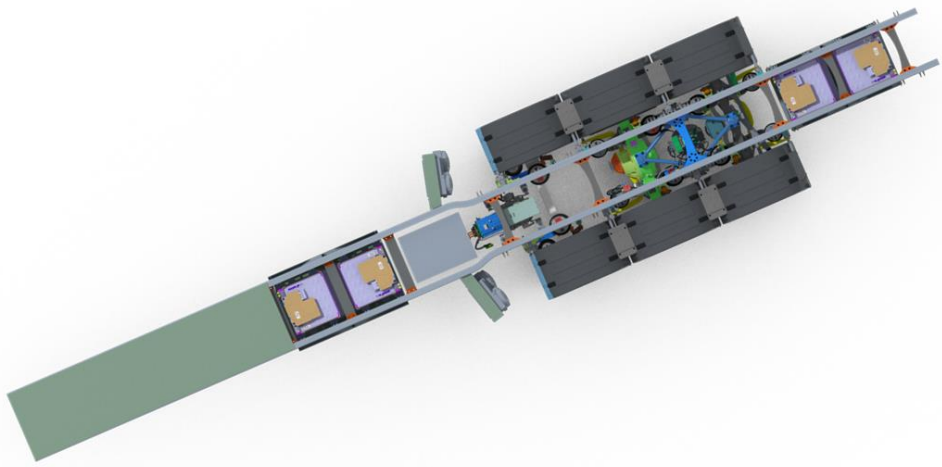


Lämplig placering av högspänningsbatterier för minskad skaderisk vid hantering av en e-trailer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet mekatronik

Gustav Lindqvist

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE IMSX20

Lämplig placering av högspänningsbatterier för minskad skaderisk vid hantering av en e-trailer

Gustav Lindqvist

Instutionen för Industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

GUSTAV LINDQVIST

© Gustav Lindqvist, 2025.

Volvo Technology AB:

Handledare: Clive Misquith, Emil Pettersson

Chalmers Tekniska Högskola:

Examinator: Kjell Melkersson

Handledare: Hans Sjöberg

Examensarbete 2025 inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

Intuitionen för Industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon +46 31-772 1000

Abstract

This thesis aims to develop a concept for how the battery placement in an electric trailer can be packaged to reduce the risk of damage or accidents related to the battery packs. A CAD model has been created where the placement of the battery pack has been moved to the center of the trailer for better positioning. Additionally a protective cage has been installed around the battery packs for extra protection and the cage also serves as a bottom protection in case the trailer hits something from below.

The e-trailer is designed according to the dimensions of a standard German semi-trailer with a total length of 13.6 meters. Furthermore the trailer has three axles of which the rear one is self-steering and the middle one is driven. The mounted battery packs consist of four of Volvo's cube batteries.

The result of the work is an electric trailer where the battery packs are positioned more safely within the trailer without sacrificing the battery capacity as well as a simpler frame construction compared to previous e-trailers designed by Volvo.

Sammanfattning

Detta examensarbete syftar till att utveckla ett koncept för hur batteriplaceringen i en elektrisk trailer kan optimeras för att minska risken för skador eller olyckor relaterade till batteripaketen. En CAD-modell har skapats där batteripaketen har flyttats till mitten av trailern för att förbättra deras placering. Dessutom har en skyddande bur monterats runt batteripaketen för extra säkerhet och buren fungerar även som bottenskydd om trailern skulle träffa något underifrån.

De monterade batteripaketen består av fyra Volvo kub-batterier. Utöver batterierna är e-trailern designad enligt måtten för en tysk standardtrailer, med en total längd på 13,6 meter. Trailern har tre axlar, där den bakersta styr och mittersta är drivande.

Resultatet av arbetet är en e-trailer där batteripaketen är placerade på en säkrare position utan att offra någon batterikapacitet samt har en enklare konstruktion av ramen jämfört med tidigare e-trailers som Volvo konstruerat.

Förord

Jag vill börja med att tacka Volvo Trucks för att de gav mig möjligheten att få skriva mitt examensarbete och få vara en del av utveckling av framtida transportlösningar i projektet DHEELS. Jag vill även tacka Clive Misquith, Emil Pettersson och Lena Larsson från Volvo och min examinator Kjell Melkersson och min handledare Hans Sjöberg från Chalmers för stort stöd med goda tips och feedback genom processen. Dessutom vill jag tacka Alexandra Lund och Hjalmar Lindqvist för alla goda svar jag fått på frågor som kan anses vara mindre smarta eller i vissa fall till och med dåliga. Sist men inte minst vill jag tacka alla i Advanced engineering & Platform Studies-gruppen för ”gött” snack och trevliga möten.

Innehållsförteckning

Abstract iv

Sammanfattning v

Förord vi

Ordbeskrivning och förkortningar ix

Figurlista x

1. Inledning 1

1.1 Bakgrund 1

1.2 Syfte 2

1.3 Avgränsningar 2

1.4 Frågeställning 2

2. Teoretisk bakgrund 3

3. Metod 4

3.1 Översikt 4

3.2 Verktyg 4

3.2.1 Creo Parametric 4

3.2.2 Creo View 4

3.2.3 PTC Windchill 5

3.2.4 Kesselringsmatris 5

3.3 Informationsinsamling 5

3.4 Kravspecifikation 6

3.5 Idé och konceptgenerering 7

3.6 Konceptutvärdering 8

3.7 Design och utveckling 8

3.8 Begränsningar 9
4. Resultat 10
5. Diskussion och fortsatt arbete 15
6. Slutsatser 16
7. Referenser 17
8. Bilagor 18
8.1 Koncept 18
8.1.1 Koncept 1 18
8.1.2 Koncept 2 21
8.1.3 Koncept 3 22
8.1.4 Koncept 4 22
8.2 Kesselringsmatris 23

Ordbeskrivning och förkortningar

Boggieaxel – En axelkonfiguration där två hjulaxlar är monterade tillsammans.

Kingpin – Den delen av kopplingsanordningen mellan trailer och lastbilen som sitter på trailern.

Kub-batteri – Volvos batteripaket som används till de elektriska lastbilarna.

Gooseneck – Den främre delen av en lastbilstrailer som är urtagen för att göra plats för dragbilen.

BEV – Battery Electric Vehicle

CAD – Computer Aided Design

DHEELS – Demonstrating Highly Energy Effective Logistics Solutions

E-trailer – Elektrisk trailer

Figurlista

Figur 1. Dimensioner för en tysk standardtrailer.

Figur 2. Alla högspänningskomponenter samt kylning som krävs för e-trailern.

Figur 3. De två koncepten vilka CAD-modellerades.

Figur 4. Färdigt koncept med lösning på frågeställningen.

Figur 5. Dagens Volvo-lösning på hur batterierna är monterade på en lastbil.

Figur 6. Hur batterierna ser ut efter att blivit avskalade.

Figur 7. Urtag i ramen för plats till batterierna.

Figur 8. Sidovy av e-trailern där batteripaketen syns.

Figur 9. De bakre kub-batterierna med en skyddande bur runt.

Figur 10. Den bakre buren med skyddsplåtar (grön färg) monterade.

Figur 11. Färdig trailer med skyddsplåtar runt batterierna, fram och bak.

Figur 12. Skiss uppifrån på koncept 1.

Figur 13. Visar hur övergången mellan balkarna för främre och bakre del av trailern ser ut.

Figur 14. Förtydligande för hur hjulaxelkonfigurationen ser ut.

Figur 15. Skiss uppifrån på koncept 2.

Figur 16. Skiss uppifrån på koncept 3.

Figur 17. Skiss uppifrån på koncept 4.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Transportsektorn står för en betydande andel av de globala koldioxidutsläppen, där tunga vägtransporter spelar en avgörande roll. Trots att personbilstrafiken har gjort stora framsteg mot elektrifiering har övergången till eldrivna lösningar inom godstransporter gått långsammare. Detta beror bland annat på att tekniska utmaningar såsom räckvidd, batterikapacitet, laddinfrastruktur och kostnad.

