

Boksi nõuded ja kontroll mudeli vastu

Dokument "Vastused Remo küsimustele" (22.10.2026) on viidud konkreetseteks mõõtudeks, koormusteks, mehhanismide spetsifikatsiooniks ja nimekirjadeks. Suuskade mahtuvus on kontrollitud v1 mudeli box_960x2000x365_mm.obj vastu ja uuesti CAD v2 vastu, mis on ehitatud selle dokumendi nõuete järgi (jagu 07).

-
- | | |
|----|---|
| 00 | Kokkuvõte: mis on korras, mis tuleb muuta, millised otsused on lahtised |
|----|---|
-
- | | |
|----|--|
| 01 | Koormused ja jõud: massieelarve ja arvutuslikud koormusjuhud CAD-ile ja FEA-le |
|----|--|
-
- | | |
|----|--|
| 02 | Suuskade mahtuvus: mudeli kontroll, mis mahub praegu, nõutav sisekontuur |
|----|--|
-
- | | |
|----|---|
| 03 | Regulatsioonid: nõuete kontroll-leht, riskianalüüs, tehniline toimik, märgistus, juhend |
|----|---|
-
- | | |
|----|---|
| 04 | Avanemine, sulgemine, lukustus: mehhanismi spetsifikatsioon ja gaasivedrude arvutus |
|----|---|
-
- | | |
|----|--|
| 05 | Kinnitussüsteem: klambrid, süsiniku tugevdus, pingutusmoment, katsed |
|----|--|
-
- | | |
|----|--|
| 06 | Muudatuste nimekiri CAD v2 jaoks ja järgmised sammud |
|----|--|
-
- | | |
|----|---|
| 07 | CAD v2: kest, jaotusjoon, kanalid, poldikohad |
|----|---|
-
- | | |
|----|--|
| 08 | CAD v3: tihend, hinged, vedrud, lukk, põrand, ankrud, drenaaž, ninaplokk |
|----|--|
-
- | | |
|----|--|
| 09 | Laminaadiplaan: tsoonid, kihid, päris mass ja raskuskese, CAD v4 |
|----|--|
-
- | | |
|----|---|
| 10 | FEA laminaadiplaani omadustega: põrand, poldikohad, kaas tõstejõuga |
|----|---|
-

- 11 CAD v5: riivid mõlemal küljel, lukuvardad
- 12 CAD v6: 2100 mm pikk, 395 mm kõrge (otsus 26.10)
- 13 FEA v6 kaas ja CAD v7: rihma ava, sildi tasku, furnituuri avad kataloogimootudes
- 14 Furnituuri BOM: hinged, gaasivedrud, riivid, lukk, tihend, klambrid, kandidaadid
- 15 Kasutusjuhend ET/EN/DE ja GPSR silt
- 16 Tootjad, katselaborid, RFQ-d, katseplaan, avalik aadress ja järgmised sammud

Kokkuvõte

Mudel, mida kontrolliti

Välismõõdud	960 × 2000 × 365 mm
Kesta pindala (üks pind)	4,5 m ² + kanalid 0,45 m ²
Sisekõrgus keskel (y = 0)	345 mm (põrand 17, katus 362)
Siselaius keskel (z = 150)	~950 mm
Ristkandja kanalid	y = -435...-285 ja 245...395
Kanali hari / samm	z = 65 mm / 680 mm
Seinapaksus mudelis	0 (ühekihiline pind)

Koordinaadid: x = laius (0 keskel), y = pikkus (nina -1000, saba +1000), z = kõrgus alusest.

Peamine leid

186 cm suusad ei mahu praegusesse mudelisse ühtegi pessa. Keskel mahub 180 cm, külgedel vähem, välimistesse pesadesse 24 cm klambripakk üldse ei mahu.

Põhjus ei ole põrand ega kanalid, vaid **katuse kõrgus nina ja külgede kohal**: nina juures (y = -900) on katus ainult 186 mm kõrgusel ja külgedel (x = 300) langeb lagi 362 → 324 mm. Suusk toetub kanaliharjadele (z = 65), nii et vaba kõrgus on katus miinus 65 mm, mitte katus miinus põrand.

Otsus 26.10: boks 2100 mm pikk ja 395 mm kõrge (CAD v6). Keskel mahub 200 cm, 186 cm mahub nelja keskmisse pessa, päris mass 19.3 kg.

v4-s (sandwich-sisepind 6 mm, tihendiäärrikud, sandwich-põrand) mahub: keskpesa 192, ±60 pesa 188, ±120 pesa 184, ±180 pesa 180, ±240 pesa 162 cm. Laminaadiplaani järgi kaalub boks 18.6 kg (laminaat 12.4 + furnituur ja täited 6.2), siht alla 20 kg on täidetud. Vt 07, 08, 09.

Otsused enne CAD v2

#	Otsus	Soovitus
---	-------	----------

1	Mitu paari on tegelik nõue: 5 või 7?	5 paari (3 pikka keskel + 2 lühemat kõrval). 7 paari 24 cm klambripakiga nõuab ~2150 mm pikkust ja peaaegu lamedat katust ±420 mm laiuses.
2	Kas boks võib kasvada?	Otsustatud 26.10: pikkus 2000 → 2100, kõrgus 365 → 395, laius 960 (CAD v6, jagu 12). Keskel 200 cm, ±180 pesas 188, ±240 pesas 170 cm.
3	Kanali sügavus 65 mm: kas ristkandja profiil lubab vähem?	Mööta RS6 Avant OEM kandja profiil (kõrgus × laius). Kanal ei ole peamine piiraja, aga iga 10 mm aitab välimisi pesasid.
4	Kaane avanemisnurk	Otsustatud: 30°. Hing y = -500 katuse joonel (z = 335), kaas 1,5 m, tagaserv +0,75 m, vedrud 2 × 150 N. Vt 04 ja kaas.html.
5	Luku asukoht: külj või taga?	Tehtud v3-s: silinder paremal küljel y = 300, 3 riivipilu küljel + 1 taga.

Koormused ja jõud

Massieelarve

Osa	Eeldus	Mass
Süsinikkest (alus + kaas)	5,0 m ² × 2 mm CFRP ≈ 3,0 kg/m ²	15 kg
Hinged, lukud, gaasivedrud, klambrid, tugevdused, tihend	hinnang	4 kg
Boks kokku (eesmärk alla 20 kg; laminaadiplaani jagu 09)		18.6 kg
Last (disaini sihtväärtus)	PDF: 50...75 kg	75 kg
Katusele kokku (ilma ristkandjateta)		94 kg

Kui auto dünaamiline katusekoormus on 75 kg ja kandjad kaaluvad 5 kg, jääb lasti jaoks $75 - 19 - 5 = 51$ kg. Juhendis tuleb seda arvutust kasutajale näidata (vt 03). Konstruktsioon ise projekteeritakse 75 kg lastile.

Arvutuslikud koormusjuhud CAD-ile ja FEA-le

Mass 94 kg (boks 19 + last 75). Kiirendused on disainieeldused, mitte standardi väärtused. ISO 11154:2023 täpsed katsekoormused võtta standardist, kui see on olemas.

Juht	Olukord	Kiirendus	Jõud	Kuhu mõjub
LC1	Staatiline, seisev auto	1 g, varutegur 2,5	2,3 kN ↓	Põrand, kanalid, klambrid. Põrand ei tohi 75 kg all märgatavalt painduda (siht alla 5 mm).
LC2	Täispidurdus	1,0 g ette	0,92 kN →	Klambrate hõõrdumine kandjal. Last (75 kg → 0,74 kN) rihmale ja nina sisepinnale.
LC3	Kurv, väljapöige	0,8 g külje suunas	0,74 kN	Klambrid (tuulepoolsed püüavad üles tõusta), külgseinad.
LC4	Löök, lohk, lamav politseinik	3 g alla, lühiajaline	2,8 kN ↓	Põrand ja kanalite nurgad, poltide ümbrus. Korduv: väsimus.

LC5	Linnakokkupõrge (ISO 11154 City Crash)	10 g ette, 30 ms	9,2 kN →	Kogu boks. 4 klambrit → 2,3 kN klambri kohta. Last 7,4 kN nina vastu: rihm ei pea seda üksi, nina sisepind vajab löögiplokki (vt 05).
LC6a	Aerodünaamika 130 km/h	$C_d 0,3 \cdot A 0,28 \text{ m}^2$ / $C_L 0,4 \cdot A 1,5 \text{ m}^2$	67 N ← / 480 N ↑	Tõste püüab boksi ja kaant üles kangutada. Lukud ja klambrid.
LC6b	Aerodünaamika 200 km/h (Autobahn)	samad koefitsiendid	159 N ← / 1 135 N ↑	Tõste on suurem kui boksi ja lasti kaal kokku. Kaane lukud peavad hoidma $\geq 1,2$ kN jaotatult, varuteguriga 2.
LC7	Avatud kaas tuules	10 m/s puhang kaane $1,5 \text{ m}^2$ pinnale	~90 N	Hinged, gaasivedrud, külgtoed (vt 04).

Aerodünaamika koefitsiendid on hinnangud teardrop-kuju põhjal. Kui disain lukustub, tasub teha üks CFD-arvutus (tõste ja takistus 130 ja 200 km/h) ja asendada need numbrid.

Suuskade mahtuvus: mudeli kontroll

Mida kontrolliti ja milliste eeldustega

Ühe paari ruumivajadus	PDF	Kontrolli eeldused	
Siht-pikkus	186 cm	Seinapaksus (mudelis 0)	3 mm
Laius (pesa samm)	12 cm	Vaba ruum katuseni (vibratsioon, mattvooder)	15 mm
Kõrgus klambrite kohal, 54 cm pikkusel lõigul keskel	24 cm	Suusa alumine joon	z = 65 (kanaliharjad)
Kõrgus otstes	11 cm	Suusa otste lubatud põranda tõus (ninatõus)	50 mm viimasel 15 cm
Paare kõrvuti	5...7	Mõõtevõrk mudelist	10 × 10 mm

186 cm suusk ulatub üle mõlema kanali (samm 680 mm), seega toetub ta kanaliharjadele ja põrand kanalite vahel (z = 17...25) jääb kasutamata. Sellepärast on vaba kõrgus igal pool **katuse sisepind – 65 mm.**

Mis mahub praegusesse mudelisse

Pesa keskjoon x (mm)	0	±60	±120	±180	±240	±300	±360
A · praegune mudel	180	178	162	ei mahu	ei mahu	ei mahu	ei mahu
G · katus +30 mm	186	182	178	170	158	ei mahu	ei mahu
E · katus +60 mm	188	184	178	170	158	142	106
B · kanal 65 → 45 mm	182	180	176	168	154	ei mahu	ei mahu
F · kanal 45 + katus +60	184	182	176	168	154	140	104

Maksimaalne suusapikkus (cm), mis mahub koos 24 cm klambripakiga, kui paari võib piki boksi vabalt nihutada. Pesad 0 / ±120 / ±240 / ±360 on 7 paari (või 5 paari) paigutus, ±60 / ±180 / ±300 on 6 paari paigutus. "Ei mahu" tähendab, et 24 cm klambripakk ei mahu ühegi pikkuse juures.

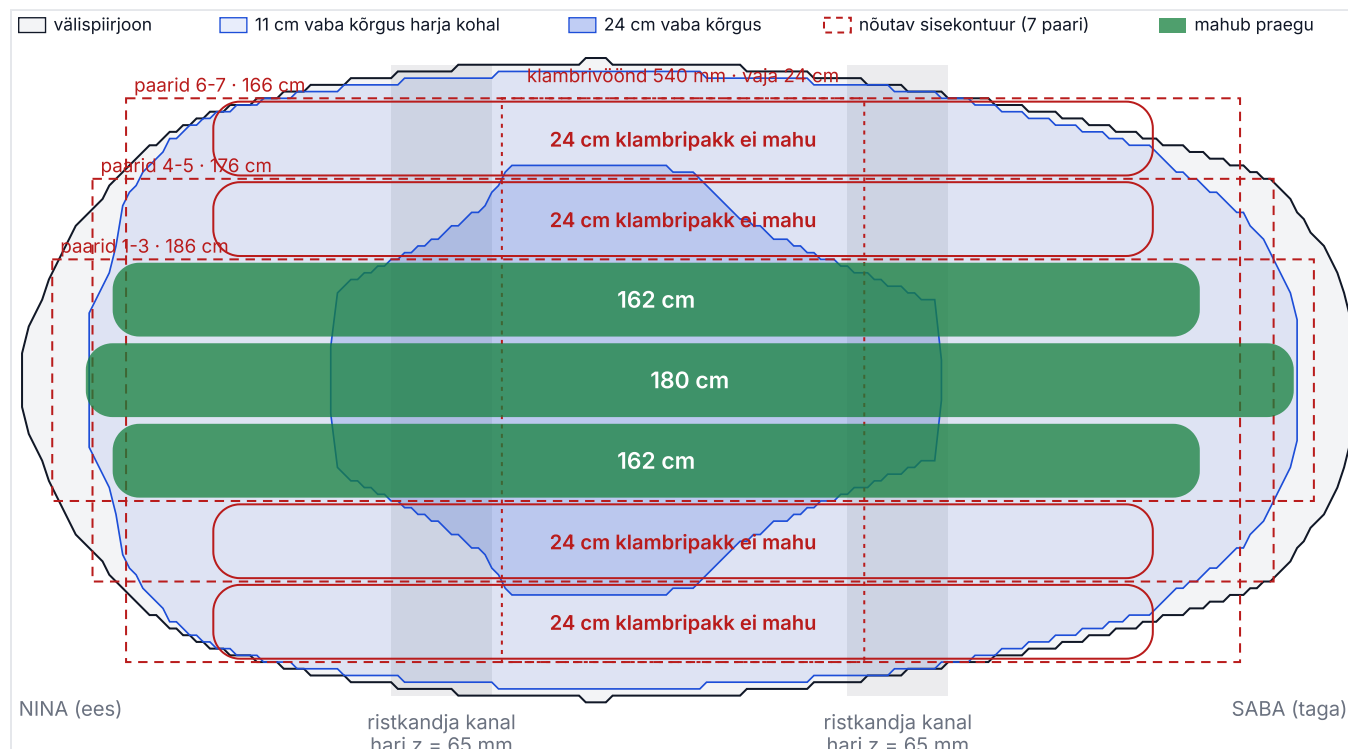
CAD v2 (päris sisepind, kanalihari 68 mm)

