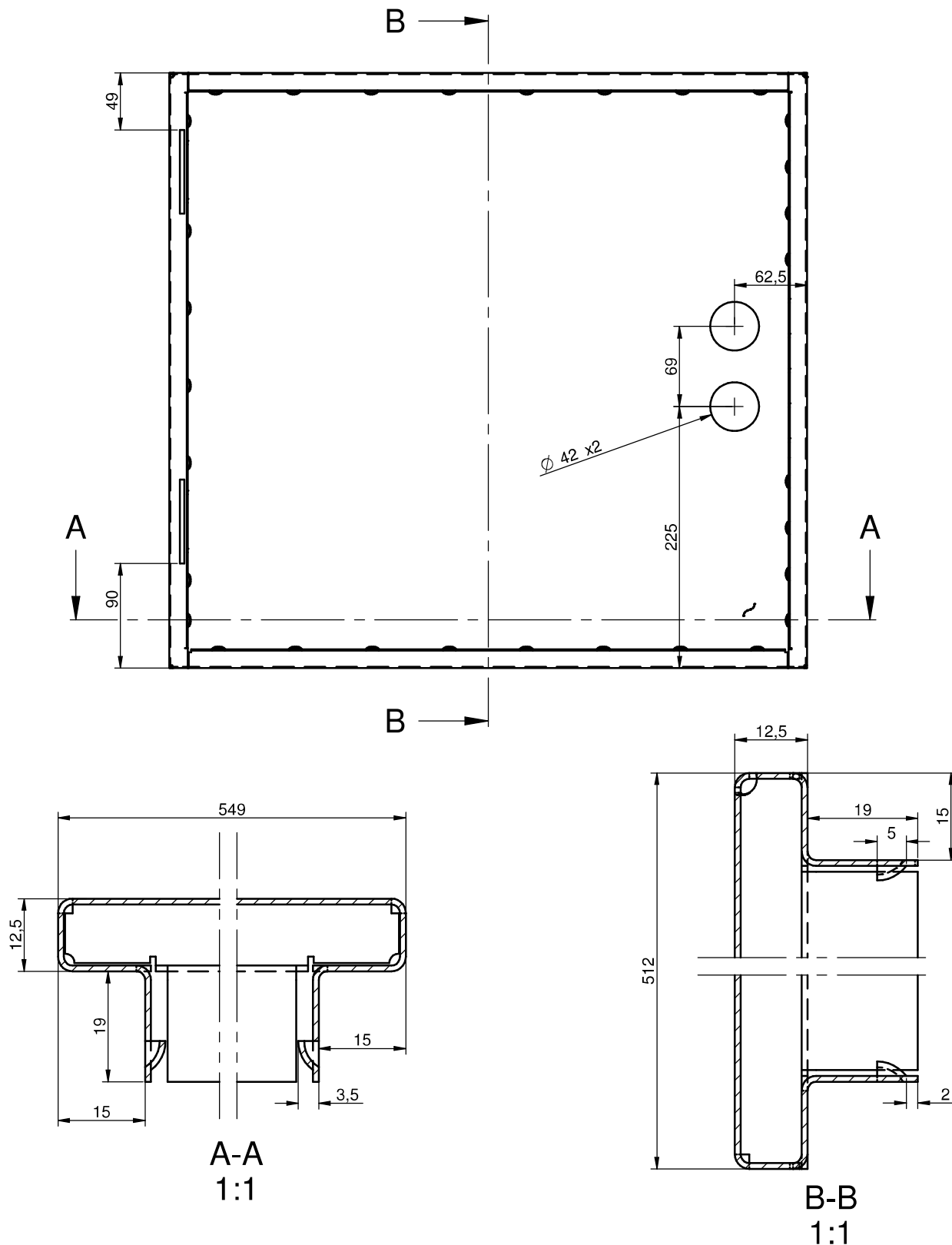
F
1:2





G
1:2

Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Ukseleht-proov-3.asm	Kuupäev:	17.05.2020	
Kontrollis:	K.Peek	Kood:	Ukseleht-proov-3.dft			
 <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus:	Ukseleht plastik profiiliga ver7	Mööd:	1:5	
		Tähis:	7.1 /4	Suurus:	A3	Rev.nr:

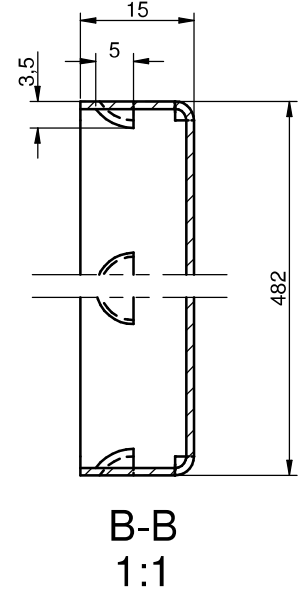
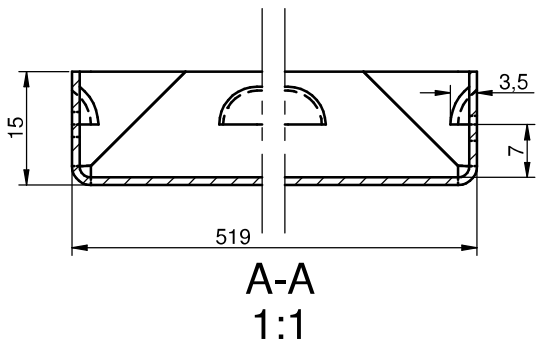
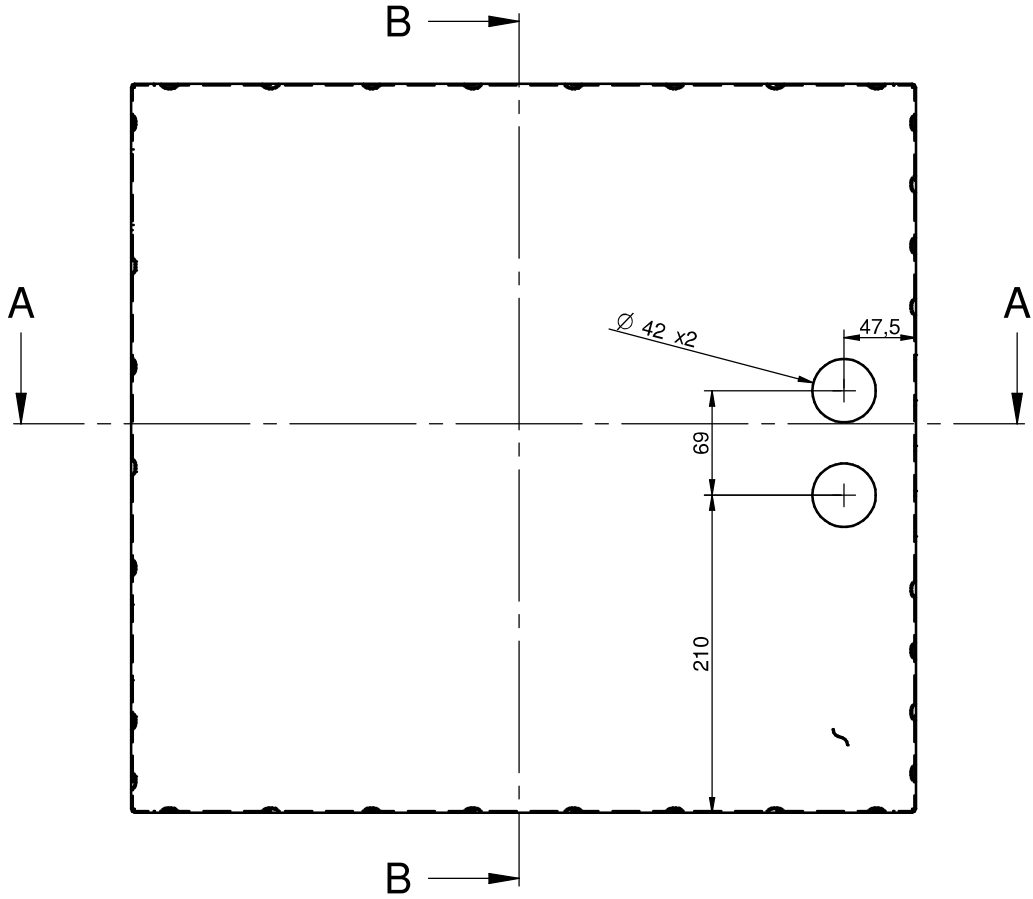
Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:		Kuupäev	Muutja
				Kontr.



Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

Materjal: Terasleht FE, ZE, ZN, RST		Lehe paksus: 1,00 mm		Mass: 2,85 kg
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: M-Q64-UL31-u-2-venitusega.dft;	Kuupäev:	- 
Kontrollis:	K.Peek	Mudel: M-Q64-UL31-u-2-venitusega.psm	12.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Ukselehe väliskülg versioon2-venitusega		Mõõt: 1:5
		Tähis: M-Q64-UL21-ver2,1/1		Suurus: A4

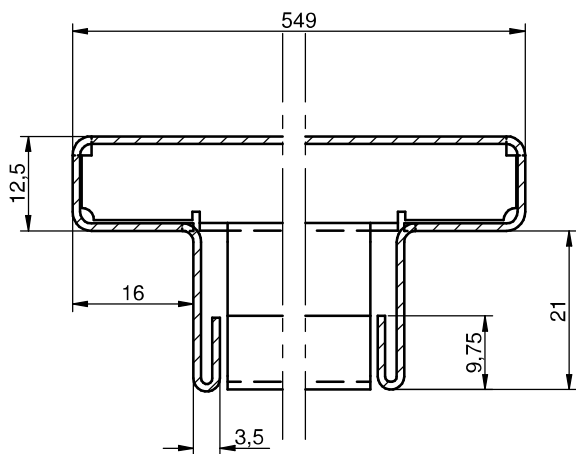
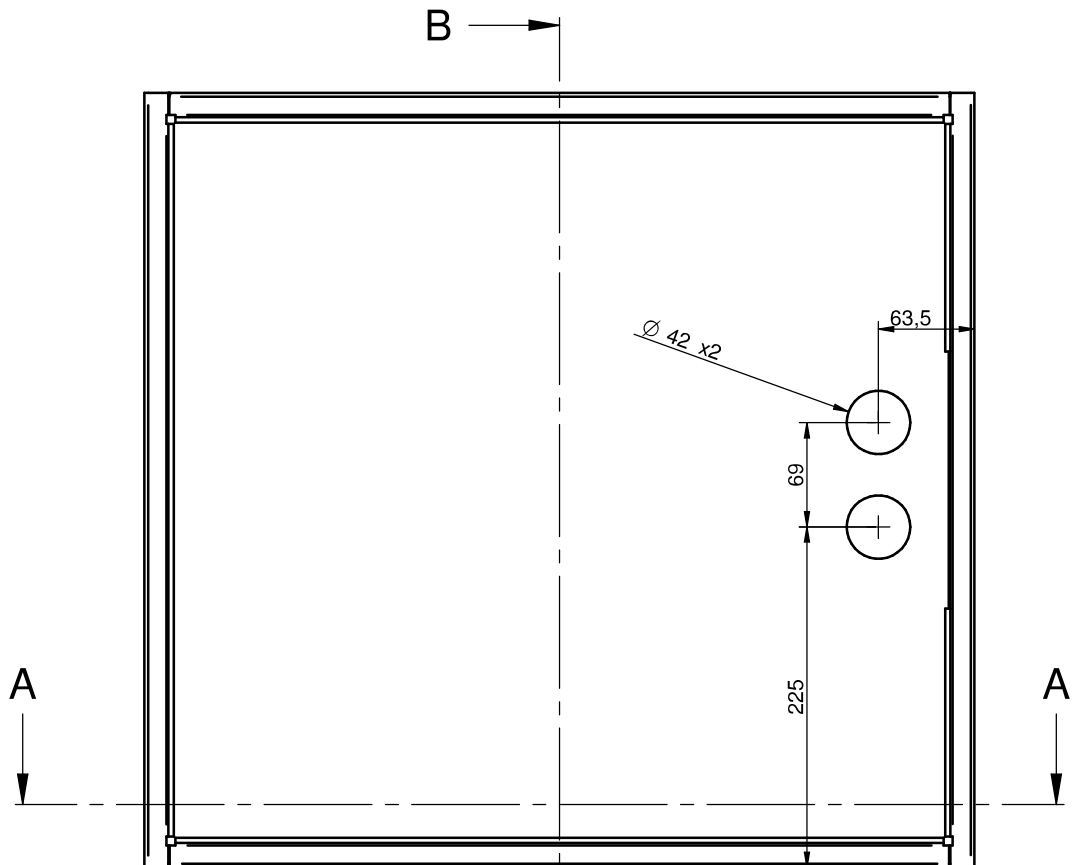
Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.



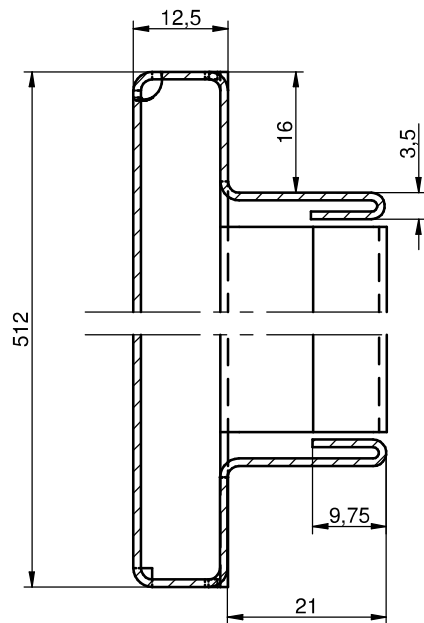
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

Materjal: Terasleht FE, ZE, ZN, RST		Lehe paksus: 1,00 mm		Mass: 2,15 kg
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: M-Q64-UL02-u-2-venitusega.dft;	Kuupäev:	
Kontrollis:	K.PEEK	Mudel: M-Q64-UL02-u-2-venitusega.psm	18.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Ukselehe sisekülg versioon2-venitusega		Mööt: 1:5
		Tähis: M-Q64-UL02-ver2.1/1		Suurus: A4

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.