Samtidigt ökar kraven från både lagstiftare och konsumenter på minskade utsläpp och hållbara logistiklösingar. EU har till exempel infört skärpta utsläppsmål för tunga fordon [1][1] och många storstäder planerar att införa utsläppsfria zoner vilket ytterligare driver på behovet av elektrifiering av transportsektorn [2] [3].

För att möta klimatmålen, minska beroendet av fossila bränslen och främja ett mer hållbart transportsystem är det därför avgörande att fortsätta utvecklingen inom elektrifiering av transportsektorn. Inte bara för att möta klimatmål utan också för att främja innovation, energieffektivitet och långsiktigt ekonomisk hållbarhet inom sektorn.

Volvo är del av ett projekt kallad DHEELS (Demonstrating Highly Energy Effective Logistics Solutions) delfinansierat av Vinnova. Projektet syftar till att hitta lösningar på energieffektiva sätta att transportera stora volymer fossilfritt. Volvos utveckling av e-trailers är en del i projektet DHEELS och målet är att minska utsläppen från lastbilar.

[1] Siffror inom hakparantes [] anger här och i fortsättningen referenser.

1.2 Syfte

Volvo har sedan tidigare utvecklat elektriska lastbilar men också arbetat för att ta fram elektrifierade trailers. En elektrisk trailer kan assistera en vanlig lastbil med förbränningsmotor och fungera som en hybriddrivlina eller kopplas till en BEV-lastbil (Battery Electric Vehicle) för att fungera som en räckviddsförlängare.

Tidigare e-trailers som Volvo utvecklat har använt samma paketeringsmetodik som BEV-lastbilarna använder, där batteripaketen hänger på utsidan och sitter relativt exponerade.

När trailern lastas eller lastas av finns det flera potentiella faror som skulle kunna skada trailerns batterier. Till exempel om trailern lastas med en gaffeltruck så finns det en risk att gafflarna kan skada batterierna från sidan eller om trailern ska användas som timmersläp finns det risk att timmerkranen, grenar eller stockar kan skada batterierna.

Syftet med detta arbete är att hitta en lösning där batteripaketen är mer skyddade. Detta syftar till att minska risken för att skada eller att en olycka ska ske vid till exempel lastning eller hantering av e-trailern.

1.3 Avgränsningar

Endast ett koncept ska skapas alltså inga fysiska modeller ska byggas. Det som kommer vara resultatet av detta arbete är en 3D-modell av en e-trailer.

Arbetet fokuserar på placeringen av batteripaketen i e-trailern och därför kommer vissa delar av trailern inte behandlas, så som design på gooseneck (främre delen av trailern vars funktion är att gör utrymme för dragbilen) och placering av lågspänningskomponenter.

1.4 Frågeställning

Följande frågeställning har utvecklats för ramen inom detta examensarbete:

Hur kan placering av högspänningsbatterier i en elektrisk trailer göras för att minska risken för olyckor vid lastning och hantering av trailern?

2. Teoretisk bakgrund

En e-trailer är en lastbilstrailer med en fristående elektrisk drivlina. E-trailerns huvudsyfte är att förlänga räckvidden hos en BEV-lastbil eller minska bränsleförbrukningen hos en lastbil med en förbränningsmotor. Detta sker genom att trailern skjuter på där det krävs som till exempel i uppförsbackar och kan dessutom driva sin egen vikt vid konstant hastighet vilket resulterar i lägre last på dragbilen. I och med att trailern har en helt fristående drivlina från lastbilen går det även att få regenerativ bromsning. Vilket betyder att rörelseenergin i trailern används för att ladda batterierna i stället för att enbart konverteras till värme vilket sker med vanliga bromsar.

Anledningen till att det går att placera batterier och en motor på trailern är att många transporter är volymbegränsade och inte viktbegränsade vilket betyder att extra vikt i trailern oftast inte skadar användbarheten.

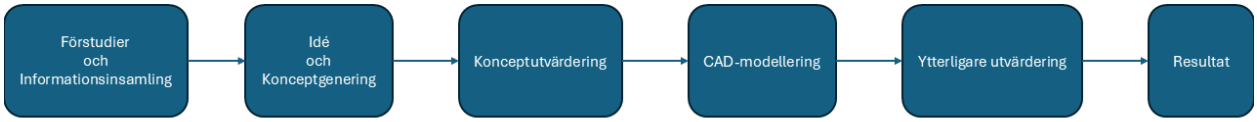
Paketeringen av e-trailern är något som spelar stor roll och det är hela tiden en tävling om vem som kan få plats med störst batterier utan att överskrida lagliga vikter eller minska lastvikten för mycket. Trailer Dynamics är ett företag som bygger e-trailers. Deras lösning är att motorn sitter monterad direkt på den drivande axeln. [4] En så kalla e-axel, där motorn sitter monterad direkt på axeln kan frigöra mycket utrymme i trailern där batterier kan monteras i stället då det inte finns någon kardanaxel som tar upp utrymme. Det visar sig i kapaciteten på batterier i deras trailers. Trailer Dynamics tillåter upp till 551 kWh stora batterier i deras e-trailers.

Vikten på trailern ökar markant när den blir elektrifierad, till exempel Volvos egna batteripaket väger ungefär 500 kg styck och det används idag fyra av dem vilket resulterar i en ökning på 2000 kg enbart för batterier och då är inte elmotor och andra väsentliga delar medräknat. Men den ökade vikten är värd fördelarna med en e-trailer. Mellan 15% till 20% koldioxid kan sparas bara av att utnyttja den regenerativa bromsningen och upp till 40% besparing om man också väljer att ladda trailern. [5] Utöver de minskade utsläppen finns det fler fördelar med att ha drivning på trailern. Minska lasten på den primära motorn, ökad acceleration, backstartssupport och minskat bromsslitage samt vid hala förhållanden hjälper det speciellt att det finns en extra drivande axel.

3. Metod

3.1 Översikt

Arbete inleddes med en förstudieperiod med informationsinsamling som sedan gick över till en idé och konceptgeneringsfas. Koncepten utvärderades och ett par koncept valdes att arbetas vidare med. Dessa modellerades i CAD och utvärderades ytterligare för att till slut välja ett bästa koncept som presenterades som resultatet.



3.2 Verktyg

3.2.1 Creo Parametric

Creo Parametric är CAD-programmet som Volvo använder och detta användes i det här arbetet också. Det användes för att montera ihop alla komponenter samt att konstruera de delar som inte fanns tillgängligt från Volvo.

3.2.2 Creo View

Creo View är ett komplement till Creo Parametric där CAD-modeller enkelt kan öppnas och till exempel tillhandahålla namn på komponenter.

3.2.3 PTC Windchill

Windchill är PTCs PLM-mjukvara (Product Lifecycle Management) vilket möjliggör fildelning för 3D-modeller och CAD-filer.

3.2.4 Kesselringsmatris

I avsnitt 3.6 ”Koncept-utvärdering” användes en Kesselringsmatris. Matrisen är en metod för att utvärdera och poängsätta de olika koncepten som togs fram och på sätt avgöra vilket koncept som är bäst.

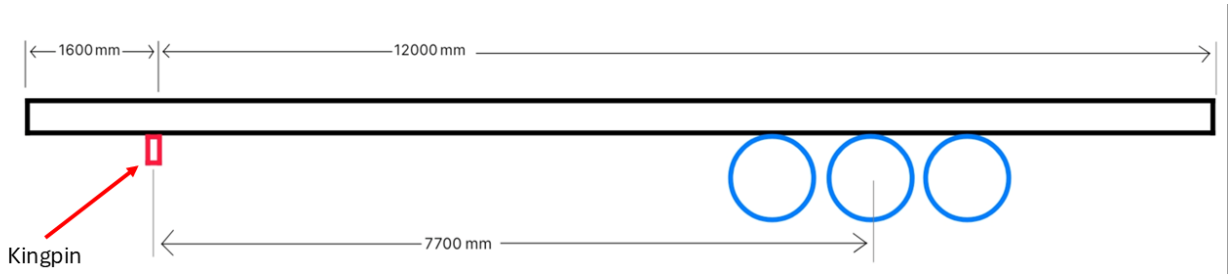
3.3 Informationsinsamling

För att förstå vilka möjligheter som fanns och hur olika lösningar har implementerats tidigare lästes rapporter som behandlade liknande problem. Dessa rapporter fokuserade på e-trailers och bidrog med viktig information om vad som har fungerat bra och vad som har varit mindre framgångsrikt i deras arbeten. I huvudsak granskades befintliga e-trailers och hur konkurrenter har löst liknande utmaningar. Detta ledde till en djupare förståelse för hur komponenterna bör placeras och vilka komponenter som bör placeras nära varandra. Det bidrog också till att klargöra storleken på batteripaket och hjulaxlar.