0 ±60 ±120 ±180 ±240 ±300 ±360

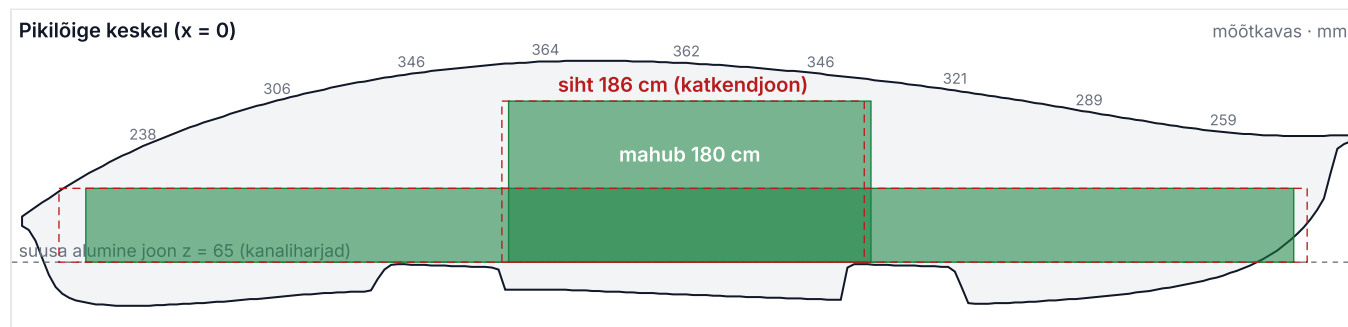
v2 · katus +30 (+55 ninas), lame lagi ±300

192 190 188 180 162 ei mahu ei mahu

v2 kontroll on tehtud sama meetodiga otse CAD-i sisepinna vastu (seinapaksuse varu enam ei lisata, 15 mm vaba ruum jääb). Kolm keskmist paari mahuvad 188...192 cm, neljas ja viies paar 180 ja 162 cm.



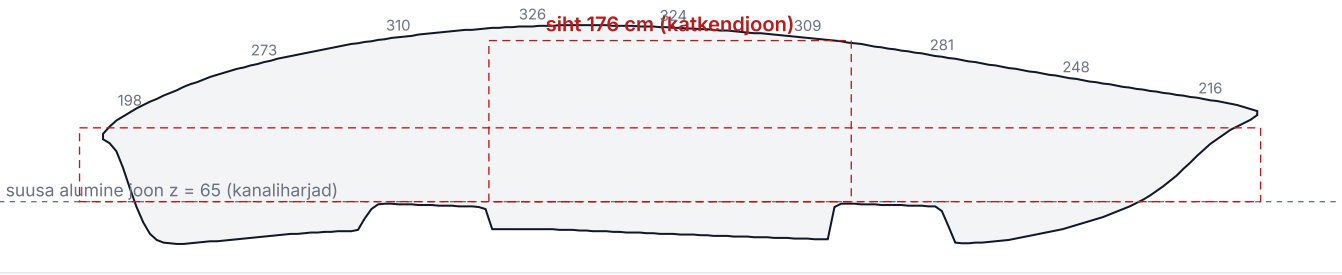
Pealtvaade mõõtkavas. Sinine ala: kus kanaliharja kohal on 11 cm (heledam) ja 24 cm (tumedam) vaba kõrgust koos 3 mm seina ja 15 mm varuga. Punane katkendjoon: nõutav sisekontuur, kui keskel on 186, kõrval 176 ja välimistes pesades 166 cm suusad. Roheline: mis praegu mahub.



Pikilõige keskjoonel. Roheline: 180 cm paar, mis mahub. Punane katkendjoon: 186 cm siht. Piirajaks on nina madal lagi (y < -850) ja saba tõusev põrand (y > 850), mitte kõrgus keskel.

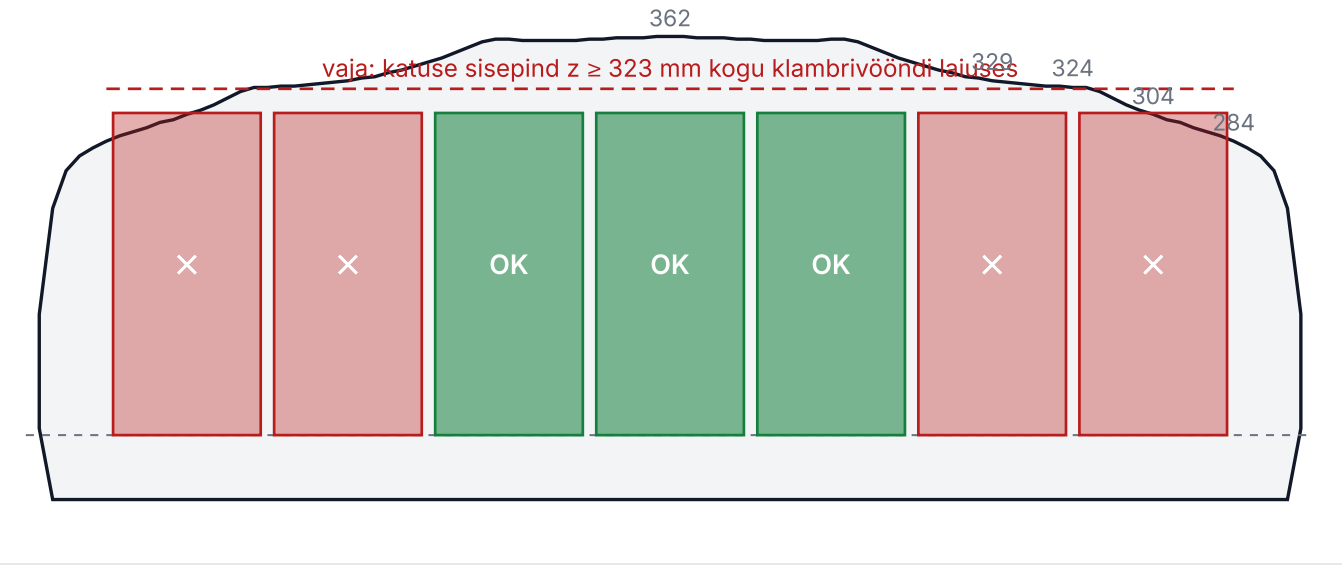
Pikilõige x = 300 mm (paaride 4-5 välisserv)

mõõtkavas · mm



Pikilõige x = 300 mm (paaride 4-5 välisserv). Siin on 24 cm vaba kõrgust ainult 290 mm pikkusel lõigul (vaja 540), sest lagi langeb külgedele poole.

Ristlõige y = 0 (kõrgeim koht) · 7 paari sammuga 120 mm



Ristlõige kõrgeimas kohas. Katuse sisepind peab 24 cm klambripaki jaoks olema $z \geq 323$ mm kogu klambrivööndi laiuses (± 300 viiele, ± 420 seitsmele paarile). Praegu on see nii ainult kuni $x \approx \pm 250$.

Kasulik pikkus eri laiusel

x (mm)	Pikkus 11 cm tasemel (mm)	vahemik y	Pikkus 24 cm tasemel (mm)
±0	1800	-885 ... 915	910
±120	1780	-875 ... 905	890
±180	1720	-845 ... 875	660
±240	1670	-835 ... 835	420
±300	1570	-805 ... 765	290
±360	1420	-765 ... 655	0
±420	1050	-625 ... 425	0

186 cm suusk vajab 11 cm tasemel 1880 mm ja 24 cm tasemel 540 mm. Juba $x = \pm 180$ juures (kolme keskmise paari välisserv) on puudu 160 mm pikkust.

Nõutav sisekontuur (sisend CAD-ile)

Mõõdud on vaba ruum kanaliharja ($z = 65$) kohal, seinapaksus ja 15 mm varu juba sees. Kui kanal jääb 65 mm, siis katuse sisepind: 11 cm tase $\rightarrow z \geq 193$ mm, 24 cm tase $\rightarrow z \geq 323$ mm.

Vöönd	Paarid	Laius x	Pikkus y (11 cm tase)	Klambrivöönd y (24 cm tase)
1	1-3 (186 cm)	± 180	± 940	± 270
2	4-5 (176 cm)	± 300	± 880	± 270
3	6-7 (166 cm)	± 420	± 830	± 270

Puudujääk praeguses mudelis	x = ± 180	x = ± 300	x = ± 420
Pikkus 11 cm tasemel: on / vaja	1720 / 1880	1570 / 1780	1050 / 1680
puudu	160 mm	210 mm	630 mm
Klambrivööndi pikkus 24 cm tasemel: on / vaja	660 / 540	290 / 540	0 / 540
puudu	korras	250 mm	540 mm

Järeldus.

Vöönd 1 on lahendatav katuse tõstmisega (+30 mm siselagi, eelkõige nina kohal $y < -600$). Vöönd 2 nõuab lisaks lamedamat katust ± 300 mm lauses klambrivööndis (katus praegu 362 $\rightarrow$ 324 mm). Vöönd 3 ei ole praeguse teardrop-plaanikujuga saavutatav: nina ja saba on 420 mm laiusel liiga lühikesed (puudu 630 mm). Kui 7 paari on kohustuslik, tuleb boks pikendada ~2150 mm-ni ja nina tõmbimaks teha, mis halvendab aerodünaamikat.

Interaktiivne 3D-vaade sama mudeliga ja suusapaaridega: <remo-spec/viewer.html> (lõikeslaider piki boksi, 5/7 paari, praegune / siht).

Regulatsioonid ja nõuded

Katuseboksil ei ole EL-is tüübikinnitust. Toode peab vastama üldisele tooteohutuse määrusele GPSR (EL 2023/988), mille sisuline nõue on: toode on tavakasutuses ohutu, riskid on hinnatud ja dokumenteeritud, kasutajal on juhend ja tootja on tuvastatav. Tõendamise alus on ISO 11154:2023 katsemeetodid.

Nõuete kontroll-leht

#	Nõue	Allikas	Kuidas disainis täidame	Tõend toimikus
R1	Kinnitus peab pidama äkkpidurdust, külgtuult, vibratsiooni	GPSR, ISO 11154	4 C-klambrit, 2 polti klambri kohta, kummist vahetükid, tugevdatud poldikohad (05)	Staatiline koormuskatse, sõidukatse, City Crash protokoll
R2	Lahti ei tohi tulla üle 10 g osi ega lasti (City Crash)	ISO 11154	Mitmepunktlukk, võti välja ainult lukus, rihm lastile, löögiplokk ninas	City Crash katse 16 km/h
R3	Last peab olema boksi sees kinnitativ	ISO 11154, hea tava	2 rihma, ankrud põrandatalas y = ±700, 4 kN ankrupunkt	Joonis, tõmbekatse ankrule
R4	Kaas lukustub kindlalt, lukk näitab olekut, võti välja ainult lukus	GPSR riskianalüüs	Keskne silinder, 3 + 1 punkti, punane/roheline indikaator	Mehhanismi joonis, 10 000 tsükli katse
R5	Boks ei ulatu üle auto kontuuri ega esiklaasi ette	StVO §22 (DE), üldine	960 mm laius, kanalid lubavad asendit kandjatel ±75 mm	Paigaldusjuhendi joonis sihtautodel
R6	Kummiosad ja rihm ilma piiratud kemikaalideta (nt PAH)	REACH, lisa XVII	EPDM 70 Sh A, tarnija vastavusdeklaratsioon	Materjali sertifikaadid
R7	Märgistus: tootja, aadress, seerianumber, max koormus, soovitatav max kiirus	GPSR art 9	Lasergraveeritud alumiiniumsilt boksi sees kaane all + QR	Sildi kavand (allpool)
R8	Paigaldus- ja kasutusjuhend kasutajariigi keeles	GPSR art 9	Trükis ET/EN/DE + veebiversioon QR-koodi taga	Juhendi tekst (struktuur allpool)

R9	Riskianalüüs ja tehniline toimik tootja käes 10 aastat	GPSR art 9	Tabel allpool, toimiku sisukord allpool	Toimik
R10	Teravad servad, pigistuskohad, kaane kukkumine sulgemisel	GPSR üldnõue	Servad $R \geq 2$ mm, gaasivedrud lõppsummutusega, sõrmekaitse hinge juures	Riskianalüüs, kontrollmõõtmine
R11	Tuvastatavus ja järelevalve: seerianumber, kontaktid, kaebuste register	GPSR art 9, 14	Seerianumber sildil ja toimikus, register kodulehel	Register

ISO 11154:2023 katsed, millele konstruktsioon peab vastu pidama

Katse	Mida tehakse	Kriteerium	Disaini tagajärg
Staatiline koormus	Boks kandjatel, last põrandal, koormus hoitakse	Püsideformatsioon ja praod puuduvad	Põrand ja kanalid LC1 järgi, poldiümbrus ei pragune
Sõidukatse / dünaamiline	Pidurdused, kurvid, halb tee lastiga	Kinnitused ei lõdvene, boks ei nihku	LC2-LC4, pingutusmoment ja kontroll pärast esimest sõitu
City Crash	16 km/h (+2), aeglustus üle 8 g vähemalt 30 ms	Lahti ei tule üle 10 g osi ega lasti	LC5: lukk, rihm, nina löögiplokk, klambrid ei tohi kesta rebida

VTI 2025 katse (IXTAboks vs tavaline katuseboks) näitas: 56 km/h juures (33...35 g) libises ristkandja katuserailil, boks pörkas vastu barjääri, avanes ja osa sisust paiskus välja. Meie jaoks: nõrgim lüli võib olla ristkandja, mitte boks. Kinnitus ei tohi libiseda, kaas ja lukk peavad püsima kinni ka siis, kui boks liigub, ja last peab olema rihmaga kinni. Allikas: ixtabox.com/pages/crash-testing-ixtabox-vs-roofbox-2025-vti-study.

Riskianalüüs (GPSR)

Raskus R: 1 kerge ... 4 surmav. Tõenäosus T: 1 harv ... 4 sage. Jääkrisk pärast meedet.

Oht	Põhjus	Tagajärg	R	T	Meede disainis	Jääk
Boks eraldub sõidul	Klambrid lõdvenesid (kummi vajumine), polt rebis kesta läbi	Boks teel, teised liiklejad	4	2	Tugevdatud poldikohad + insert, 2 polti klambri kohta, pingutusmoment, kontroll pärast 50 km juhendis, lukustusvedruseib	madal

Kaas avaneb sõidul	Kasutaja ei lukustanud, lukk purunes, tõste 200 km/h	Kaas rebeneb, last välja	4	2	Võti välja ainult lukus, 4 lukustuspunkti, indikaator, lukkude tugevus LC6b × 2	madal
Last tungib kokkupõrkel ninast välja	75 kg suuski 10 g juures	Esemed sõiduteel	4	1	Rihmad, nina sisemine löögiplakk (vahtplast + alumiiniumleht), nina laminaat +2 kihti	madal
Ülekoormus katusel	Kasutaja ei tea auto piirangut	Katuse kahjustus, juhitavus	3	3	Sildil max 75 kg ja lause "arvesta auto katusekoormusega", arvutusnäide juhendis	keskmine
Kaas kukub sulgemisel sõrmedele	Gaasivedru nõrk külmas	Sõrmevigastus	2	3	Vedrud +20 % varuga, lõppsummutus, sõrmekaitse servas, rihm kaane sulgemiseks	madal
Avatud kaas tuules lööb	Tuulepuhang kaane pinnale	Kaas vastu pead, hinged purunevad	3	2	Külgtööd/ fikseeritud lõppasend, avanemisnurk ≤ 30°, hinged LC7 × 3	madal
Kokkupõrge madala takistusega	Kasutaja unustab kõrguse	Boks ja auto kahjustatud	2	3	Kõrguskleebis juhi vaatevälja, juhend	keskmine
Vesi ja jää lukus	Ilmastik	Ei saa avada või lukustada	1	3	Silindri kate, drenaažiavad põranda madalaimas kohas, tihend ülekattega	madal
Kesta väsimus ja UV	Vibratsioon, päike	Praod, delaminatsioon	3	2	UV-kaitsega klaarlakk, kihtide drop-off astmeline, vibratsioonikatse	madal
Metallosade korrosioon	Sool, süsinik + alumiinium galvaaniline paar	Klamber murdub	3	2	A4 roostevaba poldid, anodeeritud alumiinium, klaaskiudkiht süsiniku ja alumiiniumi vahel	madal
Teravad servad	Lõigatud laminaadi serv	Lõikehaav	1	3	Servad lihvitud $R \geq 2$ mm, kaane serv kummiprofiiliga	madal
Vargus	Poldid ligipääsetavad väljast	Boksi kaotus	1	2	Poldid pingutatavad ainult seestpoolt, kaas lukus	madal

Tehnilise toimiku sisukord

Jagu	Sisu	Vastutaja
1	Toote kirjeldus, mudelinimi, seerianumbri süsteem, fotod	Sérac Aero
2	Koostejoonis, detailijoonised, laminaadiplaan (kihid, suunad, paksused), BOM	CAD (Claude) + tootja
3	Materjalide sertifikaadid: süsinikkangas, vaik, kumm (REACH), poldid, gaasivedrud, lukud	Tarnijad
4	Koormusarvutused (jagu 01) ja FEA tulemused	Claude, kontroll inseneril
5	Riskianalüüs (ülal) koos versiooniga ja kuupäevaga	Sérac Aero
6	Katseprotokollid: staatiline, sõidukatse, City Crash, poldi läbitõmbekatse, luku tsüklikatse	Katselabor
7	Märgistuse kavand ja foto tootel	Sérac Aero
8	Kasutus- ja paigaldusjuhend kõigis müügikeeltes	Sérac Aero
9	Tootmise kvaliteedikontroll: iga boksi kontroll-leht (kaal, mõõdud, lukk, poltide moment)	Tootja
10	Turujärelevalve: kaebuste register, parandusmeetmed	Sérac Aero

Märgistus (silt boksi sees, kaane all, nähtav avatud kaanega)

SÉRAC AERO · CARBON ROOF BOX

Model: SA-1 · Serial: SA1-2026-0001

Max load / Max. Zuladung / Max koormus: **75 kg**

Check your vehicle's roof load limit: box 19 kg + bars + load ≤ vehicle limit.

Recommended max speed / Empf. Höchstgeschwindigkeit:
130 km/h

Re-tighten clamps after first 50 km. Torque **10 Nm**.

Sérac Aero OÜ, [aadress], Estonia · seracaero.com · [QR juhendile]

Teksti keeled ja aadress täpsustada. Soovitav max kiirus on Thule/Kamei praktika järgi 130 km/h; kui CFD ja katsed lubavad, võib tõsta.

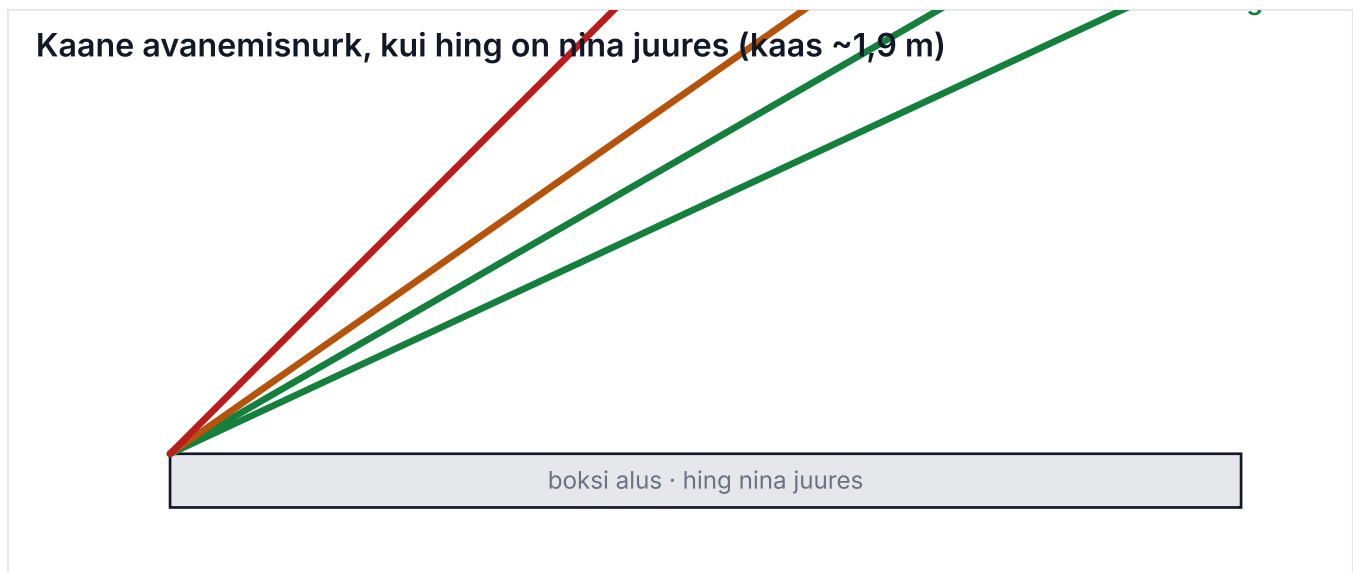
Kasutus- ja paigaldusjuhendi struktuur

Peatükk	Sisu
1 Ohutus	Max 75 kg, auto katusekoormuse arvutus näitega, max kiirus, kõrgus (auto + boks), ei sobi eraldi ristkandjateta
2 Paigaldus	Kandjate samm 605...755 mm (kanal lubab ± 75), boks keskele, klambrid altpoolt, kumm mõlemal pool, polt 10 Nm ristijärjestuses, joonis
3 Laadimine	Pikimad suusad keskele, rasked asjad kandjate vahele, rihmad pingule, miski ei tohi suruda kaanele
4 Sulgemine ja lukustus	Rihmast alla, surve servadelt, lukusta, kontrolli indikaatorit, võti tuleb välja ainult lukus
5 Kontroll	Pärast 50 km ja iga sõidu alguses: klambrid, lukk, rihmad
6 Hooldus	Pesu, lakk, luku määrimine, hoiustamine kaas lahti, mitte päikese käes
7 Tehnilised andmed	Möödud, mass, maht, suuskade max pikkus pesade kaupa
8 Garantii ja kontakt	Seerianumber, kuhu teatada probleemist

Avanemine, sulgemine, lukustus

Avanemine

Boks avaneb ainult tagant, hing nina pool. Kaane pikkus hingest tagaservani on täispika kaane puhul ~1,9 m, mis teeb avanemisnurga väga tundlikuks:



Nurk	Tagaserva tõus	Tagaserv maast (katus 1,5 m + kandjad 0,1 m)	Hinnang
25°	0,80 m	~2,8 m	Ulatub kätte 1,75 m inimene varvastel, rihm siiski vajalik
30°	0,95 m	~2,9 m	Soovitus: piisav ava laadimiseks, rihm 1,0 m
35°	1,09 m	~3,1 m	Rihm 1,2 m, tuulekoormus kasvab
45°	1,34 m	~3,3 m	Ei soovita täispika kaanega: parklas lae alla ei mahu, tuul

Valitud lahendus (v3): hing $y = -500$ kohal katuse joonel, telg $z = 335$ mm, kaas 1,5 m. Telg peab olema kaane esiserva ülaosas, mitte jaotusjoone kõrgusel: alumise telje puhul pöörleks kaane esiserv (110 mm kõrge kaar) avamisel 55 mm nina katte sisse. Simuleeritud kaas.html lehel (v3).

Gaasivedrud

Suurus	Väärtus	Märkus
Kaane mass (laminaadiplaani, jagu 09)	4.2 kg laminaat + 0,65 kg hinge- ja lukuosi = 4,8 kg	3 mm täislaminaadina oleks 8,8 kg
Raskuskeskme kaugus hingeteljest	0,69 m	laminaadiplaani tsoonidest (y = 193, z = 306), telg y = -500, z = 335
Kaane moment suletud / 30° juures	33 / 28 N·m	$M = m \cdot g \cdot d(\theta)$
Kaane kinnituspunkt	y = -225, z = 255	külgseinal x = ±462, 275 mm hingest tahapoole
Aluse kinnituspunkt	y = -75, z = 85	aluse külgseinal
Vedru pikkus suletud / avatud	227 / 350 mm	käik 124 mm, 30° juures täielikult välja
Spetsifikatsioon	2 × 80 N	käik 125 mm, lõppsummutus. Hoiab 30° ka -20 % külmas; käejõud sulgemiseks 11 N, ise ei paisku

Vedru jõud skaleerub kaane massiga: täislaminaadiga 8,8 kg kaas vajaks 2 × 150 N (kinnitus kaanel y = 175 / z = 231, alusel y = -250 / z = 175). Kui kaane mass laminaadiplaanis muutub, arvutab strut.py vedru ja kinnituspunktid ümber. Nina-hingega täispikk kaas vajaks 2 × 150 N. Vedru kinnituskohad on süsinikus punktkoormused (150 N × varutegur 3): alumiinium- või G10 tugevdusplaat 60 × 60 mm, liimitud + 2 niiti. Optimeerimise tabel nurkade kaupa on failis strut.json ja interaktiivne vaade kaas.html (v2 mudel, v1 variandid võrdluseks).

Avatud kaas peab püsima paigal ka tuules. LC7 (10 m/s puhang) annab kaanele ~90 N·m momendi, mis on sama suur kui kaane enda kaal. Seetõttu lisaks gaasivedrudele **külgtoed lukustuva lõppasendiga** (nt teleskooptugi fiksaatoriga mõlemal küljel) või hõõrdhinged, mis hoiavad kaant jäigalt 30° asendis.

Sulgemine

- Rihm kaane tagaserva siseküljel, pikkus 1,0 m (30° puhul), helkurkangast, kinnitus läbi kaane serva tugevdatud ava.
- Kaane serv saab kummist servaprofiili (sõrmekaitse ja servatihend ühes).

- Lukukeeled on konstrueeritud nii, et kaas juhitakse viimasel 20 mm kooniliselt kohale (suletud asend on üheselt määratud).

Lukustus

Element	Spetsifikatsioon
Silinder	1 tk paremal küljel (kõnnitee pool parempoolse liikluse riikides), $y \approx +300$, ilmastikukattega. Kui küljele ei mahu, siis taga keskel.
Lukustuspunktid	2 + 2 külgedel ($y = -150$ ja $+450$ mõlemal pool) + 1 taga keskel, ühendatud roostevaba varda või trossiga ühe silindri külge. FEA (jagu 10) näitas, et ainult ühe külje riividega kerkiks vastaskülge tõstejõu all; hing on ees, seega peavad mõlemad küljed olema riivistatud.
Võtme kinnipidamine	Võti tuleb välja ainult siis, kui kõik 4 punkti on lukus (mehaaniline blokeering silindris).
Indikaator	Punane/roheline aken silindri kõrval ja igal lukukeelel kaane serval nähtav märk.
Tugevus	Iga punkt ≥ 600 N tõmbele (LC6b 1,2 kN / 4 $\times$ varutegur 2), kinnitus laminaadis tugevdatud plaadiga.
Katse	10 000 ava-sulge tsüklit, soolaudu 96 h, külmakatse -30 °C.

Kui 4-punkti süsteem osutub liiga keeruliseks, on lubatud ka 2 punkti ühe väga tugeva keskluku ja juhttappidega, kuid siis peab lukk üksi taluma $1,2 \text{ kN} \times 2$.

Kinnitussüsteem

Klambrid ja kanalid

Element	Spetsifikatsioon
Põhimõte	4 C-kujulist klambrit haaravad ristkandjat altpoolt, pingutatakse poltidega läbi boksi põhja seestpoolt.
Kanalid mudelis	y = -435...-285 ja 245...395 (samm 680 mm c/c, kanali pikkus 150 mm → kandjate samm 605...755 mm). Kontrollida sihtautode kandjate sammu (RS6 Avant, BMW M3 Touring, Volvo V60/V90).
Klambri materjal	Alumiinium 6082-T6, anodeeritud, haare kohandub profiilile 20...40 mm kõrgele ja 30...90 mm laiale kandjale (vahetatavad kummiprofiilid aero- ja nelikantkandjale).
Poldid	2 × M8 klambri kohta (8 kokku), A4-80 roostevaba, pea seespool, võtmega pingutatav ainult avatud kaanega.
Kumm	EPDM 70 Sh A, 3 mm: klambri ja kandja vahel ning boksi põhja ja klambri vahel. Suurendab hõõrdumist, kaitseb kandjat, summutab vibratsiooni, jaotab surve.
Galvaaniline eraldus	Alumiiniumi ja süsiniku vahele klaaskiudkiht või kumm, poltidele isoleerpuksid.

Miks 2 polti klambri kohta

LC5 (City Crash) annab klambri kohta 2,3 kN pikisuunalist jõudu. Hõõrdeteguriga 0,6 (kumm alumiiniumil) on selleks vaja 3,8 kN survejõudu klambri kohta. Üks M8 polt 10 N·m juures annab ~6 kN eelpinge, aga kummi vajumine võtab sellest aja jooksul 20...30 %, nii et üks polt on piiri peal. Kaks polti annavad varu ja hoiavad klambri ka siis, kui üks lõdveneb.

Süsiniku kaitsmine poltide kohal (lahtine punkt PDF-is)

Kiht	Lahendus
Laminaadi paksendus	Iga poldikoha ümber 150 × 150 mm ala +4 kihti (2 × ±45°, 2 × 0/90°), astmeline drop-off 10 mm sammuga, et jäikuse hüpet ei tekiks.
Tugiplaad seespool	Alumiinium 5754 või G10, 80 × 60 × 3 mm, liimitud (struktuurne epoksü) laminaadi sisepinnale, 2 polti läbi sama plaadi.

Insert	Alumiiniumist ääriku-puks (top-hat insert) ava sisse liimitud; polt pingutatakse puksi, mitte laminaadi vastu. See on peamine kaitse pragunemise vastu pingutamisel.
Ava	Puuritakse teemantpuuriga tugiplaadiga koos, serv tihendatakse vaiguga (vesi ei pääse kiudude vahele).
Kanali nurgad	Kanali ja põranda ülemineked $R \geq 8$ mm, kanali põhi +2 kihti (löögid kandjalt).

Pingutusmoment (lahtine punkt PDF-is)

Suurus	Väärtus	Märkus
M8 A4-80 standardmoment kuivalt	~25 N·m	liiga palju laminaadile ilma puksita
Ettenähtud moment insertiga	10 N·m	eelpinge ~6 kN, puks võtab surve
Kontroll pärast esimest sõitu	50 km	kummi vajumine; seejärel iga sõidu alguses käega
Lödvenemise vastu		Nord-Lock või kiilseib + puksi vastu pingutamine (kumm ei ole poldi eelpinge teel)
Kasutaja tööriist		Kaasas momendipiiranguga T-võti (klõpsab 10 N·m), nagu Thule PowerClick

Lööplik moment katsest, mitte tabelist.

Teha tootmislaminaadiga 300 × 300 mm katseplaat samade kihtide, tugiplaadi ja puksiga. Kriteeriumid: 10 N·m juures nähtav muljumine puudub; 25 N·m (2,5 × üle) prao ei teki; läbitõmbekatse $\geq 3,75$ kN polt (LC5 klambri kohta × 1,5, 2 poldile jagatud varuga). Tulemus läheb toimikusse (jagu 6).

Lasti kinnitus boksis

- 2 rihma (25 mm, kummist käepidemega pannal), ankrud põrandas $y = \pm 700$ mm mõlemal küljel, 4 ankrut.
- Ankur: roostevaba D-aas tugiplaadil, 4 kN tõmbele. Põrand kanalite vahel tasandada kanaliharja kõrgusele (sandwich-põrand): annab jäikuse, rihmaankrute tala ja kaotab kasutu 40 mm süvendi.
- Nina sisepind: löögiplakk (EPP-vaht 50 mm + alumiiniumleht 1,5 mm) $y = -950 \dots -850$, et suusaotsad kokkupõrkel kesta ei läbistaks.

Muudatuste nimekiri CAD v2 jaoks

#	Muudatus mudelis	Miks	Seis v2-s
M1	Katuse sisepind +30 mm kogu pikkuses, nina kohal +55 ($y < -900$). Välismõõt 365 → 395 mm.	186 cm suusk keskel	tehtud
M2	Katuse lagi lamedamaks ristlõikes: lagi langeb ± 300 mm laiuses ainult 6 mm.	5 paari 24 cm klambripakiga	tehtud
M3	Saba pörand hoitud $z \leq 100$ keskel kuni $y = +950$.	suusa saba ruum	tehtud
M4	Otsustada paaride arv (5 vs 7). 7 puhul: pikkus 2000 → 2150, nina ja saba tõmbimaks.	vöönd 3 puudu 700 mm	otsus (v2 = 5 paari)
M5	Kest paksusega: 3 mm üldine, 6 mm otste juures, sabatipp täidetud.	FEA, mass, mahtuvuse täpne kontroll	tehtud
M6	Kanali sügavus 65 mm, nurgad R8 (45 mm ootab kandjate mõõtmist).	välimised pesad +10...15 cm	ootab mõõtmist
M13	Laminaadiplaan tsoonide kaupa ja sandwich-sisepind (6 mm) CAD-is, päris mass 18.6 kg.	mass, FEA sisend	tehtud v4-s (jagu 09)
M7	Pörand kanalite vahel tasaseks kanaliharja tasemele (vahtsüda 22 L, 1,4 kg), rihmaankrud $y = \pm 700$, $x = \pm 350$.	jäikus, lasti kinnitus	tehtud v3-s
M8	Kaane jaotusjoon: $z = 230$ hinge juures ($y = -500$) langeb $z = 185$ sabas; hing $y = -500$, nurk 30° . Nina ees kinnine kate.	jagu 04	tehtud
M9	Gaasivedrude kinnituspunktid (2×80 N, kaanel $y = -225$ / $z = 255$, alusel $y = -75$ / $z = 85$), külgtoed, lukustuspunktid ($3 + 1$), silindri ava paremal $y = +300$, rihma ava kaane tagaservas.	jagu 04	tehtud v3-s (kronsteinid kehadena, rihma ava v4)
M10	8 poldiava Ø9 (2 klambri kohta) Ø40 × 4 mm tugevdusega kanali laes; tugiplaadid ja laminaadi paksendus laminaadiplaanis.	jagu 05	tehtud
M11	Nina löögiplokk $y = -950 \dots -850$ (EPP), drenaažiavad Ø8 (0, -800) ja (0, 480), tihendisoon 8×4 mm aluse äärikus.	riskianalüüs	tehtud v3-s

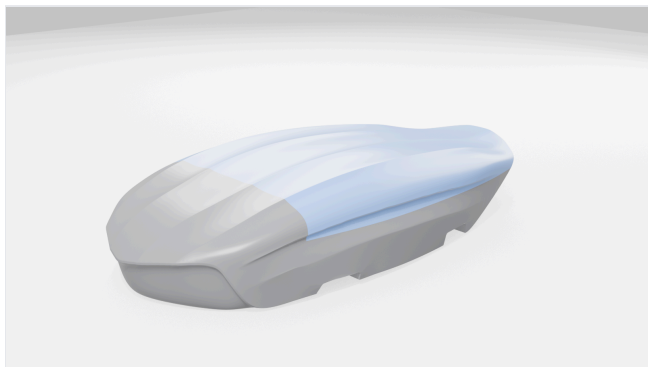
M12	Sildi koht kaane all, QR, seerianumbri graveerimise koht.	GPSR	v4
-----	---	------	----

Järgmised sammud

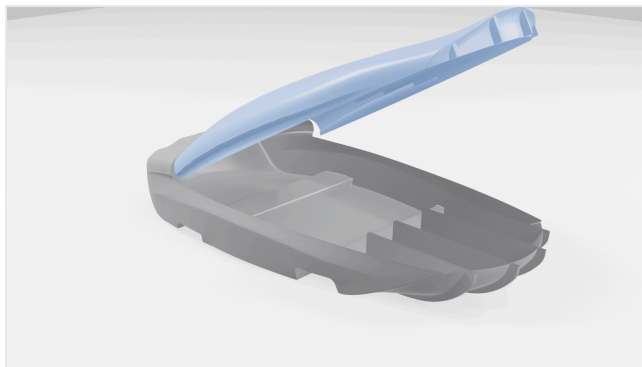
Samm	Kes	Tulemus
Mõõta sihtautode ristkandjad (profiil, samm, kõrgus katuselt)	Sérac Aero	kanali sügavus ja klambri haarde vahemik
Otsustada 5 vs 7 paari ja boksi gabariit	Sérac Aero	sisend M1...M4
CAD v6: luku, hingede ja vedrude päris detailid tarnija joonistelt, sildi tasku, rihma ava kaanes, A-pinna kõverusanalüüs	CAD (Claude) + tarnijad	tootmisvalmis STEP
Osta ISO 11154:2023, täpsustada koormusjuhud	Sérac Aero	jagu 01 ja 03 lõplikud väärtused
Katseplaat poldiühendusele (10 N·m, läbitõmme)	Tootja	lõplik moment
CFD üks arvutus (130 / 200 km/h)	alltöövõtja	tõste ja takistus LC6 jaoks
Prototüüp + sõidukatse + City Crash	Katselabor	toimiku jagu 6

CAD v2: mis on tehtud

v2 on päris tahkis-CAD (OCCT / CadQuery), mitte enam ühekihiline pind. Alus ja kaas on kaks eraldi kinnist keha 3 mm seinaga, jaotusjoon, ristkandja kanalid ja poldikohad on sees. Mudel on ehitatud v1 kuju ristlõigetest (10 mm võrk) koos selle dokumendi muudatustega M1, M2, M3, M5, M6, M8, M10.



Välimus: v1 disain (katuseribid, nina süvend, saba uimed) deformeerituna v4 mõõdudesse (katus 395, nina +55, lame lagi). Sama kest on vaaturites vaikimisi.



Kaas 30° avatud, hing $y = -500$ katuse joonel. Inseneripind (STEP) on sile; stiilidetailid tuleb vormipinnale kanda sinu algsest CAD-ist.

Failid (remo-spec/v2)

serac_box_v2.step	koost: alus + kaas (värvidega)
serac_box_v2_base.step / _lid.step	osad eraldi
serac_box_v2_base.stl / _lid.stl	võrgud (kontroll, render, 3D-print)
v2_info.json, fit_v2.json	massid, raskuskese, mahtuvuse tabel
tools/cad_v2.py	parameetiline ehitusskript, 15 s

Mõõdud ja massid

Välismõõt	960 × 1990 × 395 mm
Seinapaksus	3 mm (otstes kuni 6 mm)
Kaas	1,50 m ² , 9,4 kg täislaminaadina
Alus	2,77 m ² , 14,2 kg täislaminaadina
Kokku (3 mm täis)	23,5 kg
Kokku (2 mm nahad + vahtsüda)	~15...17 kg
Hing / jaotusjoon	$y = -500$, $z = 230 \rightarrow$ saba $z = 185$
Kanalid	$y = -360$ ja $+320$, 150 mm, hari 65 mm, R8
Poldiavad	8 × Ø9, $x = \pm 320 / \pm 380$, Ø40 tugevdus

Mass on täislaminaadi järgi liiga suur.

23,5 kg 3 mm täissüsinikuga on turvaline ülempiir. Sihtmäss alla 20 kg tuleb laminaadiplaanist: 2 × 1 mm nahad + 5 mm vahtsüda põrandas ja katuses, 3 mm täis ainult servades, kanalites ja poldikohtade ümber. See ei muuda välispinda, ainult sisepinda ja seega ka mitte mahtuvuse tulemust rohkem kui 3 mm võrra.

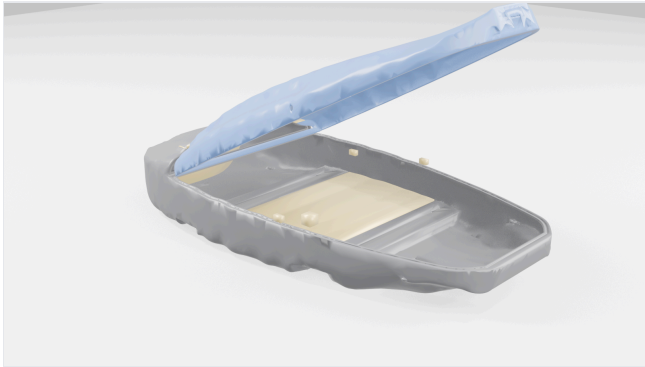
Mis on v2-s veel tegemata (v3 nimekiri)

#	Detail	Märkus
V1	Tihendisoon ja kaane ääris (veenina) jaotusjoonel	praegu on jaotus lihtne lõige; vajab 12 × 8 mm soont aluses ja 15 mm ülekattega äärist kaanel
V2	Hingede kronsteinid y = -500, gaasivedrude kinnitused (koordinaadid jaos 04), külgtoed	punktkoormused, tugiplaadid laminaati
V3	Lukusilindri ava paremal küljel y ≈ +300, 3 + 1 lukukeele avad	luku tootja valik määrab avade mõõdud
V4	Rihmaankrud y = ±700 ja tasane sandwich-põrand kanalite vahel	M7
V5	Nina löögiplakk, drenaažiavad, sildi tasku	M11, M12
V6	Laminaadiplaan (kihid, suunad, paksused) ja sellest tulenev päris mass	koos tootjaga
V7	A-pind: STEP-i välispind on silutud inseneripind ilma v1 stiilidetailideta. Vaaturites ja renderitel on "stiilitud kest" (tools/styled.py): v1 võrk deformeeritud sujuva nihkeväljaga v4 mõõtudesse, kõik ribad ja uimed alles. Vormipinna jaoks tuleb sama nihe teha sinu algses CAD-is (Suusakasti.step) või lasta vormitootjal stiilitud võrk pindadeks tagurpidi ehitada.	välimus; ei mõjuta mahtuvust ega massi

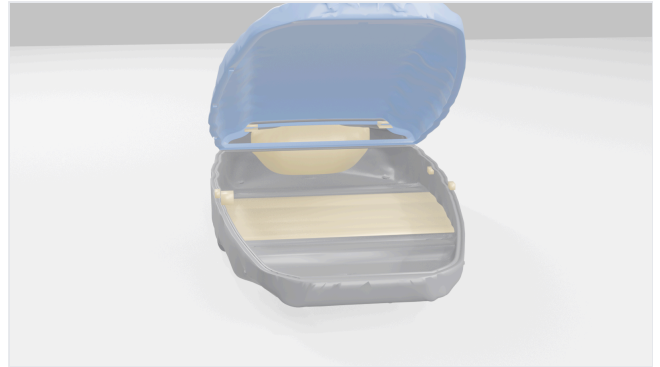
Interaktiivsed vaated: viewer.html (v1 ja v2 kõrvuti, suusapaarid, lõikeslaider), kaas.html (v2 kaas 30°, vedrud, jõud).

CAD v3: detailid

v3 lisab v2 kestale kõik mehhanismide ja tihenduse detailid. Alus ja kaas on endiselt kaks valiidselt kinnist tahkist; furnituur, vahtsüda ja ninaplokk on koostus eraldi kehad (teine materjal, liimitakse või poltidega). Külgliseinad on v3-s silutud: ristlõiked on skaleeritud v1 võrgust horisontaalkiirtega mõõdetud päris plaanikuju järgi.



v3 kaas 30° avatud: äärikud jaotusjoonel, vahtsüda kanalite vahel, hinged katuse joonel, kronsteinid ja lukukeha kuldsena.



Vaade tagant: riivipilu sabas, rihmaankrud pörandal, tihendisoos aluse äärikus.

Mis on sees

#	Detail	Lahendus v3-s
S1	Külgliseinte silumine	Plaanikuju poollaius igal jaamal mõõdetud v1 võrgust horisontaalkiirtega (xedge_v1.json), silutud $\sigma = 20$ mm, lõiked skaleeritud sellele. 10 mm võrgu astmed on kadunud.
S2	Tihend ja kaane ääris	Tasapinnalised äärikud jaotustasandil (ja hinge tasandil): alus 25 mm lai, 6 mm paks, tihendisoos 8×4 mm 9...17 mm kaugusel sisenahast; kaas 25 mm lai, 3 mm paks vastuplaat. Välispind jääb jaotusjoonel sile (flush-liide), vesi peatub äärikutihendis.
S3	Hinged	Telg $y = -500$, $z = 335$ (katuse joon). 2 hinge $x = \pm 300$: $\varnothing 14 \times 60$ nukk, lehed $60 \times 55 \times 3$ mm aluse nina katte ja kaane sisepinnal. Eraldi kehad (alumiinium).
S4	Gaasivedrude kronsteinid	v3 (täislaminaadi mass): kaanel $y = 175$, $z = 231$, alusel $y = -250$, $z = 175$. v4 päris massiga: kaanel $y = -225$, $z = 255$, alusel $y = -75$, $z = 85$, vedru 2×80 N (jagu 04). Kronsteinid $40 \times 24 \times 20$ mm plokid eraldi kehadena.
S5	Lukk	Silindri ava $\varnothing 20$ kaane paremas seinas $y = 300$, 45 mm jaotusjoonest üleval; lukukeha $45 \times 44 \times 40$ sees. v3-s riivipilud ainult paremal ($y = -300, 150, 550$) +

sabas; **v5-s mõlemal küljel y = -150 ja 450 + sabas, lukuvardad mõlemale poole** (jagu 11).

S6	Sandwich-põrand	Vahtsüda kanalite vahel (y = -282...+242) kuni kanaliharja tasemeni 68 mm: 22,5 L, ~1,4 kg (EPP 60 kg/m ³). Pealt 1 mm süsiniknahk laminaadiplaanis. Eraldi keha koostus.
S7	Rihmaankrud	4 tk x = ±350, y = ±700: Ø30 × 7 mm tugevduspadi, Ø10 ava D-aasale. Alusesse liidetud.
S8	Drenaaž	Ø8 avad (0, -800) ja (0, 480), põranda madalaimates punktides.
S9	Nina löögiplokk	Sisekontuuri järgi lõigatud plokk y = -950...-850 (EPP + alumiiniumleht tootmises). Eraldi keha.

Failid (remo-spec/v3)

serac_box_v3.step	koost: alus, kaas + 13 furnituuri- ja täitekeha
serac_box_v3_base.step / _lid.step	osad eraldi
serac_box_v3_*.stl, serac_box_v3_hardware.stl	võrgud
v3_info.json, fit_v3.json	massid, raskuskese, mahtuvus
tools/cad_v3.py	ehituskript (importib cad_v2), ~3 min

Massid (3 mm täislaminaat)

Kaas äärikuga	8,8 kg
Alus äärikute, padjade ja poldikohtadega	15,8 kg
Vahtsüda + ninaplokk	~2,0 kg
Furnituur (hinged, vedrud, lukk, klambrid)	~3,5 kg
Kokku täislaminaadiga	~30 kg
Kokku sandwich-laminaadiga (siht)	~20 kg

Täislaminaadi mass on ülempiir. Laminaadiplaan (v4) toob kesta massi 24,6 → ~14 kg.

Mahtuvus v3-s

Pesa	0	±60	±120	±180	±240	±300
max suusk (cm)	192	188	184	180	164	ei mahu

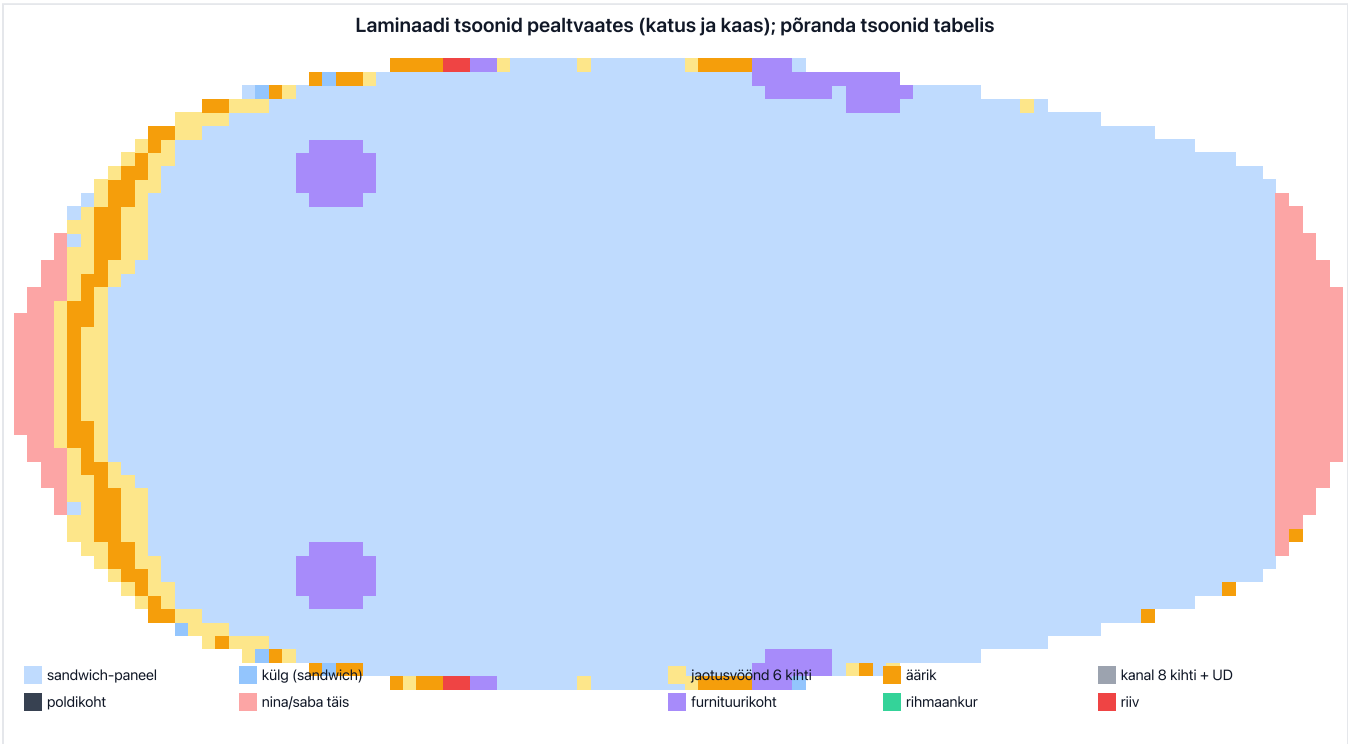
Äärikud (25 mm seina sisepinnast, jaotusjoone kõrgusel z ≈ 185...230) ei ulatu suuskade vööndisse (välimine pesa x = ±300). Vahtsüda tõstab põranda kanalite vahel harja tasemele, mida mahtuvus niikuinii eeldas.

v4 nimekiri

- Laminaadiplaan: 2×1 mm nahad + 5 mm süda katuses ja põrandas, 3 mm täis servades, kanalites, äärikutes ja poldikohtadel. Sellest päris mass ja FEA.
- Luku, hingede ja gaasivedrude päris detailid tarnijate jooniste järgi (avade täpsed mõõdud).
- Rihma ava kaane tagaservas, sildi tasku kaane all, QR.
- Välispinna lõplik A-pinna kontroll (köverusanalüüs) ja vormi lahutuspinnad koos tootjaga.

Laminaadiplaan ja päris mass

Laminaat on jagatud tsoonidesse. Suured paneelid on sandwich (2 + 2 kihti süsinik-twilli 5 mm PET-vahtsüdamikü ümber), kõik servad, kanalid, äärikud ja furnituurikohad on täislaminaat või kohalikult paksendatud. Tsoonide pindalad ja raskuskeskmed on loetud otse CAD v4 võrgust (iga kolmnurk määratakse asukoha järgi tsooni, kaks nahka annavad ühe paneelipinna). CAD v4 sisepind on viidud sandwich-paksusele 6 mm, välispind on sama mis v3-s.



Tsoonid pealtvaates (katuse ja kaane pind). Põranda tsoonid (põrand, kanalid, poldikohad, rihmaankrud) on tabelis.

Materjalid

Materjal	Kiht	Paksus	Pindmass
Süsinik twill 2/2, 200 g/m ² , 3K, prepreg või vaakuminfusioon	1 kiht kuivatatult (60/40)	0,22 mm	0,33 kg/m ²
Süsinik UD 150 g/m ²	1 kiht	0,15 mm	0,25 kg/m ²
PET-vaht 100 kg/m ³ (nt Airex T92.100), termovormitav	südamik	5 mm	0,50 kg/m ²
Liimkile südamiku mõlemal pool	2 kihti	0,1 mm	0,20 kg/m ²
UV-kaitsega klaarlakk (ainult välispind)		0,1 mm	0,25 kg/m ²

Pindmassid sisaldavad vaiku. Kõik tsoonid peale lagi/põrand/külg on ehitatud nii, et südamik lõpeb 45° kiiluga 20 mm enne tsooni piiri (drop-off), et jäikuse hüpet ja koorumist ei tekiks.

Alus: tsoonid

Tsoon	Kihid	mm	kg/m²	m²	kg
Katus / lagi (kaas)	2 x twill 200 5 mm PET 100 2 x twill 200	5.9	2.27	0.25	0.57
Külgseinad	2 x twill 200 5 mm PET 100 2 x twill 200	5.9	2.27	0.63	1.43
Põrand (aluse põhi)	2 x twill 200 5 mm PET 100 2 x twill 200 + 1 UD 0°	6.1	2.52	1.17	2.95
Jaotusjoone vöönd 40 mm	6 x twill 200, südamik kiilutud nulli	1.3	2.23	0.17	0.39
Äärikud (alus 6 mm = 12 kihti + Al tihendikandur; kaas 8 kihti)	12 / 8 x twill 200	2.6	3.55	0.13	0.46
Ristkandja kanalid	8 x twill 200 + 2 UD 0° piki kanalit	2.1	3.39	0.30	1.01
Poldikohad 150 × 150	kanal + 8 kihti (4 x ±45, 4 × 0/90) + Al plaat 80×60×3	3.9	6.68	0.06	0.43
Nina tipp y < -900	10 x twill 200, täis	2.2	3.55	0.10	0.36
Saba tipp y > 900	10 x twill 200, täis	2.2	3.55	0.06	0.22
Hingede, vedrude, luku kohad	sandwich + 6 kihti + G10 plaat 3 mm	9.0	4.80	0.07	0.36
Rihmaankrud	põrand + 6 kihti + Al D-aasa plaat	8.0	4.90	0.01	0.07
Riivipilude ümbrus	äärik + 4 kihti	3.5	4.87	0.00	0.01
Kokku				2.97	8.25

Kaas: tsoonid

Tsoon	Kihid	mm	kg/m²	m²	kg
Katus / lagi (kaas)	2 x twill 200 5 mm PET 100 2 x twill 200	5.9	2.27	1.21	2.76
Külgseinad	2 x twill 200 5 mm PET 100 2 x twill 200	5.9	2.27	0.11	0.26

Jaotusjoone vöönd 40 mm	6 x twill 200, südamik kiilutud nulli	1.3	2.23	0.09	0.20
Äärikud (alus 6 mm = 12 kihti + Al tihendikandur; kaas 8 kihti)	12 / 8 x twill 200	2.6	3.55	0.10	0.35
Saba tipp y > 900	10 x twill 200, täis	2.2	3.55	0.07	0.26
Hingede, vedrude, luku kohad	sandwich + 6 kihti + G10 plaat 3 mm	9.0	4.80	0.07	0.35
Riivipilude ümbrus	äärik + 4 kihti	3.5	4.87	0.00	0.02
Kokku			1.67	4.19	

Furnituur ja täited

Osa	kg
Vahtsüda põrandas (EPP 60)	1.35
Nina löögiplokk (EPP + Al leht)	0.35
Hinged 2 tk (Al)	0.40
Gaasivedrud 2 × 80 N	0.50
Lukk + 3+1 riivi + vardad	0.60
Klambrid 4 tk + poldid M8 (Al + A4)	1.90
Tihend (EPDM) + Al tihendikandur 4,6 m	0.55
Rihmad 2 tk + D-aasad	0.30
Silt, kleebised, vooder	0.25
Kokku	6.20

Kokkuvõte

Laminaat (alus 8.2 + kaas 4.2)	12.4 kg
Furnituur, tihend, täited	6.2 kg
Boks kokku	18.6 kg
Raskuskese (boksi x = 10, y = -25, z = 152 teljestik, mm)	
Kaas koos hinge- ja lukuosadega	4,8 kg
Katusele koos 75 kg lastiga	~94 kg

Siht alla 20 kg on täidetud (18.6 kg).

Suurim varu on klambrites (1,9 kg alumiiniumi): freesitud 7075 klambrid tooksid 0,6 kg alla. Raskuskese on 23 mm hingest tahapoole ja 153 mm kõrgusel, see on kandjate vahel ning katuse koormuse jaotus on sümmeetriline.

Mida laminaadiplaan CAD-is muutis

- Sisepind on nüüd 6 mm välispinnast (sandwich-ümbris); täislaminaadi tsoonides (2...2,6 mm) jääb sisepinna ja laminaadi vahele ruum, mida vorm ei vaja. Mahtuvus langes 1 cm võrra ± 240 pesas (164 $\rightarrow$ 162), keskel jäi 192.
- Gaasivedrud on päris kaane massiga (4,8 kg) 2×80 N, kinnitused kaanel $y = -225$ / $z = 255$ ja alusel $y = -75$ / $z = 85$ (jagu 04, kaas.html v4).
- FEA sisend: tsoonide paksused ja kihid tabelis; laminaadi omadused twill 200: $E_1 = E_2 \approx 60$ GPa, $G_{12} \approx 4$ GPa, PET 100 südamik $G \approx 25$ MPa.

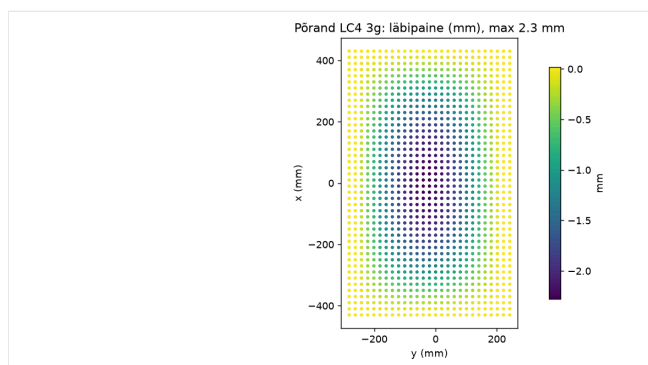
Tootjale

- Kaks vormi (alus, kaas), negatiivvormid süsinikust või epoksü-tööriistaplaadist, välispind vormist (A-pind).
- Laotus: välisnahk 2 kihti twill (nähtav kiht 0/90 keskjoone suhtes, teine ± 45), südamik termovormitud ja liimkilega, sisenahk 2 kihti; lokaalsed paksendused sisenaha alla; kanalid ja äärikud täislaminaadiga, äärikute alumiiniumist tihendikandur liimitakse pärast lakkimist.
- Kuurimine vaakumis 120 °C (prepreg) või infusioon + järelkuurimine 80 °C; iga detaili mass ja paksus kontrollmöödetakse (kontroll-leht toimiku jagu 9).

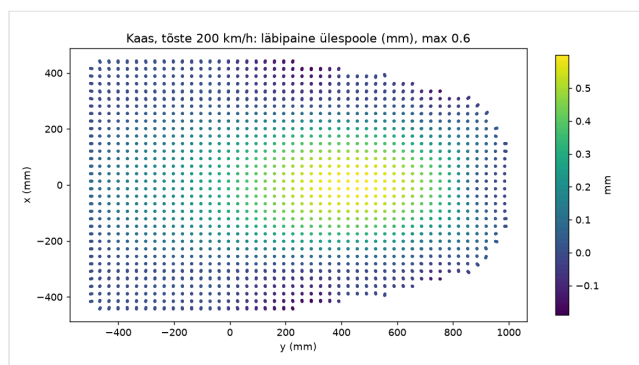
FEA laminaadiplaani omadustega

Kolm lineaar-elastset 3D mudelit (scikit-fem, ruutkuupelemendid, laminaat kihtidena: nahk, PET-südamik, nahk). Geomeetria on võetud CAD v4 kõrguskaardist, nii et põrand ja kaas on päris kõverusega, mitte lamedad plaadid. Materjalid: twill-nahk kvaasiisotroopsena $E = 50$ GPa, PET 100 südamik $E = 70$ MPa ($G \approx 27$ MPa), alumiinium 70 GPa. Lubatavad: laminaat 350 MPa (twill ~600 MPa tõmbel, mahavõtt aukude, väsimuse ja temperatuuri jaoks), südamiku nihe 1,0 MPa, laagripinge 400 MPa, riiv 600 N.

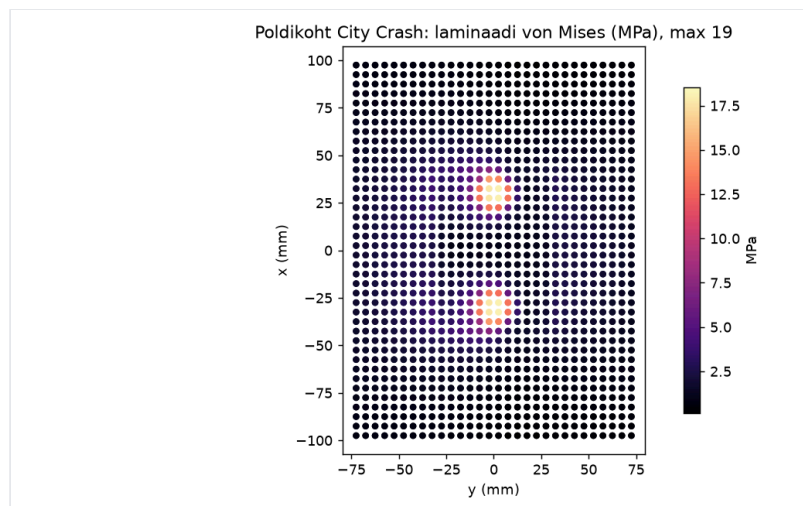
Juht	Koormus	Läbipaine	Pinge	Lubata	Varu	Muu
LC1 põrand 75 kg, 1 g	1340 Pa põrandal	0.76 mm	6.8 MPa	350 MPa	51.1×	südamiku nihe 0.06 / 1,0 MPa, varu 16.8×
LC4 põrand 75 kg, 3 g löök	4021 Pa põrandal	2.28 mm	20.5 MPa	350 MPa	17.0×	südamiku nihe 0.18 / 1,0 MPa, varu 5.6×
LC5 City Crash, poldikoht	2×1150 N nihe, 2×6 kN eelpinge	0.002 mm	18.5 MPa nominaal, $\times 3$ (augud) = 55.6 MPa	350 MPa	6.3×	laagripinge 32.8 / 400 MPa, varu 12.2×; seibi all 15.4 MPa
LC6 kaas, tõste 200 km/h	757 Pa üles (593 N mudelil)	0.60 mm	7.4 MPa	350 MPa	47.5×	riiv max 123 N (skaleeritult ~184 N / 600 N), hing 126 N



Põrand 3 g löögil: läbipaine kanalite vahel, toetatud kanaliseintele (y-otsad) ja külgliseintele (x-otsad). Max 2.28 mm.



Kaas 200 km/h tõstejõu all, hoitud 2 hinge- ja 5 riivipunktist. Max kerkimine 0.60 mm riivide vahel.



Kanali lagi ühe klambri kohal: $2 \times M8$, City Crash nihe 1 150 N poldi kohta ja eelpinge 6 kN, kandja toetab alt. Nominaalpinge laminaadis, aukude kontsentratsioon arvestatud teguriga 3.

Mudelite eeldused

Mudel	Geomeetria ja tugi	Mida see ei sisalda
Põrand	Sandwich 0,44 + 5 + 0,59 mm kanalite vahel (860 × 524 mm), kõverus kõrguskaardist; kanaliseinad (y-otsad) ja külgliseinad (x-otsad) hoiavad vertikaalselt ja tasapinnas. 75 kg ühtlase rõhuna.	Suusad toetuvad tegelikult kanaliharjadele, nii et põrand saab vähem; see on konservatiivne. Vahtsüda (EPP) põranda peal on jäetud arvestamata.
Poldikoht	Kanali lagi 200 × 150 mm, laminaat 3,9 mm (kanal 8 kihti + 8 kihti paksendust) + Al plaat 80 × 60 × 3 mm; kanaliseinad kinnitatud, kandja toetab 34 mm laiuselt alt. Koormus seibi all: eelpinge 6 kN alla + 1 150 N piki boksi.	Auke ei ole modelleeritud: nominaalpinge korrutatakse kontsentratsiooniteguriga 3 ja laagripinge arvutatakse eraldi ($F / d \cdot t$). Lõplik kinnitus läbitõmbekatses (jagu 05).
Kaas	Kaane pealispind sandwichina (0,44 + 5 + 0,44 mm) kõrguskaardi pinnal, kihid nihutatud piki pinnanormaali; hinge kohad $y = -500$ ($x = \pm 300$) ja riivid $x = \pm \text{wall}$, $y = -150$ ja 450, ning saba keskel. Tõste 757 Pa ühtlaselt üles + omakaal.	Järsud külgliseinad (kalle üle $\sim 70^\circ$) ei ole struktureeritud võrgus, mudel katab 0,78 m ² kaane 1,2 m ² planformist: reaktsioonid tuleb korrutada 1,5-ga (tehtud kokkuvõttes). Tõste jaotus on tegelikult nina poole kaldu (CFD puudub); äärikud ja jaotusvöönd on sandwichina, mis on pehmem kui päris, seega konservatiivne läbipaindele.

Riivide ja hingede reaktsioonid (kaas, 200 km/h)

Punkt	Üles (N)	Külgsuunas (N)
-------	----------	----------------

x = 435, y = -150	58	73
x = -435, y = -150	58	75
x = 376, y = 450	123	266
x = -376, y = 450	119	263
x = 0, y = 930	88	2

Kõik kolm juhtu on varuga korras.

Põrand: 3 g löögil 2,3 mm läbipainet ja 20 MPa nahas, varu 17×; südamiku nihe varuga 5,6×. Poldikoht: laagripinge 33 MPa (varu 12×), laminaat aukude kontsentratsiooniga 56 MPa (varu 6×). Kaas: 200 km/h tõstel kerkib riivide vahel alla 1 mm. Mudel katab kaane pealispinnast 0,78 m² (järsud küljed on struktureeritud võrgust väljas), nii et sinna rakendub 593 N; kogu kaane 1,2 m² planformile skaleerituna on riivi maksimaalne koormus ~185 N (varu 3,2×) ja hingel ~190 N.

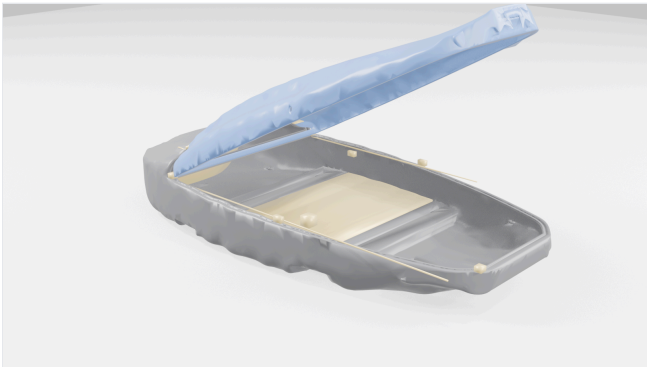
Disainimuudatus FEA-st.

Hing on ees, seega peavad riivid olema mõlemal küljel: 2 + 2 küljel (y = -150 ja +450) + 1 taga, mitte 3 ühel küljel. Ühe küljega variandis kerkiks vastaskülg tõstejõu all mitu sentimeetrit. Lukusüsteem jääb ühe silindriga (vardad mõlemale küljele). See on viidud jagudesse 04 ja 06 ning CAD v5-sse (jagu 11).

Skriptid: tools/fea.py (mudelid floor, bolt, lid), tulemused v4/fea_*.json ja .png. Iga juhtu saab laminaadiplaani muutudes uuesti jooksutada (5...6 min juht).

CAD v5: riivid mõlemal küljel

v5 viib FEA leiu (jagu 10) CAD-i: kaane äärikus on riivipilud 30 × 16 mm mõlemal küljel y = -150 ja y = +450 ning sabas x = 0, kokku 2 + 2 + 1. Lukusüsteem on ühe silindriga paremal küljel (y = 300): Ø6 roostevabad vardad jooksevad mõlema külje äärikust 8 mm kõrgemal, esiosas y = -480 ühendab neid ristvarras koos nurgakangidega, parem varras jätkub sabasse tagumise riivini. Kõik lukuosad on koostus eraldi kehad.



v5 kaas avatud: riivipilud mõlemal küljel, lukuvardad ja kangid kuldsena.



Vaade tagant: tagumine riiv ja nurgakang sabas.

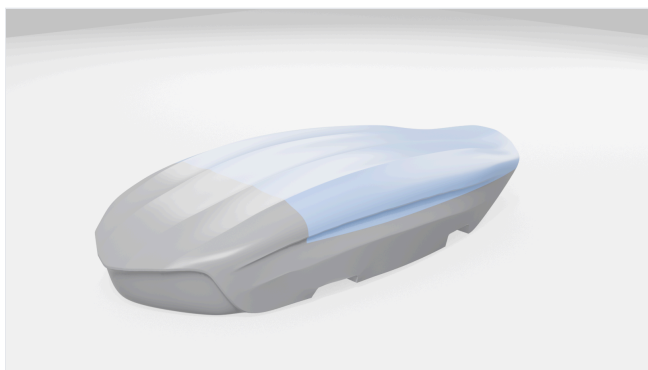
Element	v5					
Riivipilud	Kaane äärikus $x = \pm(\text{sein} - 14)$, $y = -150$ ja $+450$ (mõlemal küljel) ja $x = 0$, $y = 926$ sabas; 30 × 16 mm läbi ääriku.					
Riivide vastused alusel	Aluse äärikusse tulevad samadesse kohtadesse roostevabad vastused (v6, tarnija järgi).					
Lukuvardad	Ø6 A4, parem $y = -480...930$, vasak $y = -480...475$, ristvarras $y = -480$ kogu laiuses, 3 nurgakangi. Liiguvad ühe silindri pöördega, võti välja ainult lukus.					
Failid	remo-spec/v5: serac_box_v5.step (alus, kaas + 19 keha), osad eraldi, STL, GLB, renderid, laminate_v5.json.					
Mahtuvus (0 / ±60 / ±120 / ±180 / ±240 / ±300)	192	188	184	180	162	ei mahu
Mass laminaadiplaani järgi	18.7 kg (lukuvardad 0,4 kg on furnituuri real sees).					

v6 nimekiri

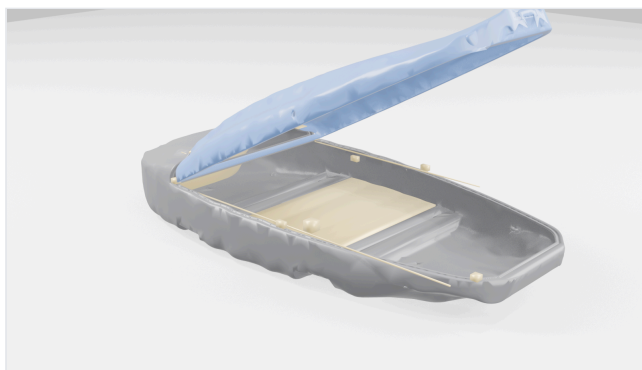
- Riivide vastused ja lukukeeled tarnija (nt Thule/Kamei tüüpi riivikomplekt või custom) jooniste järgi, silindri täpne ava.
- Hingede ja gaasivedrude lõplikud detailid, rihma ava kaane tagaservas, sildi tasku.
- A-pinna kõverusanalüüs ja vormi lahutuspinnad tootjaga; FEA kordamine, kui laminaadiplaani muutub.

CAD v6: 2100 × 960 × 395

Otsus 26.10: boks läheb 10 cm pikemaks ja 3 cm kõrgemaks, laius jääb. v6 on sama ahel kui v5 (6 mm sandwich-ümbris, äärikud ja soon, hing $z = 335$, lukk 2 + 2 + 1, sandwich-põrand, ankrud, drenaaž, ninaplokk), aga lõiked on piki boksi venitatud 1,05 korda; ristkandja kanalid, hing, lukk ja ankrud jäävad absoluutsetele kohtadele. Mõõdetud väliskest 960 × 2090 × 395 mm (tipud ümardusest 5 mm lühemad).



v6 välimus: v1 disain venitatud 2100 mm-ni ja katus 395 mm.



v6 inseneripind avatud kaanega, furnituur kuldsena.

Mahtuvus v6-s

Pesa	0	±60	±120	±180	±240	±300
max suusk (cm)	200	200	196	188	170	ei mahu

186 cm mahub nüüd nelja pessa (0, ±60, ±120, ±180), viies ja kuues paar 170 cm. Võrdluseks v4 (2000 mm): 192 / 188 / 184 / 180 / 162. Pikkus andis igale pesale 6...10 cm juurde; välimine pesa ±300 jääb ikka katuse kõrguse taha.

Mass (laminaadiplaan)

Alus	8.7 kg
Kaas	4.3 kg
Laminaat kokku	13.1 kg
Boks kokku furnituuriga	19.3 kg

Kaas ja vedrud

Kaane pikkus hingest	1545 mm
Tagaserva tõus 30° juures	772 mm

+0,6 kg võrreldes 2000 mm versiooniga. Siht alla 20 kg jääb kehtima.

Kaas koos hinge- ja lukuosadega		5,0 kg
Gaasivedrud	2 × 80 N, kõik 120 mm, pikkus 256...376 mm; kaanel y = -25, z = 259; alusel y = -275, z = 205; sulgemiseks 6.4 N	

Failid

remo-spec/v6/serac_box_v6.step	koost: alus, kaas + 19 keha
remo-spec/v6/serac_box_v6_base.step / _lid.step, STL, GLB	osad, võrgud
remo-spec/v6/fit_v6.json, laminate_v6.json, zone_map_v6.svg	mahtuvus, massid, tsoonid
remo-spec/styled_v6/	stiilitud kest (v1 disain 2100 mm), vaaturite vaikevalik
tools/cad_v3.py --ylen 2100 --tag v6	ehituskript, pikkuse skaleerimine parameetrina

FEA (jagu 10) on tehtud 2000 mm geomeetrialet; pörandava kanalite vahel ei muutu (kanalid on absoluutsetel kohtadel), kaane pikkus kasvab 1505 → 1545 mm, mis tõstab kaane läbipainet ja riivikoormusi alla 10 %. Varud jäävad samasse suurusjärku; kordan FEA laminaadiplaani kinnitamisel.

FEA v6 kaas ja CAD v7

Kaas 2100 mm geomeetria, tõstejõud 200 km/h

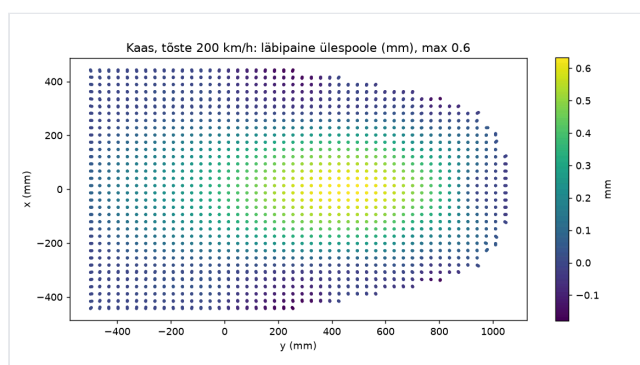
Jao 10 kaanemudel korrati v6 geomeetria (kaas 1545 mm hingest, sama laminaat: 2 × 200 g twill + 3 mm PET südamik katusel, 6 kihti äärisel). Koormus on sama 757 Pa ülespoole kogu kaane välispinnal, hoitud kahest hingest ja viiest riivist.

Juht	Koormus	Läbipaine	Nahk σ_{VM}	Lubatud	Varu	Reaktsioonid
LC6 kaas v6, tõste 200 km/h	757 Pa üles (601 N mudelis, 0.79 m ²)	0.63 mm	7.4 MPa	350 MPa	47.0×	südamiku nihe 0.053 / 1,0 MPa (varu 18.8×); riiv max 128 N, hing 132 N

Riivide reaktsioonid v6 (N)

Riiv	üles	külg
x = 435, y = -150	50	68
x = -435, y = -150	53	76
x = 380, y = 450	128	283
x = -380, y = 450	125	282
x = 0, y = 976	92	2

Suurim koormus on tagumistel külgriividel (y = +450): 128 N üles ja ~283 N külgsuunas, sest kaane tagaosa on hingest kaugel ja riivide vahel pikk. Riivi nõutav hoidejõud jääb 600 N (varu 4.7×). Võrreldes v4-ga (123 N) on muutus väike: pikem kaas jaotab tõste ühtlasemalt viie punkti vahel.



v6 kaas tõstejõu all, max kerkimine 0.63 mm riivide vahel.

CAD v7: viimased detailid

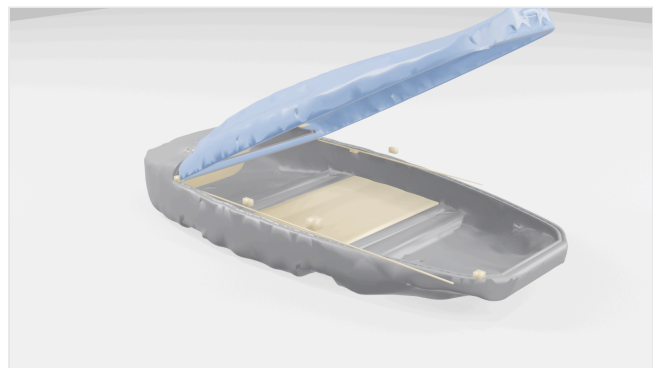
v7 on v6 pluss need detailid, mis jäid jao 12 nimekirja. Mõõdud on furnituuri kataloogiandmetest (jagu 14); kus kataloogimõõt on veel kinnitamata, on ava tehtud väiksem ja märgitud *kontrollida*.

Detail	Geomeetria	Põhjus
--------	------------	--------

Rihma ava kaane tagaservas	40 × 30 mm pilu, y = 2040...2070 mm, keskel	kaane allatõmbamise rihm, et 772 mm kõrgusele kerkinud serva kätte saada
Sildi tasku	100 × 60 mm, 1,5 mm süvend kaane sisenahas y = -440 juures	GPSR tüübisilt kaitstud kohas, nähtav avatud kaanega
Hingede kruviavad	4 × Ø5,5 lehe kohta, x = ±280/±320, alusel y = -545/-515, kaanel y = -485/-455	M5 A4 poldid läbi laminaadi, kontraplaat sees
Gaasivedru kuulpoldid	Ø8,2 läbi külgseina, kaanel (y -25, z 259), alusel (y -275, z 205), mõlemal pool	M8 kuulpolt 13 mm kuuliga (Stabilus standard), asukohad jaost 12
Lukusilinder	Ø19 (19,1 × 16,6 mm topeltlame), y = +300 paremal	Euro-Locks tüüpi 20 mm camlock, võti välja ainult lukustatult
Riivipilud	36 × 14 mm, y = -150 / +450 mõlemal küljel, y = 926 taga	Southco R4 tüüpi pöördriiv, päästik trossiga lukuni (<i>kontrollida</i> pärast riivi valikut)



v7 tagant: rihma ava kaane tagaservas, tagumine riiv.



v7 avatud: sildi tasku hinge juures, kuulpoltide avad külgedel.

remo-spec/v7/serac_box_v7.step

koost: alus, kaas + 19 keha; mass laminaadiplaani 19.3 kg

remo-spec/v7/serac_box_v7_base.step / _lid.step, STL

osad vormitootjale ja CNC-le

remo-spec/v7/laminate_v7.json

tsoonide pindalad ja massid v7 geomeetria

Furnituuri BOM

Ühe boksi furnituur. Kandidaadid on kataloogist leitud tüübid, mitte kinnitatud ostuartiklid: igaühe juures on, mis tuleb enne tellimist üle küsida. Massid on laminaadiplaani furnituuri real (kokku 6.2 kg).

#	Osa	tk	Nõue	Kandidaat	Kontrollida
1	Gaasivedru	2	80 N, käik 120 mm, 256...376 mm silm-silm, M8 kuulpesad, 200 000 tsükli, -30 °C	Stabilus Lift-O-Mat 8/19 (varras 8, silinder 19 mm), käik 120 mm, 80 N; nt tüübid 8674DJ / 084247 on 315...325 mm pikad ja vajavad lühemat silindrit või pikemaid otsakuid; Stabilus teeb jõu ja pikkuse tellimisel	jõud 80 N kinnitada tootja konfiguraatoris; pikkus 256 mm kokkusurutult on lühike 120 mm käigu kohta (vajab kompaktset otsa); 2 tk näidised katseks
2	Hing	2	oma joonis, Al 6082 CNC, telg Ø8 A4, 4 × M5 lehe kohta, telg z = 335	CNC töökoda Eestis (nt sama, kes teeb klambrid); alternatiiv roostevaba klaverihing 1,5 mm, 300 mm lõigud	hinge vahe kaane ja aluse laminaadi vahel 0,5 mm; hinge koormus FEA-st 132 N üles
3	Pöördriiv	5	hoidejõud ≥ 600 N, kaugpäästik trossiga, sulgub vajutusega, $\leq 36 \times 14$ mm pilu	Southco R4-30 (mini rotary latch, tsingitud teras, kahe astmega) või R4-50; päästikud Southco AC trossid lukusilindri hoova külge; vasturaud R4-90 tüüpi	riivi hoidejõud andmelehel (R4-30 ≈ 1000 N nimi), trosside pikkused 0,4...1,5 m, külmaskindlus
4	Lukusilinder	1	võti välja ainult lukustatult, 90° nukk, 20 mm, ilmastikukork, paneel 6 mm	Euro-Locks (Lowe & Fletcher) camlock 19,1 × 16,6 mm väljalõige, 90° nukk, võti eemaldatav ühes asendis; alternatiiv Zadi autotööstuse silinder	väljalõige 16,1 vs 16,6 mm; nukk peab vedama kõigi 5 riivi trosse (hoob + jaotur)

5	Tihend	4,6 m	EPDM D-profiil 10 × 8 mm, suletud pooridega, soones 9...17 × 4 mm	standardne D-profiil isekleepuva alusega või Al tihendikandur (laminaadiplaanis 0,55 kg koos kanduriga)	kokkusurumisjõud ≤ 60 N/m, et sulgemisjõud jääks alla 50 N
6	Klamber	4	U-klamber ümber kandja 20...40 × 30...90 mm, 2 × M8 A4, 10 N·m, kummipadjad	oma joonis: Al 6082 10 mm plaat + roostevaba U-polt M8 (vt jagu 05); ostuvariant: universaalsed boksiklambrid (Kamei/Thule tüüpi U-pollidega)	kandjate tegelikud profiilid (Thule WingBar, Atera, OEM) mõõta; 10 N·m momentvõti komplekti
7	Keermepuks M8	8	liimitav/sisselamineeritav, tõmbe 6 kN, laagripind Ø25	bigHead M8 alusplaadiga või Böllhoff AMTEC komposiidile	paigaldus laminaadis (kaaslamineerimine vs järelliimimine) tootjaga
8	Rihmad	2	25 mm, nukkpannal, 2 m, D-aasad Ø10 avadesse	standard rihm + A4 D-aasad	-
9	Põranda südamik ja ninaplokk	1 + 1	EPP 60 kg/m ³ põrandas, EPP + Al 2 mm leht ninas	EPP vormitud toorik (Eesti/Soome EPP tootjad), Al leht CNC	EPP liimimine epoksüga, mass 1,35 + 0,35 kg
10	Silt, kleebised, vooder	1	polüesterlaminaat 100 × 60 mm sildi taskusse (jagu 15), kiiruse- ja koormusekleebis kaane sees, filtvooder valikuline	sildiprint kohalik	seerianumber iga boksi kohta toimikusse
11	Kaane rihm ja tööriist	1 + 1	allatõmbamise rihm läbi kaane tagaserva pilu; 10 N·m klõps-momentvõti	standard	-

Allikad: Stabilus Lift-O-Mat kataloog (DirectIndustry), gasspringsshop.com konfigureeritavad vedrud, Southco R4-30 / R4-50 tootelehed, Euro-Locks camlock RS Components tootelehed. Kõik on avalikud kataloogiandmed; hinnad ja saadavus küsida otse.

Kasutusjuhend ja silt

GPSR nõuab juhendit ja märgistust müügiriigi keeles. Juhend on kirjutatud eesti, inglise ja saksa keeles (DOCS/KASUTUSJUHE.html / .PDF, 9 lk) ja silt on vektorina (DOCS/SILT.SVG, 100 × 60 mm).

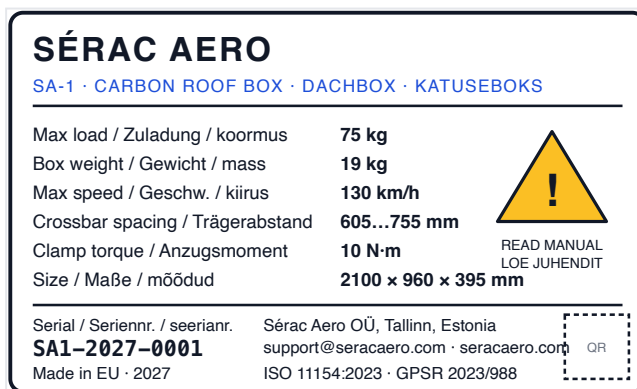
Juhendi sisu (7 osa)

- 1 Ohutus: 75 kg, auto katusekoormus, 130 km/h, kõrgus +50 cm, kinnituste kontroll 50 km järel
- 2 Paigaldus: kandjate vahe 605...755 mm, profiil 20...40 × 30...90 mm, 4 klambrit, 10 N·m ristijärjestuses
- 3 Laadimine: pikimad suusad keskele, tallad vastamisi, rihmad ees ja taga
- 4 Sulgemine ja lukustamine: 2 + 2 + 1 riivi, indikaator, võti välja ainult lukus
- 5 Kontroll ja hooldus: enne iga sõitu, hooaja alguses, hoiustamine
- 6 Tehnilised andmed: 2100 × 960 × 395, 19 kg, 75 kg, pesade pikkused, materjalid
- 7 Garantii 3 a ja kontakt

Väärtused juhendis on seotud käesoleva dokumendi numbritega (mass 19.3 kg ümardatud 19-ks, pesad jaost 12). Kui laborikatse muudab kiiruspiirangut või koormust, muutub juhend ja silt koos.

Mis sildil peab olema (GPSR art 9 ja ISO 11154 märgistus)

- Tootja nimi, registreeritud kaubanimi ja postiaadress ning e-post (GPSR art 9 lg 6). Sildil on koht aadressile: täida Sérac Aero OÜ registriaadress.
- Tüübi-, partii- või seerianumber (art 9 lg 5): SA1-AAAA-NNNN formaat, sama number toimikus.
- Hoiatused ja ohutusteave kasutaja keeles (art 9 lg 7): koormus, kiirus, "loe juhendit" on sildil kolmes keeles; pikem tekst on juhendis.



Tüübisilt 100 × 60 mm: koormus, mass, kiirus, kandjate vahe, moment, mõõdud, seerianumber, tootja, QR juhendile.

- ISO 11154 viide sildil on lubatud alles pärast labori katset. Enne seda jäta see rida tühjaks või kirjuta "testitud vastavalt" ainult katsearuande olemasolul.

Tootjad, laborid, RFQ-d ja järgmised sammud

Komposiiditootjate lühinimekiri

Tootja	Kus	Mida teeb	Sobivus
CarbonVega OÜ	Eesti	prepreg-süsinikplaadid ja CNC CFRP detailid droonidele	väike, plaadipõhine; küsida, kas teevad vormitud kesti; hea klambrite ja hingede CNC partner
Novec OÜ	Tallinn	komposiitide tootmine ja insenerbüroo, tuulikulabad	suurte vormitud osade kogemus; esimene RFQ Eestis
AS Luksusjaht	Kuressaare	jahid ja paadid, teeb ka vorme ja mudeleid teistele komposiiditootjatele	vormi ja mastermudeli tegija; infusioon
Esse Marine	Kuressaare	vaakuminfusiooniga süsinik/epoksü võidusõidupaadid	infusiooni kvaliteet A-pinnaga; väikesed seeriad
Brebeck Composite	Tšehhi	autotööstuse süsinikdetailid, prepreg	seeria 100...300 tk aastas; autoklaav
Marstrom Composite AB	Rootsi	prepreg-autoklaav, mastid ja suured kergkonstruktsioonid	pikad õhukeseseinalised osad; lähedal
aerostruktur GmbH	Saksamaa	lennunduse ja auto komposiitosad	kõrgeim kvaliteet, kõrgem hind

Nimekiri on avalikest kataloogidest (Techpilot, ensun, estonia.ee, automa.net, Bayern Innovativ). Autoklaavi olemasolu ja vaba võimsus tuleb igaühelt küsida. RFQ tekst: DOCS/RFQ_MANUFACTURER_EN.MD.

Katselaborid

Labor	Kus	Mida
TÜV SÜD	Saksamaa	katuseraamide ja -bokside sertifitseerimine, City Crash 30/50 km/h, ISO 11154 / DIN 75302, GS-märk
DEKRA	Saksamaa	sama valdkond, tüübikatsed ja ekspertiisid
RISE	Rootsi	riiklik katseinstituut, sõidukikomponentide katsed, lähim suur labor
VTI	Rootsi	liiklusohutuse instituut, kelgukatsed

RFQ tekst laborile: DOCS/RFQ_TEST_LAB_EN.MD (T1...T8). Katseplaan prototüübile ja seeriale:
DOCS/TESTPLAAN.MD. Vormipinna üleandmise märkus tootjale: DOCS/MOLD_HANDOVER_EN.MD.

Avalik aadress

Vaaturid ja PDF on Cloudflare Pages'is: **<https://serac-box.pages.dev>** (mahtuvus /VIEWER.HTML, kaas /KAAS.HTML, see dokument /SPEC.PDF, juhend /DOCS/KASUTUSJUHEND.PDF). Aadress on avalik, aga indekseerimata; jagamiseks saada link.

Mida saab teha ainult päriselt

1. Mõõta sihtautode ristkandjad (profiil, vahe) ja kinnitada klambri geomeetria.
2. Osta ISO 11154:2023 (ISO/EVS, ~200 EUR) ja käia nõuded jao 03 kontroll-lehega rida-realt üle.
3. Saata RFQ-d 3...4 tootjale ja 2 laborile; NDA enne STEP-failide saatmist.
4. Furnituuri näidised: 2 gaasivedru, 5 riivi, 1 lukk, tihend 5 m; kontrollida mõõdud v7 avade vastu, vajadusel v8.
5. Prototüüp: 2 kesta, katseplaan A1...A10, siis labor T1...T7.
6. Toimik kokku: see dokument, katsearuanded, BOM, juhend, silt, seerianumbrite register.