A-A
1:1

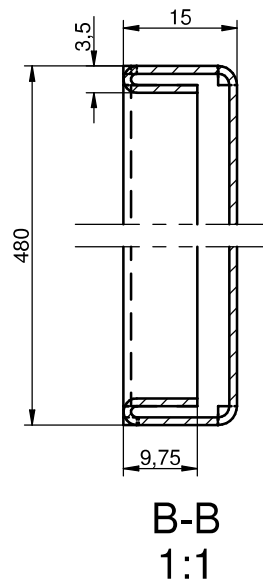
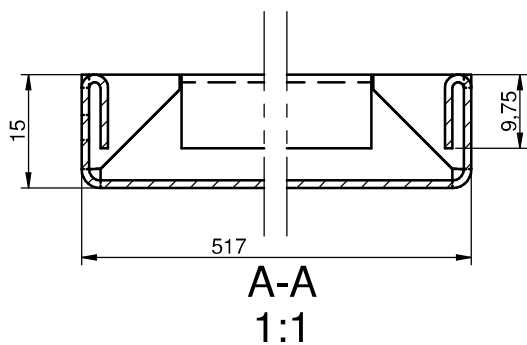
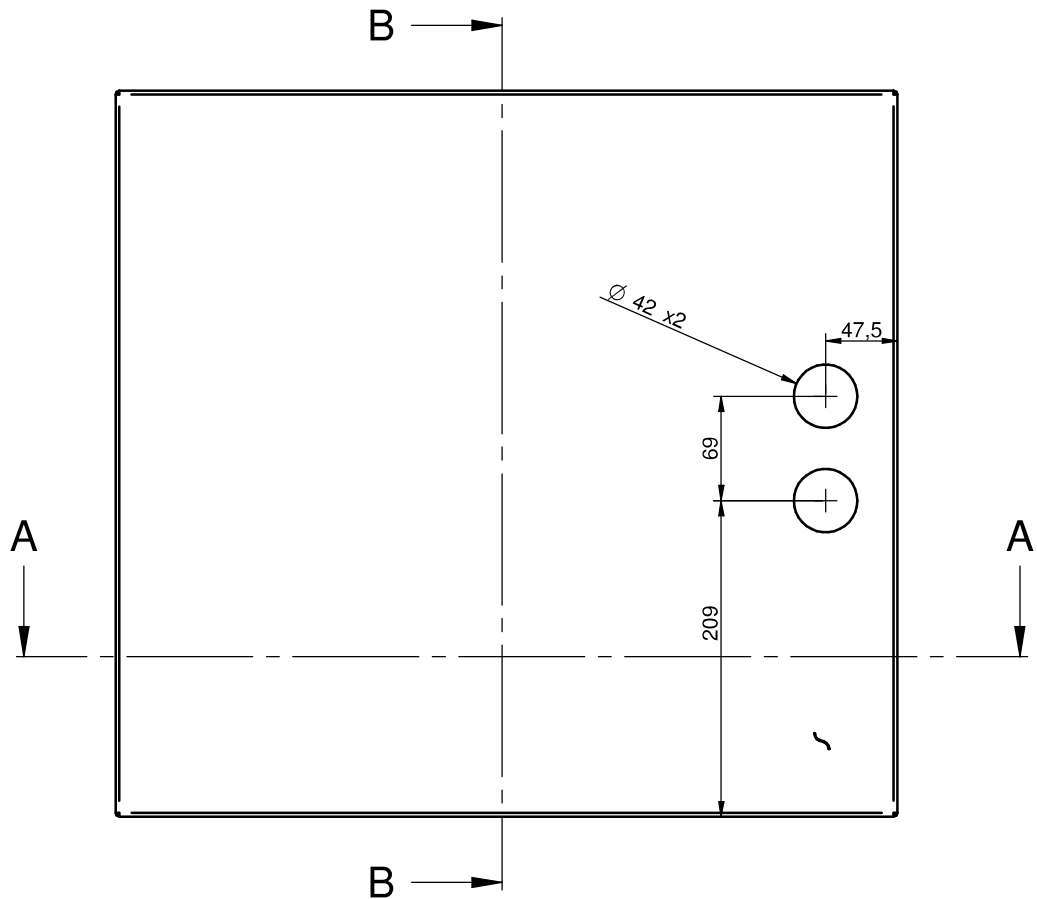


B-B
1:1

Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

Materjal: Terasleht FE, ZE, ZN, RST		Lehe paksus: 1,00 mm		Mass: 3,04 kg
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: M-Q64-UL31-u-2-tagasipaine.dft;	Kuupäev:	
Kontrollis:	K.PEEK	Mudel: M-Q64-UL31-u-2.psm	18.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Ukselehe väliskülg versioon2-tagasipaine		Mõõt: 1:5
		Tähis: M-Q64-UL21-ver2.2/1		Suurus: A4

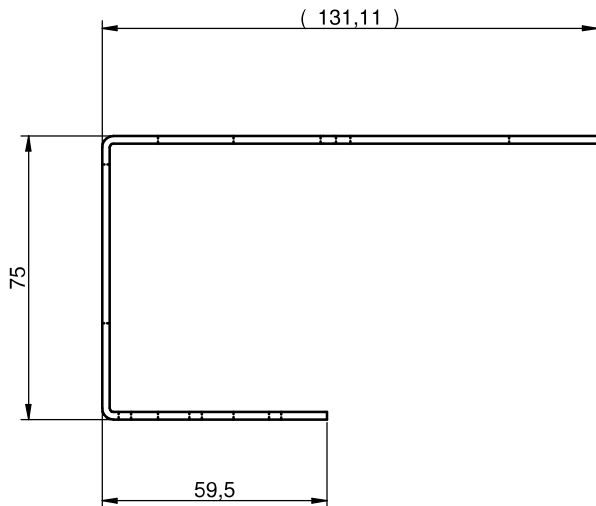
Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.