Under förstudiefasen var handledare från Volvo alltid tillgänglig för att förklara termer eller lösningar som inte var helt förståeliga. Handledare föreslog dessutom vilka aspekter som var viktiga att fokusera på och vad som kunde undvikas för att arbetet skulle förbli relevant.

3.4 Kravspecifikation

Kraven formulerades i samarbete med Volvo med fokus på att använda interna komponenter. Kravet på att använda interna komponenter innebär att alla nödvändiga delar som Volvo tillverkar, som hjulaxlar och batterier ska ingå. Trailern ska också uppfylla måtten för en tysk standardtrailer. Det innebär en total längd på 13,6 meter, ett avstånd mellan kingpin (kopplingsanordningen på trailern som kopplar samman lastbilen och trailern) och mittersta axeln på 7,7 meter samt ett 1,6 meter långt utstick framför kingpin vilket syns i figur 1. För att uppfylla kraven för en tysk standardtrailer krävs även att tre hjulaxlar ska användas och utöver det ska även sista axeln vara styrbar.

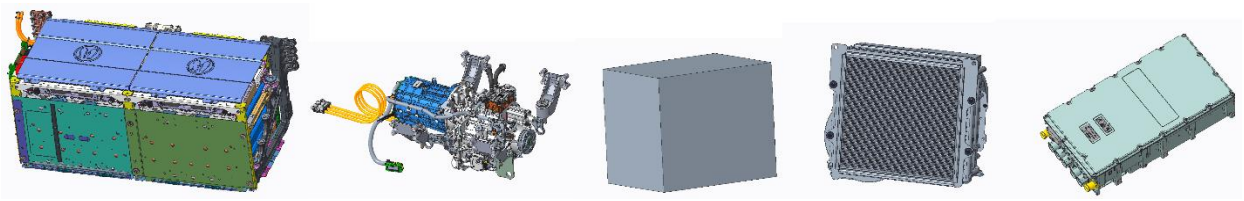


Figur 1. Dimensioner för en tysk standardtrailer.

Andra ställda krav inkluderar en bredd på 2550 mm eller 2600 mm om ett kylaggregat monteras på trailern. Eftersom trailern ska kunna modifieras för olika ändamål har 2550 mm satts som maxbredd. Det sista kravet från Volvo är att deras elmotor- och växellådskombination ska användas.

Utöver kraven formulerades även önskemål. Dessa inkluderar att maximera markfrigången för att göra trailern så universell som möjlig samt att placera komponenterna så nära varandra som möjlig för att minimera längden på kablar och kylslangar. En annan önskan var att minimera trailervikten eftersom varje kilo som läggs till i trailervikten minska nyttolasten. De två sista önskemålen var monteringsbarhet och att fyra kub-batterier ska få plats i trailerdesignen.

Längst till vänster i figur 2 syns två av Volvos kub-batterier monterade tillsammans. Önskemålet är att använda fyra kub-batterier och kommer då alltså kräva att två sådana paket monterade. Därefter syns elmotorn och växellådskombinationen som ska användas vilket är en standarddel från Volvo. Till kylenheten finns ingen 3D-modell och därför får ett rätblock med korrekta dimensioner agera placeholder. Därefter syns kylaren. Kylenheten ansvarar för att hantera vad som ska kylas eller vad som ska värmas och kylaren är radiatorn som kyler vattnet i systemet. Längst till höger syns inverteraren vilket är växelriktaren till elmotorn för att konvertera likströmmen från batterierna till växelström.



Figur 2. Alla högspänningskomponenter samt kylning som krävs för e-trailern.

3.5 Idé och konceptgenerering

Idégenereringsfasen baserades huvudsakligen på de idéer som framkom under informationsinsamlingen samt genom brainstorming där alla idéer skrevs ned och/eller skissades upp. Ingen större vikt lades vid att bedöma om en idé var bra eller dålig vid detta stadie. Anledningen till att ingen tid ägnades åt utvärdering var för att undvika att fastna i en enskild idé och i stället låta tankarna flöda fritt med målet att bygga en så stor idébank som möjligt. Målet var att sätta sig in i problemet och komma på så många lösningar eller dellösningar som möjligt.

Därefter kombinerades idéerna till flera koncept med potential för vidareutveckling. Totalt identifierades fyra koncept där batteriplaceringen varierade men alla koncept hade potential att öka skyddet för batterierna i e-trailern. I tre av koncepten är batterierna monterade på insidan av ramen med olika lösningar. I det fjärde konceptet är batterierna monterade utåt men är omgivna av en skyddande bur som sitter runt batteripaketen.

Anledningen till att batterierna monteras inåt i tre av koncepten är att de hamnar längre in och att en del av trailerns ram kan användas som skydd.

De fyra koncepten beskrivs mer i detalj i bilaga 8.1 koncept.

3.6 Konceptutvärdering

För att avgöra vilka av koncepten som skulle utvecklas vidare undersöktes först varje koncept för att se om de uppfyllde de ställda kraven. Därefter skapades en Kesselringmatris. I matrisen lades önskemålen in och deras viktighetsgrad bedömdes på en skala från 1 till 5. Sedan uppskattades hur väl varje koncept uppfyllde dessa önskemål även det på en skala från 1 till 5. Genom att multiplicera viktighetsgraden för varje önskemål med hur väl konceptet uppfyller det och sedan summera resultaten kunde en poäng beräknas för att bedöma hur bra varje koncept var.

Resultat av Kesselringsmatrisen visade att koncept 1 och koncept 4 fick högst poäng och valdes för vidareutveckling. Koncept 3 presterade relativt bra men på grund av risken för att paketeringen skulle göra att trailern överskrider maxlängden på 13,6 meter valdes den bort.

Hela Kesselringsmatrisen finns i bilaga 8.2 Kesselringsmatris.

3.7 Design och utveckling

Från konceptutvärderingen fastställdes att koncept 1 och koncept 4 skulle utvecklas vidare. Arbetet med koncept 1 inleddes med CAD-modellering och varje fredag följdes framstegen upp tillsammans med Volvo. Under dessa möten diskuterades det mycket, gavs feedback, tips och hur olika lösningar kunde göras för att nå det mest optimala resultatet. Majoriteten av de använda delarna fanns redan som standardkomponenter från Volvo. De delar som inte fanns tillgängliga designades på nytt. Det inkluderade balkarna till ramen och vissa fästen. Balkarna skapades med hjälp av sheetmetalverktyget i CAD-programmet för att säkerställa att delarna är produktionsbara. Vissa delar modellerades med vanlig solidmodellering för att snabbare kunna nå en funktionsduglig lösning och om möjligt omvandlades de senare till sheetmetal för att möjliggöra tillverkning i plåt. Alla delar, både Volvos standardkomponenter och de nykonstruerade delarna importerades till en assembly där de monterades ihop.

I figur 3 syns de två koncepten som gjordes i CAD. Den övre är koncept 1 och den nedre är koncept 4. Koncept 1 är inte helt färdigställd då det bestämdes att koncept 4 var den trailern som skulle presenteras som resultat och därför fokuserades mer arbete på den.

Figur 3. De två koncepten vilka CAD-modellerades.

Den största skillnaden mellan koncept 1 och koncept 4 var att balkarna inte modellerades med sheetmetalverktyget eftersom balkarna är valsade där ramen blir bredare. För att snabba på processen gjordes balkarna i stället med solidmodellering och sweepverktyget.