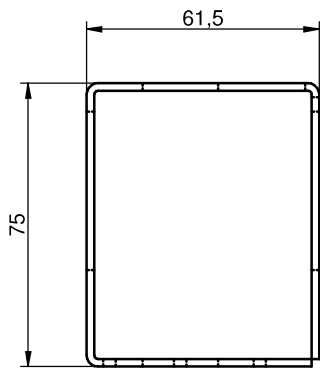
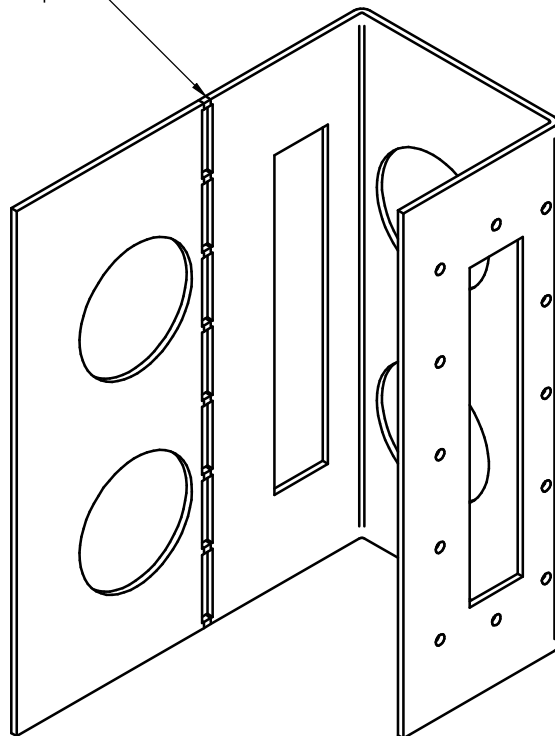
Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

Materjal: Terasleht FE, ZE, ZN, RST		Lehe paksus: 1,00 mm		Mass: 2,26 kg
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: M-Q64-UL02-u-2-tagasipaine.dft;	Kuupäev:	
Kontrollis:	K.PEEK	Mudel: M-Q64-UL02-u-2.psm	12.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Ukselehe sisekülg versioon2-tagasipaine		Mõõt: 1:5
		Tähis: M-Q64-UL02-ver2,2/1		Suurus: A4

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.

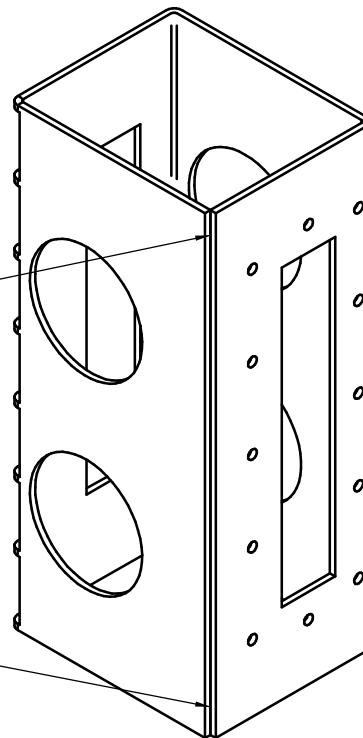


Käsipaine




Z2 | 4

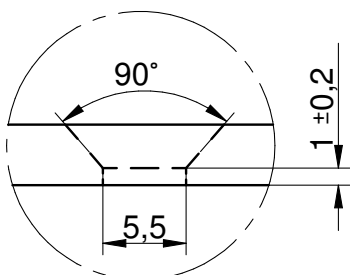
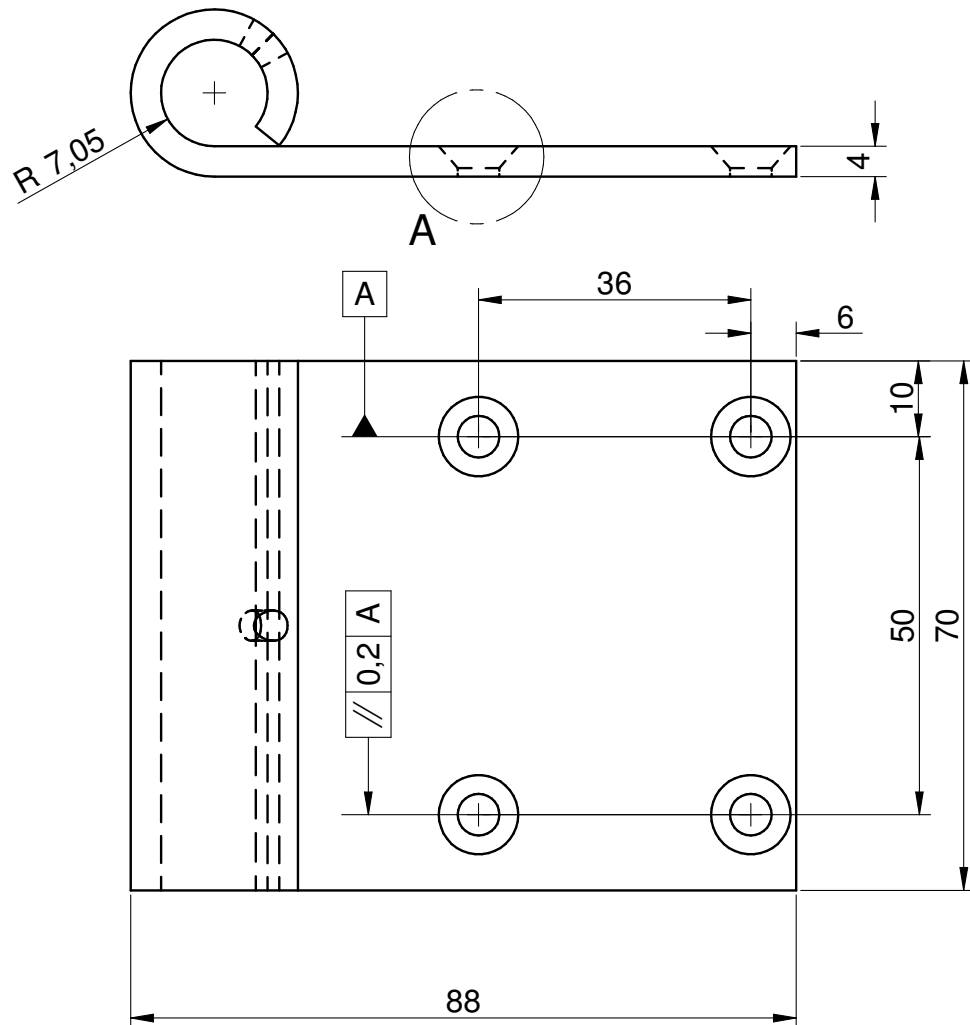
Z2 | 4



Märkimata piirhalded SMS01 järgi

Materjal: Terasleht FE, ZE, ZN		Lehe paksus: 2,00 mm		Mass: 0,52 kg
Konstruktor:	M.Voitk	Fail:	Lukukarp	Kuupäev:
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	Lukukarp	19.05.2020
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Lukukarp		Mööd: 1:2
		Tähis: M-Q64-L001.01/1	Suurus: A4	Rev.nr:

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.

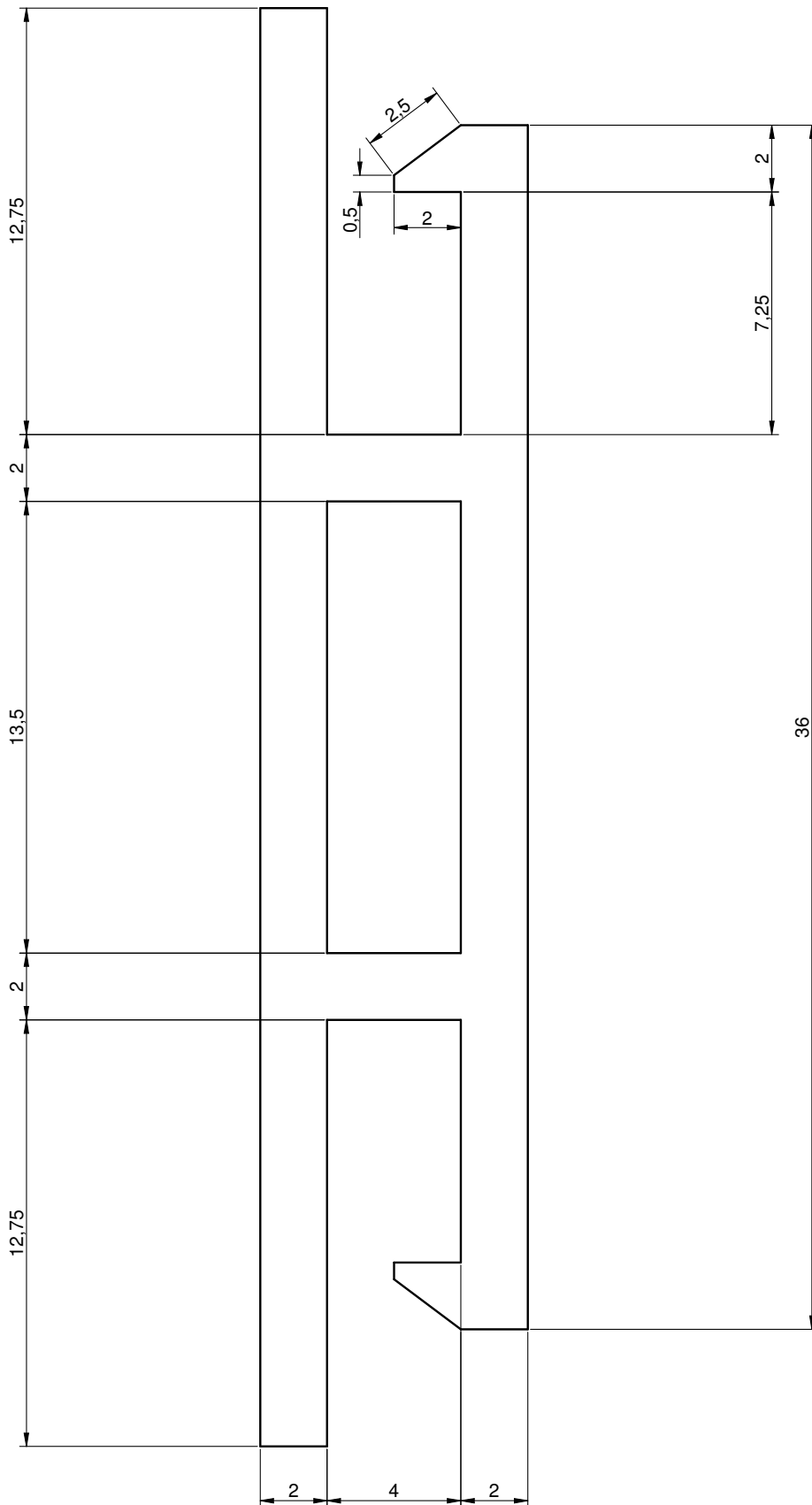


A
2:1

Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

Materjal: Teras		Lehe paksus: 4,00 mm		Mass: 0,27 kg
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: hing_ukselehes.dft;	Kuupäev:	
Kontrollis:	K.Peek	Mudel: hing_ukselehes-ver3.psm	19.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Hing ukselehes		Mõõt: 1:1
		Tähis: Hing ukselehes 2.0/1		Suurus: A4

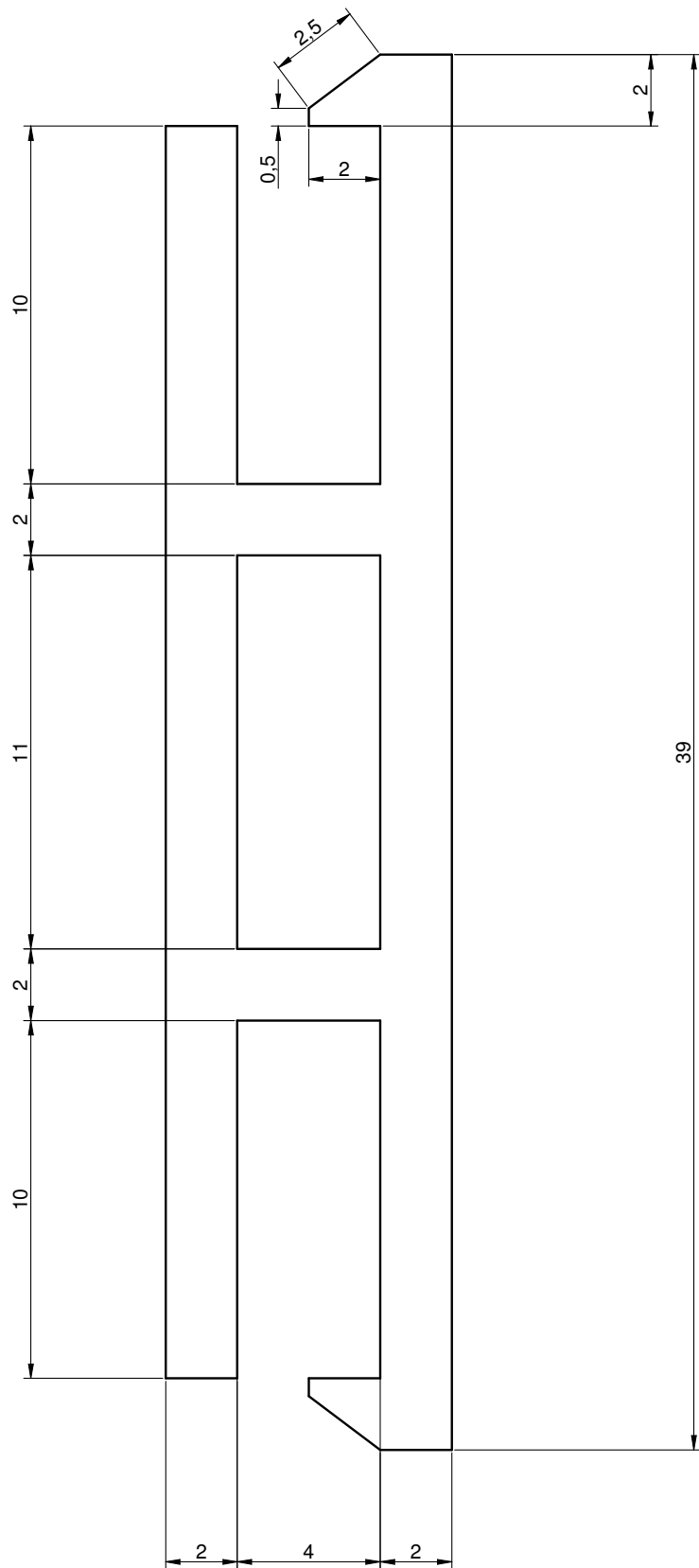
Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.