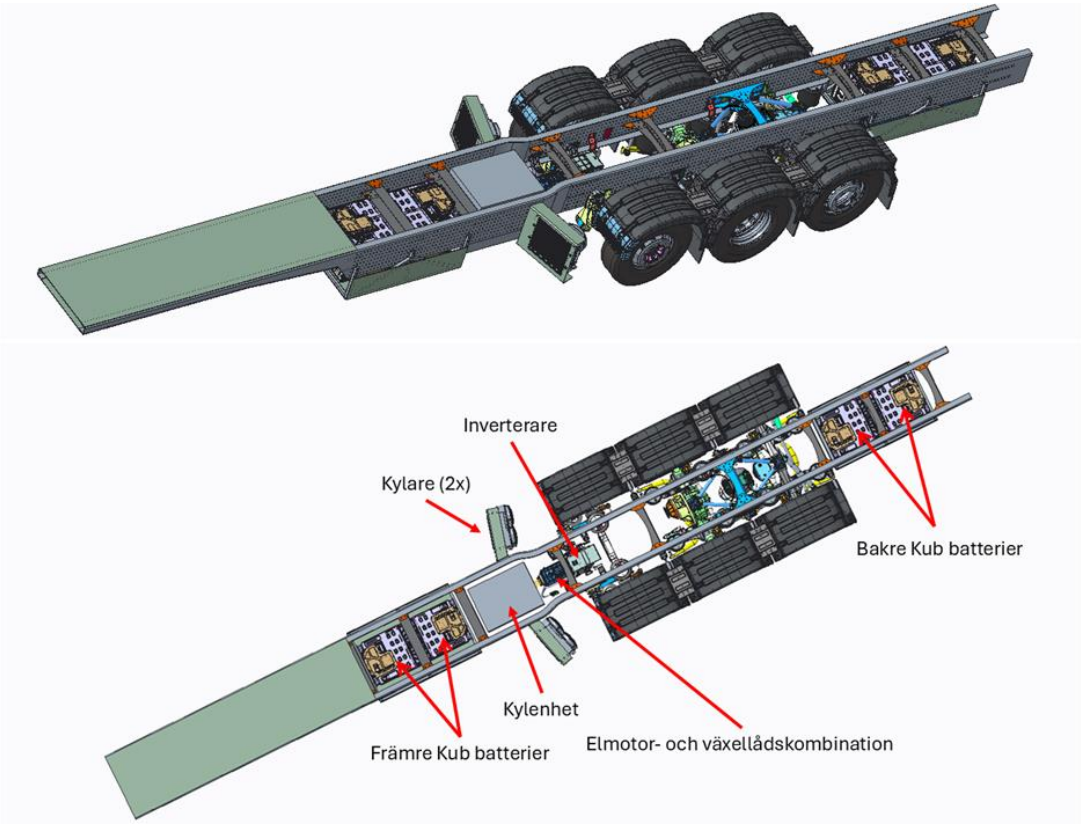
3.8 Begränsningar

På grund av tidsbegränsningar lades ingen större tid på den främre delen av trailern. Goosenecken modellerades med korrekt form och enligt standardmått men saknar förstärkningar och liknande inuti. För ytterligare minska tiden i CAD-programmet lades ingen tid på att konstruera trailern för ett specifikt ändamål. I stället designades trailern för att vara modulär och kunna anpassas för olika användningsområden.

4. Resultat

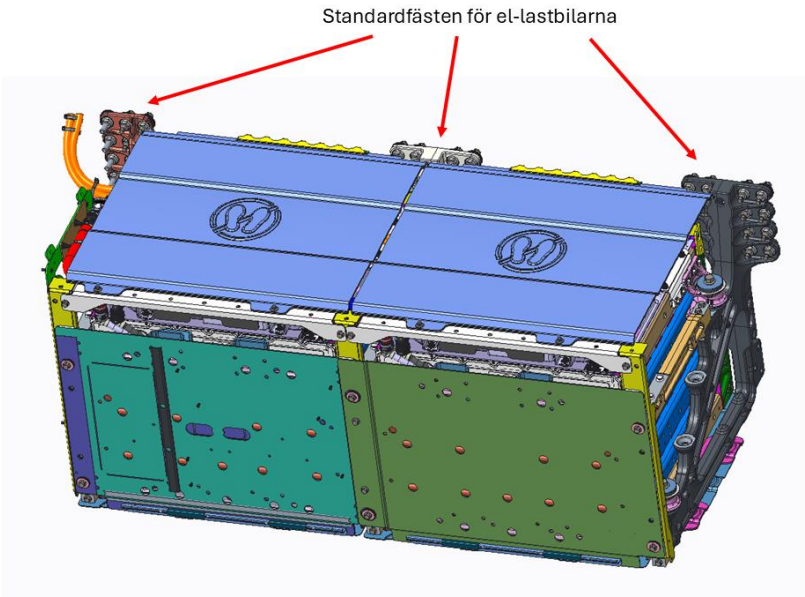
Resultatet på frågeställningen ”Hur kan placering av högspänningsbatterier i en elektrisk trailer göras för att minska risken för olyckor vid lastning och hantering av trailern?” fastställdes efter att de två koncepten som fastslogs i konceptutvärderingen monterats ihop i Creo Parametric och diskuterats tillsammans med Volvo. Resultat blev att koncept 4 är det som ansågs som bäst och kommer att presenteras här.

Figur 4 visar hur Volvos kub-batterier är monterade på insidan av ramen på e-trailern. Två av kub-batterierna sitter framför hjulaxelpaketet med kylenheten och elmotor- och växellådskombinationen mellan. Ytterligare två kub-batterier sitter bakom hjulaxlarna.



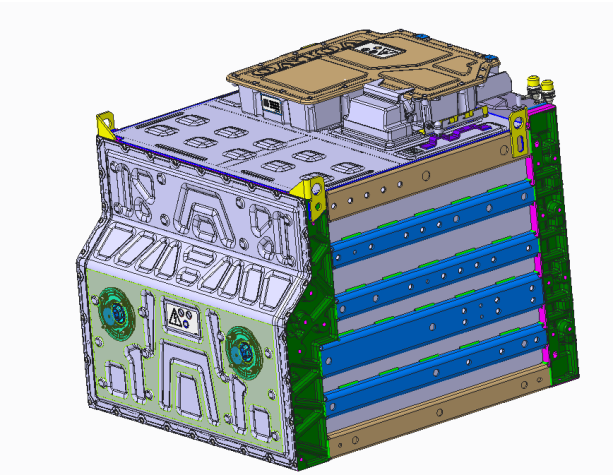
Figur 4. Färdigt koncept med lösning på frågeställningen.

I figur 5 syns två kub-batterier monterade tillsammans i det utförandet som används i BEV-lastbilarna. Där standardfästena hänger batteriet på sidan av ramen. Batteripaketet har en lätt skyddande konstruktion som sitter runt om.



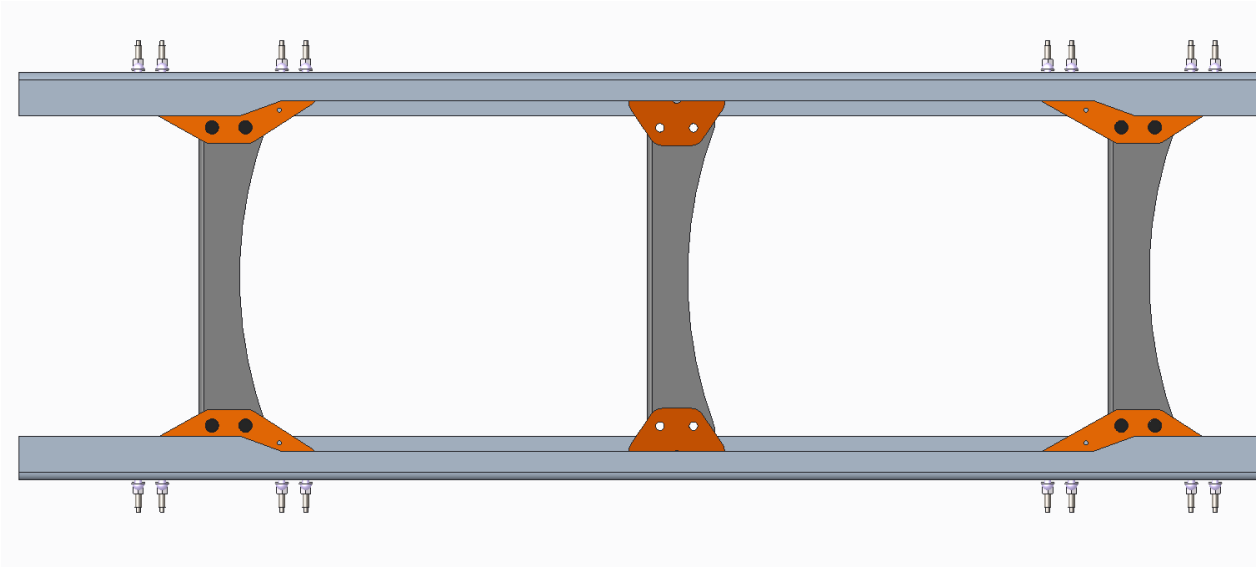
Figur 5. Dagens Volvo-lösning på hur batterierna är monterade på en lastbil.

Figur 6 visar hur ett kub-batteri ser ut när den är avskalad från fästen och de lätta skyddsplåtarna.



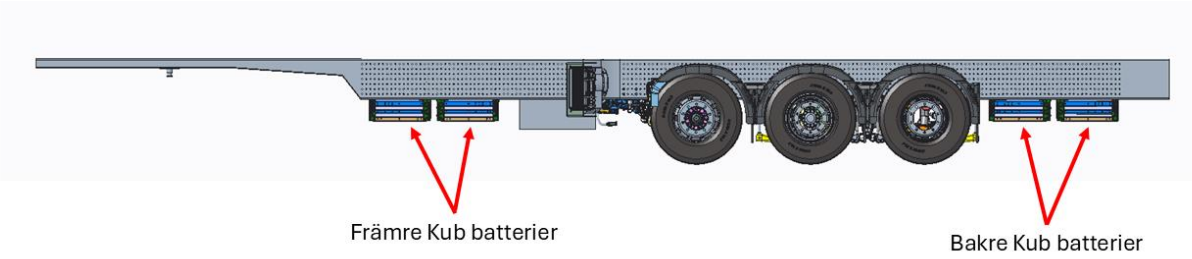
Figur 6. Hur batterierna ser ut efter att blivit avskalade.

Figur 7 visar det bakre partiet av trailer-ramen där bredden är 850 mm vilket är standardbredden för att hjulaxlarna ska passa. Batterierna är något bredare än innermåttet vid flänsarna och därför gjordes lokala urtag i balkarna för att undvika att batterierna tar i. Inga urtag krävdes för de främre batteriparet då trailerramen blir bredare (1020 mm) framför hjulaxlarna för att göra plats åt kylenheten.

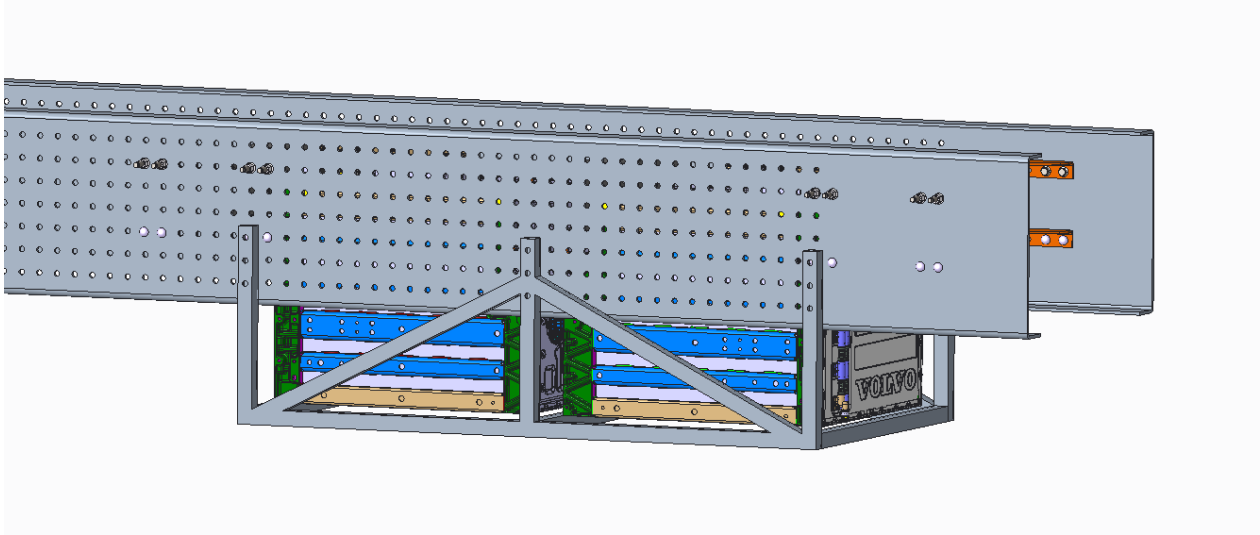


Figur 7. Urtag i ramen för plats till batterierna.

I figur 8 syns batteripaketens position ur en sidovy och i figur 9 visas en närmare bild på de bakre kub-batterierna med skyddsburen monterad. En likadan bur sitter runt de främre kub-batterierna med den enda skillnaden är bredden på buren är 1020 mm i stället för 850 mm.

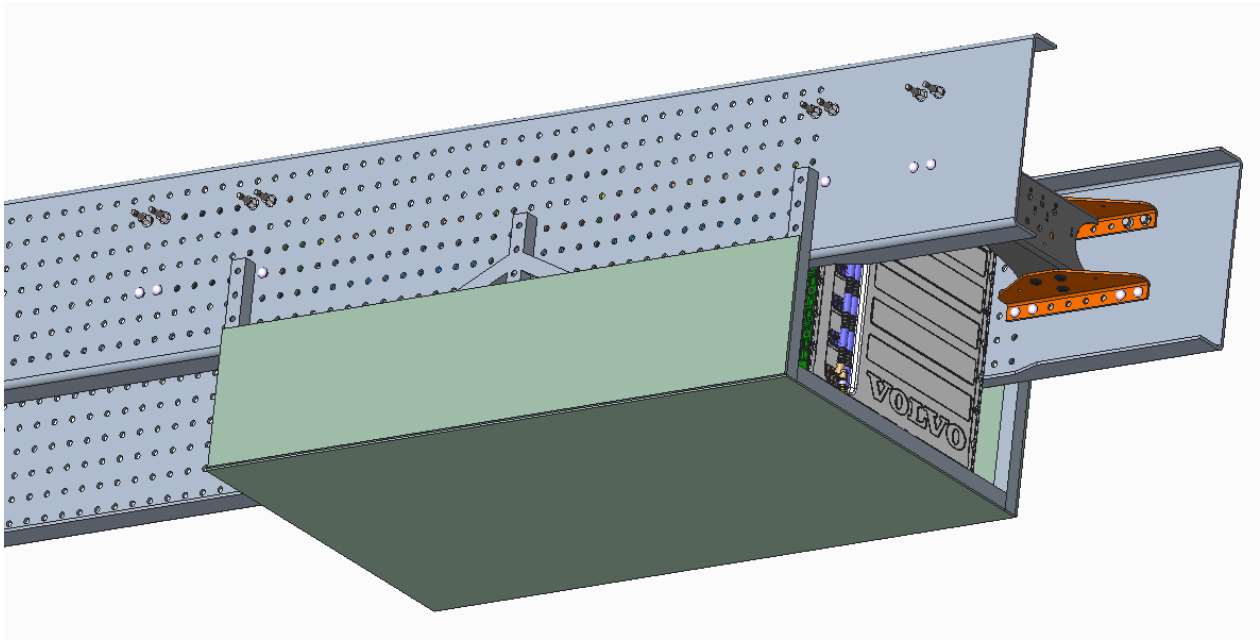


Figur 8. Sidovy av e-trailern där batteripaketen syns.



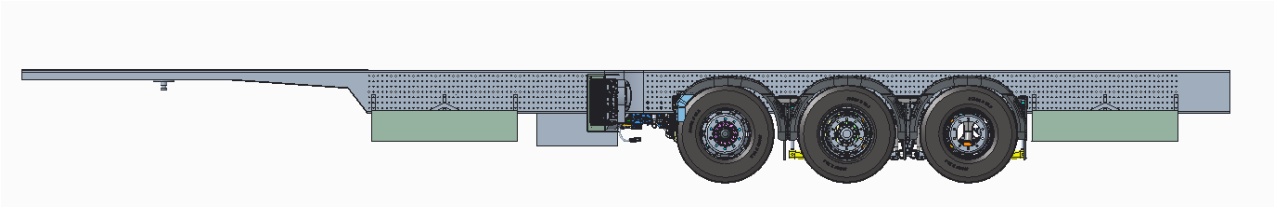
Figur 9. De bakre kub-batterierna med en skyddande bur runt.

Figur 10 visar den bakre skyddsburen inklädd med 8 mm stålplåt med skydd både från sidan och underifrån. Likadana plåtar sitter runt den främre skyddsburen.



Figur 10. Den bakre buren med skyddsplåtar (grön färg) monterade.

Figur 11 visar trailern från sidan där de skyddande burarna runt kub-batterierna är monterade och sedan skyddsplåtarna utanpå burarna.



Figur 11. Färdig trailer med skyddsplåtar runt batterierna, fram och bak.

5. Diskussion och fortsatt arbete

I resultatet presenterades en e-trailer där Volvos kub-batterier är placerade mellan ramen på trailern. Eftersom batterierna sitter på insidan av ramen blir ungefär halva batteriet skyddat av ramen och resterande nedhängande del blir skyddade av plåtar som sitter runt omkring på en burliknande konstruktion som också ger skydd för batterierna underifrån. Burarna som sitter runt batterierna är monterade direkt i ramen vilket gör att om trailern någon gång skulle bottna och träffa underlaget så kommer ingen kraft gå in i batteripaketen utan in i buren och sedan vidare upp i ramen.

I jämförelse med tidigare e-trailers som Volvo byggt så har kub-batterierna varit placerade utåt. Att flytta batterierna till mitten i trailern möjliggör att montera grövre skyddsplåtar runt dem och det bidrar också till en ökad säkerhet då det som skulle kunna skada batterierna behöver röra sig längre in under trailern.

I resultatet visas inga fästen för batterierna vilket är något som det kommer krävas vidare utveckling av. Planen är att kub-batterierna ska monteras på båda sidorna av ramen på trailern. De redan existerande montagehålen i kub-batterierna anses vara tillräckliga för att kunna designa fästen som ska uppfylla kraven för den önskade monteringen. I den framtagna lösningen saknas även skyddsplåtar för att skydda batterierna uppifrån. Det skulle enkelt kunna lösas med en plåt bockad i båda ändarna som monteras i ramens hålbild.

För att e-trailern ska vara funktionsduglig krävs ytterligare arbete. Som det är just nu i det presenterade resultatet så finns inga lågspänningskomponenter samt att luftsystem saknas. Dessutom saknas en kardanaxel där det dessutom skulle behövas utföras dynamisk simulering av den. Slutligen måste även arbete på goosenecken utföras då insidan av den saknar förstärkning helt.

6. Slutsatser

Följande slutsatser kan göras från detta arbete:

- Utvecklat koncept som förbättrar säkerheten för batterierna. Detta eftersom batteripaketen flyttats till insidan av ramen vilket placerar dem längre bort från potentiella faror. Dessutom har en skyddande bur monterats runt paketen för att ytterligare öka säkerheten
- Genom att flytta batteripaketen till insidan minskas även det laterala tröghetsmomentet vilket i sin tur minskar risken för sladd. Även om detta inte direkt rör batteriernas säkerhet är det en positiv konsekvens av den nya placeringen av batteripaketen.

7. Referenser

[1]"Rådet enas om nya regler för att skärpa normerna för koldioxidutsläpp från tunga fordon," Consilium, 2023. https://www.consilium.europa.eu/sv/press/press-releases/2023/10/16/council-agrees-on-new-rules-to-strengthen-co2-emission-standards-for-heavy-duty-vehicles/ (accessed Jun. 04, 2025).

[2]"Samarbeten," Goteborg.se, 2024. https://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/miljo-och-klimat-goteborg/tillsammans-for-miljon/samarbeten (accessed Jun. 04, 2025).

[3]"Resultat och rekommendationer vid införande av miljözon klass 3 i staden," Closer, 2024. https://closer.lindholmen.se/projekt/resultat-och-rekommendationer-vid-inforande-av-miljozon-klass-3-i-staden (accessed Jun. 04, 2025).

[4] "Trailer Dynamics GmbH - Technologie," Trailerdynamics.de, 2024. https://www.trailerdynamics.de/technologie (accessed Jun. 04, 2025).

[5] "Towards Zero Emissions with Electrified Trailers: ZF's TrailTrax Leads the Way - ZF," *Zf.com*, Sep. 17, 2024. https://press.zf.com/press/en/releases/release_75585.html (accessed Jun. 04, 2025).

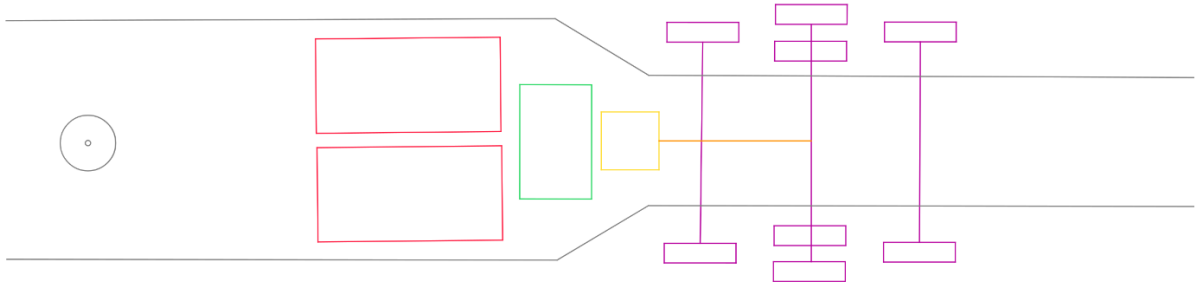
8. Bilagor

8.1 Koncept

Här visas de fyra koncepten som togs fram i samband med konceptgenereringen.

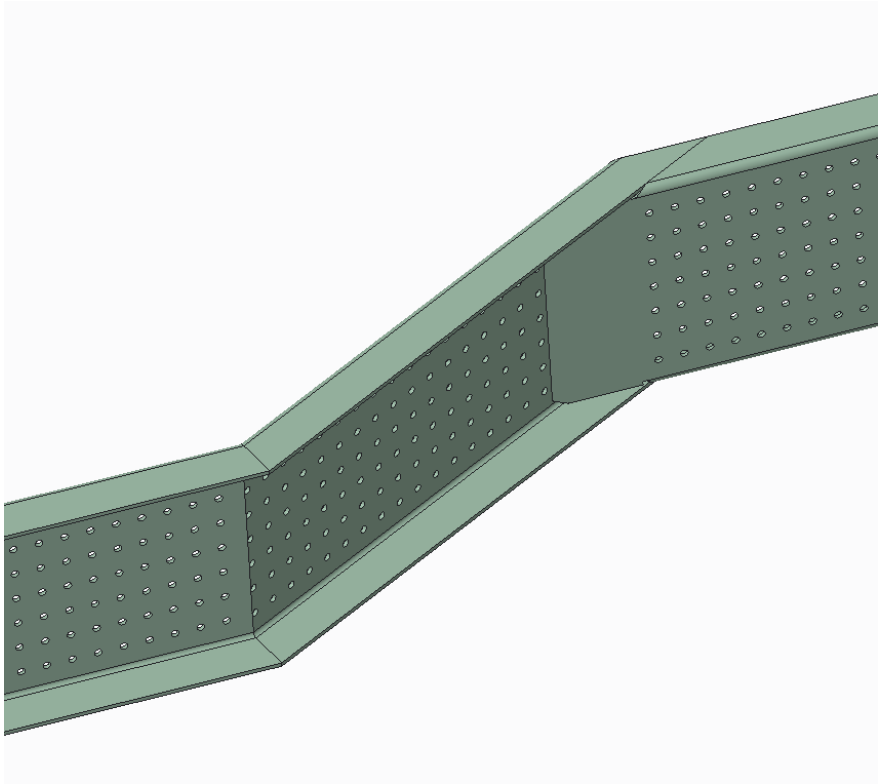
8.1.1 Koncept 1

I koncept 1 är batteripaketen (röda rektanglarna) placerade på insidan av ramen enligt figur 12. Batterierna skyddas av ramen och en extra skyddsplåt som täcker resterande del av batteriet som hänger nedanför ramen. Det resterande delarna i skissen är kylenheten (gröna rektangeln), elmotor- och växellådskombinationen (gul kvadrat) samt de lila delarna representerar hjulaxlarna. För att säkerställa kompatibilitet med Volvos hjulaxlar har ramen en bredd (yttermått) på 850 mm i den bakre delen för att sedan öka till cirka 2000 mm runt batterier och behåller denna bredd hela vägen fram.



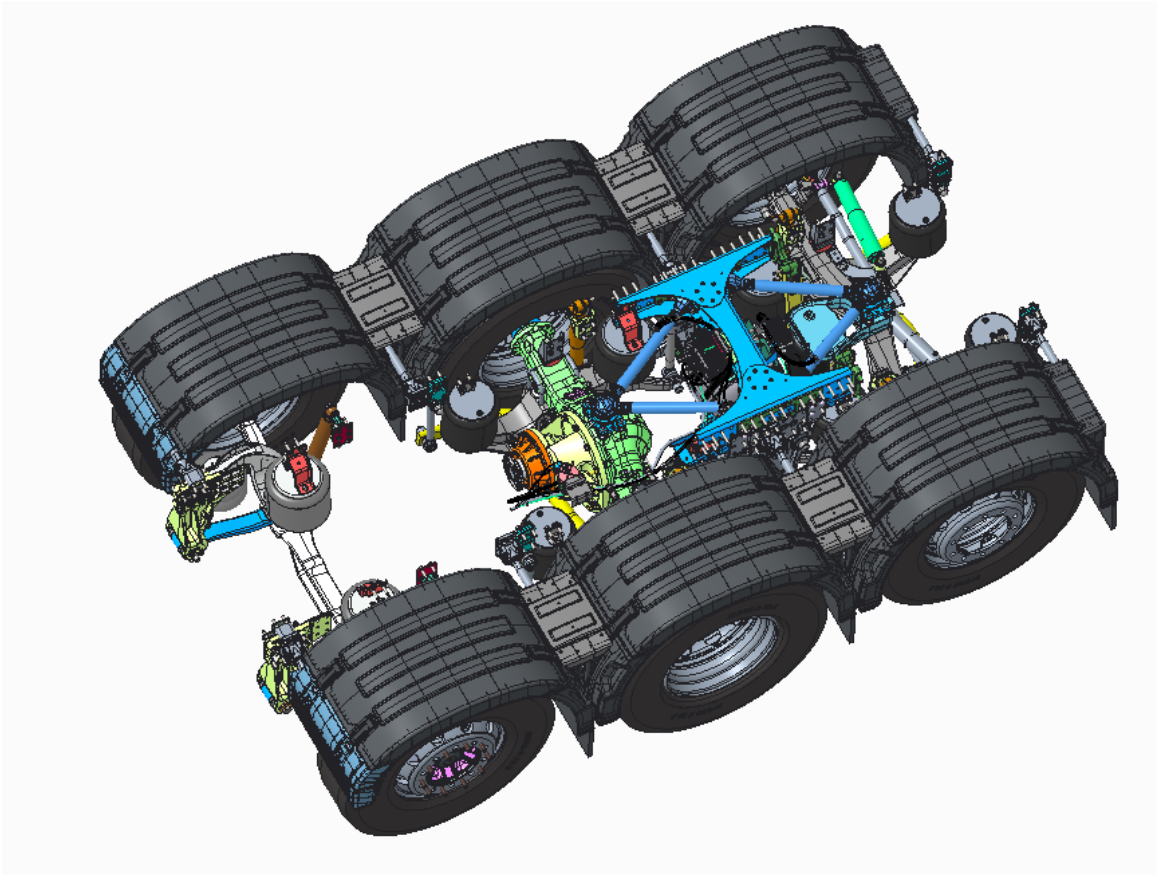
Figur 12. Skiss uppifrån på koncept 1.

För att undvika stora avstånd mellan fästena för batterierna och ramen vänds balkarna i samband med breddningen. I figur 13 kan man se hur C-balkens liv på den bakre delen är placerat utåt för att vara kompatibel med hjulaxlarna men vänds inåt efter breddningen för att underlätta monteringen av batterierna som använder samma standardfästen som BEV-lastbilarna.



Figur 13. Visar hur övergången mellan balkarna för främre och bakre del av trailern ser ut.

Kylenheten monteras på tvären för att minska längden och strax bakom den sitter elmotor- och växellådskombinationen. Den bakersta axeln är självstyrande medan den mittersta axeln är drivande. Dessa två axlar är monterade i boggiekonfiguration och framför dem finns en lågt byggd hjulaxel för att ge plats åt kardanaxeln mellan elmotor- och växellådskombinationen och mittenaxeln vilket går att se i figur 14.

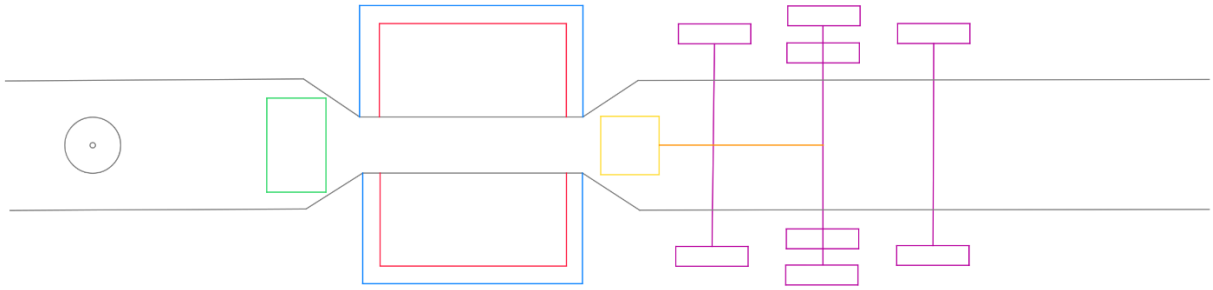


Figur 14. Förtydligande för hur hjulaxelkonfigurationen ser ut.

Den blåa balken som sitter mellan den bakersta- och mittenaxeln visar att de två axlarna är monterade i en boggiekonfiguration. Axlarna använder samma infästningar och på så sätt kan monteras mer kompakt. Den vita axeln längst fram är den lågt byggda vilket gör det fritt i mitten där kardanaxeln kan gå.

8.1.2 Koncept 2

I koncept 2 är batteripaketen monterade på samma sätt som på Volvos elektriska lastbilar, se figur 15.



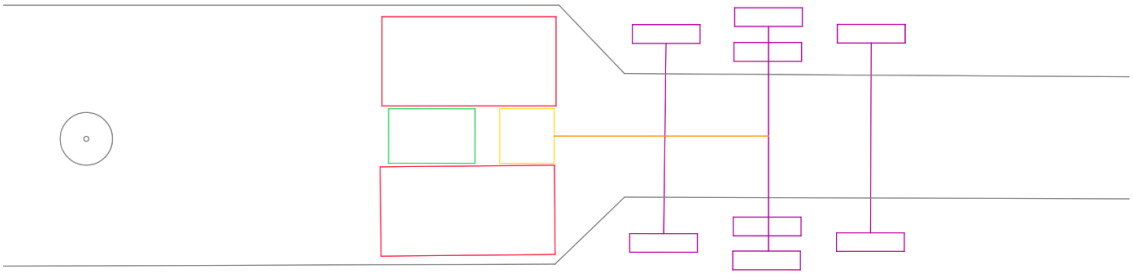
Figur 15. Skiss uppifrån på koncept 2.

Batterierna hänger på utsidan av ramen med de vanliga fästena. Ramen smalnar av precis framför axlarna eftersom om standardbredden på 850 mm hade fortsatt framåt skulle det inte finnas något utrymme kvar för en konstruktion som skyddar batterierna. Där batteripaketen är monterade sitter det en bur eller låda monterad som ger skydd. En fördel med koncept 2 är att C-balkarna kan sitta med livet utåt hela tiden vilket eliminerar behovet av speciella övergångar.

Kylenheten är placerad precis framför batterierna, tvärmonterad där ramen blir bredare igen. Mellan batterierna och hjulaxlarna sitter elmotor- och växellådskombinationen. Koncept 2 använder samma axelkonfiguration som i koncept 1 där den bakre och mittersta axeln är monterade i boggiekonfiguration. Den främre boggieaxlen är drivande medan den bakre självstyr. Framför boggien finns en lågt byggd axel som ger plats för kardanaxeln.

8.1.3 Koncept 3

På samma sätt som i koncept 1 är batterierna i koncept 3, se figur 16, monterade på insidan av ramen med samma lösning där C-balkarna i ramen vänder livet inåt vid breddningen.

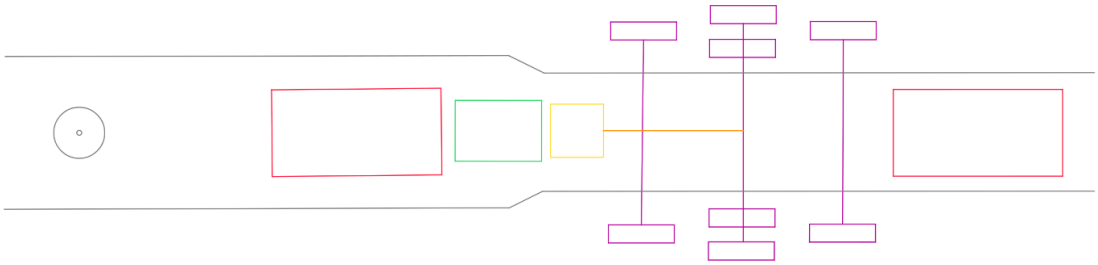


Figur 16. Skiss uppifrån på koncept 3.

Skillnaden är att rambredden ökas ytterligare för att ge plats åt kylenheten som är monterad längsgående samt motor som sitter mellan batteripaketen. Målet med detta koncept är att samla alla komponenter i nära varandra för att minska längder på kablar och slangar. Axelkonfigurationen är densamma som tidigare med en boggieaxel och en lågt byggd axel.

8.1.4 Koncept 4

I koncept 4, som kan ses i figur 17 är placeringen av batteripaketen uppdelad med två kub-batterier monterade bakom hjulaxlarna och två framför hjulaxlarna.



Figur 17. Skiss uppifrån på koncept 4.

Batterierna hålls på plats med fästen som stöder dem från båda sidorna av ramen. Ramens bredd får en ökning från 850 mm runt hjulaxlarna till 1020 mm framför axlarna. Breddningen görs för att ge plats för kylenheten som är monterad längsgående bakom de främre batteriparet. Mellan kylenheten och hjulaxlarna sitter elmotor- och växellådskombinationen och samma axelkonfiguration som tidigare koncept används.

8.2 Kesselringsmatris

Här beskriv hur en ”bästa” lösning valdes med hjälp av en Kesselringsmatris.

Samtliga fyra koncept från avsnitt 8.1 uppfyllde följande krav:

- Avstånd mellan kingpin och mittenaxeln, 7700 mm
- Avstånd mellan kingpin och bakre delen av trailern, 12000 mm
- Avstånd mellan kingpin och främre delen av trailern, 1600 mm
- Maxbredd 2550 mm
- Volvo-axlar
- Självstyrande bakaxel
- Volvos elmotor- och växellådskombination

Önskemål:

- 1. Så hög markfrigång som möjligt, helst över 320 mm
- 2. Komponenter monterade kompakt
- 3. Minimera vikt
- 4. Monteringsbarhet
- 5. 4 Kub-batterier

I Kesselringsmatrisen, tabell 1 gäller följande:

v = Viktighetsgraden för ett önskemål, $1 \leq v \leq 5$.
u = Uppfyllelsegrad av ett önskemål hos ett koncept, $1 \leq u \leq 5$.
t = u*v = poäng som varje koncept får för ett önskemål.
Total = Summan av alla u*v vilket ger totalpoäng för ett koncept för alla önskemål.

Tabell 1. Kesselringsmatrisen där poäng för varje koncept beräknas.

Önskemål		Koncept									
		Ideal		1.		2.		3.		4.	
	v	u	t=u*v	u	t=u*v	u	t=u*v	u	t=u*v	u	t=u*v
1.	3	5	15	3	9	3	9	3	9	3	9
2.	4	5	20	4	16	3	12	5	20	3	12
3.	4	5	20	3	12	4	16	1	4	4	16
4.	5	5	25	3	15	3	15	2	10	4	20
5.	4	5	20	5	20	3	12	3	12	4	16
Total		100		72		64		55		73	
Tot/Tot_max		-		0,68		0,64		0,55		0,73	
Rangordning		-		2		3		4		1	

Kommentarer:

Alla koncepten får en 3a i markfrigång då samtliga överskrider 320 mm. Dock är höjden som batterierna kan monteras på inte mycket mer än önskemålet och begränsas av hålbilden som finns i balkarna samt att det krävs att ett expansionskärl som högsta punkt i kylsystemet.

Koncept 1:

Koncept 1 får fyra poäng för kompakt montering av komponenter eftersom batterier, motor och kylenhet sitter relativt nära varandra. Det får tre poäng i vikt då den ökade bredden kräver omfattande förstärkningar vilket kommer att öka vikten. Även monteringsbarheten bedömdes till tre poäng eftersom det inte är överdrivet trångt men vissa delar kan vara monterade bakom andra. Slutligen får koncept 1 betyget 5 i önskemålet ”4 kub-batterier” då det finns utrymmer kvar både i längd- och breddled.

Koncept 2:

I önskemål 2 får konceptet tre poäng för kompakt montage eftersom kylenheten sitter framför batterierna och motorn är placerad bakom. Det får fyra poäng i vikt då det inte krävs mycket extra förstärkningar. monteringsbarheten bedöms till tre poäng eftersom ramen ändrar bredd två gånger. Slutligen får konceptet tre poäng i önskemålet ”4 kub-batterier” då paketeringen kan leda till att trailern blir för lång.

Koncept 3:

Koncept 3 får fem poäng för kompakthet eftersom alla komponenter är monterade på samma ställe. Detta resulterar dock i att rambredden maximeras vilket kräver väldigt omfattande förstärkningar och därför får konceptet endast ett poäng för minimerad vikt. Den maximerade bredden gör även monteringsbarheten svårare vilket resulterar i två poäng i den kategorin. Slutligen får koncept 3 tre poäng i kategorin ”4 kub-batterier” då det finns risk att bredden inte räcker till för att rymma de fyra kub-batterierna.

Koncept 4:

Koncept 4 får ett relativt lågt betyg för kompakt montering med tre poäng eftersom ett par av batterierna är monterade bakom hjulaxlarna vilket resulterar i långa kablar och slangar. Ramen är ganska enkel och inte särskilt bred vilket innebär att den inte kräver mycket extra förstärkning och därför får den fyra poäng i den kategorin. Den enkla ramdesignen bidrar också till konceptet presterar bra i monteringsbarhet där det också få fyra poäng. Slutligen får koncept 4 fyra poäng i kategorin ”4 kub-batterier” då det inte förväntas uppstå några större problem med att få plats med alla batterier.

Resultat av Kesselringmatrisen:

Resultatet visar att koncept 4 presterar bäst följt av koncept 1 därefter koncept 2 och slutligen koncept 3. Beslutet blir att fortsätta arbeta med koncept 1 och 4 på grund av deras högre poäng. Koncept 3 presterar för dåligt för att det ska vara lönsamt att utveckla vidare. Koncept 2 skulle dock kunna övervägas för fortsatt utveckling men risken att paketeringen blir för lång och därmed förlänger trailern väger tyngre vilket gör att det också väljs bort.

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

CHALMERS