Märkimata piirhálbed SMS01 järgi

Materjal: ABS/PVC			Mass:	
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: profiil2.1; profiil1-klopsuga-ver2-3D.par	Kuupäev:	-
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	18.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Plastik profiil		Mõõt: 5:1
		Tähis: PROF-2.1/1	Suurus: A4	Rev.nr:

Liitub:				
Rev.nr:	Muudatus:	Kuupäev	Muutja	Kontr.



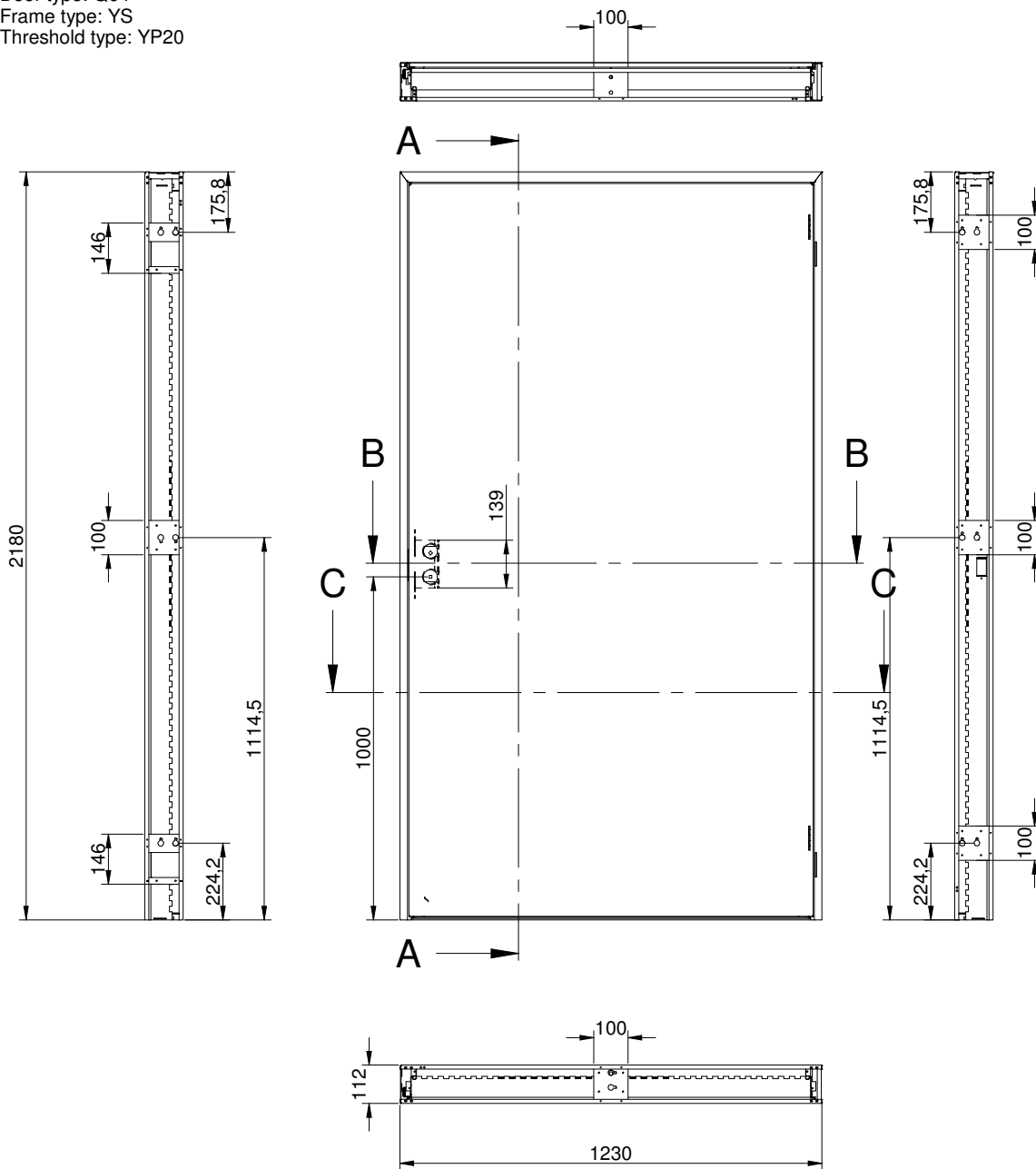
Märkimata piirhälbed SMS01 järgi

Materjal: ABS/PVC			Mass:	
Konstruktor:	M.Voitk	Fail: profiil2.2; profiil1-hem-3D.par	Kuupäev:	- 
Kontrollis:	K.PEEK	Kood:	18.05.2020	
 sakumetall <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Nimetus: Plastik profiil		Mõõt: 5:1
		Tähis: PROF-2.2/1		Rev.nr:
			Suurus: A4	

Rev.:	Description:	Date	Drawn	Checked

Door type: Q64
 Frame type: YS
 Threshold type: YP20

GENERAL TOLERANCES SMS01

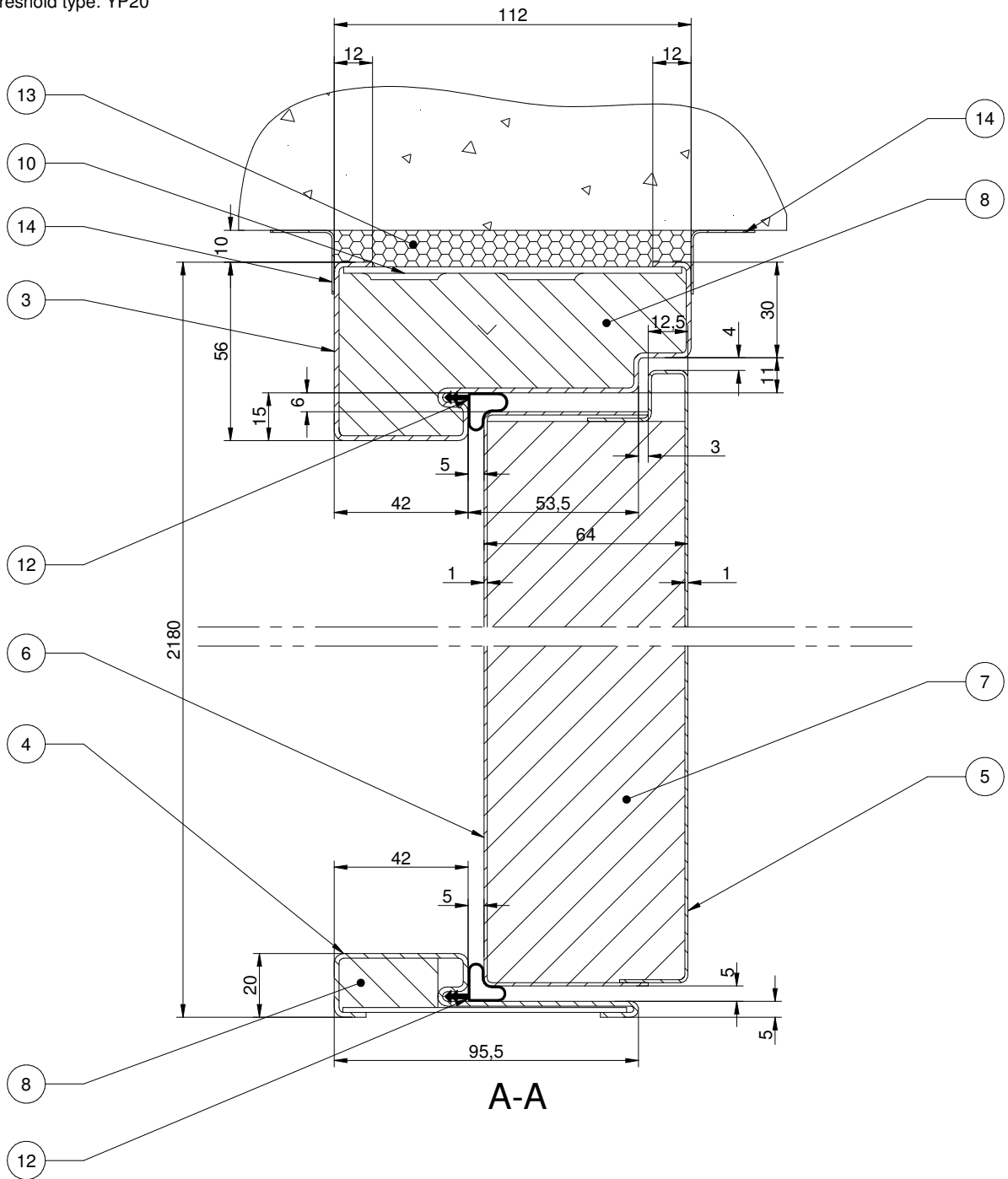


Drawn:	M.Voitk	Fail:	u-väärtus-M-Q64-S00.asm	Date:	15.11.2019	
Checked:	A.Kask	Code:	MED131-YP20.dft			
		Title:	Metal door Q64 MED131		Scale:	1:1
		Document number:	/1		Size:	A4

Rev.:	Description:	Date	Drawn	Checked

Door type: Q64
 Frame type: YS
 Threshold type: YP20

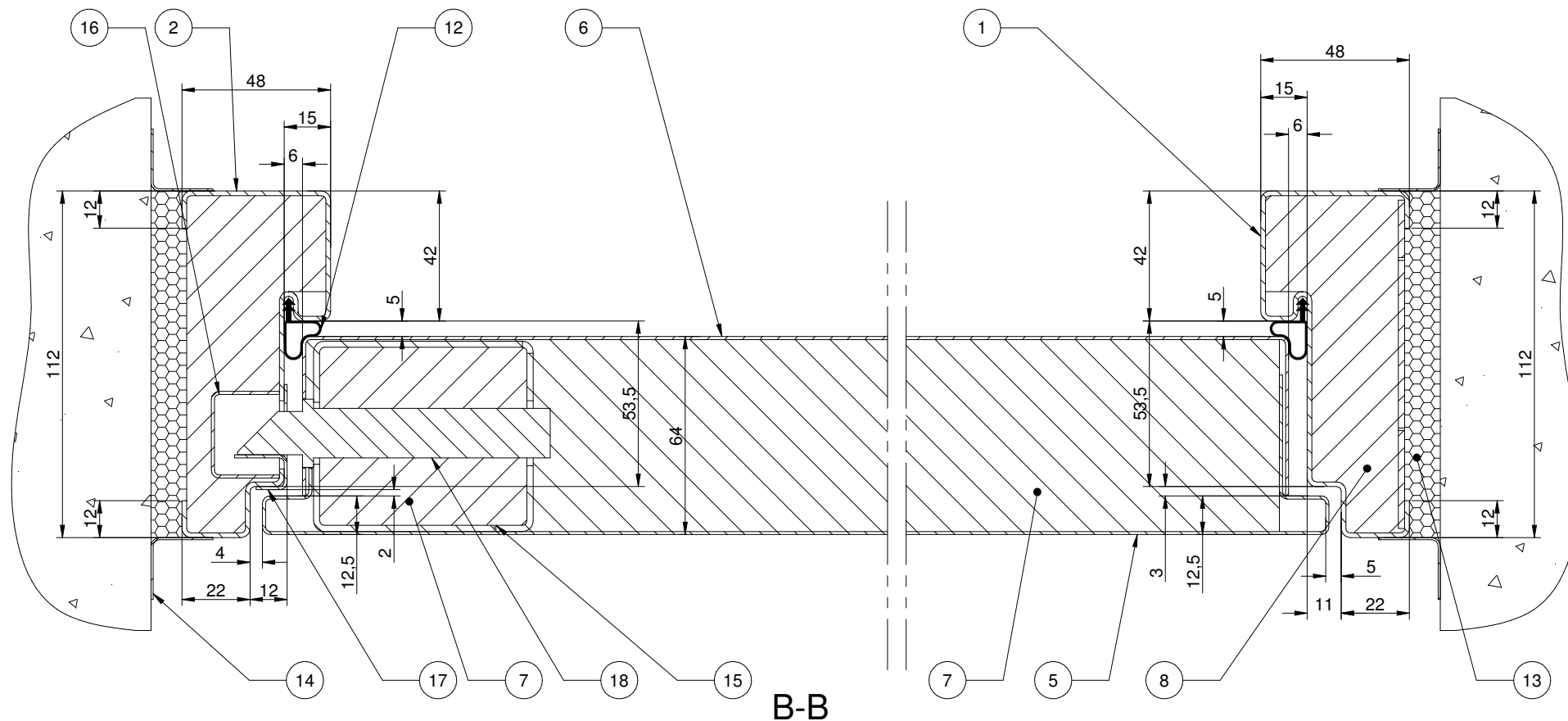
GENERAL TOLERANCES SMS01





Drawn:	M.Voitk	Fail:	u-väärtus-M-Q64-S00.asm	Date:	15.11.2019	
Checked:	A.Kask	Code:	MED131-YP20.dft			
 <small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>		Title:	Metal door Q64 MED131		Scale:	1:1
		Document number:	/2		Size:	A4

Door type: Q64
 Frame type: YS
 Threshold type: YP20

Rev.:	Description:	Date	Drawn	Checked



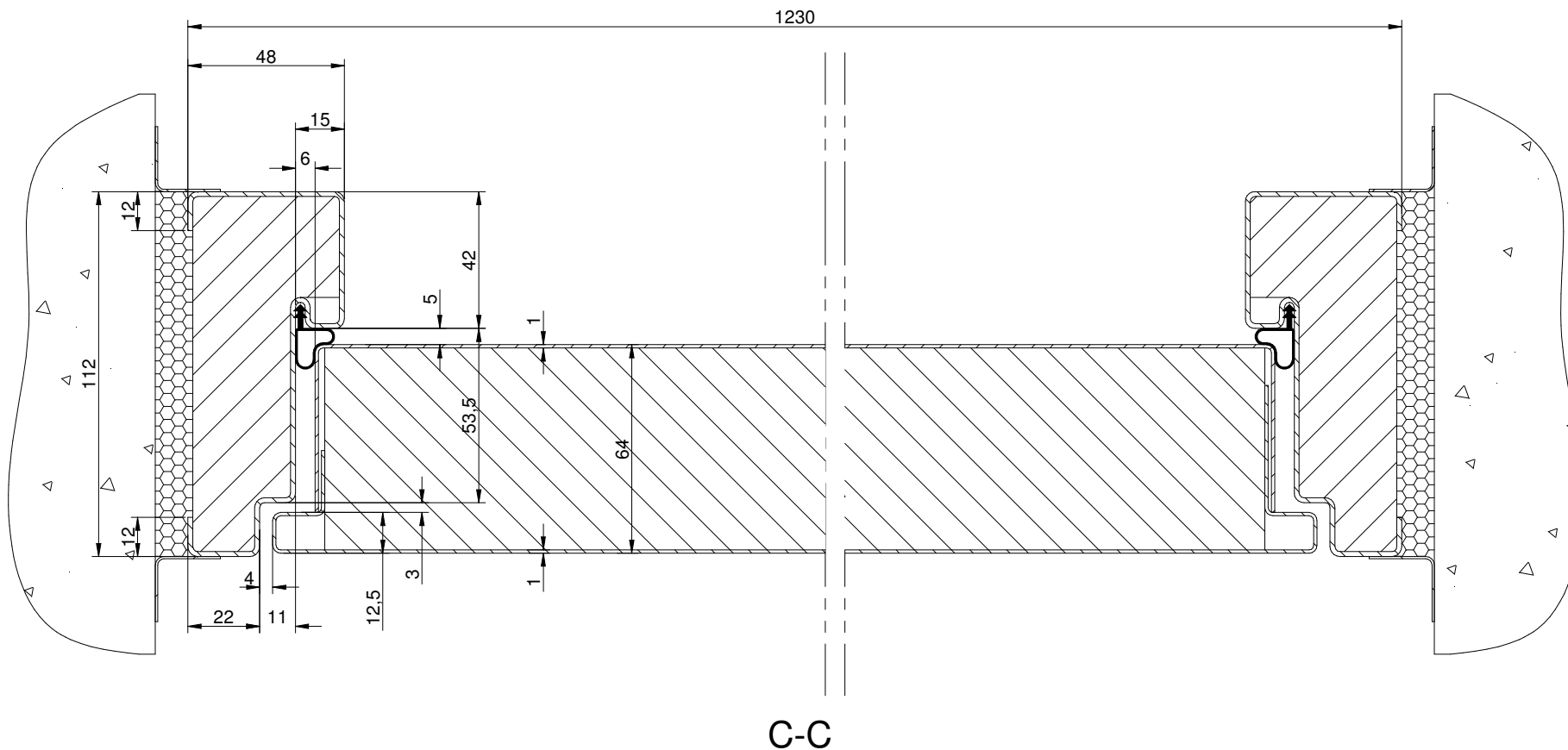
GENERAL TOLERANCES SMS01

Drawn:	M.Voitk	Fail:	u-väärtus-M-Q64-S00.asm	Date:	15.11.2019		
Checked:	A.Kask	Code:	MED131-YP20.dft				
		Title:			Metal door Q64 MED131		Scale: 1:1
		Document number:			/3		Size: A4

AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti

Door type: Q64
 Frame type: YS
 Threshold type: YP20

Rev.:	Description:	Date	Drawn	Checked



GENERAL TOLERANCES SMS01



Drawn:	M.Voitk	Fail: u-väärtus-M-Q64-S00.asm	Date:	15.11.2019	
Checked:	A.Kask	Code: MED131-YP20.dft	Title: Metal door Q64 MED131		
		Document number:	/4	Size: A4	Rev.:
<small>AS Saku Metall, Saku tn 13, Tallinn, Eesti</small>					

Rev.:	Description:	Date	Drawn	Checked

Door type: Q64
Frame type: YS
Threshold type: YP20

GENERAL TOLERANCES SMS01

1	Frame post	M-Q64-YSV	Steel sheet 1,5 mm	1
2	Frame post	M-Q64-YSL	Steel sheet 1,5 mm	1
3	Upper frame	M-Q64-YSH	Steel sheet 1,5 mm	1
4	Threshold	M-Q64-YP20	Steel sheet 1,5 mm	1
5	Outside door leaf	M-Q64-UL21	Steel sheet 1,0 mm	1
6	Inside door leaf	M-Q64-UL02	Steel sheet 1,0 mm	1
7	Rock wool	Paroc ROS30	$\lambda_D = 0,036$ W/mK	
8	Rock wool	Paroc FPS14/ ROB50	$\lambda_D = 0,037$ W/mK	
9	Hinge mounting pad	M-Q64-D01	Steel sheet 2,0 mm	2
10	Frame mounting pad	M-Q64-D02	Steel sheet 2,0 mm	5
11	Threshold mounting pad	M-Q64-D03	Steel sheet 1,5 mm	1
12	Seal	M-Q64-D99	Silicon Ø 11mm	
13	Construction foam	PENOSIL	Premium Gunfoam 65, $\square D = 0,034$	
14	Border slat		Steel sheet 0,7 mm	6
15	Lock box	M-Q64-L001.01	Steel sheet 2,0 mm	1
16	Lock tongue box	M-MU-D001	Steel sheet 1,0 mm	1
17	Striker	M-R52-L001.02	Steel sheet 1,0 mm	1
18	Lock case	Abloy 4190	Steel	1
Item	File Name	Symbol/Manufacturer	Material	Quantity

Drawn:	M.Voitk	Fail: u-väärtus-M-Q64-S00.asm	Date:	
Checked:	A.Kask	Code: MED131-YP20.dft	15.11.2019	
		Title: Metal door Q64 MED131	Scale: 1:1	
sakumetall		Document number: /5	Size: A4	Rev.: