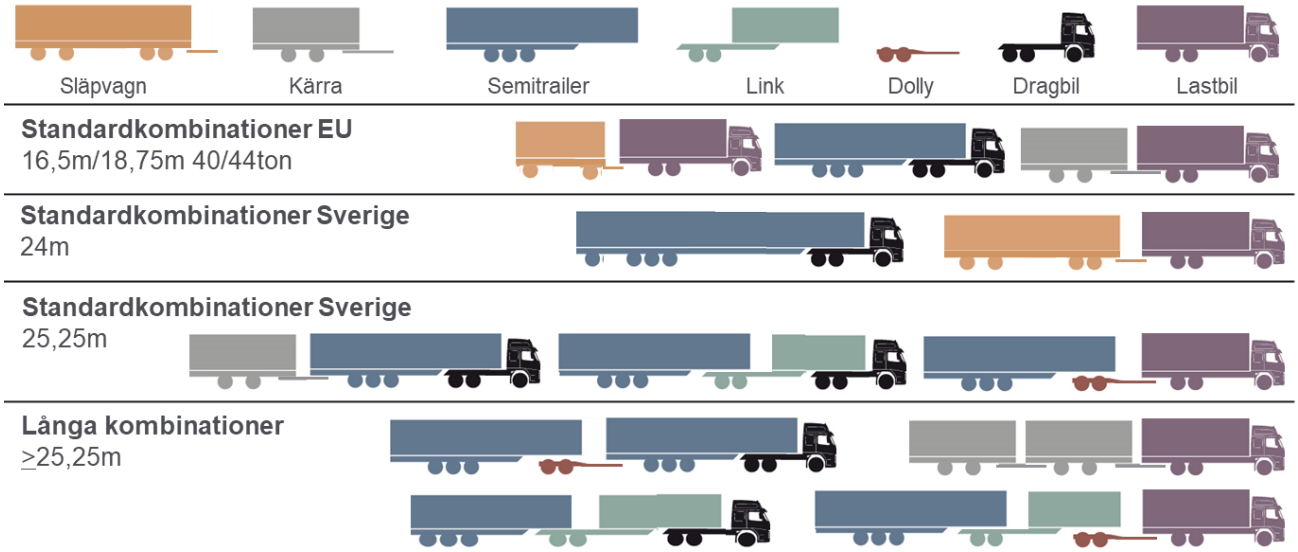
# Svenska HCT Typfordonskombinationer utvärderade mot år 2020 gällande regelverk för BK4




Författare: Niklas Fröjd, Emil Pettersson och Lena Larsson
Datum: 2021-04-15 utgåva 2

# Contents

**1 Förord ..... 3**

**2 Bakgrund ..... 4**

**3 Sammanfattning ..... 11**

**4 Syfte ..... 13**

**5 Genomförande ..... 13**

5.1 Simuleringsmodeller för manövrerbarhet och dynamisk stabilitet ..... 14
5.2 Övriga beräkningsmodeller ..... 15
5.3 Analyserade fordonskombinationer ..... 15
5.4 Standardvärden för lastning ..... 17
5.5 Standardvärden för hjul och däck ..... 18
5.6 Standardvärde för axlar ..... 19
5.7 Validering och trimning mot prov ..... 19

**6 Prestandamått och krav ..... 21**

6.1 Framkomlighet och utrymmesbehov ..... 21
6.2 Stabilitet ..... 24

**7 Sammanfattande resultat för längre kombinationer ..... 27**

7.1 Framkomlighet och utrymmesbehov ..... 27
7.2 Stabilitet ..... 31
7.3 Känslighetsstudier för en A-dubbel ..... 36

**8 Nomenklatur och förkortningar ..... 41**

**9 Referenser och källor ..... 42**

**10 Appendix 1 Typfordonskombinationer över 25,25 och 34 meter, upp till 74 ton44**

**11 Appendix 2 Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 74 ton (BK4) 81**

**12 Appendix 3 Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 64 ton (BK1)114**

**13 Appendix 4 Fordonskombinationer upp till 18,75 och 40 ton och maximal höjd av 4,0 meter ..... 141**

# 1 Förord

Nordiskt Vägforum, NVF Godstransporter, är ett nätverk med nordiska experter från vägmyndigheter, forskningsorganisationer, besiktningsorgan, åkerinäring och fordonstillverkare.

NVF Godstransporters mål under perioden 2020-2024 är att medverka till effektivare, klimatsmartare, trafiksäkra och ekonomiskt hållbara godstransporter på väg.

Målet skall uppnås genom att:

- I huvudsak fokusera på tunga fordon > 3,5 tons totalvikt,
- Beakta behov av infrastruktur, rastplatser, omlastningsplatser, bärighet och framkomlighet till industri, samt terminaler inklusive terminaler för samverkan med andra trafikslag som järnväg, sjö- och luftfart,
- Medverka till åtgärder som i relativ jämförelse minskar godstransporternas negativa påverkan som emissioner, vägslitage, buller och trängsel,
- Medverka till trafiksäkra vägar, fordon och förare,
- Medverka till ökad kunskap om alternativa energi- och drivsystem för fordon inklusive, biodrivmedel och elektrifiering,
- Medverka till ökad kunskap om automatisering och digitalisering,
- Medverka till internationell effektivisering, t.ex. harmonisering och eller ömsesidig acceptans av hållbara förfaranden.

Denna rapport, Svenska HCT Typfordonskombinationer utvärderade mot år 2020 gällande regelverk för BK4, påbörjades 2019 och har finansierats av Svenska Trafikverket, AB Volvo och AFRY. Författare till rapporten är Lena Larsson och Niklas Fröjd, AB Volvo samt Emil Pettersson AFRY.

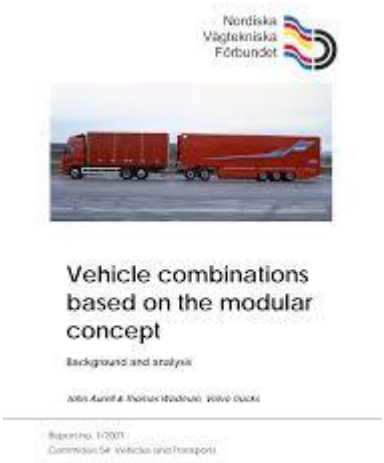
Ett varmt tack till rapportens författare och finansiärer. Tack också till en referensgrupp i NVF Godstransporter som medverkat med synpunkter på rapporten.

Februari 2021

Mårten Johansson, Sveriges Åkeriföretag
Ordförande NVF Godstransporter

# 2 Bakgrund

Denna rapport beställdes 2019 av arbetsgruppen NVF Hållbara Tunga Transporter. Det är en uppföljning på tidigare NVF rapport från 2007 [21].
Rapporten har varit ett uppslagsverk inom området. Det var den första HCT rapporten. Nu är det läge för en uppdatering eftersom beräkningsmetoder utvecklats, nya kombinationer tillkommit, samt teknisk utveckling skett. Denna rapport ger status för vikter upp till 74 ton och längder på svenska kombinationer upp till 34,5 m. Den tidigare rapporten behandlade bruttovikter upp till 60 ton och total fordonslängd upp till 31 meter.




Föreliggande arbete har tagit avstamp från FFI projekt, Typfordon, VETT, DUO2 och HCT-projekten.

Rapporten har finansierats av Svenska Trafikverket, AB Volvo och AFRY.

Sedan 2007 fram till 2020 har Volvo utvecklat och fått igång ett antal HCT kombinationer som framgår av Tabell 1.

**Tabell 1: HCT kombinationer driftsatt i perioden 2007-2020. Årtal typ av kombination, generation av kombinationen, bruttovikt och total fordonslängd.**

| År och Kombination | Generation | Bruttovikt ton | Längd m |
|---|---|---|---|
| 2009 ETT | 1 | 90 | 30 |
| 2009 ST-drag & Kran | 1 | 74 | 24 |
| 2012 DUO-Trailer | 1 | 80 | 32,5 |
| 2014 ETT | 2 | 90 | 30 |
| 2014 ST-Kran | 2 | 74 | 24 |
| 2015 DUO-Kärra | 1 | 66 | 27,5 |
| 2015 DUO-Trailer | 2 | 80 | 32,5 |
| 2016 ST-Drag | 2 | 74 | 24 |
| 2017 DUO-trailer | 3 | 70 | 32,5 |
| 2019 DUO-trailer | 4 | 80 | 32,5 |
| 2020 AUTOfreight | 1 | 80 | 31 |
| 2020 ETT | 3 | 90-100 | 32 |
| 2020 DUO-CAT | 2 | 70 | 28 |

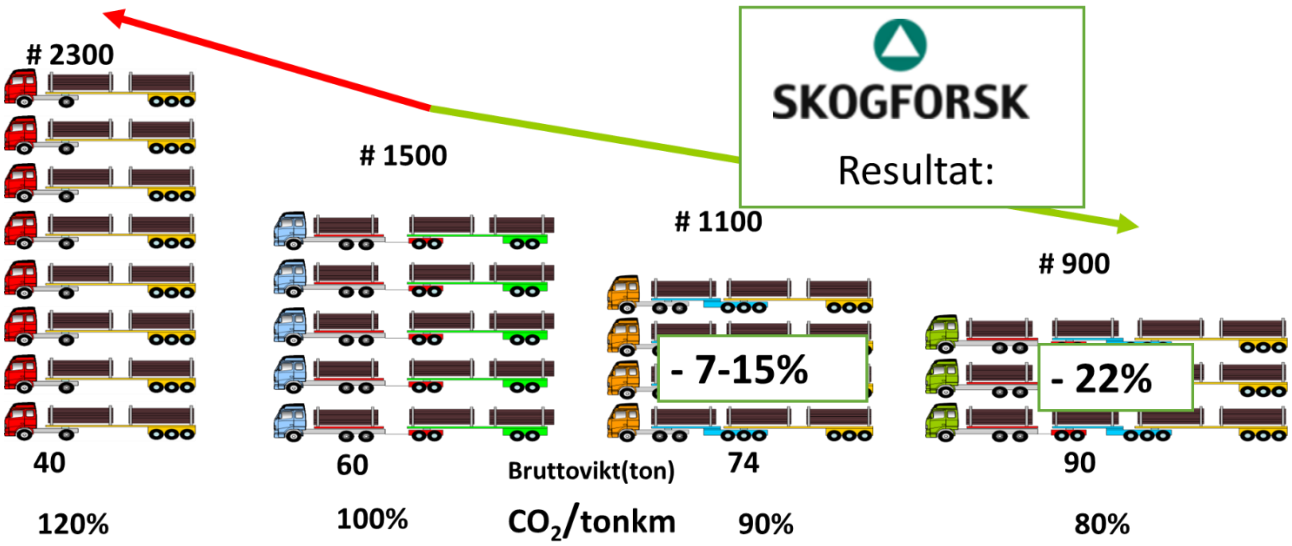
Under denna tid har följande utveckling skett i omvärlden vilket framgår av Tabell 2.

**Tabell 2: Längd och viktgränser, utveckling i olika länder under perioden 2007-2020.**

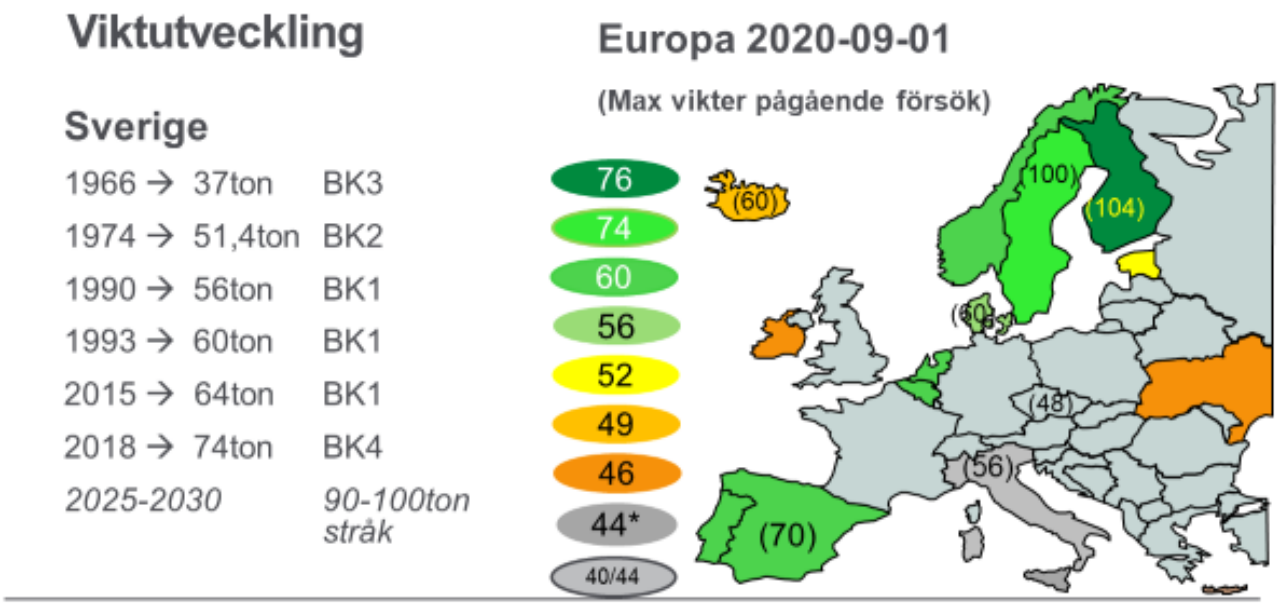
| År | Land | Bruttovikt ton | Längd m | Kommentar |
|---|---|---|---|---|
| 2008 | Tjeckien | 48 | 25,25 | Krav på tillstånd |
| 2008 | Danmark | 60 | 25,25 | Test till 2030 |
| 2012 | Tyskland | 40/44 | 25,25 | test |
| 2013 | Nederländerna | 60 | 25,25 | |
| 2013 | Finland | 76 | 25,25 | |
| 2014 | Norge | 60 | 25,25 | |
| 2014 | Argentina | 75 | 30,25 | test |
| 2015 | Sverige | 64 | 25,25 | |
| 2016 | Spanien | 60 | 25,25 | Krav på tillstånd |
| 2017 | Tyskland | 40/44 | 25,25 | EMS Infört/ långtrailer test till 2023 |
| 2017 | Brasilien | 74 | | |
| 2018 | Sverige | 74 | 25,25 | |
| 2019 | Finland | 76 | 34,5 | 23 m semitrailer |

2007 inleddes ETT (En Trave Till) projektet under ledning av Skogforsk. Samma år startade Volvo projektet VETT (Volvo En Trave Till). Det fanns vid den tiden barriärer med intressen som inte ville utveckla vägtransporter utan snarare önskade att anpassa lastbilars vikter och dimensioner till det europeiska regelverket med 40/44 ton och 16,5/18,75 m. Slutsatsen var då att det skulle leda till ökade $CO_2$ utsläpp, fler fordon och fler olyckor. Detta var en av utgångspunkterna för ETT-projektet. Hur skulle längre och tyngre kombinationer påverka situationen? Hypotes och resultat framgår av Figur 1.

90 tons fordon ger i storleksordning 20% lägre $CO_2$ utsläpp än ett 60 tons ekipage. Detta exempel gäller viktbegränsad transport. Viktutveckling i Sverige samt läget i Europa 2019 framgår av Figur 2.

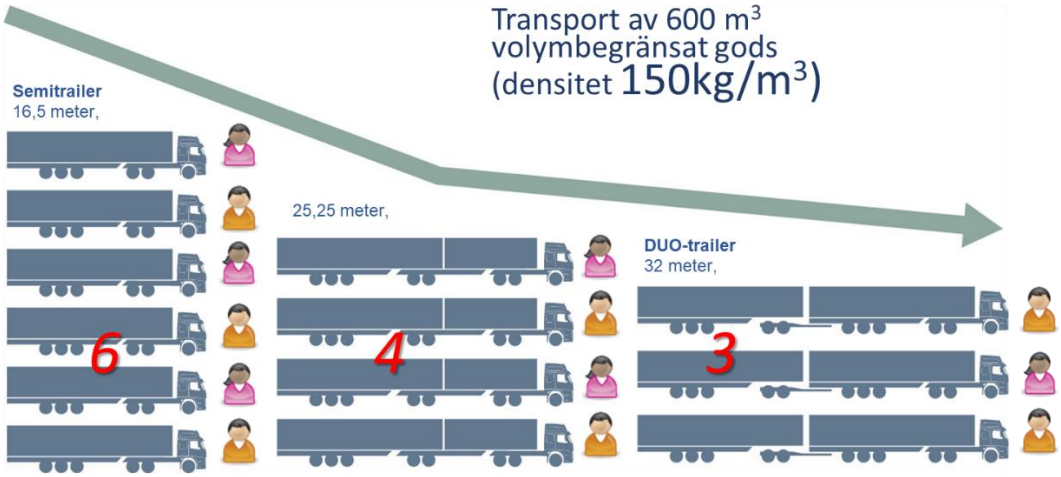



**Figur 1: Hypotes för påverkan på $CO_2$ utsläpp från rundvirkestransporter i Sverige. Påverkan på antal bilar. Siffror inom grön ruta baseras på mätningar i verklig körning.**



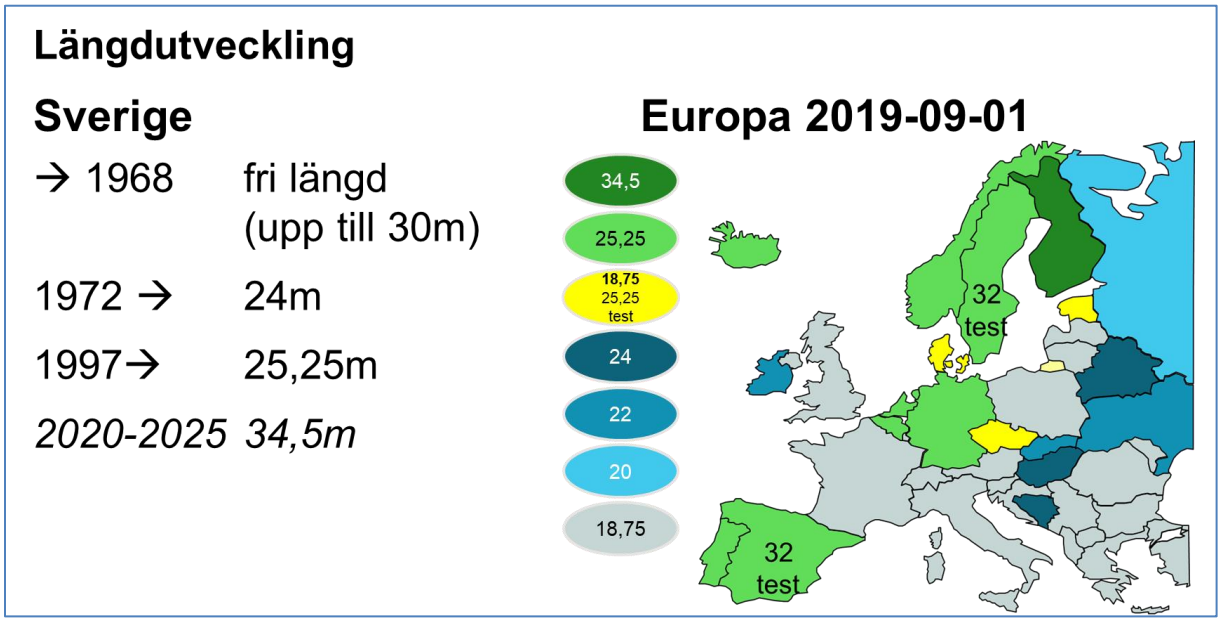

**Figur 2: Viktutveckling i Sverige och läget i Europa 2020**

För volymbegränsade transporter blir det delvis annorlunda. Det är nödvändigt att öka längden på kombinationen utan att det för den skull behöver bli tyngre än gällande lagkrav. Av Figur 3 framgår att en 32-meters kombination minskar $CO_2$ utsläppen med 27%. Längdutveckling i Sverige samt läget i Europa 2019 framgår av Figur 4.




| | | | |
|---|---|---|---|
| **Last/fordon:** | 100% \| 100 $m^3$ | 150% \| 150 $m^3$ | 200% \| 200 $m^3$ |
| **Diesel :** | 100% \| 3,5 ml/$m^3$ km | 85% \| 3 ml/$m^3$ km | 73% \| 2,5 ml/$m^3$ km |
| **$CO_2$ :** | 100% \| 10,5 g/$m^3$ km | 85% \| 9 g/$m^3$ km | 73% \| 7,5 g/$m^3$ km |
| **Använd väg:** | 100% \| 499 m | 74% \| 368 m | 60% \| 296 m |
| **Antal fordon & förare:** | 100% \| 6 | 67% \| 4 | 50% \| 3 |

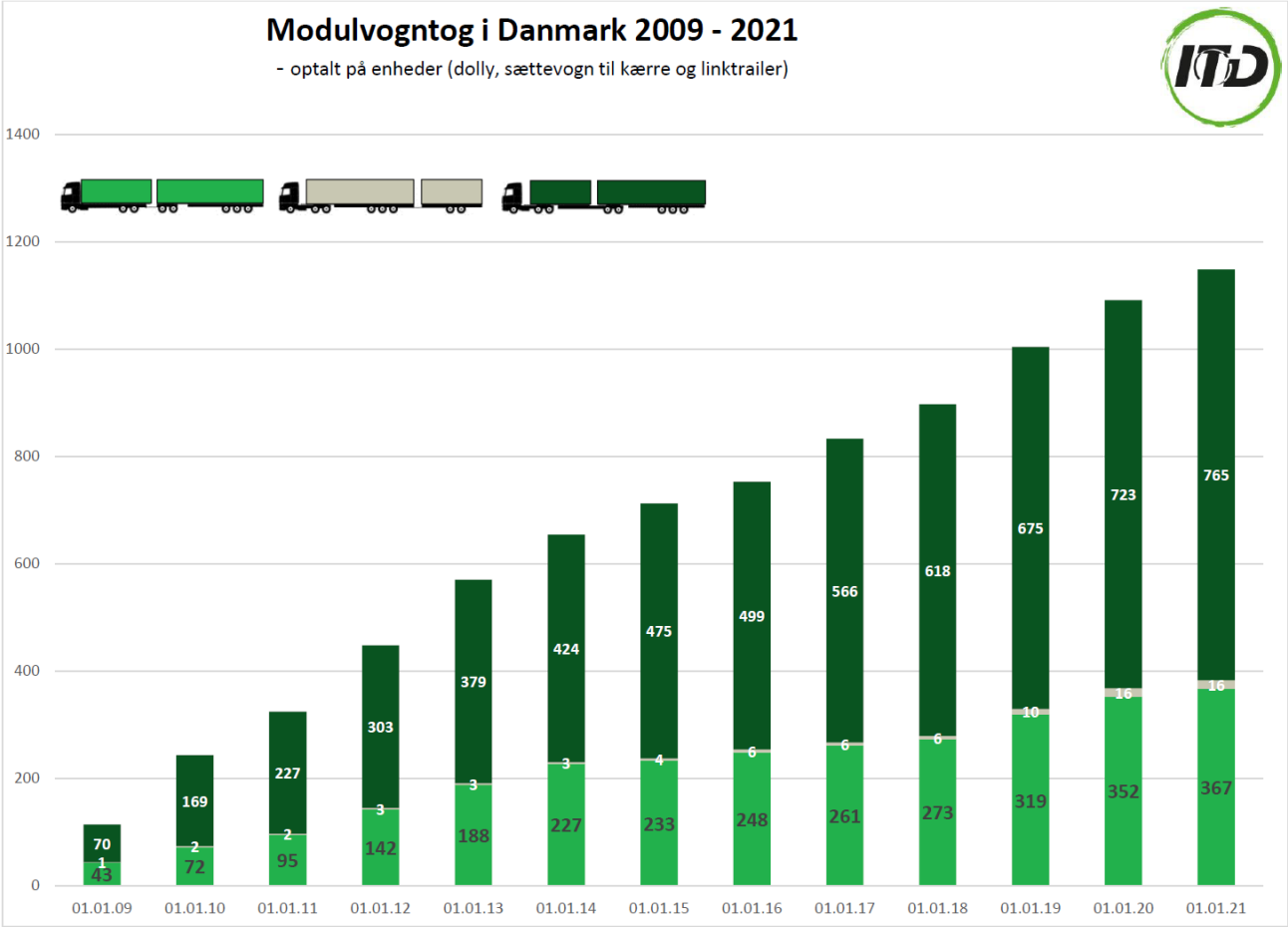
**Figur 3: Beräkning av effekten av HCT-kombinationer för volymbegränsat gods.**




**Figur 4: Längdutveckling i Sverige och läget i Europa 2019**

Vägnäten i Norden har fram till 2020 klassats upp till:

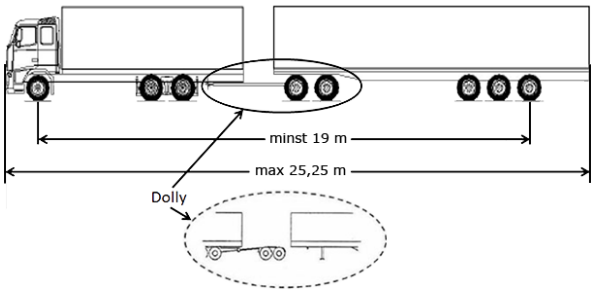
- Finland i stort sett vägnätet är 76 ton sen oktober 2013 och stora delar är godkänt för 34,5meter sen januari 2019.
- Sverige BK1 har uppdaterats till 64 ton sen juni 2015, (BK1 vägnätet ca 95 % av det allmänna vägnätet) Delar av BK1 har uppgraderas till BK4 (max 74 ton) 2018, I augusti 2020 har 20 % av det statliga vägnätet öppnats för 74 ton
- Norge har sedan 2013 24 meter och 60 ton för timmerbilar. 2014 infördes MVT, 60 ton, i Norge på ett eget vägnät som 2020 är på 5150 km. Januari 2020 innfördes 24-meters ekipage (MVT typ 4) på MVT vägnätet. Under hösten 2020 kommer vägnätet för 24m och MVT att slås samman med timmerbilvägnätet och blir totalt 55000 km [37]
- Danmark har 2020-08-01 ett MVT vägnät på cirka 4950 km, varav statliga vägar är cirka 4200 km. Se Figur 5 [38]
- Färöarna och Island har också infört Modulfordon upp till 25,25 m.



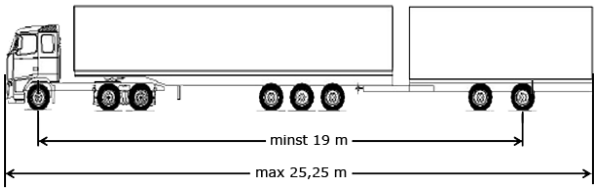

**Figur 5: Antalet modulkombinationer(modulvogntog), 25,25 m i Danmark över tid**

Sedan 2009 har antalet MVT i exempelvis Danmark gått från 114 stycken år 2009 till 1091 stycken 2020-01-01 [39].

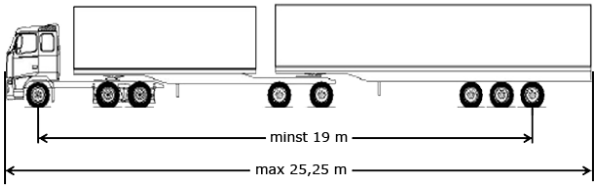
Norska Modulvogntog.




Type 1: Motorvogn N2 og N3 påkoplet en «dolly» med semitrailer O3 og O4




Type 2: Motorvogn N2 og N3 med semitrailer O3 og O4 påkoplet en påhengsvogn O3 og O4.

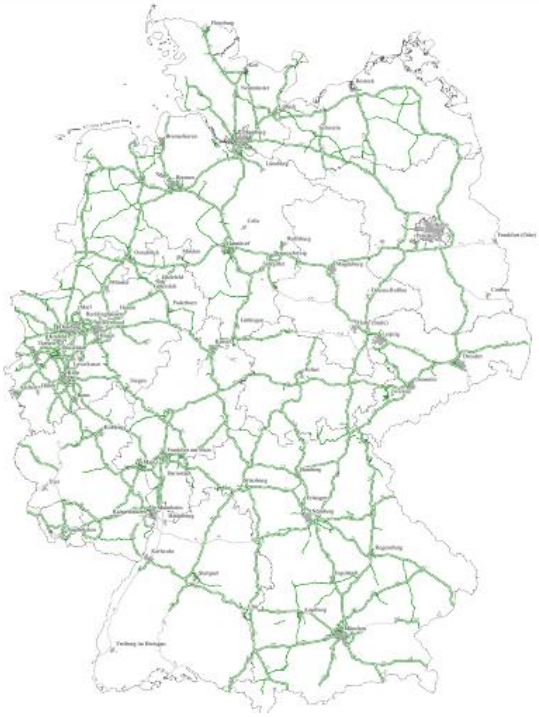



Type 3: Motorvogn N2 og N3 med semitrailer O3 og O4 med vekselbeholder/container/skap påkoplet en semitrailer O3 og O4 (linkmodulvogntog)

Samt 24 timmer vogntog.

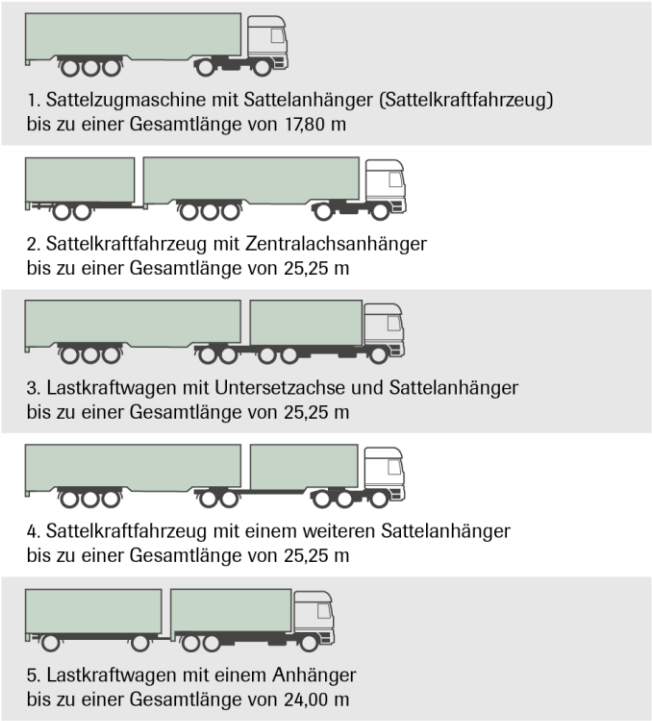
I Tyskland börjar ” positivnetz-lang-lkw” vägnätet bli så stort att det är funktionellt. 2019-10-01 såg ”Positivnezt” vägnätet ut se figur. Ett 99 sidigt dokument beskriver i detalj vägnätet, rastplatser och tankstationer [40].

De fem tyska långa modulkombinationerna visas i figur nedan.
I stort sett samma kombinationer som i Danmark och Norge men med andra krav, samt att gränspassager inte är tillåtna till och från Tyskland. Kombination 1 är inte med i Danska och Norska MVT.



**Modulkombinations 25,25m vägnät i Tyskland 2019-10-01**

Lang-LKW im Feldversuch




Quelle: VDA

# 3 Sammanfattning

Godstransporter på väg står för en ökande andel av utsläppen av växthusgasen $CO_2$. Sverige har förbundit sig att minska utsläppen av $CO_2$ och har tagit fram en färdplan för att nå målen till 2050. Målsättningen med att driva projekt kring tyngre och längre fordonskombinationer är att minska totala utsläppen av koldioxid genom att öka godsvikten och -volymen per fordon men att minska antalet fordon på vägarna. I olika projekt har det, med föreskrifter och dispenser från myndigheter, körts fordonsförsök med fordonskombinationer som är längre än 25,25 m och tyngre än 60 ton i ordinarie trafik [1,3,4,5,9,15,16,17,19].

Ett led i utveckling mot effektivare transporter blev att den svenska riksdagen den 3 maj 2017 beslutade att införa en ny bärighetsklass BK4 som kom att tillåta bruttovikter upp till 74 ton, men att fortfarande 25,25 meter är största totallängd. Vidare har riksdagen uppmanat regeringen att underlätta försök med längre fordonskombinationer.

I rapporten NVF-1/2007 ”Vehicle combinations based on the modular concept” [21] gjordes en genomgång av stabilitet och framkomlighet för fordonskombinationer, både längre och kortare än 25,25 meter, samtliga inom 60 tons bruttovikt och samtliga baserade på det europiska modulsystemet.

Här görs en liknande studie för bruttovikter upp till 74 ton, med fokus på längre kombinationer, det vill säga fordonskombinationer längre än dagens tillåtna 25,25 meter, och med axelplaceringar och lastutbredningar anpassade för specifika godstyper. Prestanda jämförs, mot Transportstyrelsens föreskrift TSFS 2012:126 [34] om vändningskrav för fordonståg vars längd överstiger 24,0 meter samt mot Transportstyrelsens speciella fordonskrav för BK4-trafiken TSFS 2018:40 [23]. Utöver specifika resultat som i rapporten redovisas för respektive fordonskombination dras följande slutsatser kring resultaten från de längre kombinationerna.

- Samtliga studerade längre kombinationer uppfyller väl de speciella fordonskrav för BK4-trafiken avseende bakåtförstärkning av girvinkelhastighet samt ledvinkeldämpning. Idag vanliga fordonskombinationer inom 25,25 meter klarar dessa kravnivåer. De längre kombinationerna är samtliga stabilare än en lastbil med kort (europeisk) släpvagn och är i ungefärlig nivå med en klassisk svensk långtradare (lastbil med lång släpvagn). Den långa kombinationen med lastbil och dubbla kärror är den minst stabila men klarar ända BK4-kraven om kombinationen har korta avstånd mellan dragkopplingar och sista axlar samt att kärrorna har långa dragstänger och är lastade rätt.

- Kravet för bakåtförstärkning av girvinkelhastighet kan förmodligen anses ganska liberala, vilket innebär att många alternativa fordonskombinationer klarar kraven.

- En övergång från bakåtförstärkning av girvinkelhastighet till bakåtförstärkning av lateralacceleration skulle kunna motiveras eftersom accelerationen bättre bör representera de sidokrafter som vill destabilisera släpen vid en undanmanöver. Det gäller vältrisk på sommarväg men antas även gälla risken för förlorat väggrepp på vinterväg. Denna rapport

inkluderar dock inga simuleringar med lågfriktionsväg, och möjligen kan det etablerade girvinkelhastighetmåttet anses gott nog. Mätning av girvinkelhastighet är enklare än mätning av acceleration, men vid simuleringar finns inga sådana argument.

- Med undantag för lastbil och dubbla kärror misslyckas de flesta långa kombinationerna att nå dagens vändningskrav [34] för kombinationer över 24 meters fordonslängd. Lågfartsstyrande och lyftbara axlar förbättrar framkomligheten men är inte alltid tillräckligt. Bland dagens fordonskombinationer är det endast dragbil med ”långtrailer” som inte klarar kravnivån. Dock berörs denna kombination ej av vändningkravet eftersom den är kortare än 24 meter.

- Kravet för framkomlighet kan behöva ses över för de långa kombinationerna för att inte tvinga in fördyrande tekniska lösningar där så inte är helt nödvändigt och relevant. Kartläggning av nuvarande framkomlighetskrav samt rekommendationer till eventuellt nya krav kommer att tas fram under 2021 i en NVF-rapport.

- BK4-kravet nivå på minst 3,5 $m/s^2$ statisk vältgräns uppfylls vare sig för kombinationer längre eller kortare än 25,25 meter då lasten når upp mot 4,5 meters höjd. Om en beräkning baseras på aktuell lasthöjd som är väsentligt lägre påverkas den statiska vältgränsen direkt. Som exempel, en semitrailer med container är ca 3,75 meter hög och får en vältgräns på ca 3,7 $m/s^2$. BK4-kraven ger ett alternativ till uppfyllnad, nämligen att ett elektroniskt vältskydd kan garantera stabilitet motsvarande kravnivån.

- Det är svårt att fastställa en motsvarande statisk vältgräns för ett elektroniskt vältskydd. Dagens system höjer inte vältgränsen utan försöker istället förhindra att fordonen framförs så att vältgränsen överskrids. Lagstiftningen bör skrivas om till exempel till: Gränsvärdena får underskridas om fordonen är utrustade med ett stabilitetssystem för vältning som försvårar att fordonen överskrider den beräknade stabilitetsgränsen under färd genom att minska hastigheten när fordonet närmar sig vältgränsen.

- Stabiliteten för fordonskombinationer har ofta ett dubbelt beroende av lastmängden. När fordonen lastas upp till både högre vikt och tyngdpunktshöjd ökar dynamiska förstärkningen samtidigt som vältgränsen sänks.

- Den dynamiska stabiliteten är starkt hastighetsberoende. Långa tunga fordonskombinationer bör därför ha bästa tillgängliga teknik för att undvika överhastigheter i utförsbackar, det kan gälla förarstöd och tekniska lösningar för drivlina, tillsats- och färdbromsar.

- Få av de längre kombinationerna uppnår vid maximalt tillåten lastvikt BK4-reglernas kravnivå på 20% drivaxeltryck, trots att merparten specificerats med tandemdrift. Fullastade ligger drivaxeltrycket snarare på 18%, alltså likvärdigt med en idag vanlig långtradare (lastbil med lång släpvagn) försedd boggi och enkel drivaxel. Här bör studeras den finska lagstiftningen

som istället för sveriges 19 ton tillåter 21 ton axeltryck för dubbla driva axlar, vilket ökar möjligheter till framkomlighet särskilt vid halt väglag.

- Ett högt ställt framkomlighetskrav är bra eftersom längre kombinationer är svåra att backa. Trots svårigheten att nå 20%-nivån kan nog de tandemdrivna långa kombinationerna sägas hålla god standard eftersom drivaxeltrycket i fullastat läge ändå når så högt som 18% av bruttovikten. Moderna tandemaxlar kan dessutom tillfälligt och vid låg fart, omfördela tryck mellan de båda axlarna, enligt 97/27/EG [35], vilket höjer det totala drivaxeltrycket till över 20% för en fullastad längre kombination.

Rapporten har utförts av Volvo Technology och AFRY med stöd av Trafikverket.

# 4 Syfte

Syftet med denna rapport är att visa på möjligheten att skapa långa och tunga fordonskombinationer (HCT & EMS) med god dynamisk stabilitet och samtidigt god framkomlighet i väginfrastrukturen baserat på svenska gällande och föreslagna framtida krav. Detta arbete har förhoppningsvis en stor effekt för införandet av fordon tyngre än 60/64 ton och längre än 25,25m.

Syftet är också att visa att det är möjligt att minska $CO_2$ utsläppen från vägtransporter på ett säkert sätt genom att och beräkna säkerhets- och framkomlighetsrelaterade prestanda för ett antal olika måttsatta kombinationer att användas som underlag för lagstiftning för tyngre och längre kombinationer.

# 5 Genomförande

Svenska HCT-fordonskombinationer under och över 25,25 meters längd är analyserade med avseende på stabilitet och manövrerbarhet. Dessa är jämförda med Nordiska EMS-fordonskombinationer, gränsöverskridande europeiska vanliga fordonskombinationer enligt EU96/53 [2] samt dragbil med så kallad svensk ”långtrailer”, inom 24-metersreglementet.
Analyserna är baserade på simuleringar och beräkningar. Beräknings- och simuleringsmodeller har validerats här och i tidigare analyser av HCT-projektkombinationerna DUO-trailer, ETT (En Travel Till) och DUO-kärra.

Simuleringsmodellerna har koppling till de modeller som användes i rapporten NVF-1/2007 ”Vehicle combinations based on the modular concept” [21]. Ett viktigt tillägg är att de nya modellerna även beräknar statisk och dynamisk vältstabilitet.

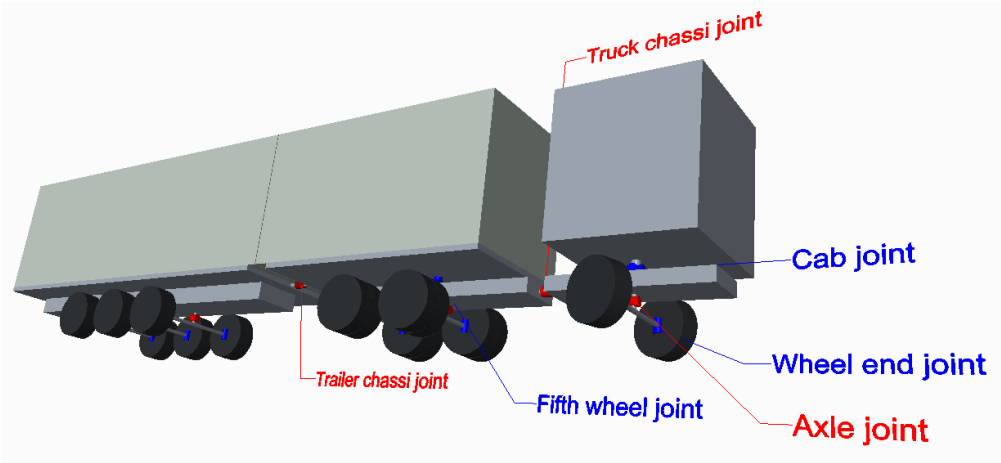
Testfall, prestandamått och i vissa fall målvärden för stabilitet och manövrerbarhet är baserade på svenska PBS-projektets erfarenheter och rekommendationer [22] samt:

- Svenska BK4-kraven:  Trafikförordningen SFS 1998:1276 [36] avseende tillåtna axeltryck och bruttovikter, samt Transportstyrelsens föreskrift TSFS 2018:40 [33] om fordonstekniska krav på fordonståg med bruttovikt över 64 ton
- Svenska  25,25-vändningskravet: Transportstyrelsens föreskrift TSFS 2012:126 [34] om vändningskrav för fordonståg vars längd överstiger 24,0 meter
- 97/27/EG: Europaparlamentets och rådets direktiv 97/27/EG [35] om massa och dimensioner för vissa kategorier av motorfordon och släpvagnar till dessa fordon
- R111-reglementet: UN/ECE reglemente R111 [26] för godkännande av tankfordon avsedda för transport av farligt gods

Vissa prestandamått utan hänvisning till motsvarande svenska lagkrav eller liknande är medtagna eftersom de ändå kan bedömas relevanta inför kommande regelverk.

## 5.1 Simuleringsmodeller för manövrerbarhet och dynamisk stabilitet

Ett Volvoutvecklat simuleringsprogram för fordonskombinationer, VTM (Volvo Transport Models), användes för flertalet beräkningar. Programmet är ett modellbibliotek baserat på datorprogrammet MATLAB® och dess inbyggda verktyg Simulink® och Simscape ™.
I Figur 6illustreras komplexiteten av en modell för en dragbil med tillkopplad semitrailer.




**Figur 6: Schematisk VTM-model för en dragbil med semitrailer, lederna (joints) representerar flexibilitet**

Axlarna är avfjädrade relativt ramen. Fjädringen representeras av en fjäderkonstant och en dämpkonstant för vertikal fjädring respektive krängning. Hyttfjädringen är inte nödvändig för gjorda simuleringar, men följer med Volvos standardbibliotek. Dragfordonets och släpets ramvridningsflexibilitet representeras av vridbara chassileder med tillhörande rotationsfjäder och -dämpare. Däcken modelleras med däckmodellen Magic Formula 5.2 [28]. Hjulen är vertikalt avfjädrade mot marken. Hjulen kan inte ta upp negativa vertikalkrafter vilket gör att modellen kan välta vid exempelvis för skarp kurvtagning.

Modellen av en fordonskombination består av en modellkonfiguration och en parameterfil. Modellkonfigurationen definierar vilka fordon som ingår, hur de är sammankopplade och många axlar varje fordon har. Exakta värden för positioner för axlar och kopplingsanordningar, lastutrymmets geometrier, chassi-och däckegenskaper specificeras i en parameterfil.

Parametervärden för dragfordonen i simuleringarna är visserligen baserade på Volvofordon, men skiljer sig stabilitetsmässigt ganska lite från andra lastbilsfabrikat avsedda samma tillämpning. Parametervärden för släpfordonen är hämtade från släptillverkare, tillverkare av släpaxlar, laboratoriemätningar, beräkningar av delsystem och tekniska uppskattningar.

## 5.2 Övriga beräkningsmodeller

Statisk vältstabilitet har beräknats med formler från UN/ECE reglemente R111 [26], dessa används för godkännande av tankfordon. Regelverket anvisar beräkningar av vältstabilitet för separata fordonsenheter baserat på höjdmått, styvheter, tjänstevikt, aktuella axeltryck och tryck (vertikalkraft) på främre koppling, men anvisar inte hur fordon med ett väsentligt bakre kopplingstryck ska hanteras. I denna rapport hanteras det så att släptyperna link och dolly undantas från separata beräkningar. Kombinationernas stabilitet ges därmed av det minsta värdet av de separat beräknade vältgränserna för ingående fordon av typ lastbil, semitrailer, släpvagn och kärra. Axellaster och kopplingstryck från sammankopplad kombination används som indata i beräkningen.

Drivaxeltrycksanalysen har beräknats utgående från massor, tyngpunktsplaceringar och axeltrycksfördelningar inom axelgrupper. Uträknat drivaxeltryck har ställts i proportion till fordonskombinationens bruttovikt.

Startförmåga på halt underlag är beräknad med hjälp av jämviktsekvationer, där utöver fordonsdata ett rullmotstånd av 55 kg/ton inkluderats.

## 5.3 Analyserade fordonskombinationer

46 unika fordonskombinationer har jämförts, dessutom har nio mindre konstruktionsvariationer i form av traileraxellyft och –styrning adderats. Därtill har olika lastningsalternativ analyserats. Jämförelser presenteras i stapeldiagram för varje prestandamått för fordonskombinationer längre än 25,25 meter. Siffervärdena finns också att läsa ut i protokollblad i appendix 1-4. Kombinationerna kan delas upp i fyra grupper:

- 14 HCT fordonskombinationer längre än 25,25 meter med totalvikt upp till 74 ton samt maximal höjd av 4,5 meter. De här benämns i rapporten ofta bara som ”längre kombinationer”. See appendix 1.
- 18 HCT fordonskombinationer 25,25 meter eller kortare, (hjulbas min 20,2 meter), med totalvikt upp till 74 ton, tillåtna på BK4-vägnätet. Maximal höjd är 4,5 meter. See appendix 2.
- 13 fordonskombinationer 25,25 meter eller kortare, (hjulbas min 20,2 meter), med bruttovikt upp till 64 ton, tillåtna på BK1 och BK4-vägnätet. Maximal höjd är 4,5 meter. See appendix 3.
- 2 kombinationer som är kortare än 18,75 meter med bruttovikt upp till 40 ton samt maximal höjd av 4,0 meter. See appendix 4.

Sidvyer av samtliga långa HCT-kombinationerna finns i Tabell 3, där i namnbeskrivningen i förekommande fall också finns hänvisning till svenska projektnamn.
De flesta HCT-kombinationer är i samklang med EMS modulsystem, vilket bland annat gör att längre kombinationer relativt enkelt kan kopplas isär till kortare kombinationer. Till exempel kan en 27 meters C-dubbel, det vill säga en lastbil med dubbla kärror, bli en europeisk standardkombination av lastbil och kärra med 18,75 meter längd om den sista kärran kopplas bort.

A-dubbeln förväntas bli populära lång kombination i Finland och Sverige för styckegods och container. Men för vissa transportföretag kan en C-dubbel med växelflakskåp också vara ett mycket effektivt transportsystem. AB-dubbeln har potentiellt det största lastutrymmet (7,82+7,82+13,6 meter) och den långa B-dubbeln är effektiv för 40-fots containertransporter men är utrymmeskrävande i svängar

**Tabell 3: Fordonskombinationer längre än 25,25 meter. Röda hjul indikerar axlar med styrning. Endast framaxeln på dragfordonet styr vid alla farter. Övriga styrda axlar styr endast under 40 km/h.**

| # | Beskrivning | Fordonskombination | Total längd | GCW |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 6x4 A-dubbel/styckegods/DUO-trailer | | 32m | 74,0t |
| 2 | 6x4 A-dubbel/container | | 30m | 74.0t |
| 3 | 6x4 A-dubbel/flis | | 32m | 74.0t |
| 4 | 6x4 A-dubbel/flis/traileraxelstyrning | | 32m | 74.0t |
| 5 | 4x2 A-dubbel/styckegods/70t | | 32m | 70.0t* |
| 6 | 6x4 AB-dubbel/container | | 30m | 74.0t |
| 7 | 6x4 AB-dubbel/timmer/ETT | | 30m | 74.0t |
| 8 | 6x4 AB-dubbel/styckegods/tvåaxlig link | | 34m | 74,0t |
| 9 | 6x4 AB-dubbel/styckegods | | 34m | 74,0t |
| 10 | 6x4 B-dubbel/container/styrd link/69t | | 30m | 69.0t** |
| 11 | 6x4 C-dubbel/styckegods/tvåaxliga kärror/DUO-kärra/64t | | 27.3m | 64.1t |
| 12 | 6x4 C-dubbel/styckegods/treaxliga kärror/DUO-kärra | | 27.3m | 73.2t |
| 13 | 8x4 C-dubbel/styckegods/treaxliga kärror | | 27.3m | 74.0t |

*Den antagna framlastningen begränsar bruttovikten på grund av maximalt drivaxeltryck på 11,5 ton
**Den antagna framlastningen begränsar bruttovikten på grund av dragbilens drivaxeltryck på 19 ton

## 5.4 Standardvärden för lastning

Lasten definieras i simuleringsmodellerna av de yttre geometriska gränserna för nyttolasten och dess vikt. Utifrån dem beräknas tyngdpunktens position samt lastens tröghetsbidrag. En homogen nyttolast antas. Vid lastning av fordonskombinationerna har lastens densitet för styckegods, container och flis satta till samma i alla lastutrymmen i kombinationen. För timmer- och anläggningsgods kan

densiteten skilja. Den totala lasten har därefter begränsats av maximalt tillåtet axeltryck samt kravet på maximal bruttovikt. Det betyder för styckegods, container och flis att fordonskombinationerna inte alltid nått maximalt tillåten bruttovikt för respektive fordonskombination.

Främre och bakre geometriska gräns för nyttolasten ges som en procentandel tomt utrymme bak eller fram på lastbäraren. För styckegods- och containertransporter har 10% framlastning ansetts vara rimligt, och benämns därför som standardlastning för dessa godstyper. Det innebär att till exempel ett 13,6 meter långt lastutrymme kommer att ha lasten fördelad jämnt från släpets framstam, men de sista 10%, dvs 1,36 meter, av flaket är tomt, se Figur 7 Timmer och flis antas ge jämnt utbredd last, och har därför sådan lastning som standardfall.

**Figur 7: vänster: jämn utbredd last, höger: 10% framlastad**

Styckegods- och containerkombinationer har även analyserats med jämnt utbredd last för att på så sätt undersöka känslighet för lastfördelning.
Lastgolvets nivå har satts till en erfarenhetsmässig typisk höjd ovanför hjul och ram, hänsyn taget till utrymme för typisk fjädringsrörelse och påbyggnadstyp. Styckegods, timmer och flis har förutsatts anpassade till 4,5 meter frigång under svenska broar och viadukter och för de två 40-tonskombinationerna har max höjd satts till 4,0 meter i harmoni med EU96/53 [2]. I beräkningen har dock dessa mått reducerats till 4,4 meter respektive 3,9 meter vilket är praktiskt möjlig höjd på lastat gods. Containerlastningen begränsas av standardcontainerns höjd på 2,6 meter, vilket medför en total höjd av lastat gods på cirka 3,75 meter ovan mark. Tank- och anläggningsgods har givits 3,0 respektive 2,5 meters totalhöjd. För kärror har givits en maxhöjd av 4,0 meter med referens till Transportstyrelsens krav på kombinationstyper som är längre än 24 meter.
Bredden på det lastade godset är givet standardvärdet 2,5 meter för alla fordonskombinationer. Släpens totalbredd är givet värdet 2,55 meter med undantag för en lång tank-semitrailer där bredden antagits vara 1,25 meter. Totalbredden påverkar framförallt utrymmesbehovet vid manövrering

## 5.5 Standardvärden för hjul och däck

I däckmodellen ingår sidslipstyvheten som anger däckets motstånd mot avdrift då det ansätts för sidokrafter. Normalt vill man ha höga värden för sidslipstyvhet för att fordonskombinationen ska vara och kännas stabil vid exempelvis filbyten samt in- och utgång ur kurvor. Vid mycket höga sidokrafter eller vid låg friktion är det däckets friktion mot marken som blir avgörande

Sidslipstyvheten påverkas förutom av däckets konstruktion mycket av aktuellt mönsterdjup, ringtryck och temperatur vilket är problematiskt vid jämförelser av fordonskombinationstyper baserade på verkliga prov. En mulen dag ger förmodligen bättre resultat än en solig dag eftersom lastbilsdäck har högre sidslipstyvhet när de är svala än när de är varma. Ett grovmönstrat däck har bättre grepp på lösa underlag men är förmodligen mindre stabilt på landsväg på grund av eftergivlighet i slitbanan jämfört med ett utpräglat landsvägsdäck.

För att rättvist jämföra stabiliteten hos de olika kombinationstyper användes ett standardvärde för däckens sidslipstyvhet, närmare bestämt den vertikalkraftsnormerade sidslipstyvheten som benämns sidslipskoefficienten. Denna koefficient gavs 7,5 $rad^{-1}$ som standardvärde vid däckets lastindex (klassad maximala vertikallast). Detta värde har tidigare gett god samstämmighet mellan simuleringar och mätningar. En bedömning är att sidslipskoefficienten för däck för tunga släp finns området 6,5 till 10 $rad^{-1}$ för sina respektive lastindex. Det lägre värdet representerar ett grovmönstrat och därmed troligen vinterklassat däck. Det höga värdet kan motsvara ett finmönstrat landsvägsdäck men lågt rullmotstånd.

Timmersläpen i studien förutsätts ha 265/70 R19.5 tvillingmontage för praktisk bärigheten på grusvägar. Detta tvillingmontage har ett lastindex av 10,3 ton. Även axelboggier med minst 1,8 meters hjulavstånd har tvillingmontaget, vilket boggin 20 tons tillåtet axeltryck för BK1. I övrigt har de flesta trippelaxelgrupper singelmonterade 385/55 R22.5, med lastindex av 9 tons per axel vilket passar väl med 18 tons boggier på styrande släpaxlar och dollyer, samt 24 tons trippelaxelgrupper. Vissa kombinationer kommer därmed ha gemensam däckdimension på alla släpens axlar, och vissa kommer ha blandade dimensioner. Stabilitetsmässigt har båda hjultyperna sina för- och nackdelar. Tvillingmontagets bredare kontaktyta uppskattas i praktiken som nämnts ofta på grusvägar. På belagda vägar är troligen singelmontage vanligare på grund av däck- och bränsleekonomi.

## 5.6 Standardvärde för axlar

Krängstyvheten för axelfjädringen har ansatts till 1500 kNm/rad och ett axelrollcentrum (axelkrängcentrum) som ligger i höjd med hjulnavet, axlarna i sig betraktas som styva. Från spridda produktdata har noterats krängstyvhet mellan 800 kNm/rad och 3000 kNm/rad för släpvagnsaxlar, där det lägre värdet härrör från en bladfjädrad axel för tvillingmonterade hjul och det högre från en luftfjädrad axel med singelmonterade hjul där flexibilitet ligger inbakad i bussningar. Referensvärdet kommer från fysiska mätningar på luftfjädrade axlar där eftergivligheten kommer från bladfjäderlikande svängarmar.
För singelmontage antas en spårvidd av 2,1 meter och för tvillingmontage 1,95 meter.

## 5.7 Validering och trimning mot prov

Det bör upprepas att verklighetens däckegenskaper varierar, vilket diskuteras i däckkapitlet ovan. Skillnader mellan beräkningar och mätning av dynamisk stabilitet beror sannolikt oftast på att beräkningen inte har tillgång till modellparametrar för exakt de däck och för de däckpåverkande betingelser som provats.

I samband med beräkningar gjordes ändå ett prov på provbana med en C-dubbel för valideringens skull, men med visshet om att däckparametrarna i beräkningen kommer att behöva justeras för god matchning mellan uppmätt och beräknad prestanda. Proven genomfördes både med tvåaxliga och treaxliga kärror. Testresultaten analyserades och det kunde konstateras att det gick att justera simuleringsmodellens däckparametrar så att god överensstämmelse erhölls mellan mätning och beräkning. I övrigt gjordes ingen justering av modellens parametrar. Därmed bedömdes modellen vara validerad.

Som jämförelsemått användes bakåtförstärkning av girvinkelhastighet med brusformad styrningsexitering. Denna metod är inte exakt densamma som någon av de metoder som används i jämförelserna men är praktisk och effektiv för validering och trimning av beräkningsmodellens relevanta dynamik. Båda kärrornas samtliga däck var nya och av samma fabrikat och mönstertyp. Däckbredd, profilhöjd och därmed belastningsklass skilde dock mellan den två- och de treaxliga kärrornas hjul. När modellens däck justerades till sidslipstyvhetsvärde av 7.5 $rad^{-1}$ vid lastindex erhölls god överensstämmelse för samtliga mätningar. I grafen i Figur 8 illustreras uppmätt och simulerad bakåtförstärkning av brusexiterad girvinkelhastighet.

För manövrerbarhet kan beräkningarna även anses ge god absolut precision. Där har aktuella däckegenskaperna inte så stora inverkan. Precisionen för det simulerade vändcirkelprovet kan bedömas vara inom ett par decimeter från motsvarande verkligt prov.

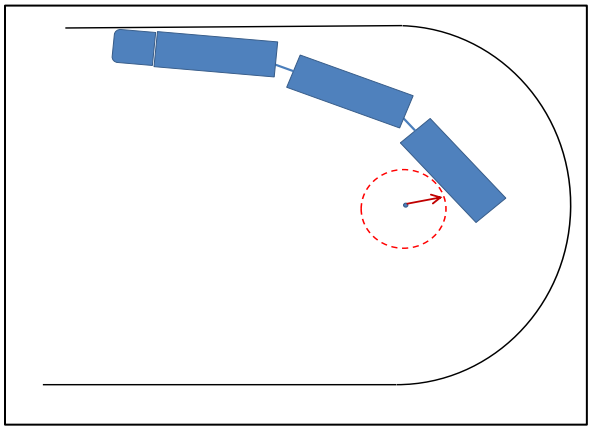
**Figur 8: Validering och justering av beräkningsmodell med hjälp av prov med C-dubbel**

Utöver sidslipstyvheten finns ytterligare ett standardvärde i modellen, den laterala relaxationslängden som vid valideringen justerades till 0,45 meter. Detta mått anger hur långt däcket måste rulla för att bygga upp sidokraft. Denna fördröjning har i tidigare studier visat sig viktig för att komma i rätt nivå på stabilitetsresultaten.

# 6 Prestandamått och krav

## 6.1 Framkomlighet och utrymmesbehov

**Minsta cirkelradie vid 180° sväng, Ry12,5 -** Radien hos minsta tangerade innercirkel i meter vid 180° sväng i krypfart där lastbilens främre hytthörn följer en cirkelbana med radien 12,5 meter. Se Figur 9 Svenska 25,25-vändningskravet anger att tangerade cirkelradien ska vara minst 2 meter.

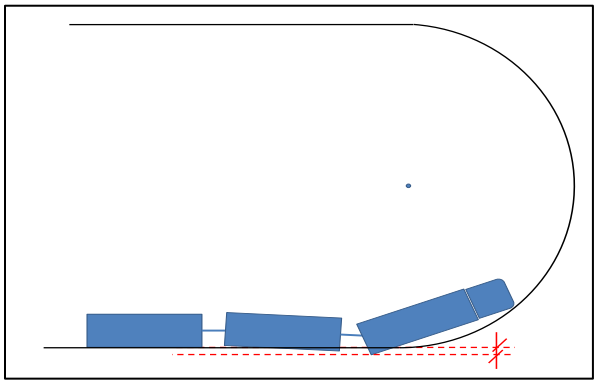


**Figur 9: Minsta cirkelradie vid 180° sväng**

Även om kravet är avsett för modulkombinationer upp till maximalt 25,25 meters längd används det som referens även till de längre kombinationerna i denna rapport. Måttet är relativt enkelt att fastställa vid verkliga prov men kräver förstås en plan yta av tillräcklig storlek med tydliga cirkellinjemarkeringar.

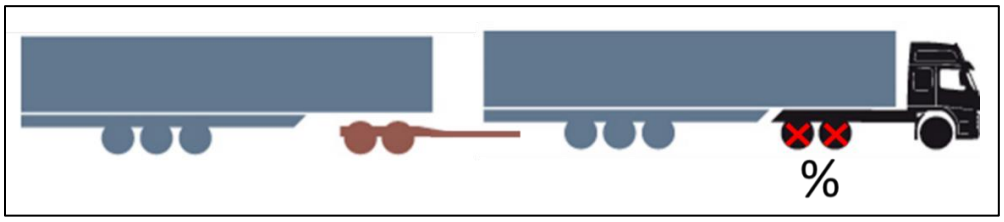
Vändning inom ytterradien 12,5 meter representerar lågfartsvändning i trånga passager t.ex. på industriområden. Om inget fysiskt hinder finns så kan också negativ inneradie nyttjas vid tvär vändning. Med ökad fordonshastighet ökar också kravet på ökad ytterradie vid vändning. För bekväm körning i normal trafikmiljö är oftast vägnätets ytterradier betydligt större samtidigt som 360 graders vändning med långa lastbilar sällan förekommer. Trafikverket har identifierat att 450 mil väg skulle kunna öppnas för längre fordon (34,5 meter) utan att genomföra några större anpassningar i vägnätet. Med vissa anpassningar i vägnätet kan ytterligare 450 mil öppnas för långa fordon inom totalt 900 mil.

**Maximalt utskjut vid 180° sväng, Ry12,5 -** Samma manöver och samma cirkelbana används som i cirkelprovet ovan. Här mäts maximalt utskjut av någon fordonsdel utanför 180° svängens cirkelbana inkluderat raksträckan före och efter svängen. Se Figur 10. Detta mått finns inte kravställt i Sverige, men har ändå tagits med här eftersom andra länder tillämpar liknande krav.



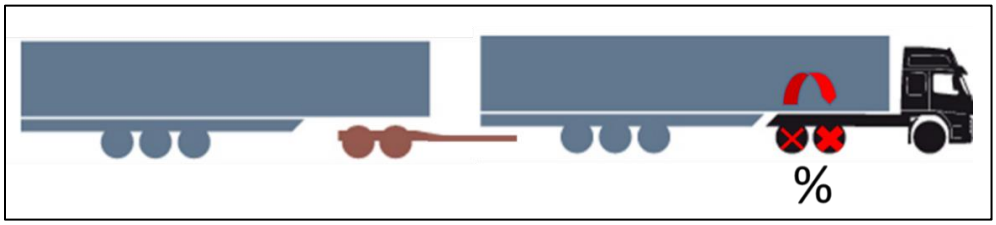
**Figur 10: Maximalt utskjut vid 180° sväng**

**Drivaxeltryck** – Drivaxeltrycket anges i hur stor procentandel av fordonskombinationens vikt som belastar drivande axlar, se Figur 11. Det är ett mått som representerar framdrivningsförmågan, speciellt viktigt under vintermånaderna. BK4-kraven anger ett drivaxeltryck på minst 20% som tillräckligt för att uppfylla kravet för startförmåga i motlut. Ett alternativ är att visa att fordonskombinationen kan startas i 12 % motlut på hög friktion, så som i EU-kommissionens förordning nr 1230/2012. Det senare kravet kan uppfyllas även utan 20% drivaxeltryck men ställer därmed också indirekt krav på drivlinan, och måste förmodligen därmed verifieras med verkligt prov eller med simulering med detaljerad och specifik drivlinemodell vilka inte förfogats över här. I denna skrift refereras endast till 20-procentsnivån.



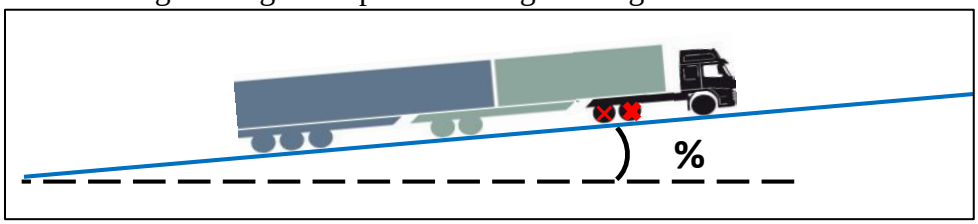

**Figur 11**: **Drivaxeltryck som procentuell andel mot bruttovikten**

**Pressat drivaxeltryck** – 97/27/EG [2] tillåter 30% förhöjt (pressat) drivaxeltryck under 30 km/h om förhållanden så kräver, se Figur 12. Denna möjlighet är inte infört i svenska regler. I jämförelserna är ändå förbättring av drivaxeltryck med sådant tilltag analyserat. I praktiken kan pressat drivaxeltryck åstadkommas genom omfördelning trycket i bakaxelgruppens luftfjädring.



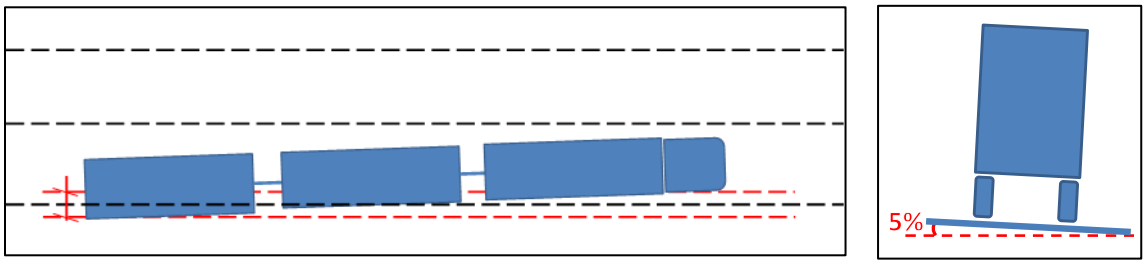

**Figur 12**: **Pressat drivaxel tryck som procentuell andel mot bruttovikten**

**Startförmåga, halt underlag, max backlutning** – Ett alternativ till drivaxeltryckets representation av framdrivningsförmågan. Här anges istället den högsta konstanta motlut på halkig vägbana (μ=0,25) där fordonet kan starta med pressat drivaxeltryck, se Figur 13. För beräkningen antas ett rullmotstånd av 55N/ton. Här finns inget svenskt fordonskrav, men måttet ändå medtaget på grund av att framdrivningsförmågan är speciellt viktig för långa HCT-kombinationer som är svåra att backa




**Figur 13**: **Startförmåga på halt underlag**

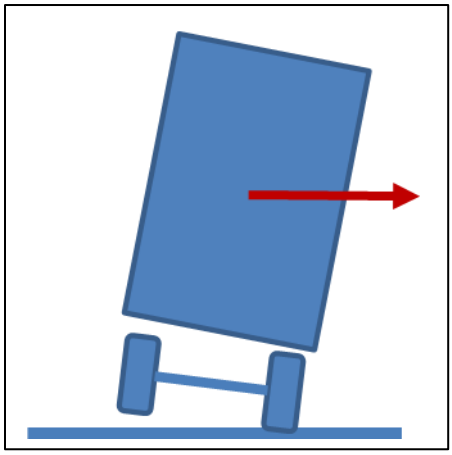
**Spåravvikelse på rak väg -** Någon axels (i praktiken sista axelns) avvikelse i sidled relativt dragfordonets första framaxel vid körning rakt fram på väg med tvärfall, se Figur 14. BK4-kraven anger ett krav på maximal spåravvikelse av 0,4 meter vid körning på en rak vägsträcka med tvärfallet 5%. Måttet beräknas eller simuleras relativt enkelt men verkliga prov bör vara svåra att genomföra med tanke på kravet på provsträcka och mätnoggrannhet.




**Figur 14**: **Spåravvikelse på rak väg**

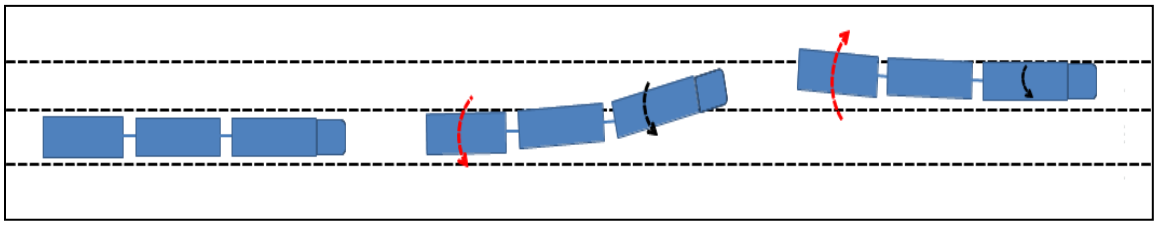
## 6.2 Stabilitet

**Statisk vältgräns** – Måtter anger gränsen för när någon av fordonen i kombinationen välter, Figur 15. Statisk vältstabilitet beräknas med formlerna i R111-direktivet som används för godkännande av tankfordon för farligt gods. BK4-kraven sätter en lägsta nivå av 3,5 m/s2, om inte fordonet är utrustat med elektroniskt stabilitetssystem som förhindrar att den beräknade stabilitetsgränsen överskrids under färd. För tankfordon specificerar R111-direktivet en gräns av 4,0 m/s2. Både R111-direktivet och den svenska föreskriften godtar både verkligt prov på vridbord och beräkning enligt R111-direktivets formler.



**Figur 15: Statisk vältgräns**

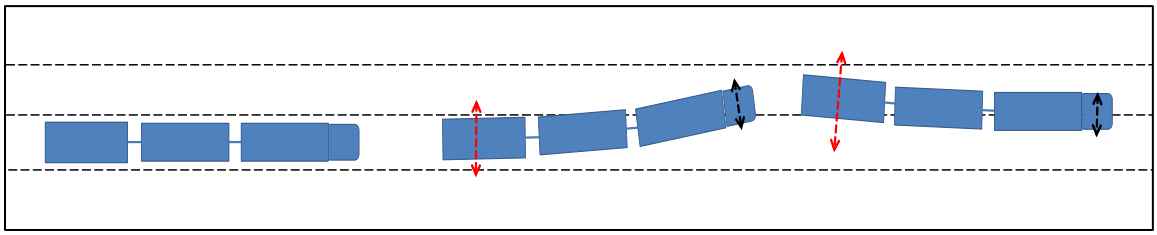
**Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet –** Förstärkning av girvinkelhastighet mellan dragfordonet och sista fordonsenheten vid enkelt filbyte i 80 km/h enligt ISO 14971 [29] se Figur 16. Lateralacceleration för framaxeln föreskrivs ett sinusformat förlopp med ett toppvärde av 1 m/s$^2$ och genomförs för ett svep av frekvenser i intervallet 0,15 Hz – 0,60 Hz. Den maximala förstärkningen i intervallet definierar bakåtförstärkningen. BK4-kraven anger ett maximalt värde av 2,4. Girvinkelhastighet är relativt enkelt att mäta i verkliga prov men reproducerbarheten är skral eftersom däcks egenskaper varierar med fabrikat, modell, slitage och aktuella väderförhållanden.



**Figur 16: Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet**

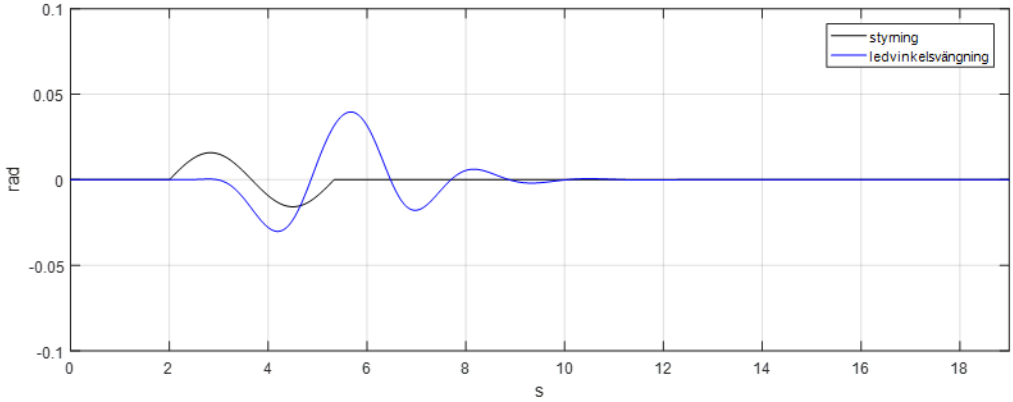
**Bakåtförstärkning av lateralacceleration** - Samma manöver tillämpas som vid förstärkning av girvinkelhastigheten ovan men här analyseras istället lateralacceleration mellan dragbilens framaxel och sista enhetens tyngdpunkt, se Figur 17. Detta mått är inte kravställt i Sverige. Lateralacceleration

är besvärligare att mäta vid verkliga prov, jämfört mätning av girvinkelhastighet, men kan möligen bättre representera risk för vältning och sladd.



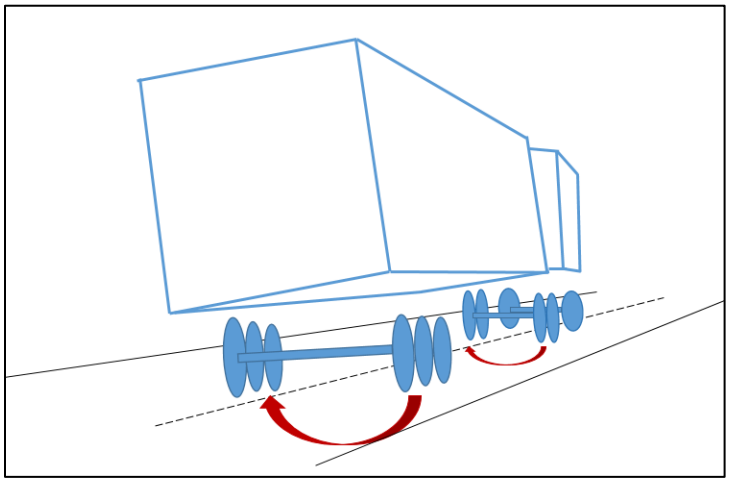
**Figur 17: Bakåtförstärkning av lateralacceleration**

**Ledvinkeldämpning** - för sista kopplingsanordningen i 80 km/h är ett mått på hur fort svängningarna dämpas ut efter en mindre styrmanöver, här vald till en sinusformad exitering av framhjulsvinkeln med amplituden en grad och frekvensen 0,3 HzFigur 18. En hög ledvinkeldämpning är önskvärd. Dämpningen beräknas enligt en formel i ISO 14791 [29]. I Figur 18 illustreras hur ledvinkeln typiskt kan svänga efter en styrmanöver. BK4-kraven anger ett maximalt värde av 0,15. Ledvinkeldämpning är relativt enkelt mäta vid verkliga prov men samma däckrelaterade reproducerbarhetsproblem gäller som för bakåtförstärkningsmätningar.



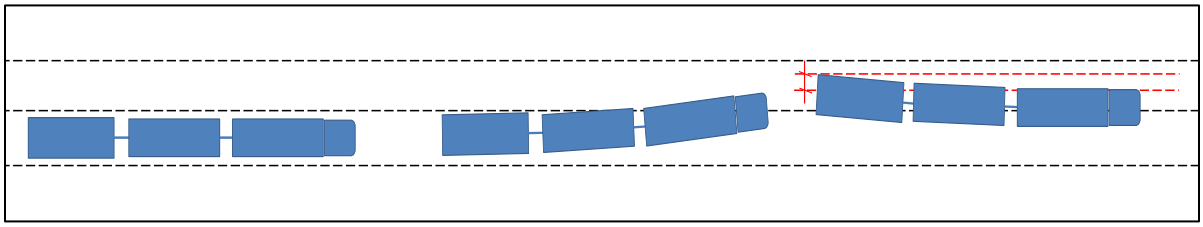

**Figur 18: Graf över hur ledvinkeln svänger efter en styrmanöver**

**Lastöverföring vid undanmanöver** - Denna procentsats anger hur mycket vertikalt marktryck som maximalt överförs från ena till andra sidans däck vid en undanmanöver för kombinationens bakersta släp, alltså ett slags närhet till vältning, se Figur 19. Undanmanövern är samma som vid överslängsprovet, en sidoförflyttning av fordonet två meter i 80 km/h i form av en sinusformad lateralacceleration för framaxeln under en period av 3,3 sekunder, vilket innebär en accelerationsamplitud av 1,15 m/s$^2$. Summan av alla axlars individuella lastöverföring läggs ihop för de bakersta fordonen som är sammankopplade med vändskiva. Även dragbilens bakaxlar inräknas, som i fallet B-dubbel. För en A-dubbel inräknas sista semitrailerns och dollyns axlar. Prestandamåttet är inte kravställt, och är svårt att mäta vid verkliga prov.



**Figur 19: Lastöverföringen på släp vid enkelt filbyte. Samtliga axlar på fordon sammankopplade med vändskiva medräknas.**

**Översläng vid undanmanöver** Sista traileraxelns översläng observeras relativt lastbilens framaxel vid en undanmanöver i 80 km/h. Undanmanövern består av en sidoförflyttning av fordonet två meter och kan exempelvis likna en väjning för ett hinder vid vägens kant. Manövern genomförs som en sinusformad lateralacceleration för framaxeln under en period av 3,3 sekunder. Se Figur 20. Prestandamåttet är inte kravställt, och är dessutom svårt att noggrant mäta vid verkliga prov, men kan förmodas vara viktig att analysera för längre fordonskombinationer. Valet av den relativt måttliga sidoförflyttningen motiveras av att ingen av de högt lastade jämförda kombinationerna skall välta.



**Figur 20: Översläng vid undanmanöver**

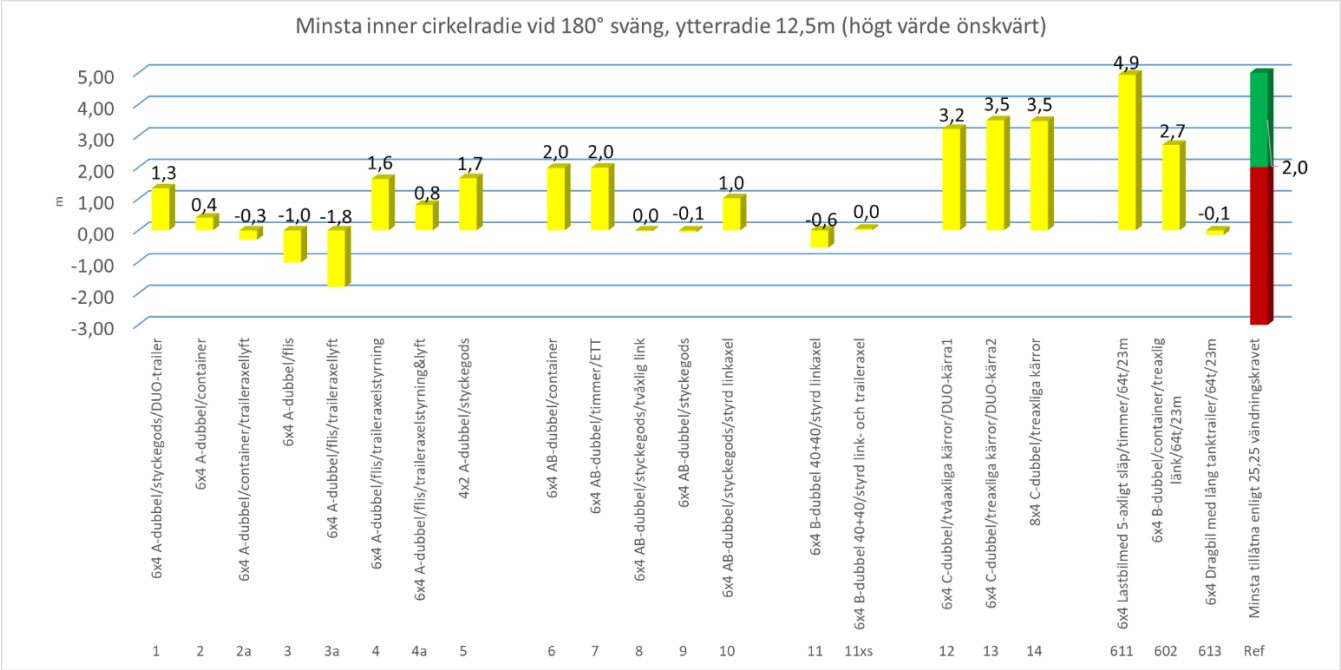
# 7 Sammanfattande resultat för längre kombinationer

Här jämförs prestandaresultat i grafer för långa HCT-fordonskombinationer (längre än 25,25 meter) mot varandra och mot utvalda referenser. Referenserna är vanliga svenska eller europeiska fordonskombinationer som förmodas prestera bra eller mindre bra inom respektive prestandaområde. Där finns i vissa fall också stapelreferenser till gällande (2020-11-26) regler från Transportstyrelsen eller andra myndigheter. Röd färg på stapel anger där icke godkänt intervall och grönt anger godkänt intervall. Generellt så visas staplar där höga värden ökas i gult och staplar där låga värden ökas i blått Kompletta prestandalistor finns till varje fordonskombination i apendix 1-4, även till samtliga 64-tons och 74-tonskombinationer inom 25,25 meters totallängd, dock inga stapeldiagram.

Ett särskilt avsnitt ägnas åt känslighetsstudier på 6x4 A-dubbeln för styckegods, där vissa faktorer i konstruktionen och omgivningsparametrar varieras.

## 7.1 Framkomlighet och utrymmesbehov

Prestandamått som relaterar till framkomlighet och utrymmesbehov samlas under denna rubrik. Dessa mått representerar duglighet vid lågfartsmanövrering och är i vissa fall även relevanta vid högre farter. I Figur 21 nedan ses svängprestanda vid 12,5m 180 graders sväng.




**Figur 21: Minsta inner cirkelradie vid 180° sväng, ytterradie 12,5m (högt värde önskvärt)**

Ingen av de fem A-dubblarna uppfyller svenska 25,25-vändningskravet på minst två meters innerradie. Med sina korta trailerhjulbaser ligger styckegodskombinationerna (1, 4) ganska nära målet, men fliskombinationen (3) får till och med ett negativt resultatvärde vilket innebär att sista

semitrailerns axelgrupp genar över cirkelcentrum. Med axelgrupper med styrbara bakersta traileraxlar (4) förbättras resultatet väsentligt, till några decimeter från godkänt.

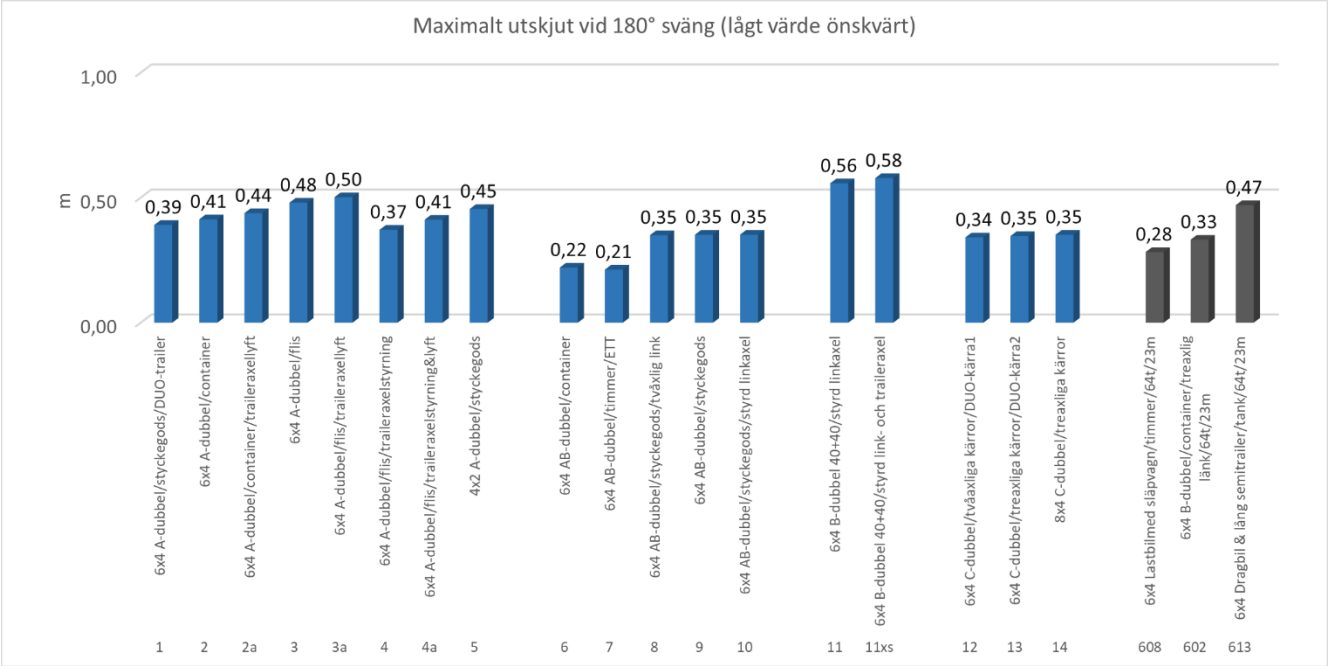
Första traileraxeln kan lyftas för att skapa högre drivaxeltryck (2a, 3a, 4a). Maximerat drivaxeltryck kan behövas för drivförmågan vintertid, men det medför ett sämre vändcirkelresultat. Axellyftet kan alltså ge negativt slutresultat i snäva kurvor eller rondeller om trailern på grund av axellyftet genar in i en snövall. Omvänt kan en lyft sista traileraxel ge bättre vändcirkelresultat men ge ett för lågt drivaxeltryck.

AB-dubblarna för container (6) och timmer (7) har relativt korta hjulbaser för släpen och uppfyller vändcirkelprovet, med minsta marginal. Styckegodskombinationerna (8, 9) har längre trailerhjulbaser och klarar därför inte vändcirkelkravet. En styrd bakersta linkaxel förbättrar resultatet men inte tillräckligt för att uppnå svenska 25,25-vändningskravet.

Svenska 25,25-vändningskravet uppfylls med god marginal för de cirka 27 meter långa C-dubblarna. Den långa B-dubbeln är långt ifrån att klara kravgränsen även om både bakersta linkaxeln och semitraileraxeln är styrbara.

Kravet för 25,25-meterskombinationer blir med undantag för C-dubblarna svårt att uppfylla för många lägre fordonskombinationer om inte specialanpassningar av släp i form av multipla styrande axlar inkluderas.

I Figur 22 nedan ses maximalt utskjut vid 180° sväng 12,5m.

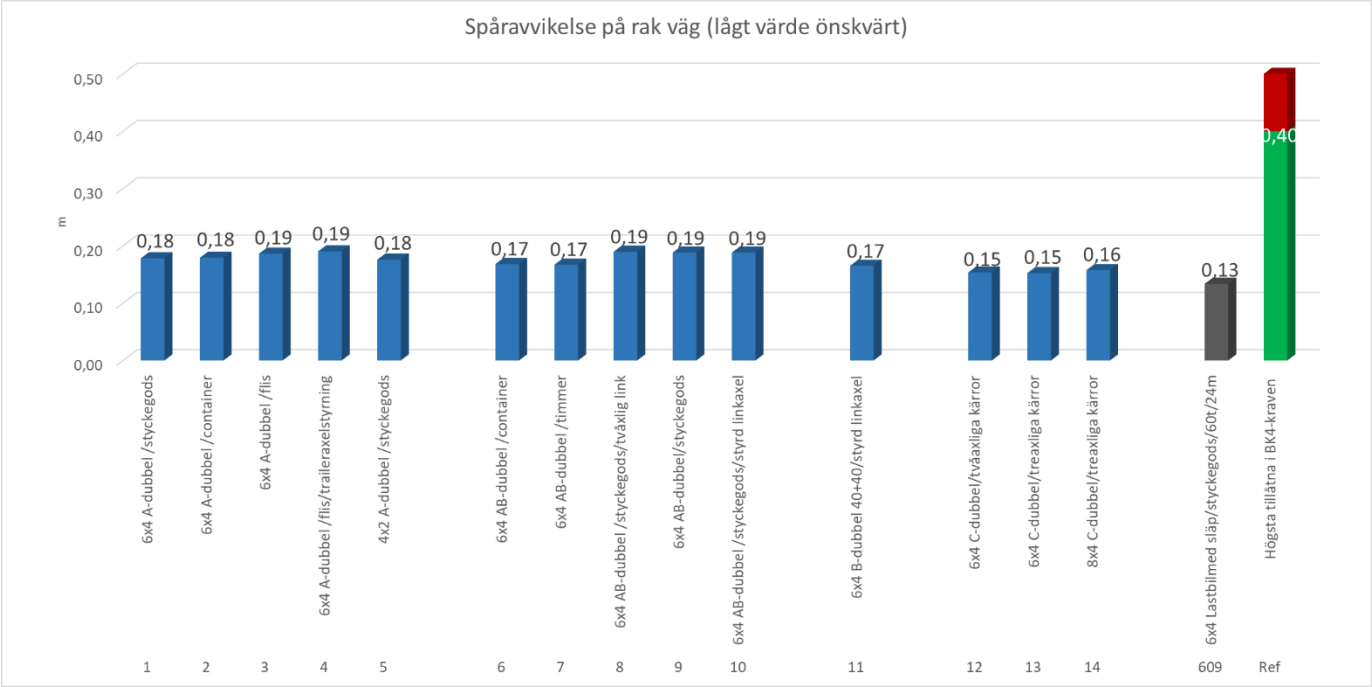



**Figur 22: Maximalt utskjut vid 180° sväng (lågt värde önskvärt)**

Avseende utskjutet av fordonsdelar utanför vändcirkelns referensbana blir det ingen väsentlig skillnad mellan dagens vanliga fordonskombinationer och de långa HCT-kombinationerna. För

dragbilskombinationer är det ofta det den främre semitrailerns främre ytterhörn som ger det största utskjutet i slutet av svängen och det gör att längden inte får någon större betydelse.

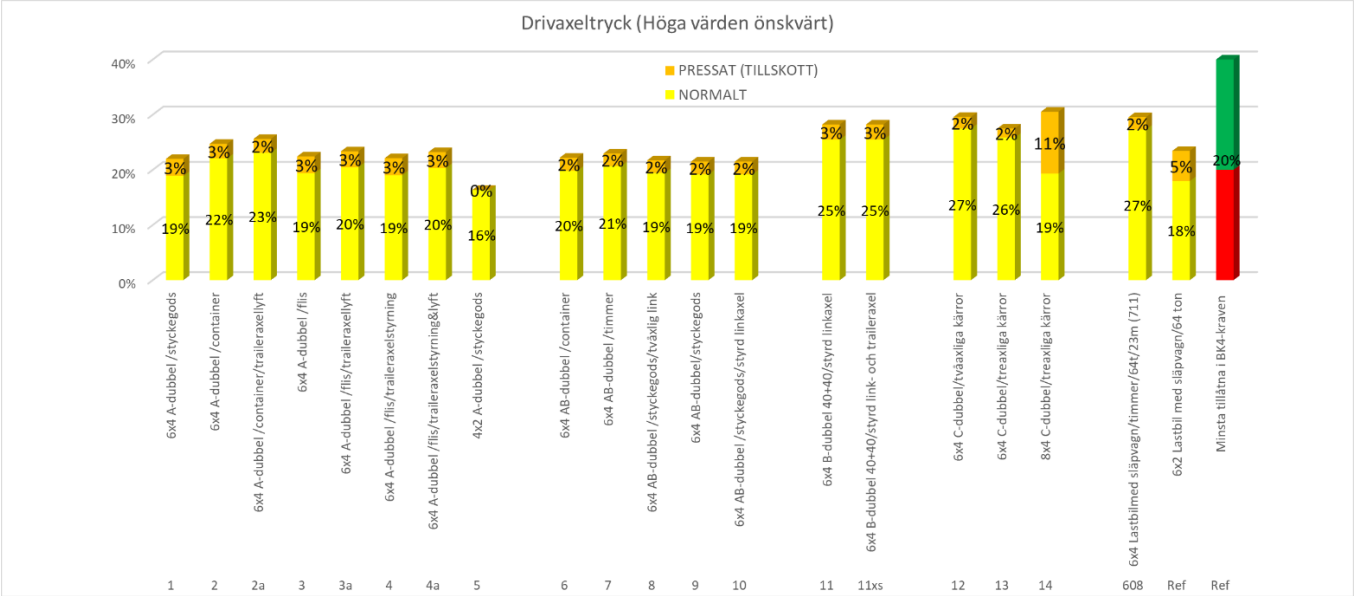
I Figur 23 ses spåravvikelse på rak väg.




**Figur 23: Spåravvikelse på rak väg (lågt värde önskvärt)**

Transportstyrelsens BK4-krav anger ett maximalt värde för spåravvikelse på rak väg med 5% tvärfall. Det uppfylls med god marginal för samtliga HCT-fordonskombinationer. Avvikelsen är starkt kopplad till avstånd mellan första och sista axel i fordonskombinationen och däckens sidslipstyvhet. Möjligen kan förväntas en något större spåravvikelse i lågfartsmanövrering när självstyrande traileraxlar är upplåsta för medstyrning.

I Figur 24 nedan ses Drivaxeltryck i procent av fordonskombinationens beräknade bruttovikt.



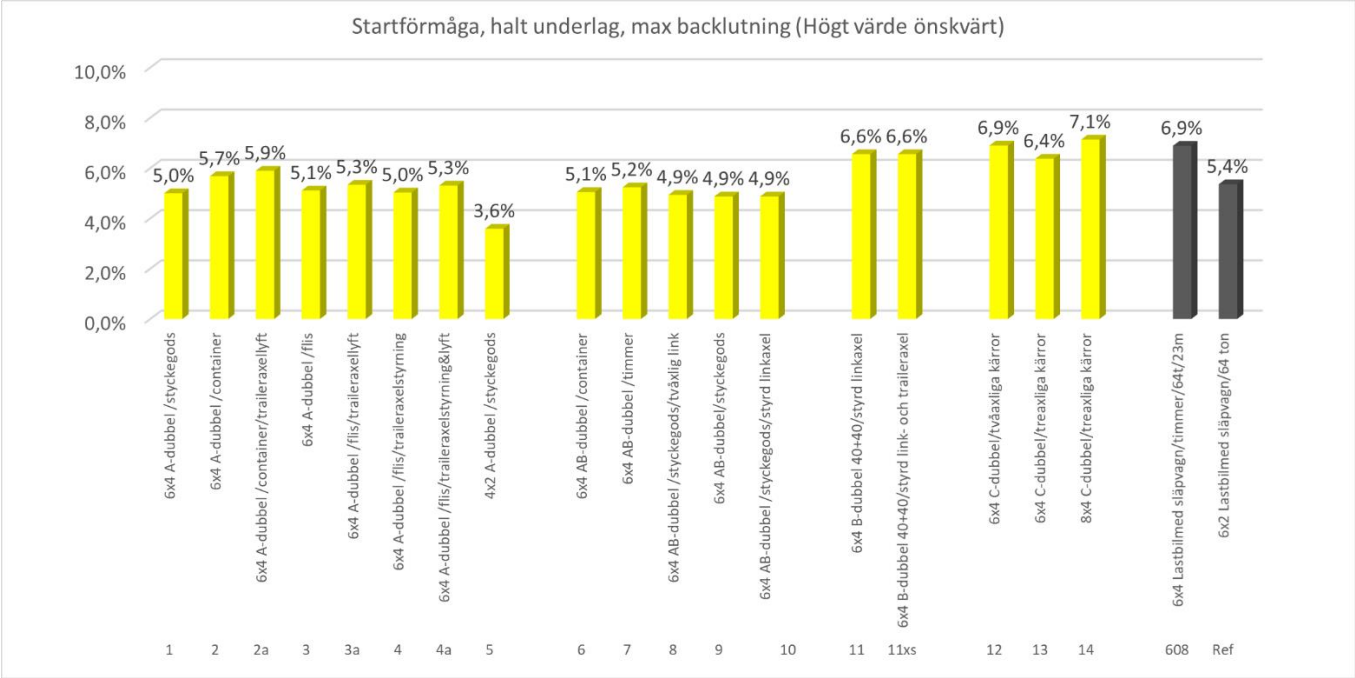

**Figur 24: Drivaxeltryck (Höga värden önskvärt)**

Som referens till minsta drivaxeltryck anges här BK4-kravet på minst 20% av fordonskombinationens bruttovikt. I stort sett samtliga långa HCT-kombinationer klarar detta krav om boggipressfunktion utnyttjas enligt EU-direktiv. A-dubbeln baserad på en tvåaxlig dragbil ligger dock väsentligt lägre och har ingen möjlighet att boggipressa.

En av referenserna är här också en idag vanlig 64-tons kombination med 6x2 lastbil. Denna klarar inte 20%-nivån i normal axeltrycksfördelning, men däremot om boggipress nyttjas.

B-dubblarna och C-dubblarna får generellt högt drivaxeltryck eftersom bruttovikten delas på färre axelgrupper jämfört med A- och AB-kombinationerna. C-dubbeln med fyraxlig lastbil har i normalt drift relativt lågt procentuellt drivaxeltryck, men har stora möjligheter att ta sig fram med boggipress aktiverad.

I Figur 25 nedan ses Startförmåga i backlutning, halt underlag, friktionskoefficient 0,25.



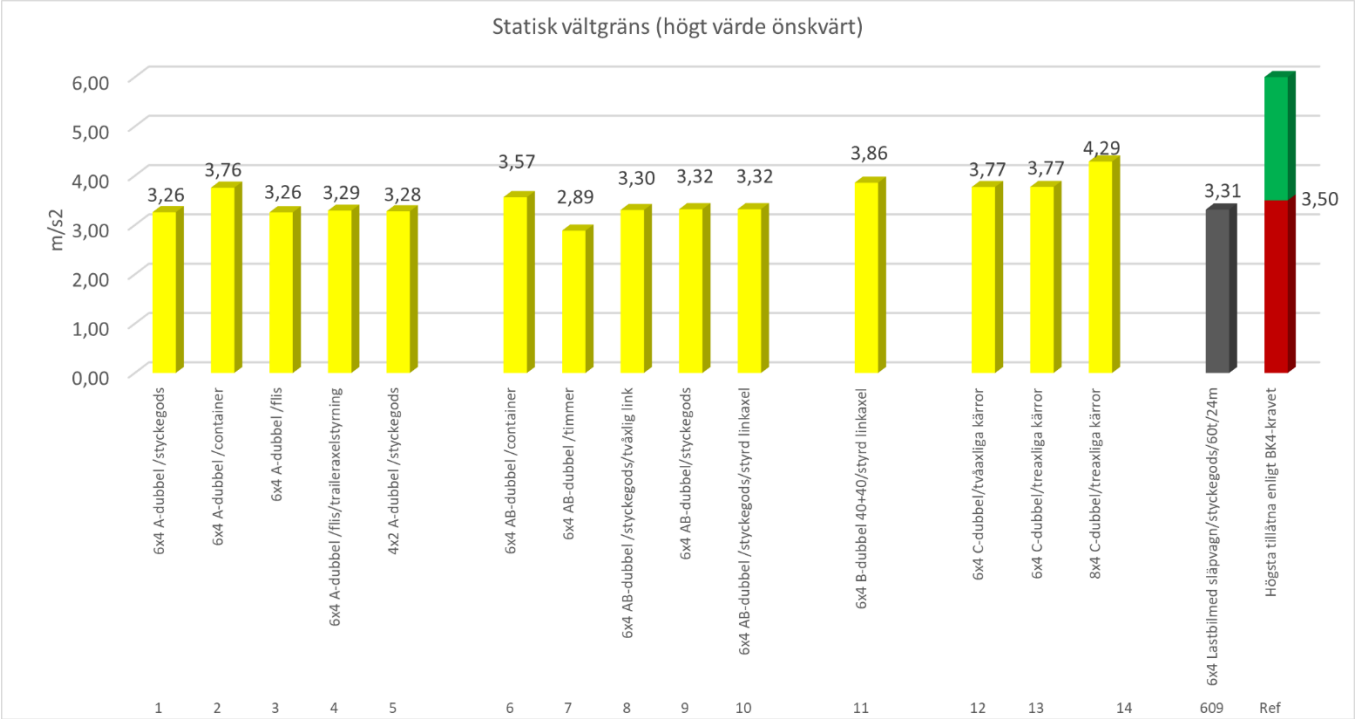

**Figur 25: Startförmåga, halt underlag, max backlutning (Högt värde önskvärt)**

Startförmågan i motlut och halt underlag följer i stort sett samma mönster som drivaxeltrycket med pressat axeltryck. A-dubbeln med tvåaxlig dragbil klarar provet sämst medan C-dubblarna klarar provet bäst.

## 7.2 Stabilitet

Under denna rubrik samlas de prestandamått som har att göra med stabilitet, det vill säga statisk och dynamisk vältstabilitet, samt de mått som har att göra med dynamisk förstärkning av rörelser för det sista släpet jämfört med dragfordonet.

I Figur 26 nedan ses Statisk vältgräns.



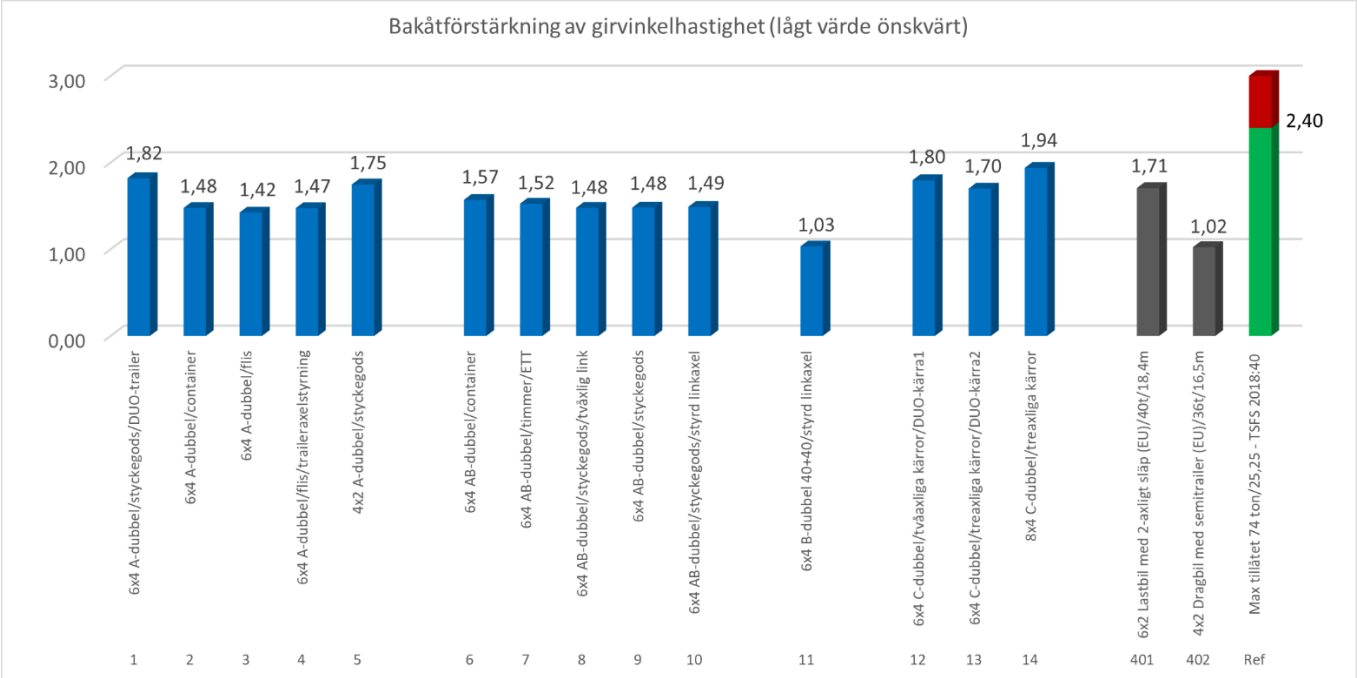

**Figur 26: Statisk vältgräns (högt värde önskvärt)**

För A-dubblarna ger vältberäkningarna värden som inte uppfyller BK4-kravet på 3,5 m/s$^2$. Detta gäller för godsslagen styckegods och flis. Däremot uppfylls kravet för containergodset som ju har en lägre totalhöjd. Med samma beräkningsmetod underkänns, som kan ses i stapeldiagrammet, också en vanlig 60-tons lastbil med släpvagn.

Vältgränsen hos AB-dubblarna för styckegods ligger i samma nivå som för A-dubblarna, medan containergodset ger godkänd enligt BK4-kraven. Som timmertransport blir dock AB-dubbelns vältstabilitet sämre än för styckegodskombinationerna. Orsaken ligger troligen delvis i att timmersläpen antas ha tvillingmonterade hjul, vilket medför smalare spårvidd jämfört med styckegodssläpens singelmontage. Timmerlast ger dessutom högre total tyngdpunkt på grund av timmersläpets relativt låga tjänstevikt samt att lastplanet (timmerbankarna) är högre placerade jämfört med styckegodssläpets lastgolv.

B-dubbelns vältgräns är relativt hög och godkänd enligt BK4-kravet. Orsaken ligger främst i containerns lägre totalhöjd och därmed lägre tyngdpunktshöjd jämfört styckegodslastningen. C-dubblarna har en totalhöjd begränsad till 4,0 meter enligt EU-reglerna för kärror i modulkombinationer, och får därför en beräknad vältgräns som uppfyller BK4-kravets nivå.

I Figur 27 nedan ses bakåtförstärkning av girvinkelhastighet.

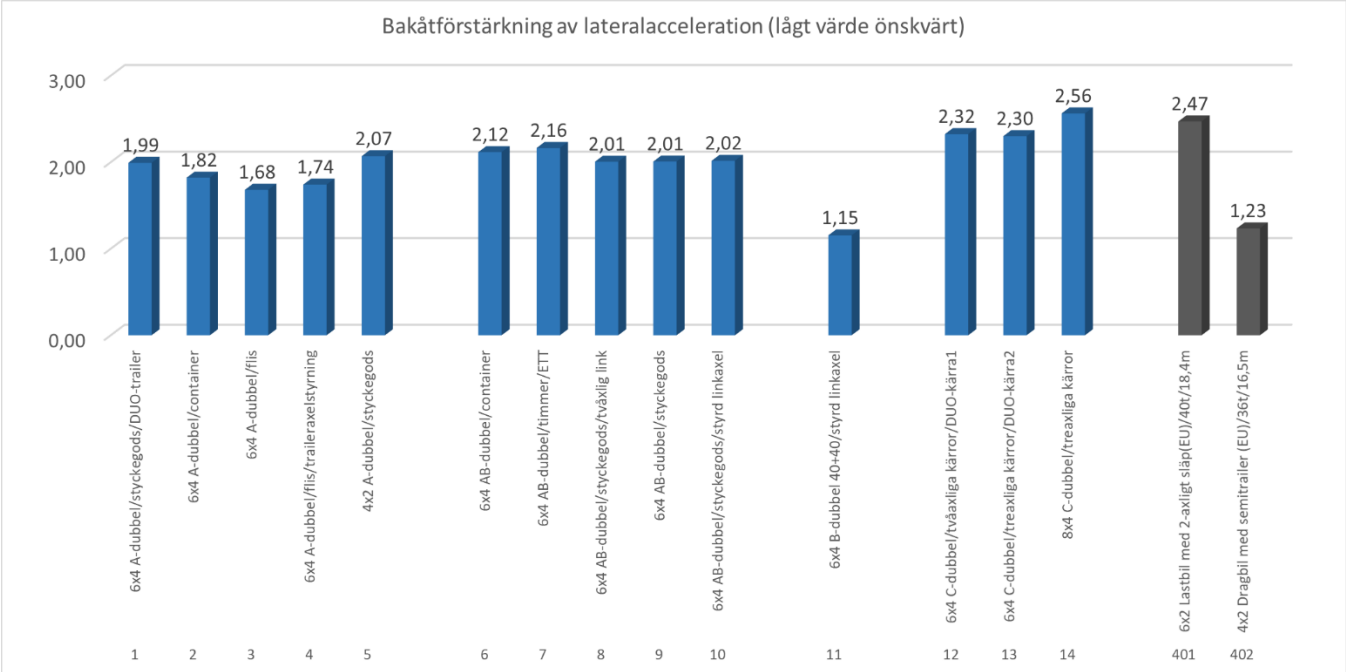



**Figur 27: Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet (lågt värde önskvärt)**

A-dubblarna och C-dubblarna för styckegods har hög förstärkning, de ligger lika eller strax över nivån för referenslastbilen med kort tvåaxlig släpvagn. Men båda kombinationstyperna uppfyller ändå med god marginal BK4-kravet.

A-dubblarna för container och flis har lägre förstärkning. Längre trailerhjulbas och, i fallet container, lägre tyngdpunkt bidrar till den högre stabiliteten. De ligger i samma nivå som de studerade AB-dubblarna. Den långa B-dubbeln har mycket låg förstärkning, i nivå med referensdragbilen med enkel semitrailer

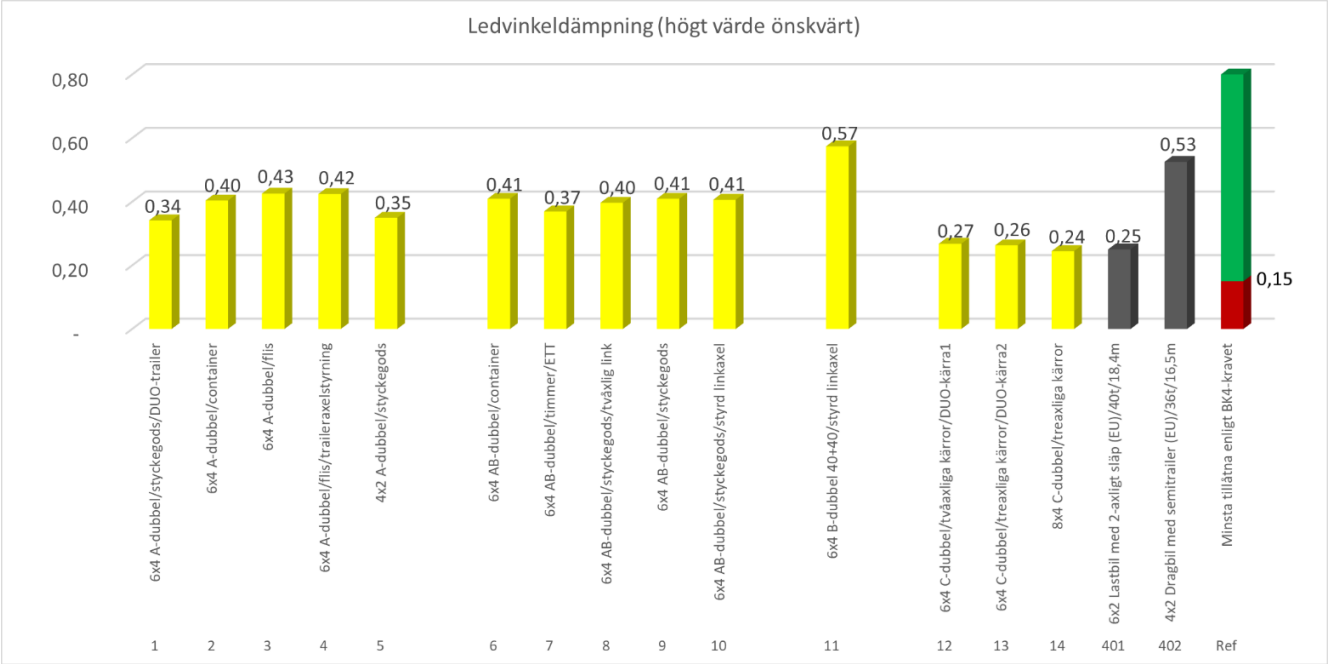
I Figur 28 nedan ses Bakåtförstärkning av lateralacceleration.




**Figur 28: Bakåtförstärkning av lateralacceleration (lågt värde önskvärt)**

Bakåtförstärkning av lateralacceleration ger en något annan rankning jämfört med bakåtförstärkning av girvinkelhastighet. C-dubblarna har högst förstärkning i nivå med referenslastbilen med kort tvåaxlig släpvagn. AB-dubblarna och A-dubblarna kommer tillsammans på nästa nivå, med viss variation beroende på godstyp och hjulbas. Den långa B-dubbeln har mycket låg förstärkning även för bakåtförstärkning av lateralacceleration, även här på samma nivå som för referensdragbilen med enkel semitrailer.

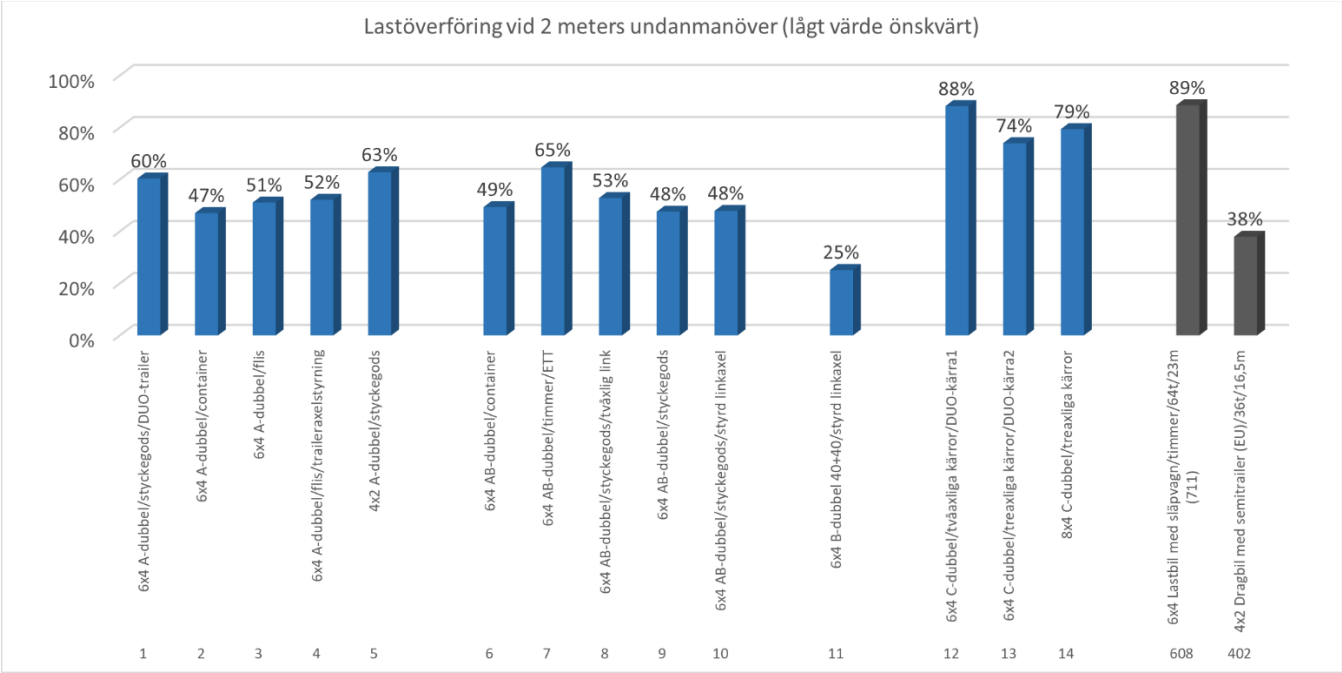
I Figur 29 nedan ses ledvinkeldämpning.




**Figur 29: Ledvinkeldämpning (högt värde önskvärt)**

Samtliga HCT-kombinationerna klarar ledvinkeldämpningen kravet för BK4 med marginal. C-dubbelkombinationerna har de lägsta värdena, ungefär i samma nivå som referenslastbilen med det korta tvåaxliga släpet.

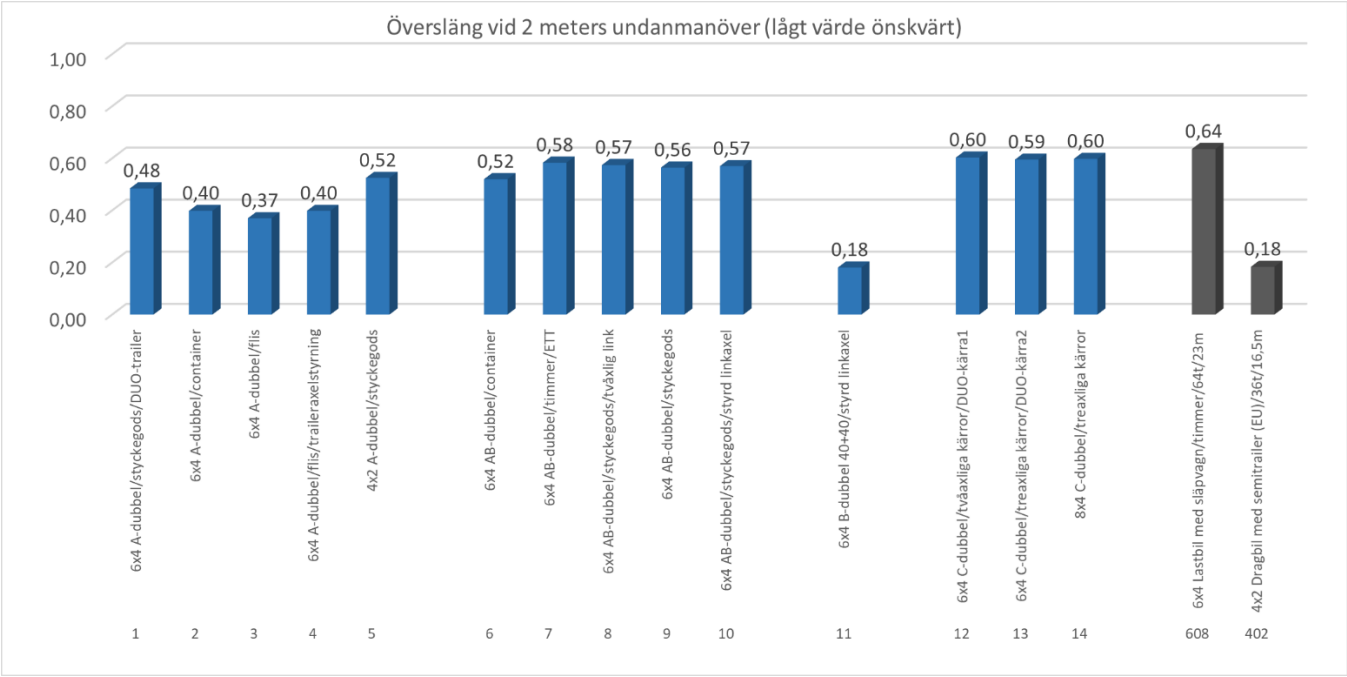
I Figur 30 nedan ses lastöverföring vid 2 meters undanmanöver.




**Figur 30: Lastöverföring vid 2 meters undanmanöver (lågt värde önskvärt)**

Lastöverföringen vid undanmanöver varierar ganska mycket mellan de olika HCT-kombinationerna. Detta mått är kopplat till både den statiska vältstabiliteten och bakåtförstärkningen av lateralacceleration. En jämförelse av exempelvis kombination tre mot kombination ett, där de har samma statiska vältstabilitet visar att kombination tre har lägre bakåtförstärkning av lateralacceleration och samtidigt lägre lastöverföring. Det bör också noteras att AB-dubbeln med det lägsta statiska vältgränsvärdet kompenseras av låg bakåtförstärkning, vilket gör att den får ett bra värde på lastöverflyttning.

I Figur 31 ses översläng vid 2 meters undanmanöver



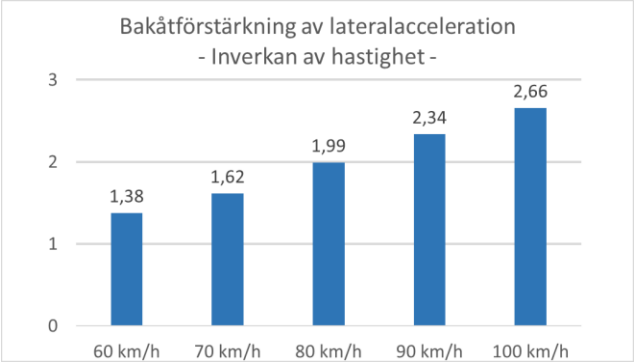

**Figur 31: Översläng vid 2 meters undanmanöver (lågt värde önskvärt) blå**

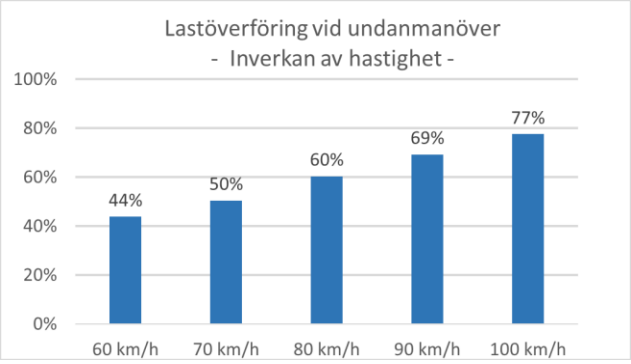
Överslängen hos de längre HCT-kombinationerna har liknande förhållande mellan varandra som bakåtförstärkningarna. Som sämst i nivå med en vanlig 24-meters 64-tons timmerlastbil med släpvagn.

## 7.3 Känslighetsstudier för en A-dubbel

A-dubbel nummer ett, DUO-trailer, används som experimentplattform för att se hur olika faktorer påverkar prestandamåtten. Den första faktorn är hastighet. Standardhastigheten i beräkningar gjorda i denna rapport, för alla stabilitetsmått förutom statisk vältstabilitet är 80 km/h. Här har hastigheten varierats mellan 60 km/h och 100 km/h. Endast ett (lämpligt) urval av prestandamått presenteras för varje variation.

I Figur 32 ses bakåtförstärkning av lateralacceleration samt lastöverföring vid olika hastigheter.



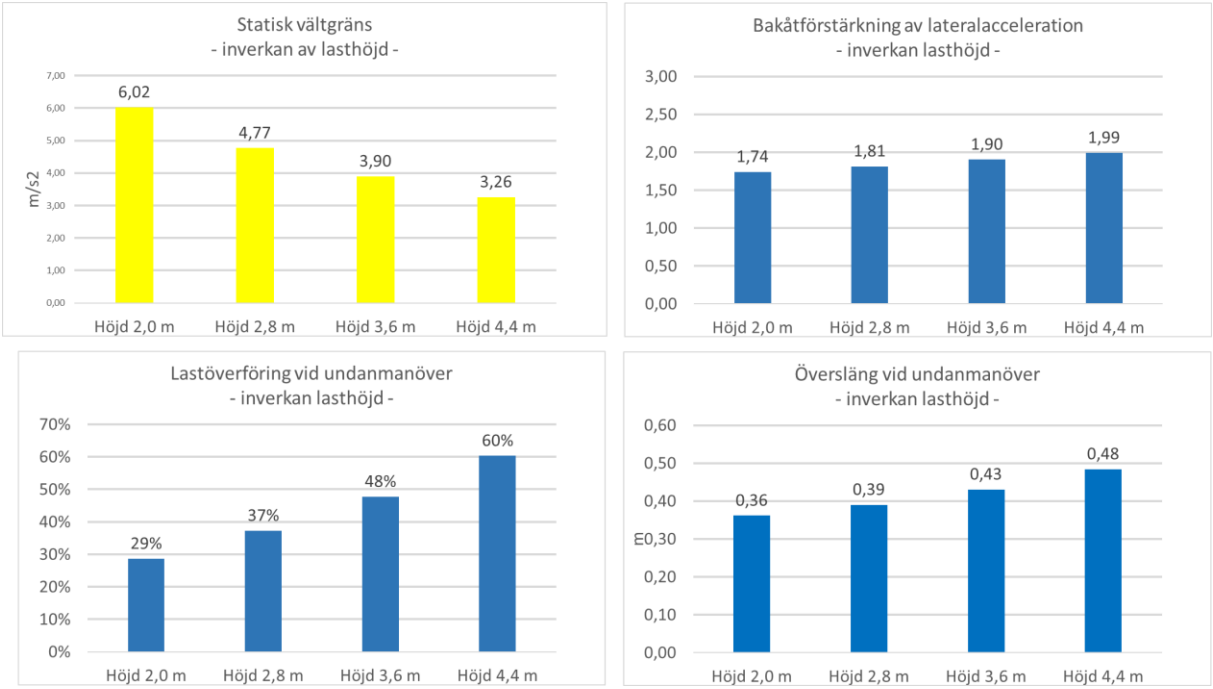




**Figur 32: Vänster: Bakåtförstärkning av lateralacceleration (Inverkan av hastighet) Höger: Lastöverföring vid undanmanöver (Inverkan av hastighet)**

Som kan ses påverkas bakåtförstärkningen av lateralacceleration och därmed lastöverföringen betydligt av hastigheten. Farten påverkar i hög grad den dynamiska stabiliteten för lastbilskombinationerna.

Standardmässigt har i beräkningarna antagits hög tyngdpunkt, lastad upp till 4,4 meters höjd för styckegodskombinationerna. Lastgolvet ligger för A-dubbeln på 1,25 meters höjd. I praktiken kan naturligtvis lasthöjden variera mellan olika styckegodstransporter beroende på godsets densitet. Nedan görs först en jämförelse av lasthöjd förutsatt konstant 74 tons bruttovikt.

I Figur 33 nedan ses ett antal prestanda parametrars känslighet för lasthöjd.

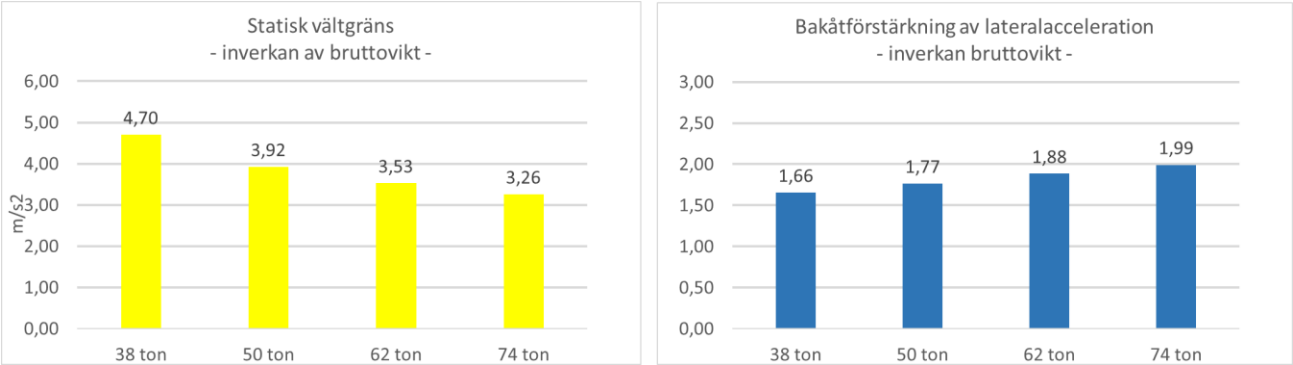



**Figur 33: Över vänster: Statisk vältgräns (inverkan av lasthöjd) Över höger: Bakåtförstärkning av lateralacceleration (inverkan lasthöjd) Nedre vänster: Lastöverföring vid undanmanöver (inverkan lasthöjd) Nedre höger: Översläng vid undanmanöver (inverkan lasthöjd)**

Tydligt och naturligt är att den statiska vältgränsen sjunker betydligt med lasthöjden. Samtidigt som bakåtförstärkningen av lateralaccelerationen ökar något (+14% mellan 2 och 4,4m). De två effekterna är grundorsakerna till att lastöverflyttningen vid undanmanöver fördubblas från 2 till 4,4 meters lasthöjd. Överslängen ökar mer måttliga 30%.

Inverkan av lastens vikt studeras för sig. Här låses lastens höjd till praktiskt högsta 4,4 meter, vilket möjligen kan anses orealistiskt för den lägsta av bruttovikterna. Endast stapeldiagram för statisk vältgräns och bakåtförstärkning av lateralacceleration presenteras.

I Figur 34 nedan ses statisk vältgräns samt samt bakåtförstärkning av lateralacceleration känslighet från bruttovikt.

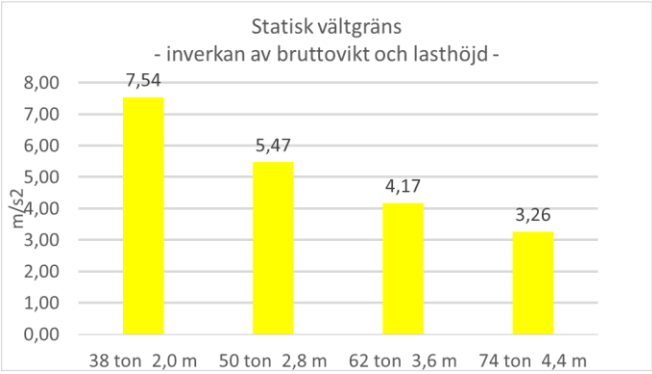


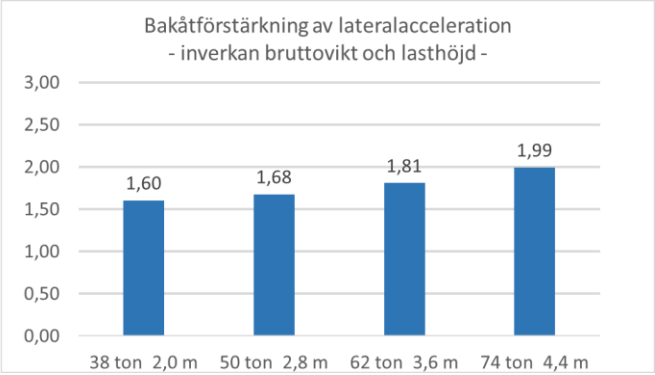

**Figur 34: Vänster: Statisk vältgräns (inverkan av bruttovikt) Höger: Bakåtförstärkning av lateralacceleration (inverkan bruttovikt)**

På liknande sätt som för lasthöjden ser vi att stabiliteten i alla avseenden minskar med ökad lastvikt. Eftersom släpets totala tyngdpunkt är en kombination av det olastade släpets tyngdpunktshöjd (låg) och lastens tyngdpunktshöjd (hög) påverkas den sammanräknade tyngdpunktshöjden av viktförhållandet mellan släp och nyttolast så att tyngdpunkten blir totalt sett klart högre för det lastade släpet och därmed sjunker den statiska vältgränsen motsvarande med ökad last. Den ökade lasten ökar samtidigt bakåtförstärkning av lateralacceleration cirka 20% (mellan 38 och 74 ton).

Om man förutsätter jämn densitet på godset och jämn utbredning över lastgolvet ökar höjden med lasten, och de två stabilitetsmåtten förändras enligt stapeldiagrammen nedan.

I Figur 35 nedan ses statisk vältgräns samt bakåtförstärkning av lateralacceleration känslighet för både lasthöjd och bruttovikt.



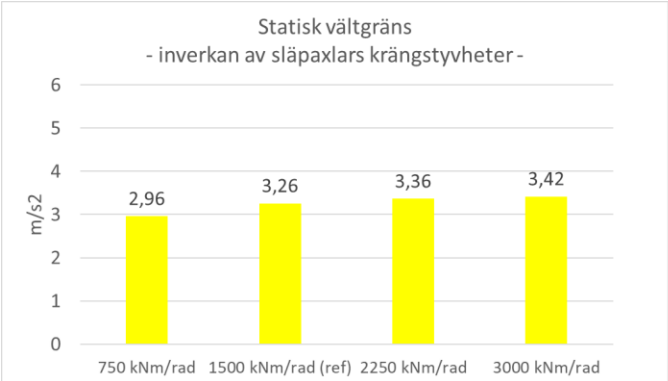



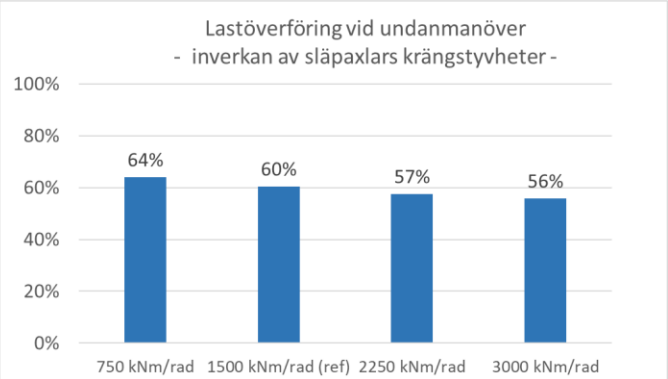

**Figur 35: Vänster: Statisk vältgräns (inverkan av bruttovikt och lasthöjd) Höger: Bakåtförstärkning av lateralacceleration (inverkan bruttovikt och lasthöjd)**

Notera att den beräknande statiska vältgränsen påverkas mycket, från över 6 m/s$^2$ för det lägst lastade fallet, till 3,26 m/s$^2$ för den höga tunga lasten är. Bakåtförstärkningen av lateralacceleration ökar samtidigt 24% (mellan 38t + 2,0m och 74 + 4,4m).

För välstabiliteten kan axlars krängstyvheter tänkas påverka. Standardvärdet för släpaxlarnas krängstyvhet är i beräkningarna 1500 kNm/rad. Detta värde är baserat på inmätningar på ett antal vanliga luftfjädrade semitrailrar i Volvos fordonspark. Fyra olika styvhetsvärden ges i stapeldiagrammen nedan. Styvhetsområdet är begränsat av kända lägsta och högsta värden utifrån släpaxeltillverkares uppgifter.

I Figur 36 nedan ses statisk vältgräns samt lastöverföring vid undanmanöver känslighet för krängstyvhet.




**Figur 36: Statisk vältgräns (inverkan av släpaxlars krängstyvheter) Höger: Lastöverföring vid undanmanöver (inverkan av släpaxlars krängstyvheter)**

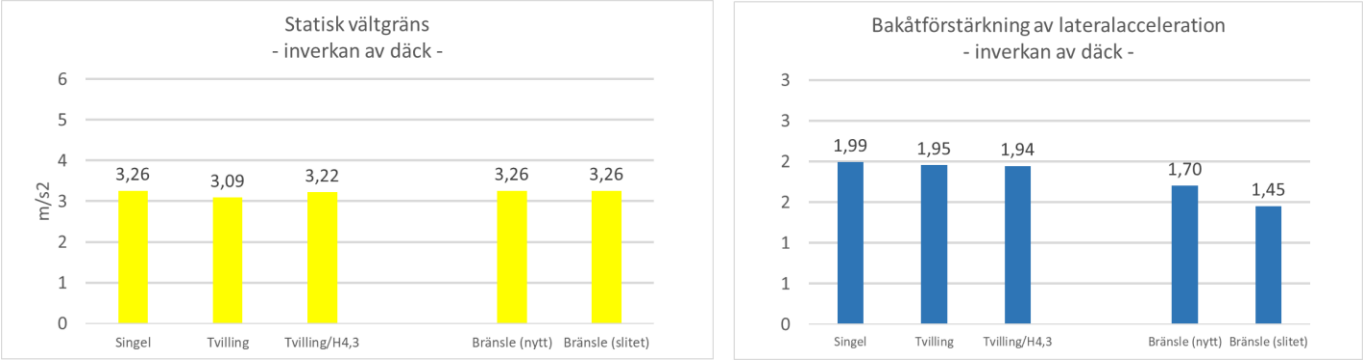
Med den höga tyngdpunkt som valts vid beräkningar finns det vissa stabilitetsvinster med något högre nivåer än referensvärdet. Känsligheten för krängstyvhet kan antas mindre för lägre lasthöjder. En halvering av standardvärdet ger tydlig försämring av vältstabiliteten. Detta värde noterades för en bladfjädrad axel för tvillingmontage.

Däcken kan ha stor betydelse. A-dubbelns släp är i beräkningarna försedd med singelmonterade 22.5” däck med antagen sidslipkoefficient av 7,5 rad$^{-1}$ vid sitt lastindex. En jämförelse görs med 19.5” däck

i tvillingmontage. Sidslipskoefficienten vid respektive lastindex är den samma för båda däckdimensionerna men i och med att övergången från singel till tvillingmontage medför ett ökat lastindex från 9 till 10,3 ton/axel ger det att sidslipkoefficient vid aktuell last blir högre för tvillingmontaget. Vertikalstyvheten per hjul ökar samtidigt från 1300 N/mm till 2×800 N/mm men spårvidden minskar från 2,1 till 1,95 meter. Lastgolvets nivå sänks också 100 mm, men totala lasthöjden 4,4 meter behålls ändå i studien. Det betyder att lastens tyngdpunkt sänks 50 mm med 19.5” tvillingmontaget.

Ytterligare jämförelser görs med ett 385/55 R22.5 däck med egenskaper optimerade för lågt rullmotstånd. Här antas en sidslipkoefficient av 10 $rad^{-1}$. En tredje jämförelse görs med däckegenskaper motsvarande ett nedslitet däck. Här har antagits en sidslipkoefficient av 13,5 $rad^{-1}$.

I Figur 37 nedan ses Statisk vältgräns Bakåtförstärkning av lateralacceleration inverkan av däck.



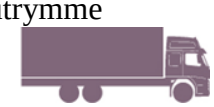

**Figur 37: Statisk vältgräns (inverkan av däck) Höger: Bakåtförstärkning av lateralacceleration (inverkan av däck)**

Med de antaganden som gjorts kring styvheter och dimensioner vinner singeldäcket över tvillingmontaget i den statiska vältstabiliteten, men med ganska liten marginal. Vinsten i ökad spårvidd äts delvis upp av förlusten i höjningen av tyngdpunkten. I ett tidigare gjort vridbordsprov på en tvåaxlig kärra lastad till 16-tons axeltryck kunde hjuldiameter och lasthöjd hållas i stort sett konstant mellan de två fallen. Provet gav då cirka 10% högre vältgräns för singelmontaget.

Den högra grafen visar att bakåtförstärkningen av lateralacceleration påverkas däckens egenskaper, från nytt däck till slitet däck, eller om släpet är försett med grovmönstrade däck eller har finmönstrade landsvägsdäck för lägsta rullmotstånd. Här är det framförallt variationen i sidslipkoefficient som får betydelse. Vanligt är att sidslipkoefficienten ökar med lägre mönsterdjup.

En erfarenhet från däckmätningar är dessutom att däckets sidslipskoefficient kan variera cirka 25% beroende på aktuella temperaturförhållanden, som påverkar både ringtryck och materialegenskaper. Ett varmare däck ger ofta en lägre sidslipkoefficient och därmed sämre dynamisk stabilitet.

# 8 Nomenklatur och förkortningar

| Ord, Objekt eller Förkortning | Förklaring |
|---|---|
| NVF | Nordiskt vägforum |
| ETT | En Trave Till – HCT-projekt inriktat på timmertransporter |
| DUO2 | HCT-projekt inriktat på styckegodstransporter |
| HCT | High capacity transport (högkapacitetstransporter). Längre och/eller tyngre transporter än för närvarande tillåtet på allmän väg |
| Lastbil<br>(Engelska: Rigid truck) | Dragfordon med lastutrymme<br>  |
| Dragbil<br>(Engelska: Tractor) | Dragfordon utan eget lastutrymme. Den kopplas till en påhängsvagn<br> |
| Semitrailer<br>(Engelska: Semi-trailer) | Släp med axlar baktill och kopplingstapp fram<br> |
| Släpvagn<br>(Engelska: Full trailer) | Släp med axlar både baktill och framtill. De främre axlarna är styrande och följer med dragstångens vridning.<br> |
| Link (länkpåhängsvagn)<br>(Engelska: Link trailer) | Påhängsvagn med vändskiva baktill för tillkoppling av ytterligare påhängsvagn<br> |
| Kärra (släpkärra)<br>(Engelska: Centre-axle trailer) | Släp med dragstång, och axlarna centrerade ungefär kring mitten av lastutrymmet.<br> |
| Dolly<br>(Engelska: Colly or Converter dolly) | Släp utan eget lastutrymme. Den har dragstång framtill och en vändskiva över axlarna för tillkoppling av påhängsvagn.<br> |
| Fordonskombination<br>(Engelska: Vehicle combination) | Ett dragfordon med ett antal tillkopplade släp. Exempel Lastbil med dubbla påhängsvagnar, typ AB-dubbel<br> |

# 9 Referenser och källor


1. CLOSER: http://closer.lindholmen.se/temaomraden/high-capacity-transport-hct
2. EU direktiv 96/53/EG: http://www.notisum.se/rnp/eu/lag/396L0053.htm
3. HCT färdplan på väg: https://www.transportinnovation.se/sv/forums-fardplaner
4. HCT-årskonferens 2016: http://closer.lindholmen.se/evenemang/high-capacity-transport-arskonferens-2016
5. HCT-årsrapport 2015: http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2015_slutversion.pdf
6. HVTT14: http://hvttconference.com/HVTT14/
7. HVTT15: https://www.youtube.com/watch?v=HfnHmX-XxzE
8. IFRTT: http://road-transport-technology.org/
9. ITF-OECD HCT: http://www.itf-oecd.org/
10. Prognostisering av Spårtillväxt – asfaltbeläggningar: http://www.vinnova.se/sv/Resultat/Projekt/Effekta/2015-06114/Prognostisering-av-spartillvaxt---asfaltbelaggningar/
11. SAM-DEMO: http://www.skogforsk.se/EnergiEffektivaTransporter/uppfoljning/
12. Statsrådets förordning, 407/2013: http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407
13. Teknikspränget: www.tekniksprangetet.se
14. Traffi, HCT-lastbil: http://www.trafi.fi/hct
15. Trafikverket 2014:102, Tyngre fordon på det allmänna vägnätet: https://trafikverket.ineko.se/se/tv17742
16. Trafikverket 2016:141, Statliga vägar som kan anses lämpade för en ny bärighetsklass 4: https://trafikverket.ineko.se/se/statliga-v%c3%a4gar-som-kan-anses-l%c3%a4mpade-f%c3%b6r-en-ny-b%c3%a4righetsklass-4
17. Transportforum: https://www.vti.se/sv/transportforum-2017/
18. Vinnova: http://www.vinnova.se/sv/ffi/Om-FFI/Unika-fardplaner-for-framtidens-fordonskoncept/
19. Volvo Lastvagnar: http://www.volvotrucks.se/hct
20. Vägslitageskatteutredning: http://www.regeringen.se/rattsdokument/kommittedirektiv/2015/05/dir.-201547/
21. Vehicle combinations based on the modular concept (John Aurell and Thomas Wadman, Volvo Trucks, Sweden): http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=1589
22. Performance Based Standards for High Capacity Transports in Sweden, FFI project, Vinnova reference number 2013-03881
23. Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om fordonstekniska krav på fordonståg med bruttovikt över 64 ton. TSFS 2018:40
24. Lofroth, C., Larsson, L., Enstrom, J., Cider, L., Svenson, G., Aurell, J., Johansson, A. and Asp, T., (2012), "ETT – A Modular System for Forest Transport A three-year roundwood haulage test in Sweden", HVTT12

25. Larsson, L., Cider, L. and Pettersson, E., (2016), "CO-optimizing multi vehicle combinations, fuel consumption & traction in slippery condition", HVTT14
26. UN/ECE Regulation R111 - Uniform provisions concerning the approval of tank vehicles of categories n and o with regard to rollover stability, https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r111e.pdf
27. Kharrazi, S., (2016), "Performance of high capacity vehicles winter versus summer", HVTT14
28. Pacejka, Tyre and Vehicle Dynamics, 2002, Butterworth-Heinemann, ISBN 0 7506 5141 5.
29. ISO 14791 Road vehicles – Heavy commercial vehicle combinations and articulated buses – lateral stability test methods
30. Kharrazi, S., Karlsson, R., Sandin, J., and Aurell J. (2015), "Performance based standards for high capacity transports in Sweden", - Report 1 , Review of existing regulations and literature
31. Kharrazi, S., Bruzelius, F. and Sandberg U. (2017), "Performance based standards for high capacity transports in Sweden", - Final Report
32. HCT Typfordonskombinationer, Vinnova-projekt Dnr 2015-02327 https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2015-02327.pdf
33. TSFS 2018:40 Transportstyrelsens föreskrift om fordonstekniska krav på fordonståg med bruttovikt över 64 ton, https://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/ts-foreskrifter-i-nummerordning/2018/details?RuleNumber=2018:40&ruleprefix=TSFS
34. TSFS 2012:126 Transportstyrelsens föreskrift om vändningskrav för fordonståg över 24 meter, https://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/ts-foreskrifter-i-nummerordning/2012/details?RuleNumber=2012:126&ruleprefix=TSFS
35. Europaparlamentets och rådets direktiv 97/27/EG om massa och dimensioner för vissa kategorier av motorfordon och släpvagnar till dessa fordon https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=CELEX%3A31997L0027
36. Trafikförordningen (SFS 1998:1276) https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/trafikforordning-19981276_sfs-1998-1276

37. Dag Nordvik dn@lastebil.no)
38. Martin Frimann Mortensen mfm@vd.dk KM MVT-DK
39. Steffen Johannesen (sj@itd.dk) ANTAL MVT-DK
40. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/positivnetz-lang-lkw.pdf?__blob=publicationFile

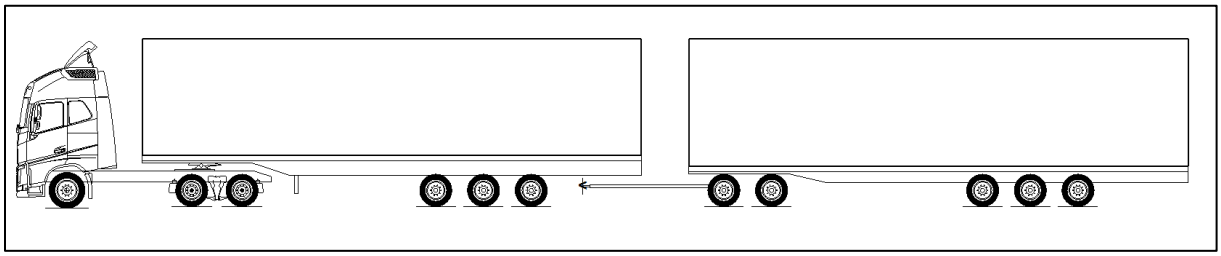
# 10 Appendix 1 Typfordonskombinationer över 25,25 och 34 meter, upp till 74 ton

De här fordonskombinationerna är ännu ej generellt tillåtna att köra på svenska vägar. Samtliga har ett avstånd mellan första och sista axel på betydligt längre än 20,2 meter, vilket är den kortaste totalhjulbas som är tillåten för 74 tons bruttovikt på BK4-vägarna. Alla kombinationer är här längre än 25,25 meter, de ingående fordonen uppfyller längdkraven för modulfordon i EU96/53. De är begränsade till 74 tons bruttovikt. Säkerhets- och utrymmeskrav finns ännu inte för de här kombinationerna, det svenska 25,25 meters-vändningskravet och BK4-kraven används som en referens för prestandaresultaten, vilka baseras på samma provkoder som används för kombinationer mellan 24 och 25,25 meters totallängd.

## 1. 6x4 A-dubbel/styckegods/DUO-trailer

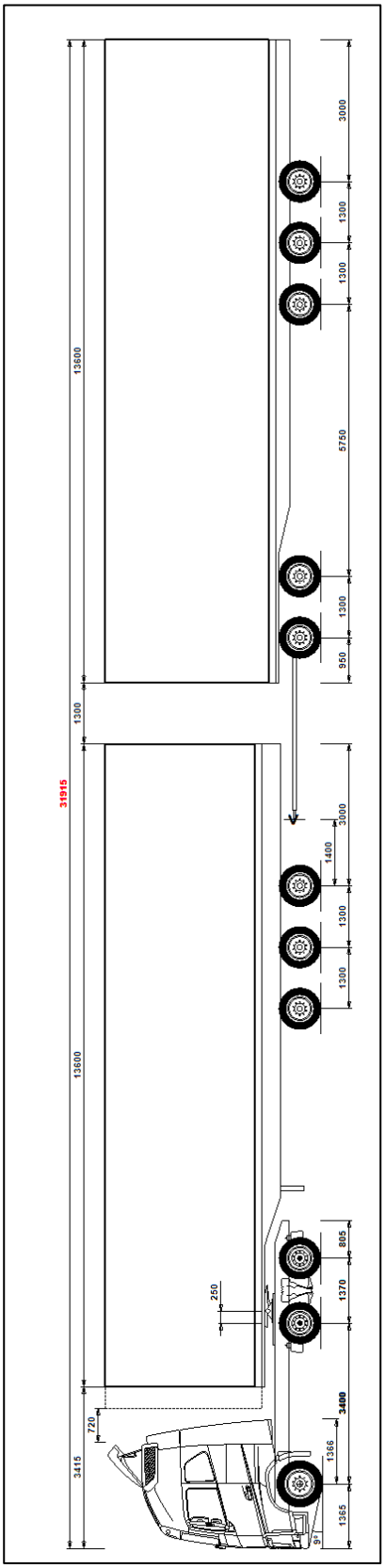
Fordonskombination 1 har mått enligt TSV 2018-5025 DUO-trailer (80 ton) som kör styckegods för Schenker åkeri på tillstånd för teknisk provning mellan Göteborg och Malmö. I beräkningen är den dock begränsad till 74 tons bruttovikt. (DUO-trailerns medianbruttovikt är cirka 60 ton). I beräkningen har samtliga släpaxlar singelmonterade däck med dimension 385/55 R22.5. Vanlig framlastning och jämnt utbredd last analyseras, och dessutom ett lastningsfall med extra mycket framlastning. Det sista fallet innebär att 20% av semitrailrarnas golvutrymme är tomt längst bak. Lasthöjden är 4,4 m.

Med 4,4 meters lasthöjd på semitrailrarna, uppfylls inte BK4-kraven gräns på 3,5 m/s2 för vältstabilitet, vilket också är fallet för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp oavsett kombinationens totallängd. Gränsvärdena får underskridas om fordonen är utrustade med ett stabilitetssystem för vältning som förhindrar att fordonen överskrider den beräknade stabilitetsgränsen under färd se referens 33. Drivaxeltrycket är relativt högt men når inte riktigt BK4-kravens nivå på minst 20%. Kan uppnås med dödvikt i trailern, och eller att pressat axeltryck. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, men inte det Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 38 Kombination 1 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last | Extra mycket framlast |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 27,60 | 27,60 | 27,60 |
| **Längd [m]** | 31,97 | 31,97 | 31,97 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 1,33 | 1,33 | 1,34 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,39 | 0,40 | 0,39 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,26 | 3,27 | 3,25 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,82 | 1,91 | 1,69 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,99 | 2,04 | 2,01 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,48 | 0,52 | 0,47 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,60 | 0,63 | 0,60 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,34 | 0,30 | 0,36 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 18,9% | 16,3% | 21,5% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 22,0% | 19,6% | 24,2% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,0% | 4,4% | 5,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,9 | 6,6 | 7,1 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 14,0 | 12,1 | 15,9 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 19,6 | 21,8 | 17,5 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 13,9 | 11,8 | 16,1 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 19,6 | 21,7 | 17,5 |



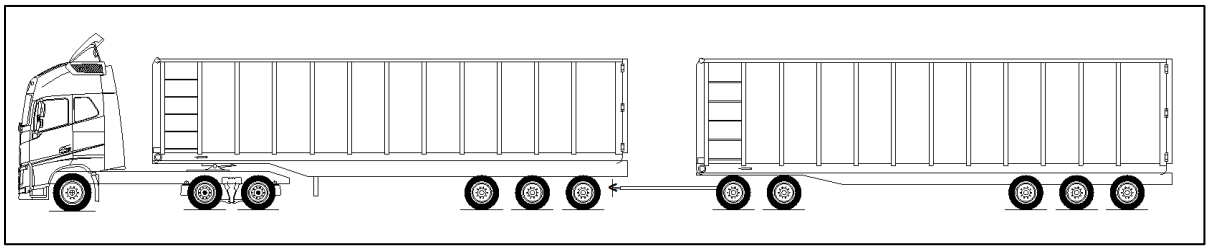

*Figur 40 Kombination 1 måttskiss*

*Figur 39 DUO-trailer GBG-Malmö*

## 2. 6x4 A-dubbel/container, ca 74ton

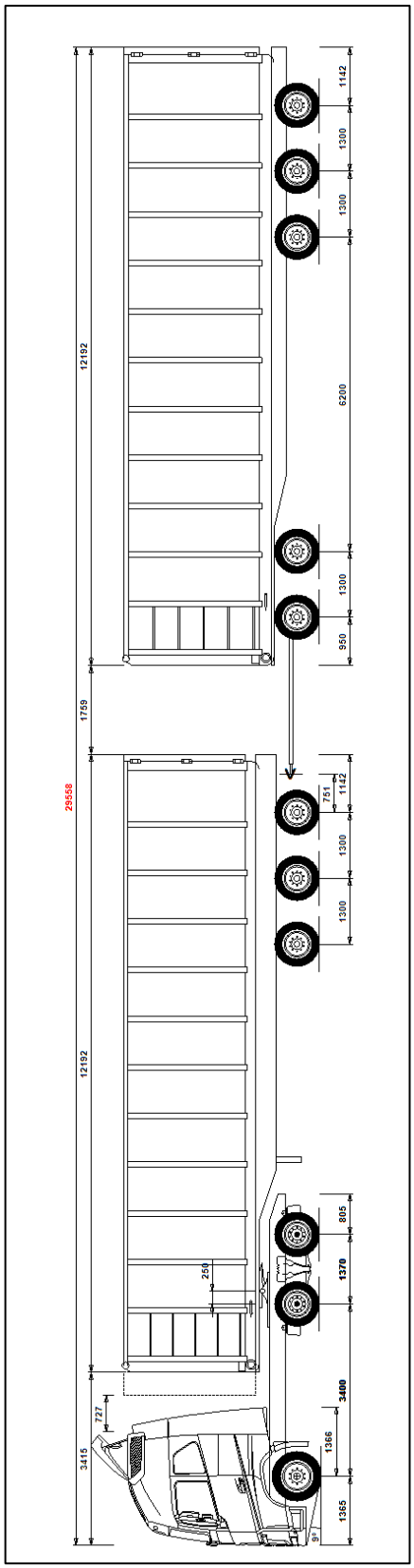
Kombination 2 liknar kombination 1 avsedd för 40 fots containers. I beräkningen har samtliga släpaxlar singelmonterade däck med dimension 385/55 R22.5. Vanlig framlastning och jämnt utbredd last analyseras. En variant med lyft första axel på första semitrailern görs också för att undersöka hur mycket extra drivaxeltryck som då kan förväntas. Lasthöjden är 3,75m.

Med containerlastningen uppfylls BK4-kravets gräns på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet. Drivaxeltrycket är relativt högt och når i stort sett BK4-kravens nivå på minst 20% för samtliga lastfall. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, men inte det Svenska 25,25 vändningskravet. Med lyft första traileraxel ökas drivaxeltrycket en procentenhet, på bekostnad av ca 0,7 m större utrymmesbehov i vändningsprovet.



*Figur 41 Kombination 2 principskiss*

| | Standard last | Standard last Axel lyft | Utbredd last | Utbredd last Axel lyft |
|---|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,1 | 74,1 | 74,1 | 74,1 |
| **Axelavstånd [m]** | 27,85 | 27,85 | 27,85 | 27,85 |
| **Längd [m]** | 30,36 | 30,36 | 30,36 | 30,36 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,40 | -0,30 | 0,39 | -0,31 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,41 | 0,44 | 0,42 | 0,44 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,76 | 3,76 | 3,76 | 3,76 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,48 | 1,47 | 1,54 | 1,49 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,82 | 1,75 | 1,79 | 1,71 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,40 | 0,38 | 0,40 | 0,39 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,47 | 0,46 | 0,47 | 0,45 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,40 | 0,41 | 0,40 | 0,40 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 22,1% | 23,1% | 19,9% | 21,1% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 24,7% | 25,6% | 22,9% | 23,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,7% | 5,9% | 5,2% | 5,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,1 | 7,2 | 6,9 | 7,1 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 16,3 | 17,1 | 14,7 | 15,6 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,0 | 16,1 | 18,8 | 17,8 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 16,6 | 16,6 | 14,8 | 14,8 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 17,0 | 17,0 | 18,8 | 18,8 |

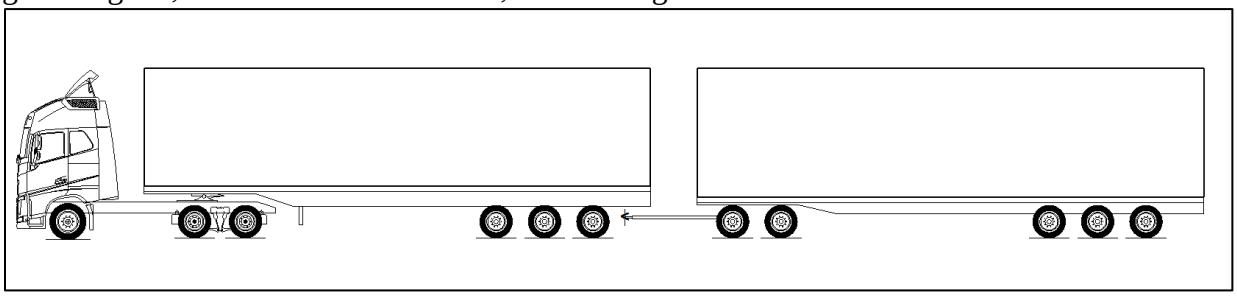



*Figur 42 Kombination 2 måttskiss*

### 3. 6x4 A-dubbel/flis, ca 74ton

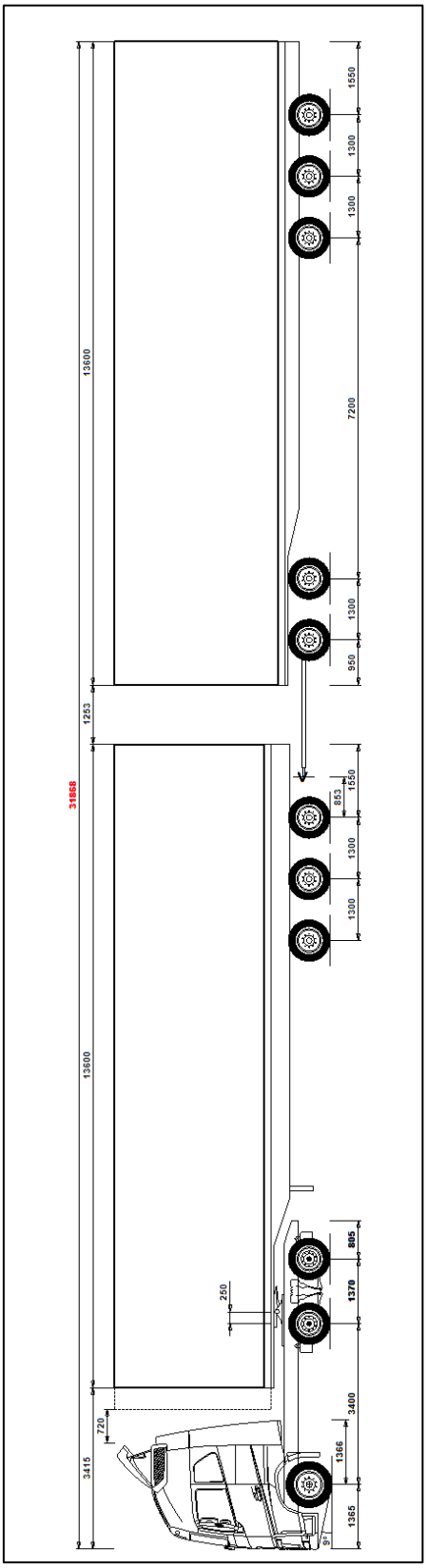
Fordonskombination 3 är lik kombination 1 men är utformad för jämnt utbredd last, och semitrailrarna har därför längre hjulbas än vanliga EMS-semitrailrar. I beräkningen har samtliga släpaxlar singelmonterade däck. Jämnt utbredd last analyseras samt en variant med lyft första axel på första semitrailern för att undersöka hur mycket extra drivaxeltryck som då kan förväntas. Lasthöjden är 4,4m.

Med 4,4 meters lasthöjd på semitrailrarna, uppfylls inte BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket gäller för samtliga studerade 4,5 meter höga lastbilar och släp oavsett kombinationens totallängd. Drivaxeltrycket når i princip BK4-kravens nivå på minst 20%. Om pressat axeltryck aktiveras nås 22,5 %. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls däremot med god marginal, men inte det Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 43 Kombination 3 principskiss*

| | Standard last | Standard last Traileraxel lyft |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 28,95 | 28,95 |
| **Längd [m]** | 31,87 | 31,87 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | -1,02 | -1,80 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,48 | 0,50 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,26 | 3,26 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,42 | 1,41 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,68 | 1,61 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,37 | 0,37 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,51 | 0,50 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,43 | 0,43 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,19 | 0,19 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 19,4% | 20,5% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 22,4% | 23,4% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,1% | 5,3% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,9 | 7,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 14,4 | 15,2 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 19,2 | 18,3 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 14,4 | 14,4 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 19,1 | 19,1 |

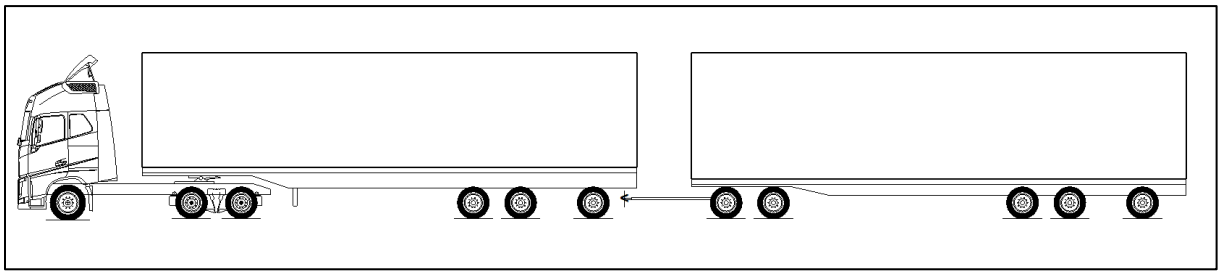



*Figur 44 Kombination 3 principskiss*

## 4. 6x4 A-dubbel/flis/traileraxelstyrning, ca 74ton

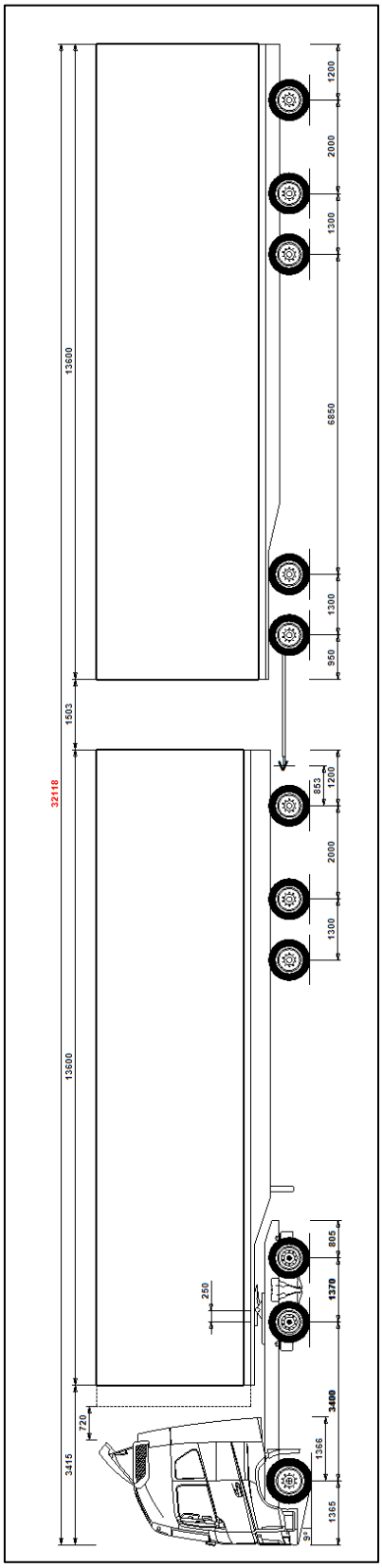
Fordonskombination 4 har samma påbyggnadsmått som kombination 1, men är kompletterad med bakåtflyttade lågfartsstyrande sista axlar på båda semitrailrarna. Första semitrailerns bakre kopplingspunkt och är bakåtflyttad med den styrbara axeln, vilket samtidigt innebär att Dollys dragstång är förkortad motsvarande. De andra två axlarna i respektive traileraxelgrupp är något framflyttade. I beräkningen har samtliga släpaxlar singelmonterade däck. Jämnt utbredd last analyseras samt en variant med lyft första axel på första semitrailern för att undersöka hur mycket drivaxeltryck som då kan förväntas.

Med standardmässigt 4,4 meters lasthöjd på semitrailrarna, uppfylls inte BK4-kravet på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet. Drivaxeltrycket är relativt högt men når inte riktigt BK4-kravets nivå på minst 20%. Om pressat axeltryck aktiveras uppfylls dock kravet. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal. De styrande traileraxlarna, plus de övriga geometriska förändringarna förbättrar väsentligt minsta cirkelradien från -1,02 meter för kombination 3 till +1,63 m för kombination 4, vilket är betydligt närmare det 25,25 vändningskravet, men som ändå inte uppfylls. Notera att utrymmesbehov även kan minskas med lyftbara sista traileraxlar, men nackdelen är då att drivaxeltrycket samtidigt minskar och troligen de lastbärande traileraxlarna överbelastas. En kombination av lyftbar mittaxel och styrbar sista axel kan troligen förbättra lågfartsmanövrering ytterligare utan att förlora drivaxeltryck.



*Figur 45 Kombination 4 principskiss*

| | Standard last | Standard Last Traileraxel lyft |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 29,55 | 29,55 |
| **Längd [m]** | 32,12 | 32,12 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 1,63 | 0,80 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,37 | 0,41 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,29 | 3,30 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,47 | 1,46 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,74 | 1,65 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,40 | 0,40 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,52 | 0,50 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,42 | 0,42 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,19 | 0,19 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 19,0% | 20,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 22,1% | 23,2% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,0% | 5,3% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,9 | 7,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 14,1 | 15,0 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 19,5 | 18,4 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 14,1 | 13,6 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 19,4 | 19,9 |

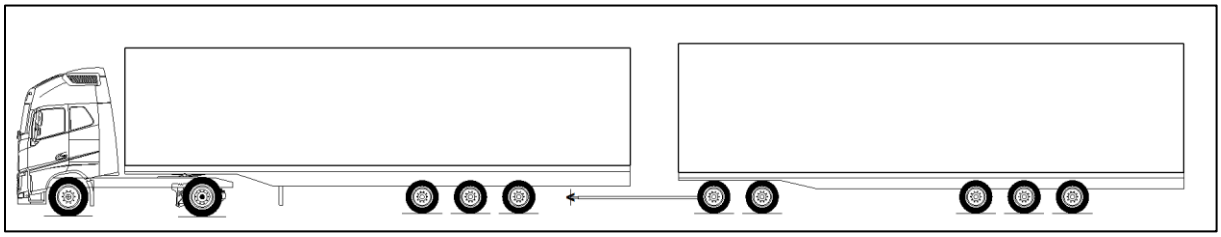



*Figur 46 Kombination 4 principskiss*

## 5. 4x2 A-dubbel/styckegods ca 70ton

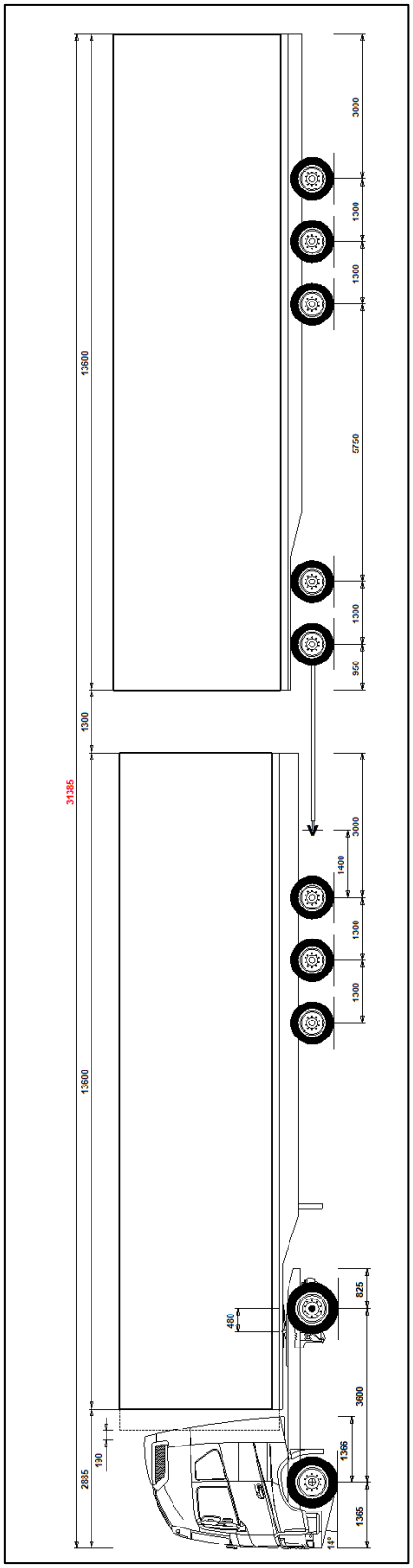
Fordonskombination 5 har samma påbyggnadsmått som kombination 1, men har en tvåaxlig dragbil istället för en treaxlig. Den tvåaxliga klarar förmodligen transporten bra i vissa fall, flexibilitet för varierande godsplacering och drivförmåga är låg. I beräkningen har samtliga släpaxlar singelmonterade däck. Jämnt utbredd last analyseras samt en variant med lyft första axel på första semitrailern görs för att undersöka hur mycket drivaxeltryck som då kan förväntas. Lasthöjden är 4,4m.

Med 4,4 meters lasthöjd på semitrailrarna, uppfylls inte BK4-kraven gräns på 3,5 $m/s^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp oavsett kombinationens totallängd. Med den enda drivaxeln, med kombinationen lastad för maximerat axeltryck 11,5 ton, är det procentuella drivaxeltrycket ändå lågt och klarar inte BK4-kravens nivå på minst 20%. Drivaxeltrycket kan ej ökas då det nått lagligt max 11,5ton vilket innebär max 57,5ton bruttovikt. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls däremot med god marginal, men inte det Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 47 Kombination 5 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 70,4 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 27,07 | 27,07 |
| **Längd [m]** | 31,44 | 31,44 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 1,66 | 1,67 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,45 | 0,46 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,28 | 3,22 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,75 | 1,89 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,07 | 2,14 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,52 | 0,58 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,63 | 0,68 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,35 | 0,30 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,18 | 0,18 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 16,3% | 13,8% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 16,3% | 13,8% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 3,6% | 2,9% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,6 | 6,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 11,5 | 10,2 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 19,3 | 22,6 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 13,7 | 12,2 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 19,3 | 22,6 |



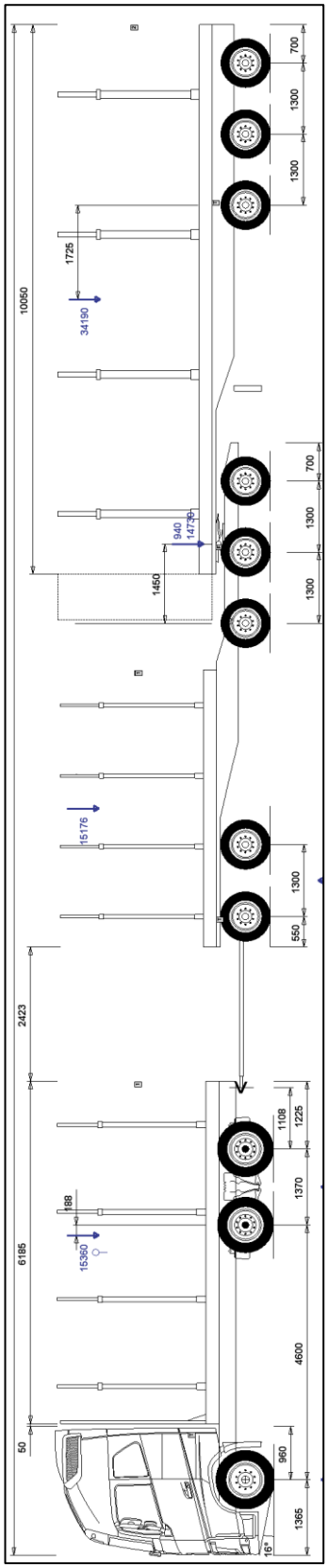

*Figur 48 Kombination 5 principskiss*

**6 och 7. 6x4 AB-dubbel/timmer/container/ETT, ca 74ton**

Fordonskombination 6 och 7 har samma mått som Volvos 90-tons ETT-kombination som körde timmer med speciellt utfärdad föreskrift mellan Överkalix och Piteå 2009-2018. Som timmerkombination finns tvillingmonterade hjul på samtliga släpaxlar och lasthöjden är för timmergodset 4,4 meter, vilket motsvarar en ganska låg timmerdensitet. Som containerkombination finns singelmontage på samtliga axlar. Lasthöjden för containerlastningen blir 3,75 m på grund av containerns standardmått.

Med timmergods hamnar den statiska vältstabiliteten under BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$ Stabilitetssystem behövs, Med containerlast uppfylls vältgränsmålet. Drivaxeltrycket når nästan BK4-kravens nivå på minst 20%. Om pressat axeltryck aktiveras uppfylls kravet. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal. Vändningsutrymmet hamnar någon centimeter under det Svenska 25,25 vändningskravet.

| | Timmer | Container standard last | Container utbredd last |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 26,32 | 26,32 | 26,32 |
| **Längd [m]** | 29,31 | 29,50 | 29,50 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 1,99 | 1,98 | 1,98 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,21 | 0,22 | 0,22 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 2,89 | 3,57 | 3,57 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,52 | 1,57 | 1,64 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,16 | 2,12 | 2,13 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,58 | 0,52 | 0,53 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,65 | 0,49 | 0,49 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,37 | 0,41 | 0,39 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 20,7% | 19,8% | 20,9% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 22,9% | 22,2% | 23,1% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,2% | 5,1% | 5,3% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,3 | 9,0 | 8,2 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 15,3 | 14,7 | 15,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 12,8 | 13,3 | 12,8 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 18,6 | 19,9 | 18,3 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 18,9 | 17,2 | 19,3 |



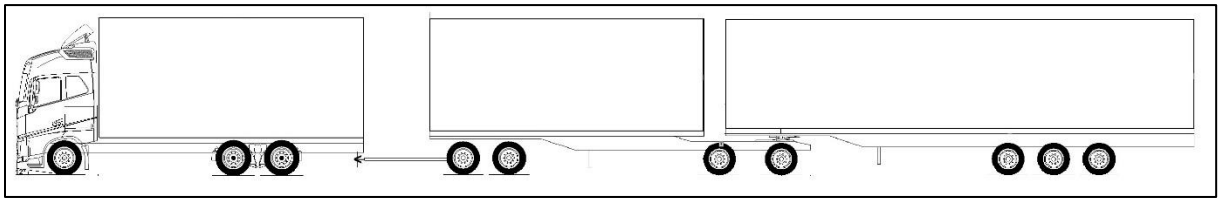

*Figur 50 Kombination 6 principskiss*

*Figur 49 ETT-kombinationen ÖverKalix – Piteå*

## 8. 6x4 AB-dubbel/styckegods/tvåaxlig link, ca74 ton

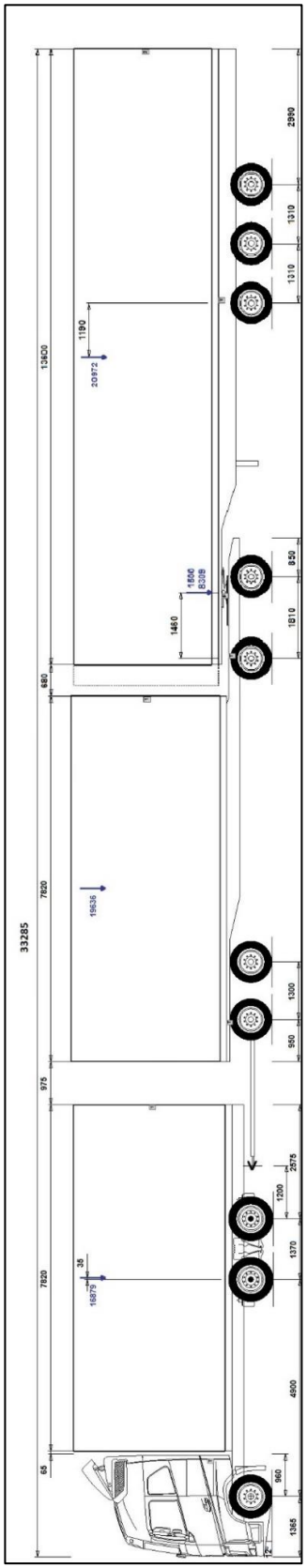
Fordonskombination 8 är sammansatt av en vanlig svensk 25,25 m modulkombination bestående av lastbil, dolly och semitrailer, men kompletterad med en tvåaxlig link. Denna AB-dubbel blir därmed den kombination i rapporten som har det största lastutrymmet. Dollyn och linken har tvillingmonterade hjul och semitrailern har singelmonterade hjul. Höjden är för styckegodslastningen satt till standardmässigt 4,4 meter.

Den statiska vältstabiliteten uppfyller ej BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$. Drivaxeltrycket når nästan BK4-kravens nivå på minst 20%. Om pressat axeltryck aktiveras uppfylls kravet helt. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal. Kombination klarar inte det Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 51 Kombination 8 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Mix | Mix |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 29,30 | 29,30 |
| **Längd [m]** | 33,42 | 33,42 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | -0,03 | -0,02 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,35 | 0,35 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,30 | 3,32 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,48 | 1,53 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,01 | 2,05 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,57 | 0,59 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,53 | 0,52 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,40 | 0,37 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,19 | 0,19 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 19,4% | 20,7% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 21,7% | 22,8% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 4,9% | 5,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,9 | 7,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 14,4 | 15,3 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 12,2 | 11,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,9 | 19,5 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 18,6 | 20,5 |

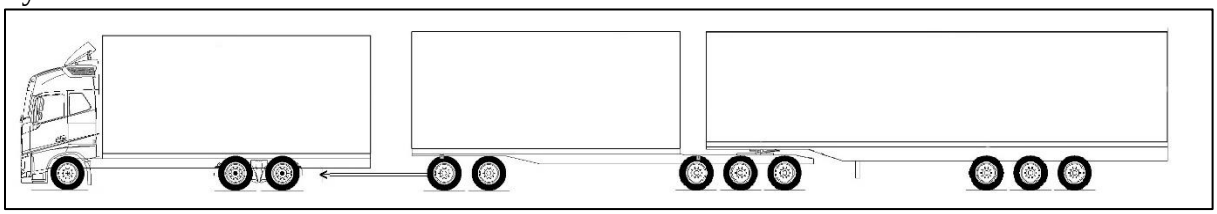



*Figur 52 Kombination 8 principskiss*

**9 och 10. 6x4 AB-dubbel/styckegods, ca74ton**

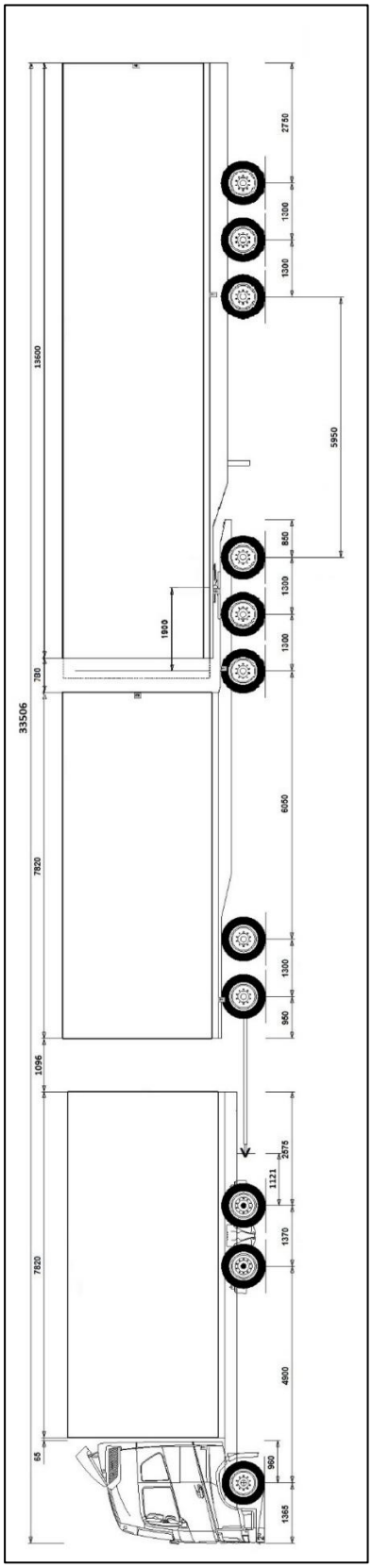
Fordonskombination 9 och 10 är i grunden sammansatt av en vanlig svensk 25,25 m modulkombination bestående av lastbil, dolly och semitrailer, men kompletterad med en treaxlig link. Denna AB-dubbel blir därmed, jämte kombination 8, den kombination i rapporten som har största lastutrymmet. Inverkan av styrda traileraxlar har undersökts, med i övrigt samma fordonsdata, här kallad kombination 10. Alla släp har singelmonterade hjul. Höjden är för styckegodslastningen satt till standardmässigt 4,4 meter.

Den statiska vältstabiliteten uppfyller ej BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$. Drivaxeltrycket når nästan BK4-kravens nivå på minst 20%. Om pressat axeltryck aktiveras uppfylls kravet helt. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal. Kombination 9 klarar inte det Svenska 25,25 vändningskravet. Kombination 10 är bättre i vändcirkelprovet men klarar inte heller kravet. För att få bättre verkan på styrbara axlar kan man behöva göra såsom gjort för kombination 4, där de styrda traileraxlarna bakåtflyttas något samtidigt som de icke-styrda axlarna flyttas framåt.



*Figur 53 Kombination 9 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last | Standard last styr link och semitrailer | Utbredd last last styr link och semitrailer |
|---|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på slap** | Singel | Singel | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 29,40 | 29,40 | 29,40 | 29,40 |
| **Längd [m]** | 33,52 | 33,52 | 33,52 | 33,52 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | -0,06 | -0,05 | 1,02 | 1,02 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,32 | 3,33 | 3,32 | 3,33 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,48 | 1,53 | 1,49 | 1,53 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,01 | 2,05 | 2,02 | 2,05 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,56 | 0,58 | 0,57 | 0,58 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,48 | 0,47 | 0,48 | 0,48 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,41 | 0,38 | 0,41 | 0,38 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 19,2% | 20,4% | 19,2% | 20,4% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 21,5% | 22,6% | 21,5% | 22,6% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 4,9% | 5,1% | 4,9% | 5,1% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,9 | 7,0 | 7,9 | 7,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 14,2 | 15,1 | 14,2 | 15,1 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 12,8 | 12,3 | 12,6 | 11,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,8 | 19,4 | 21,0 | 20,0 |
| **Axelgrupptryck tredje släpgrupp [ton]** | 18,3 | 20,3 | 18,3 | 20,3 |

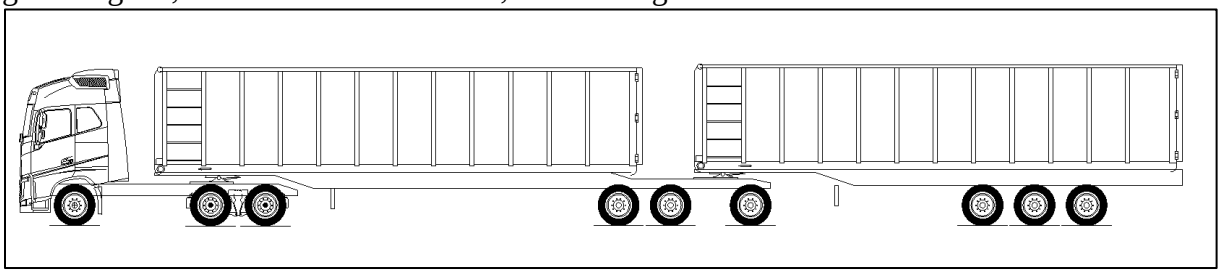



*Figur 54 Kombination 9 principskiss*

## 11. 6x4 B-dubbel/container/styrd link, ca 67 ton

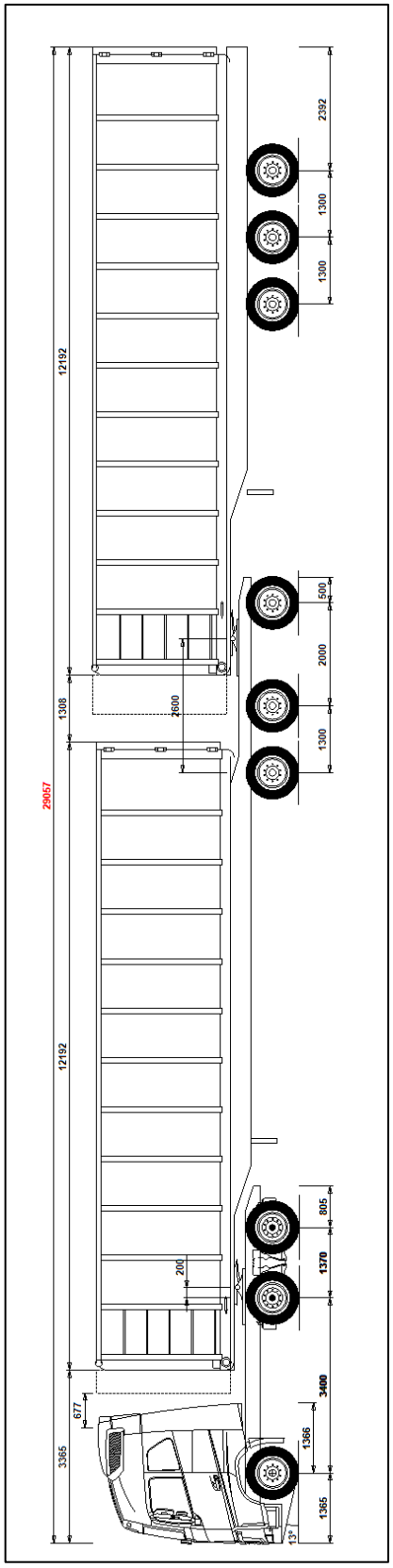
Fordonskombination 11 är en B-dubbel med längre link än vad som går att få plats med inom 25,25 meters längd. Linken har en lågfartsstyrande sista axel för att minska utrymmesbehovet vid lågfartsmanövrering. För att ytterligare förbättra manövreringen finns en variant där även semitrailern försetts med styrbar sista axel. Samtliga släpaxlar har singelmonterade däck. Kombinationen beräknades med framlastning och med jämnt utbredd last. Lasthöjden med containrarna blir ca 3,75 m. Med aktuell geometri och med antagen lastutbredning kan man inte komma upp i 74 tons bruttovikt. För att komma upp till 74t behövs antingen axelgruppen på linken dras isär för att kunna lasta mer än 24ton eller linken och semitrailerns hjulbas längas respektive kortas för att föra över vikt till dragbilen och semitrailern. Alternativt ha kontroll på var tyngdpunkten.

Med containerlastningen uppfylls BK4-kravets gräns på 3,5 m/s$^2$. Drivaxeltrycket är relativt högt och når BK4-kravens nivå på minst 20% . Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, men inte det Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 55 Kombination 11 principskiss*

| | Standard last Styrd link | Utbredd last Styrd link | Standard last styrd link och semitrailer | Utbredd last styrd link och semitrailer |
|---|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 67,1 | 69,0 | 67,1 | 69,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 25,30 | 25,30 | 25,30 | 25,30 |
| **Längd [m]** | 28,99 | 28,99 | 28,99 | 28,99 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | -0,55 | -0,54 | 0,04 | 0,05 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,56 | 0,55 | 0,58 | 0,58 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,86 | 3,83 | 3,86 | 3,83 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,03 | 1,06 | 1,03 | 1,06 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,15 | 1,20 | 1,15 | 1,20 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,20 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,26 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 25,5% | 24,2% | 25,5% | 24,2% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 28,2% | 26,9% | 28,2% | 26,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,6% | 6,2% | 6,6% | 6,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,0 | 6,9 | 7,0 | 6,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 17,1 | 16,7 | 17,1 | 16,7 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,0 | 21,4 | 19,0 | 21,4 |

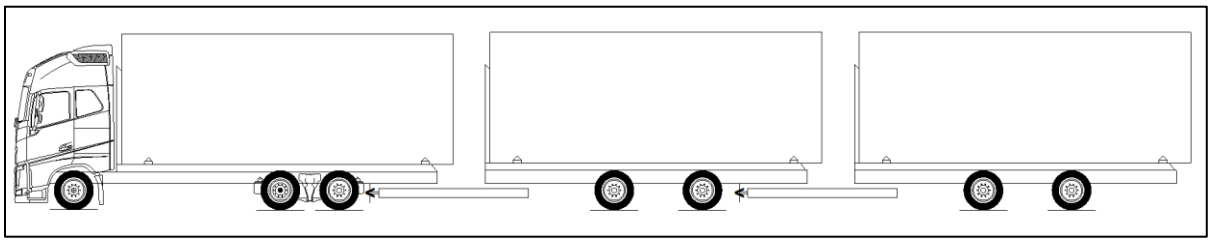



*Figur 56 Kombination 11 principskiss*

## 12. 6x4 C-dubbel/tvåaxliga kärror för styckegods , ca 64 ton

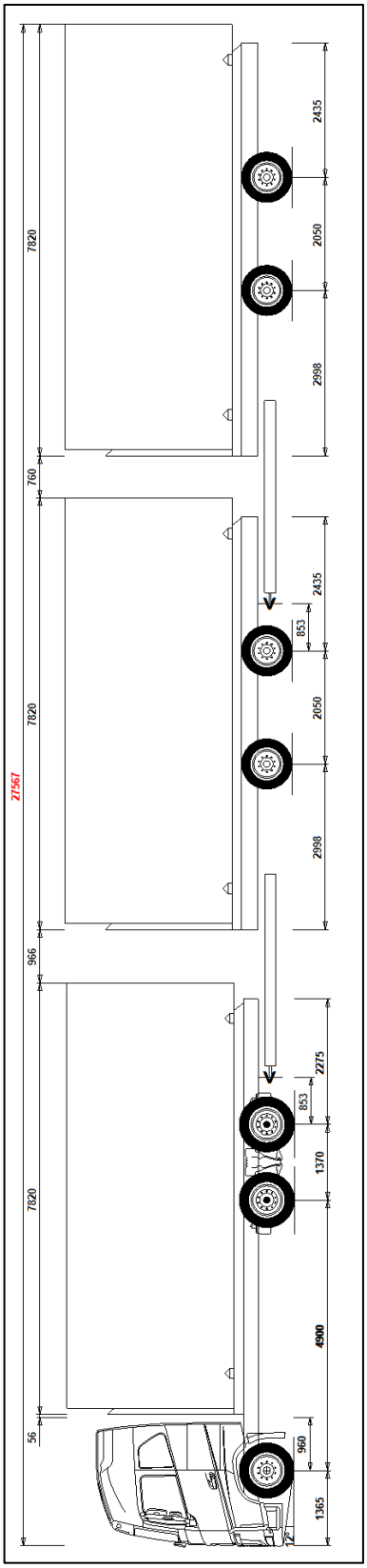
Fordonskombination 12 har mått i enlighet med en kombination som transporterar kontorsmöbler åt Kinnarps AB med särskilt utfärdat tillstånd för teknisk provning (TSV 2018-1888, DUO-kärra) mellan Kinnarp och Skillingaryd. Lastbilen har dubbla drivaxlar. Det är tvillingmonterade hjul på kärrornas boggiaxelarrangemang. Kombinationen är inte avsedd för BK4-nivå avseende bruttovikt. Maximal bruttovikt hamnar snarare på BK1-nivå. Kärror har givits en höjd av 4,0 meter med referens till Transportstyrelsens krav på kombinationstyper som är längre än 24 meter. Även lastbilens höjd är här anpassad till detta höjdmått.

Med 3,9 meters lasthöjd för samtliga fordon, uppfylls BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet. Drivaxeltrycket blir relativt högt, knappt 28%. Pressat axeltryck innebär ca 30% drivaxeltryck. Bakåtförstärkningskravet för BK4 uppfylls, liksom dämpningskravet, men här med liten marginal i fallet utbredd last. Det Svenska 25,25 vändningskravet uppfylls.

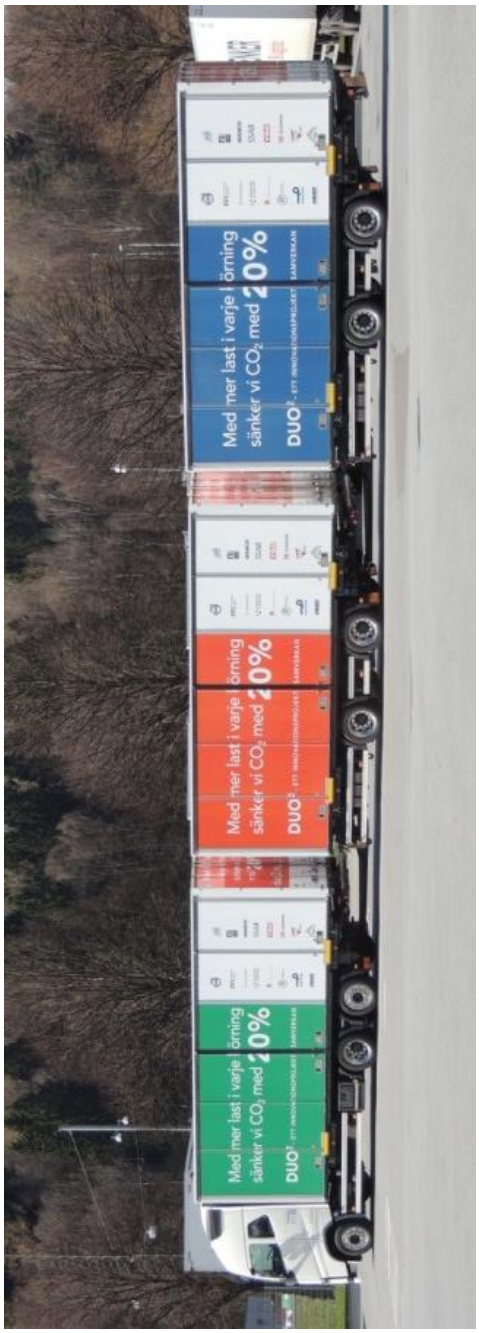


*Figur 57 Kombination 12 principskiss*

| | Standardlast | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,90 | 3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,1 | 64,7 |
| **Axelavstånd [m]** | 23,43 | 23,43 |
| **Längd [m]** | 27,57 | 27,57 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,22 | 3,22 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,34 | 0,34 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,77 | 3,78 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,80 | 1,89 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,32 | 2,42 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,60 | 0,64 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,88 | 0,87 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,27 | 0,18 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,15 | 0,15 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 27,5% | 27,9% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,6% | 29,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,9% | 7,0% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,2 | 7,3 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 17,6 | 18,1 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 20,1 | 20,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 18,2 | 19,3 |




*Figur 59 Kombination 12 principskiss*

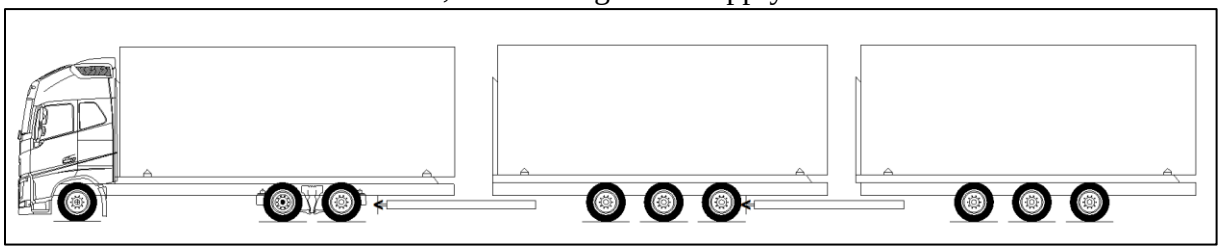



*Figur 58 DUO-kärra GBG-Malmö*

## 13. 6x4 C-dubbel/treaxliga kärror för styckegods , ca 73 ton

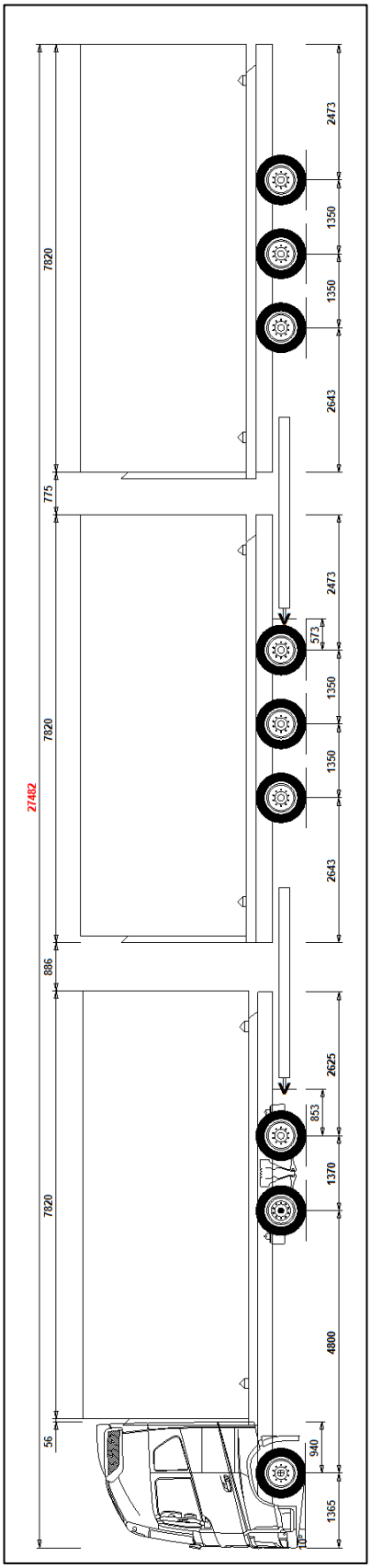
Fordonskombination 13 har liksom kombination 12 mått i enlighet med en kombination som transporterar kontorsmöbler åt Kinnarps AB med särskilt utfärdat tillstånd för teknisk provning (TSV 2018-1888, DUO-kärra) mellan Kinnarp och Skillingaryd. Lastbilen har dubbla drivaxlar. Det är singelmonterade hjul på kärrornas trippelaxelarrangemang vilket gör att bruttovikten når BK4-nivå. Kärror har givits en höjd av 4,0 meter med referens till Transportstyrelsens krav på kombinationstyper som är längre än 24 meter. Även lastbilens höjd är här anpassad till detta höjdmått.

Med 3,9 meters lasthöjd för samtliga fordon, uppfylls BK4-kraven gräns på 3,5 m/s2 för vältstabilitet. Drivaxeltrycket blir relativt högt, knappt 25%. Pressat axeltryck innebär ca 28% drivaxeltryck. Bakåtförstärkningskravet för BK4 uppfylls, liksom dämpningskravet, men här med liten marginal i fallet utbredd last. Det Svenska 25,25 vändningskravet uppfylls.



*Figur 60 Kombination 13 principskiss*

| | Standardlast | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,90 | 3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 73,2 | 72,2 |
| **Axelavstånd [m]** | 23,49 | 23,49 |
| **Längd [m]** | 27,38 | 27,38 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,49 | 3,49 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,35 | 0,35 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,77 | 3,88 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,70 | 1,79 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,30 | 2,40 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,59 | 0,62 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,74 | 0,73 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,26 | 0,18 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,15 | 0,15 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 25,9% | 26,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 27,5% | 27,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,4% | 6,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,5 | 7,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 18,9 | 19,0 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 23,8 | 23,2 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 22,0 | 22,7 |



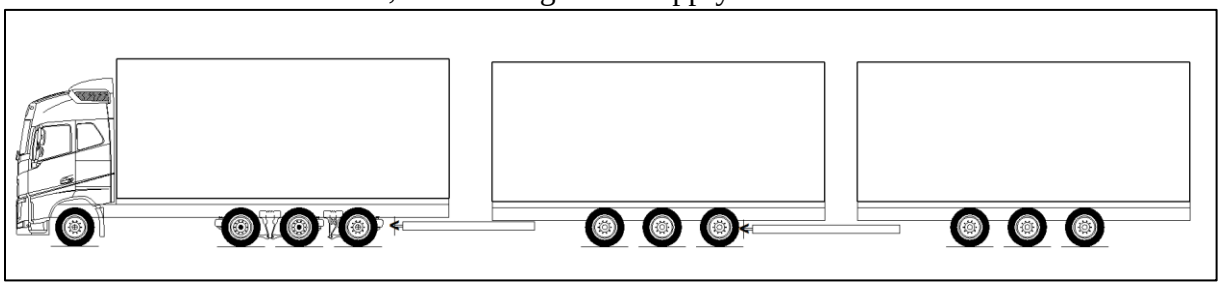

*Figur 62 Kombination 13 principskiss*

*Figur 61 DUO-kärra GBG-Malmö*

## 14. 6x4 C-dubbel/treaxliga kärror för styckegods , ca 74 ton

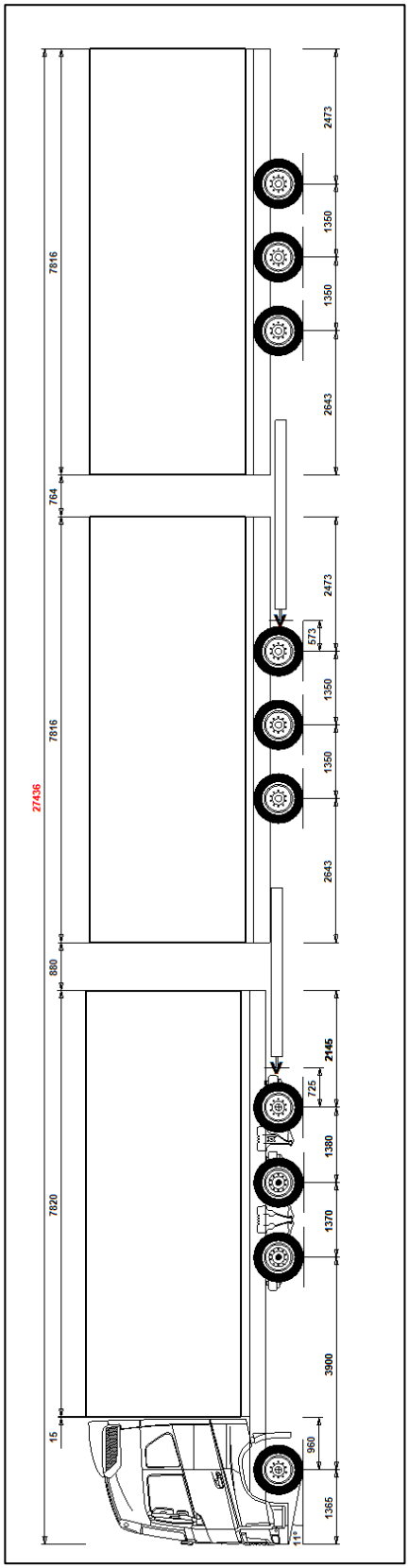
Fordonskombination 14 har kärrornas mått enligt kombination 13 men den treaxliga lastbilen är ersatt med en fyraxlig lastbil i syfte att ha en lastbil som är mer flexibel för distributionskörning utan kärror tillkopplade. Lastbilen har ett trippelaxelarrangemang med dubbla drivaxlar. Det är singelmonterade hjul på kärrornas trippelaxelarrangemang vilket gör att bruttovikten når BK4-nivå. Kärror har givits en höjd av 4,0 meter med referens till Transportstyrelsens krav på kombinationstyper som är längre än 24 meter. Även lastbilens höjd är här anpassad till detta höjdmått.

Med 3,9 meters lasthöjd för samtliga fordon, uppfylls BK4-kraven gräns på 3,5 m/s2 för vältstabilitet. Drivaxeltrycket blir med normal axeltrycksfördelning för lastbilen, knappt 20%, men pressat axeltryck innebär drygt 30% drivaxeltryck. Bakåtförstärkningskravet för BK4 uppfylls, men ligger relativt övriga 34-meters kombinationer på hög nivå.  Dämpningskravet uppfylls, med liten marginal i fallet utbredd last. Svenska 25,25 vändningskravet uppfylls.



*Figur 63 Kombination 14 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,90 | 3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 24,27 | 24,27 |
| **Längd [m]** | 28,16 | 28,16 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,47 | 3,46 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,35 | 0,35 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 4,29 | 4,35 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,94 | 2,01 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,56 | 2,65 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,60 | 0,65 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,79 | 0,80 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,24 | 0,15 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,16 | 0,16 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 19,3% | 19,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 30,5% | 30,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,1% | 7,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,2 | 7,3 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 20,2 | 20,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 23,7 | 23,4 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 21,9 | 22,9 |

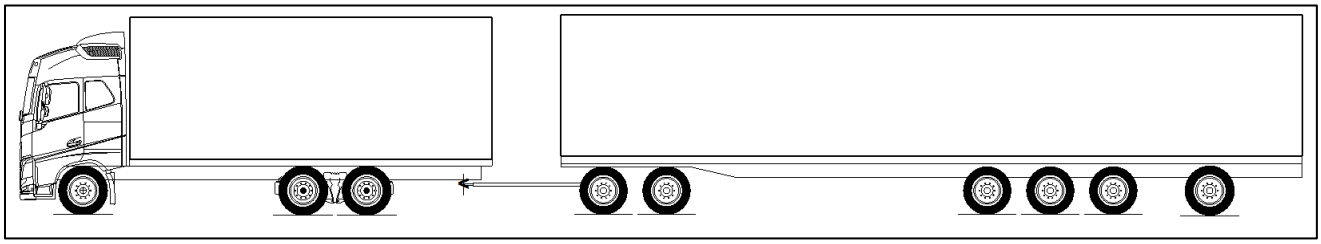



*Figur 64 Kombination 14 principskiss*

## 15. 6x4 Modultåg-A/styckegods/71t

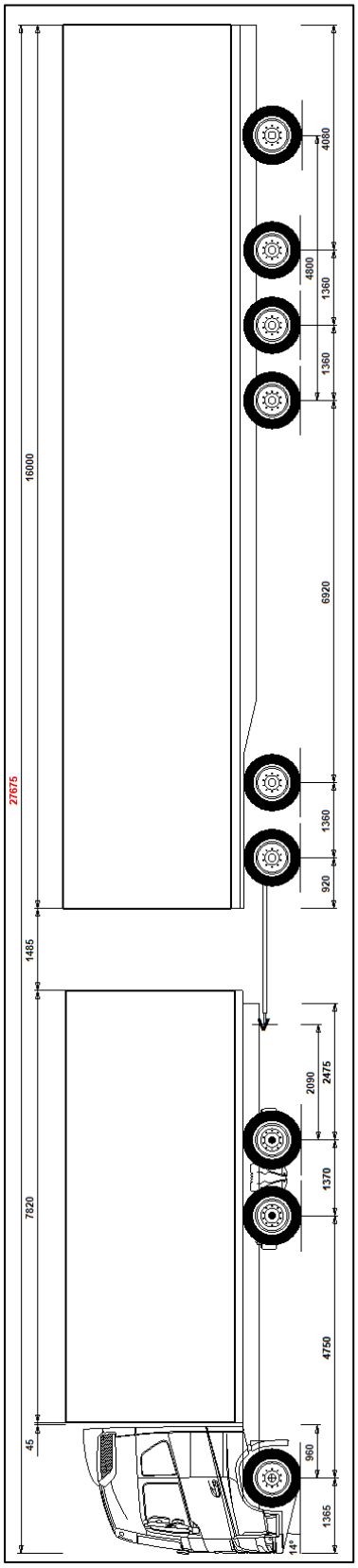
Fordonskombination 15 är lik en vanlig 25,25m modultåg A (se kombination 709) men med längre släp (16m istället för 13,6m) och en extra styr axel längst bak, denna variant är godkänd i Finland.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s2 för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Gränsvärdena får underskridas om fordonen är utrustade med ett stabilitetssystem för vältning som förhindrar att fordonen överskrider den beräknade stabilitetsgränsen under färd se referens 33. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 65 Kombination 15 principskiss*

| | Utbredd last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 71,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 24,29 |
| **Längd [m]** | 27,66 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 2,41 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,46 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,77 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,38 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,86 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,55 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,60 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,39 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,16 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 26,2 |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 28,0 |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,5 |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 18,6 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 27,3 |




*Figur 66 Kombination 14 principskiss*

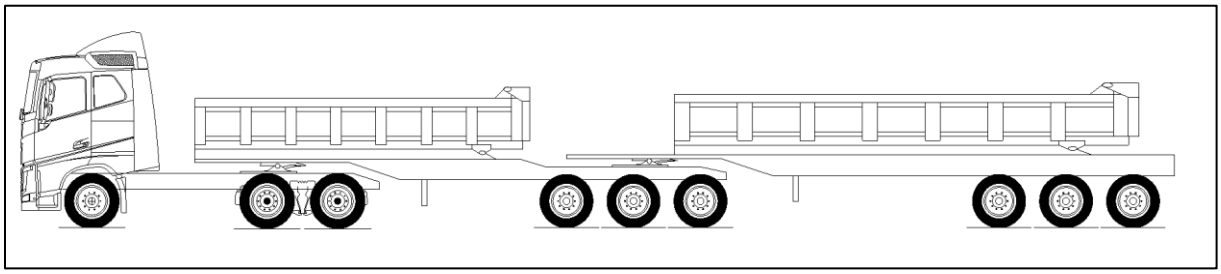
# 11 Appendix 2 Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 74 ton (BK4)

De här fordonskombinationerna är tillåtna att köra på vägar med bärighetsklass 4 (BK4), som alltså har en tillåten bruttovikt upp till 74 ton. Flertalet har ett avstånd mellan första och sista axel på 20,2 meter, som är den kortaste totalhjulbas som är tillåten för 74 tons bruttovikt på BK4-vägarna. Denna minsta längd mellan första och sista axel är gemensam för BK1 och BK4. Vissa av kombinationerna har mindre än 24 meters totallängd, vilket gör att de i Sverige inte behöver uppfylla längdkraven i EU96/53 eller Svenska 25,25-vändsningskravet. En maximalt 24 meter lång fordonskombination får dessutom i Sverige ha en släpvagn som är längre än 12 meter och en semitrailer som är mer än 13,6 meter lång. En del av de här kombinationerna analyseras också med reducerad last till 64 tons bruttovikt. Även 64-tonnarna jämförs här i många fall mot BK4-kraven, men behöver egentligen inte uppfylla dem.

**701. 6x4 B-dubbel/anläggning/74t/22m**

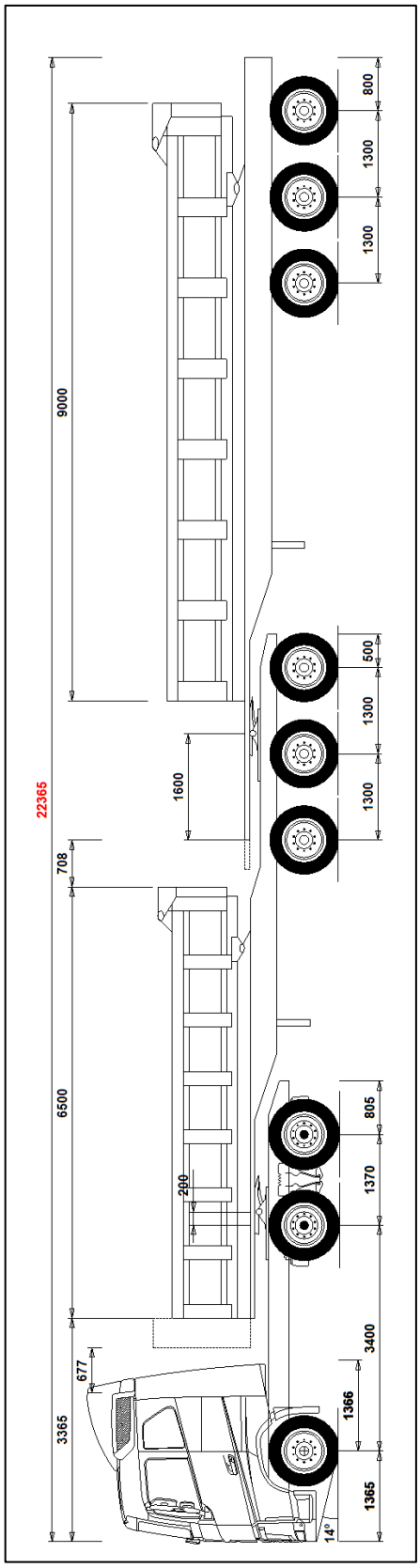
Denna anläggningskombination (kombination 701) är tänkt att vare en effektiv vägtransport, samtidigt som den kan fungera bra på trängre byggarbetsplatser där linken och semitrailern kan kopplas isär och förflyttas var för sig.

Detta B-dubbelkoncept är stabilt, särskilt med anläggningsgodset låga totalhöjd. Svenska BK4-kraven för vältstabilitet och bakåtförstärkning uppfylls med stor marginal. Fordonskombinationen uppfyller också Svenska 25,25-vändningskravet.



Figur 67 Kombination 701 principskiss

| | Standard last |
|---|---|
| Lasthöjd [m] | 2,75 |
| Däcktyp på släp | Singel |
| Bruttovikt [ton] | 73,9 |
| Axelavstånd [m] | 20,20 |
| Längd [m] | 22,37 |
| Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m] | 2,66 |
| Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m] | 0,33 |
| Statisk vätstabilitet [m/s2] | 4,65 |
| Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-] | 1,08 |
| Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-] | 1,35 |
| Översläng vid enkelt filbyte [m] | 0,23 |
| Lastöverföring vid enkelt filbyte [%] | 0,25 |
| Ledvinkeldämpning | 0,51 |
| Spåravvikelse på rak väg [m] | 0,13 |
| Drivaxeltryck [%] | 25,5% |
| Pressat drivaxeltryck [%] | 27,6% |
| Startförmåga, halt underlag, max motlut [%] | 6,4% |
| Axelgrupptryck fram dragfordon [ton] | 7,2 |
| Axelgrupptryck bak dragfordon [ton] | 18,8 |
| Axelgrupptryck första släpgrupp [ton] | 23,9 |
| Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton] | 24,0 |

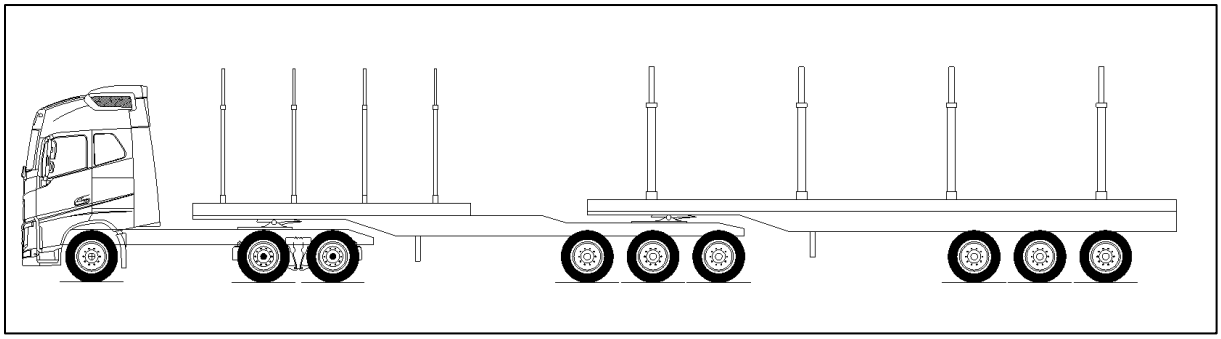


Figur 68 Kombination 701 måttskiss

**702. 6x4 B-dubbel/timmer/ca71t/23m**

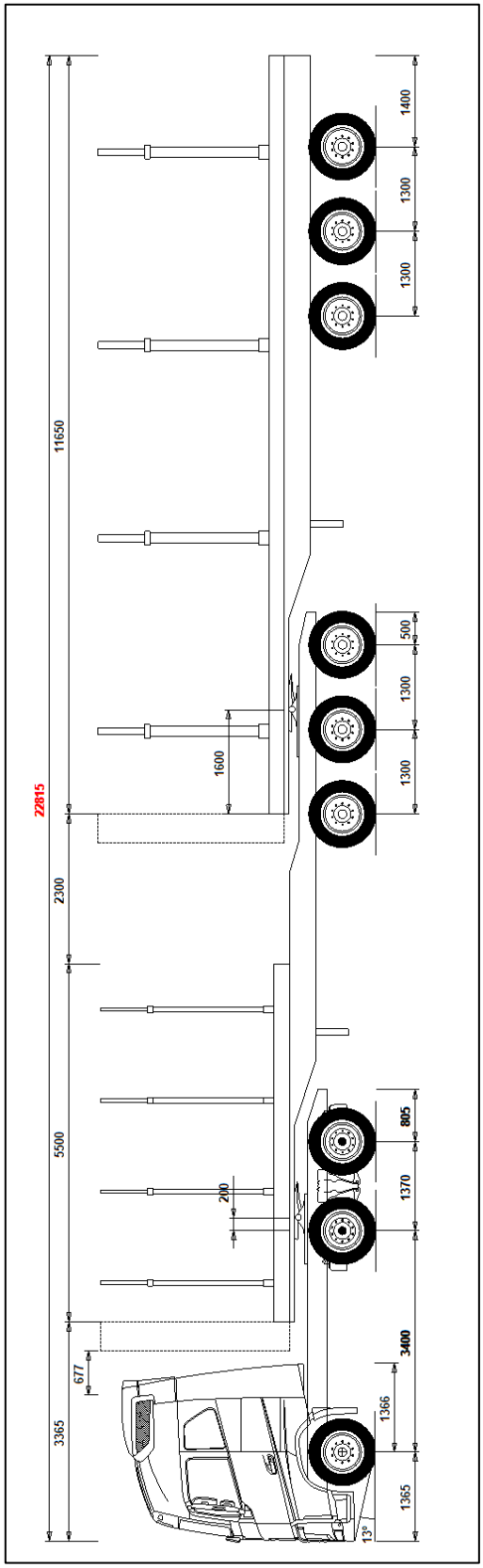
Kombination 702 har samma längdmått som Volvos timmerkombination ST-drag inom VETT6 som har gått på dispens i Västernorrlands och Jämtlands län som specificerades innan nya BK4-reglerna var fastställda. Kombinationen är lik förslaget anläggningskombinationen 701, men har en 15 cm kortare hjulbas vilket gör att den får ha en maximal bruttovikt av 73 ton.

Svenska BK4-kraven för vältstabilitet uppfylls ej, men bakåtförstärkningskravet uppfylls med god marginal. Fordonskombinationen uppfyller också svenska 25,25- vändningskravet, men kräver betydligt större utrymme i kurvor än exempelvis en motsvarande lastbil med släpvagn (kombination 714)



*Figur 69 Kombination 702 principskiss*

| | Standard last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 71,3 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,05 |
| **Längd [m]** | 22,82 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 2,82 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,37 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 2,81 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,23 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,51 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,29 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,45 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,49 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 23,1% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 25,8% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,0% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 16,5 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 23,9 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 24,0 |



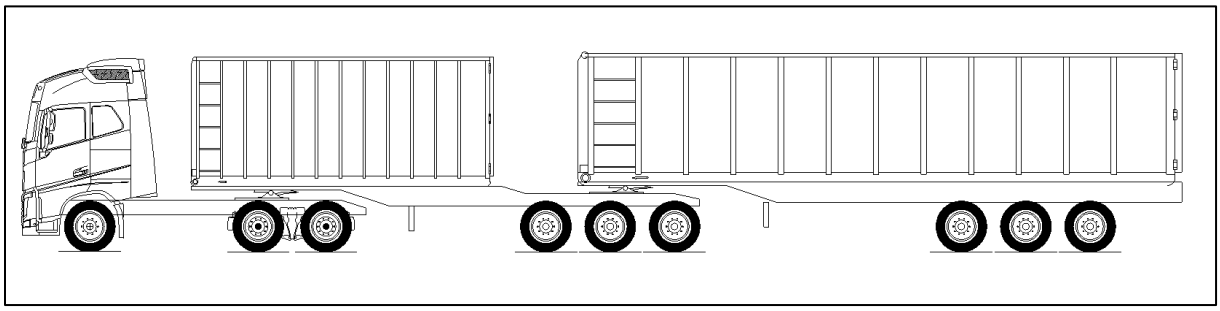

*Figur 71 Kombination 702 måttskiss*

*Figur 70 ST-drag*

**703. 6x4 B-dubbel/container/treaxlig länk/74t/23m**

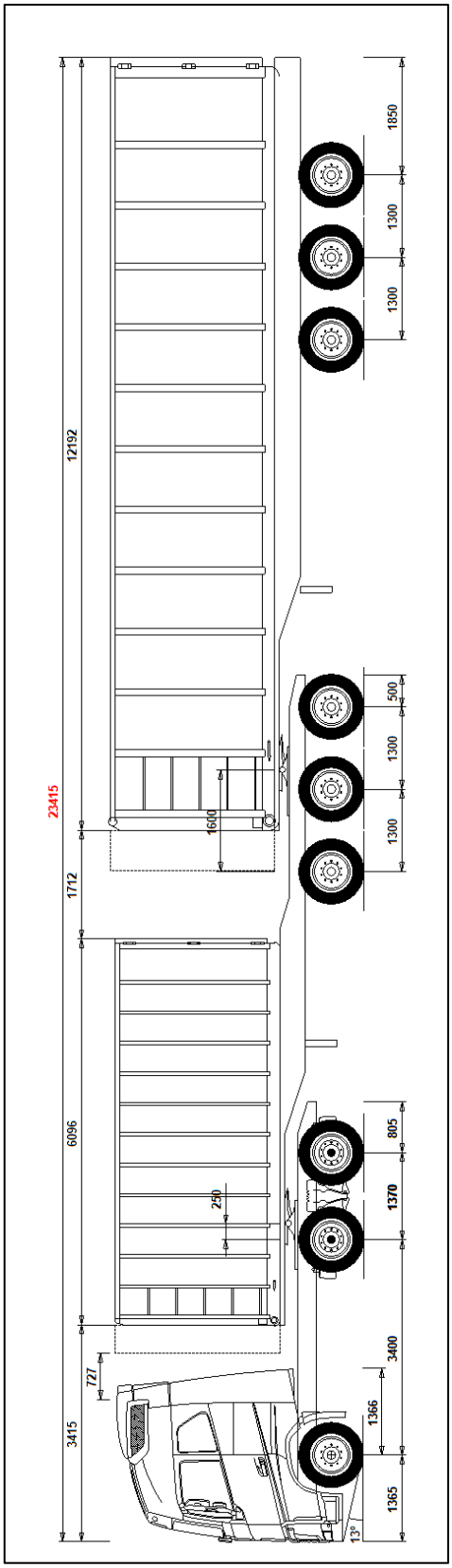
Fordonskombination 703 har samma måttkedja som sin 64-tons motsvarighet, kombination 602, men kan här lastas till 69 ton respektive 67 tons bruttovikt med framlastning respektive jämnt utbredd last.

Liksom de flesta B-dubbelkombinationer skär den in i snäva kurvor, betydligt mer jämfört med exempelvis en motsvarande lång lastbil med släpvagn. Fordonskombinationen uppfyller ändå svenska 25,25- vändningskravet. Svenska BK4-kraven för vältstabilitet uppfylls med liten marginal, medan bakåtförstärknings- och dämpningskravet uppfylls med god marginal.



*Figur 72 Kombination 703 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | 385/55 Singel | 385/55 Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 69,0 | 67,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 |
| **Längd [m]** | 23,42 | 23,42 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 2,71 | 2,72 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,33 | 0,33 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s2]** | 3,54 | 3,59 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,11 | 1,17 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,40 | 1,41 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,25 | 0,26 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,33 | 0,33 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,49 | 0,49 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 23,1% | 22,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 26,0% | 25,5% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,0% | 5,9% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,6 | 6,5 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 15,9 | 14,9 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 23,8 | 21,5 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 22,7 | 24,1 |

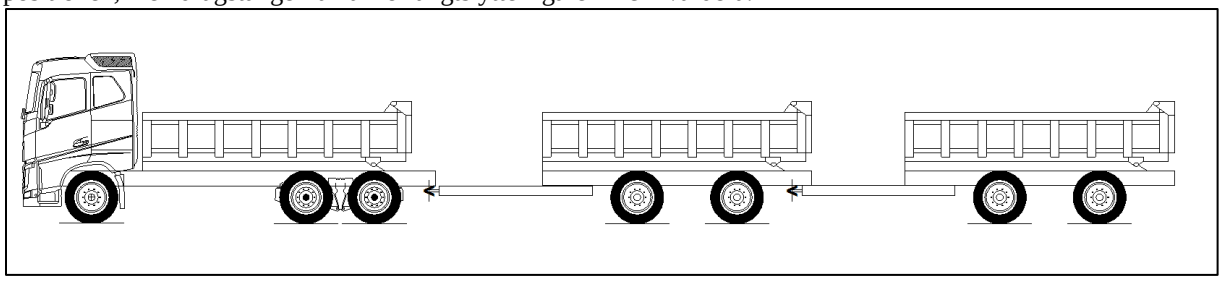



*Figur 73 Kombination 703 måttskiss*

**704. 6x4 C-dubbel/anläggning/ca68t/23m**

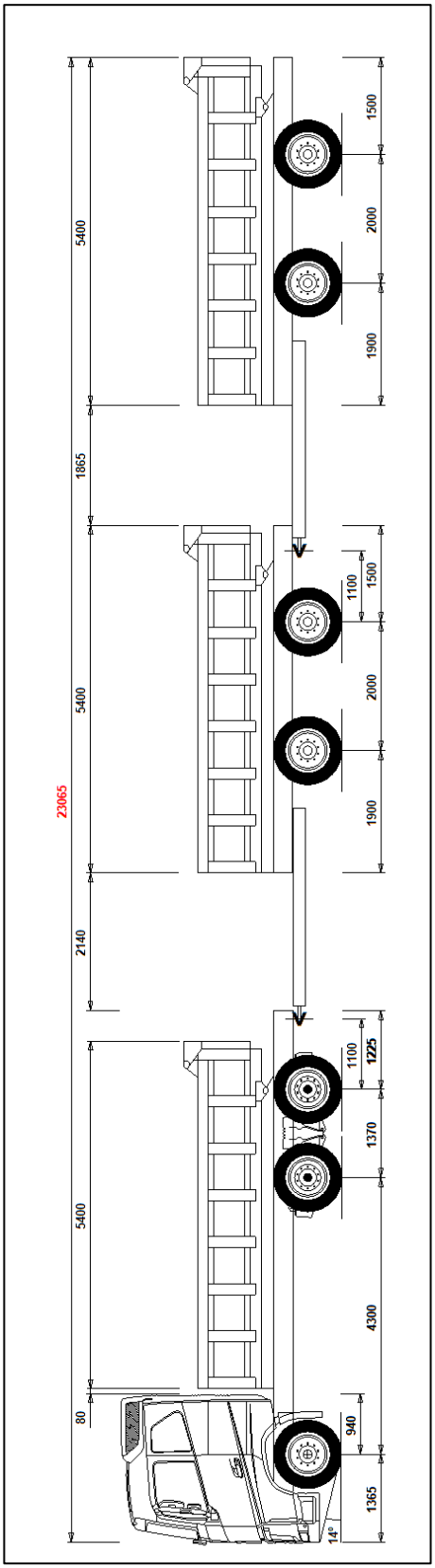
Fordonskombination 704 är en förlängning av vanlig kombination för anläggningsgods, lastbil med kärra. De dubbla kärrorna kan här lätt kopplas isär för manövrering på byggarbetsplatser.

Svenska BK4-kraven för vältstabilitet och uppfylls med stor marginal, liksom svenska 25,25- vändningskravet. Men BK4-kraven avseende bakåtförstärkning och dämpning uppfylls med minsta möjliga marginal (första kolumnen i tabellen). I tabellen visas hur stabiliteten kan förbättras när man flyttar fram bakre kopplingen och förlänger dragstängerna. Andra tabellkolumnen motsvarar att bakre kopplingarna på både lastbil och första kärran är flyttade 25 cm framåt (jämfört med ritningen nedan), och att dragstängerna förlängts motsvarande. I tredje tabellkolumnen är kopplingarna kvar i den främre positionen, men dragstängerna har förlängts ytterligare 47 cm vardera.



*Figur 74 Kombination 704 principskiss*

| | Standard last | Standard last inskjutet drag | Standard last inskjutet drag längre dragstång |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 2,75 | 2,75 | 2,75 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 68,0 | 68,0 | 68,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 | 21,13 |
| **Längd [m]** | 23,07 | 23,07 | 24,00 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,87 | 5,48 | 4,85 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,22 | 0,21 | 0,20 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 4,58 | 4,58 | 4,58 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 2,38 | 2,13 | 1,98 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 3,18 | 2,82 | 2,62 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,61 | 0,56 | 0,53 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,70 | 0,65 | 0,61 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,15 | 0,19 | 0,23 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 27,9% | 27,9% | 27,9% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,9% | 29,9% | 29,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,0% | 7,0% | 7,0% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 19,0 | 19,0 | 19,0 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 20,1 | 20,0 | 20,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,0 | 19,0 | 19,0 |

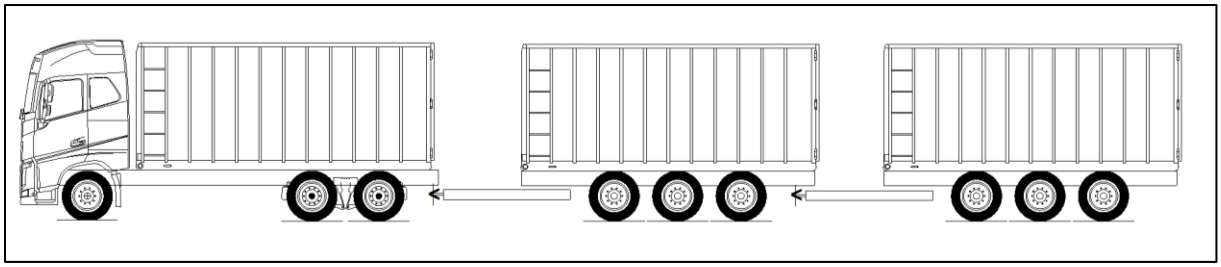



*Figur 75 Kombination 704 måttskiss*

**705, 706 och 707. 6x4 C-dubbel/container/74t**

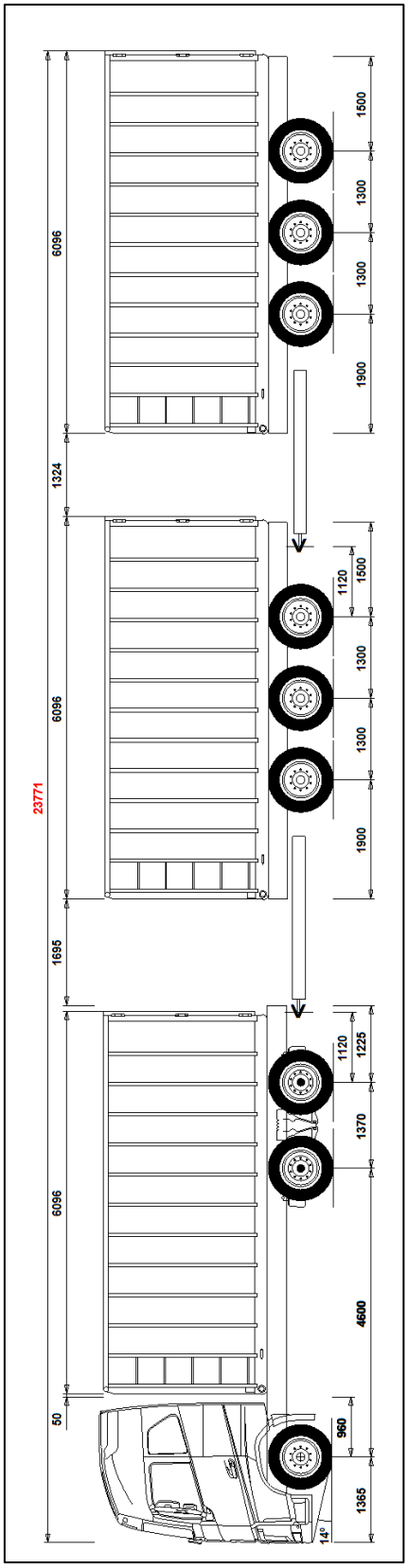
Fordonskombination 705, 706 och 7070 är en möjlig kombination för effektiv transport av 20-fots containrar. De dubbla kärrorna kan lätt kopplas isär för manövrering på terminaler och hamnar.

Svenska BK4-kraven för vältstabilitet uppfylls med marginal antaget 20-fots containrar av standardhöjd (2,6 meter) . Förhöjda containrar (2,9 meter) förmodas också klara vältkravet, men med liten marginal. Det svenska 25,25-vändningskravet uppfylls med god marginal. Men BK4-kraven avseende bakåtförstärkning och dämpning uppfylls bara med liten marginal (första kolumnen i tabellen). I tabellen visas hur stabiliteten kan förbättras när man flyttar fram bakre kopplingen och förlänger dragstängerna.



*Figur 76 Kombination 705, 706 och 707 principskiss*

| | Standard last | Standard last inskjutet drag | Standard last inskjutet drag och längre dragstång |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på slap** | Tvilling | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 | 74,0 | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,81 | 20,54 | 22,29 |
| **Längd [m]** | 23,77 | 23,50 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,97 | 5,92 | 4,81 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,74 | 3,73 | 3,73 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 2,21 | 2,09 | 1,82 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 3,23 | 3,08 | 2,64 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,70 | 0,68 | 0,63 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,94 | 0,91 | 0,83 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,18 | 0,19 | 0,27 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 23,4% | 23,5% | 23,5% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 25,3% | 25,5% | 25,4% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,8% | 5,9% | 5,9% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 10,3 | 10,3 | 10,3 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 17,3 | 17,4 | 17,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 24,5 | 24,4 | 24,2 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 21,9 | 21,9 | 22,1 |

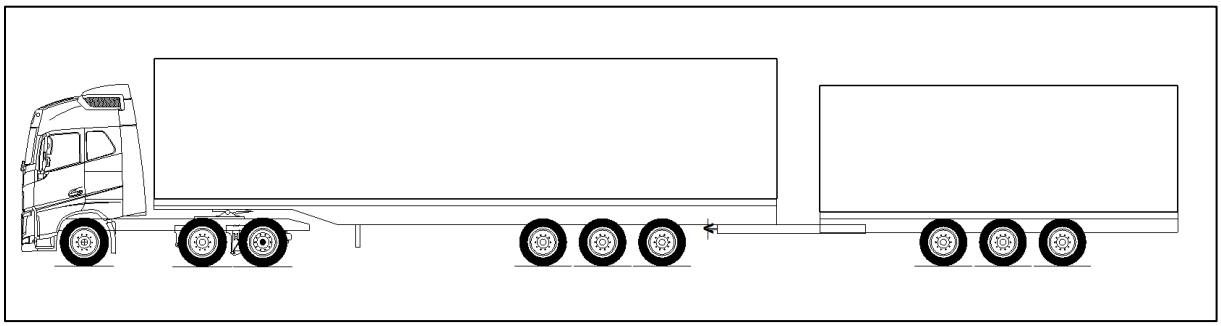



*Figur 77 Kombination 705, 706 och 707 måttskiss*

**708. 6x2 Modultåg-C/styckegods/treaxlig kärra/ca69t**

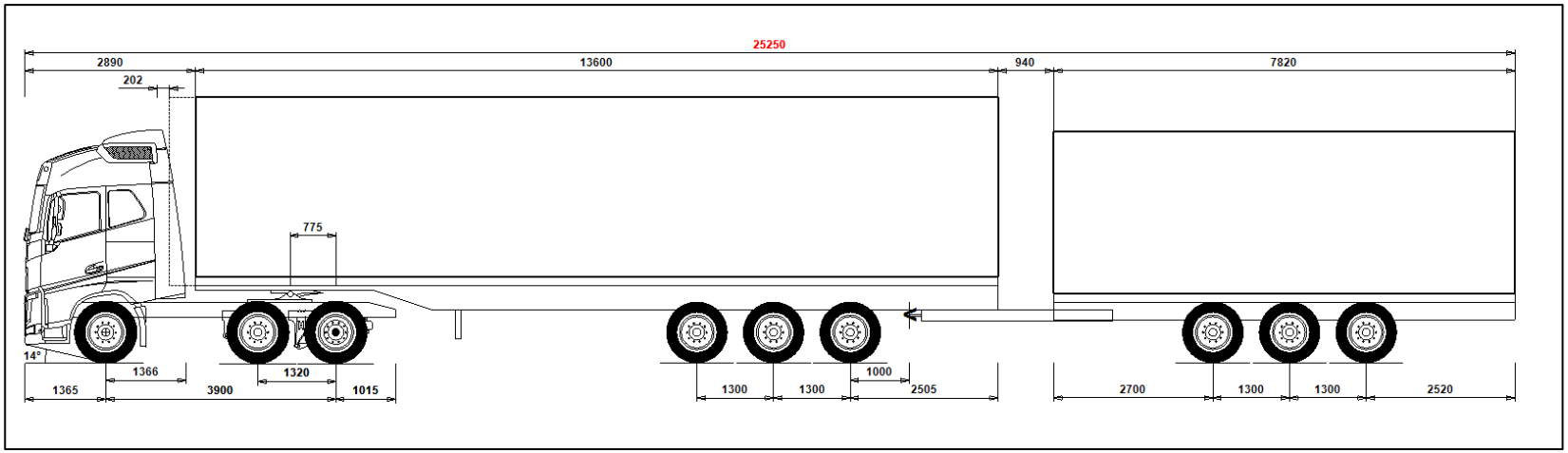
Kombination 708 är en modulfordonsbaserad styckegodskombination med 25,25 m totallängd. Den är inte vanlig i Sverige, men däremot i Finland. Den kan lastas till maximalt 72 ton (24+24+24) på BK4-väg. Kärrans höjd är maximerad till fyra meter enligt den svenska tillämpningen av EU96/53. Dragbilen har sin enda drivaxel placerad längst bak i boggin.

Med 4,4 meters lasthöjd på semitrailern, uppfylls inte BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Ej heller uppfylls med den enda drivaxeln BK4-kravens nivå på drivaxeltryck. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls däremot med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 78 Kombination 708 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40/3,90 | 4,40/3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 68,6 | 65,9 |
| **Axelavstånd [m]** | 21,37 | 21,37 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,45 | 3,42 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,48 | 0,50 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,02 | 3,11 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,63 | 1,61 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,97 | 1,97 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,38 | 0,39 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,60 | 0,58 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,36 | 0,26 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 15,3% | 13,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 20,7% | 18,1% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 4,7% | 4,0% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,9 | 6,6 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 16,0 | 13,5 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 24,0 | 24,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 21,7 | 21,8 |



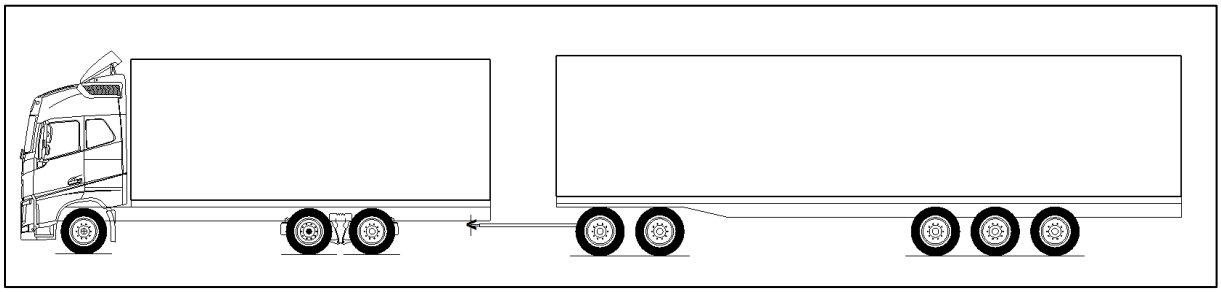

*Figur 79 Kombination 708 måtskiss*

Fördelen med denna typ av dragbil är att den kan byggas låg och kort, samt att komfort och framaxeltryck är gynnsamma vid halvlastat fordon när boggins löpaxel är upphissad. En dragbil med dubbla drivaxlar, som ju ger högre marktryck för drivande axlar, är oftast svåra att bygga tillräckligt låga och korta för att vara effektiva för volymbegränsade transporter inom 25,25 meters totallängd. En dragbil med lyftbar sista axel har fördelen att kunna pressa drivaxel trycket om så krävs, men nackdelen blir lågt framaxeltryck och sämre komfort vid halvlast då axeln lyfts upp.

**709. 6x4 Modultåg-A/styckegods/ca69t (samma mått som 606)**

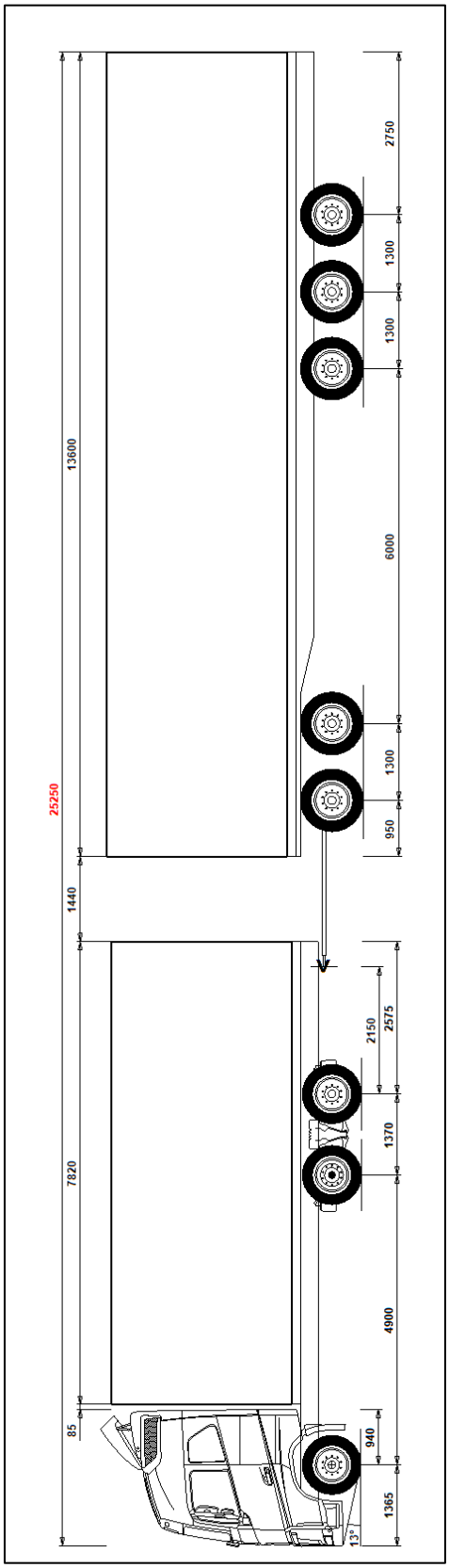
Fordonskombination 709 är en vanlig styckegodskombination med modulmått, och totallängd 25,25 m, som på BK4-vägar kommer kunna lastas till maximalt 71 ton (29+42) givet en viss framlastning. Lastbilen har två drivaxlar i boggin.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 80 Kombination 709 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 69,4 | 63,5 |
| **Axelavstånd [m]** | 21,14 | 21,14 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 4,46 | 4,43 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,37 | 0,37 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 2,96 | 3,08 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,33 | 1,41 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,98 | 1,97 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,60 | 0,54 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,71 | 0,68 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,29 | 0,32 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 27,4% | 29,0% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,1% | 31,0% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,8% | 7,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,9 | 7,3 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 19,0 | 18,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,9 | 13,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 23,7 | 24,0 |

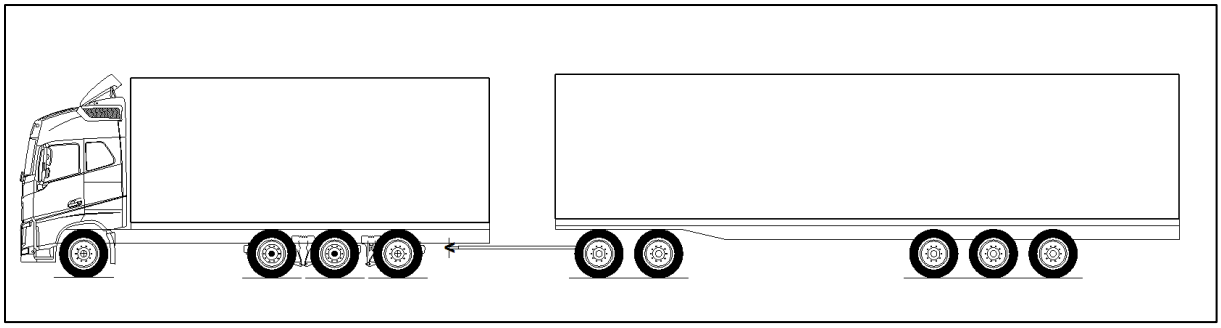



*Figur 81 Kombination 709 måttskiss*

**710. 8x4 Modultåg-A/styckegods/ca71t (samma mått som 607)**

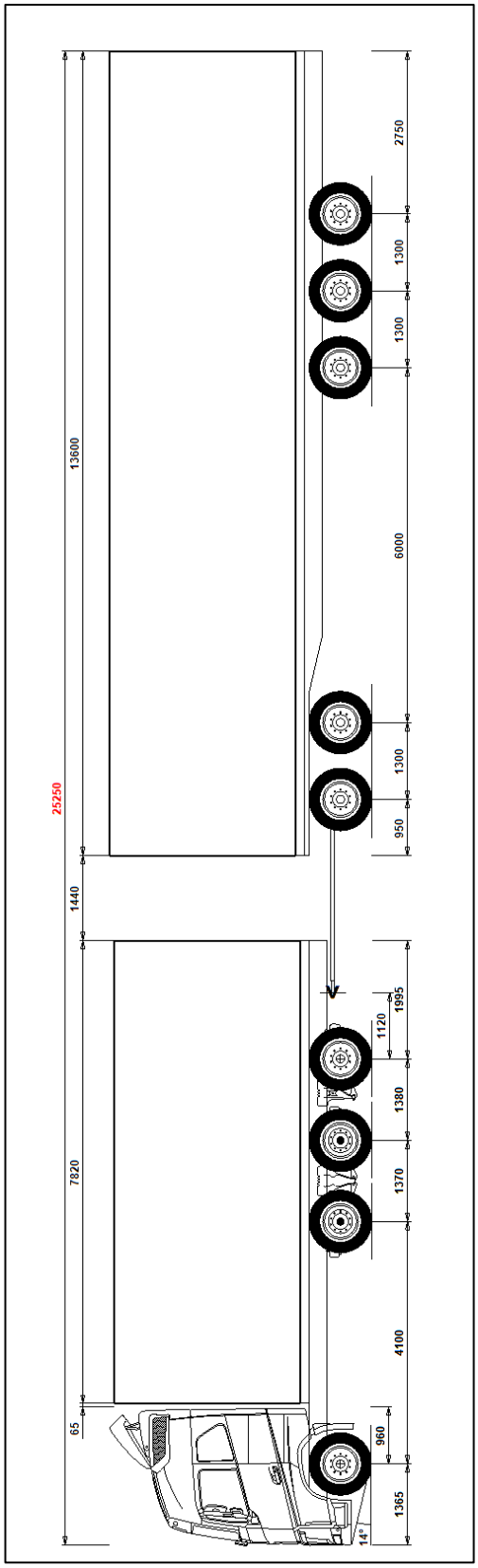
Fordonskombination 710 är en styckegodskombination med modulmått, och totallängd 25,25 m, som på BK4-vägar kommer kunna lastas till maximalt 74 ton men det förutsätter, relativt lastutrymmets längd, mer last på lastbilen än på semitrailern. Med lika godsdensitet lastar den bara något mer än kombination 708

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet. Denna kombination tar något mindre plats vid vändningen än kombination 708 på grund av lastbilens styrbara bakaxel.



*Figur 82 Kombination 710 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 70,9 | 66,9 |
| **Axelavstånd [m]** | 21,14 | 21,14 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 4,90 | 4,87 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,52 | 0,52 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 2,95 | 3,08 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,49 | 1,50 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,00 | 1,97 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,52 | 0,50 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,73 | 0,68 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,31 | 0,31 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,00 | 0,00 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 20,8% | 23,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 33,1% | 36,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,8% | 8,7% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,2 | 6,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 20,8 | 22,3 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 18,0 | 13,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 23,8 | 24,0 |

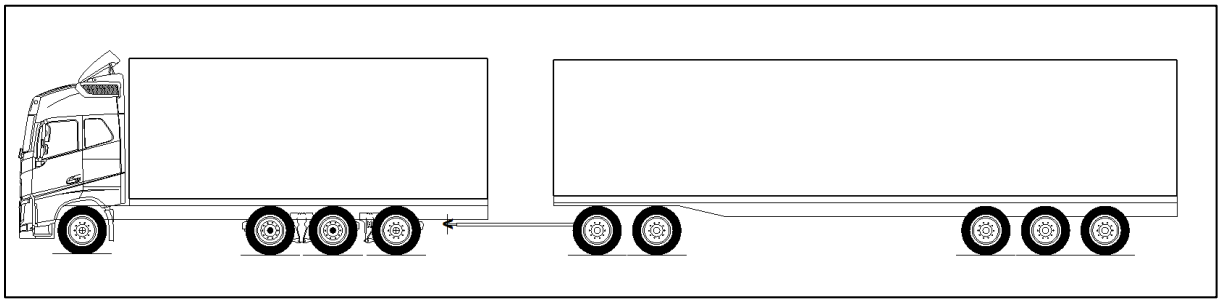



*Figur 83 Kombination 710 måttskiss*

**711. 8x4 Modultåg-A/flis/69t**

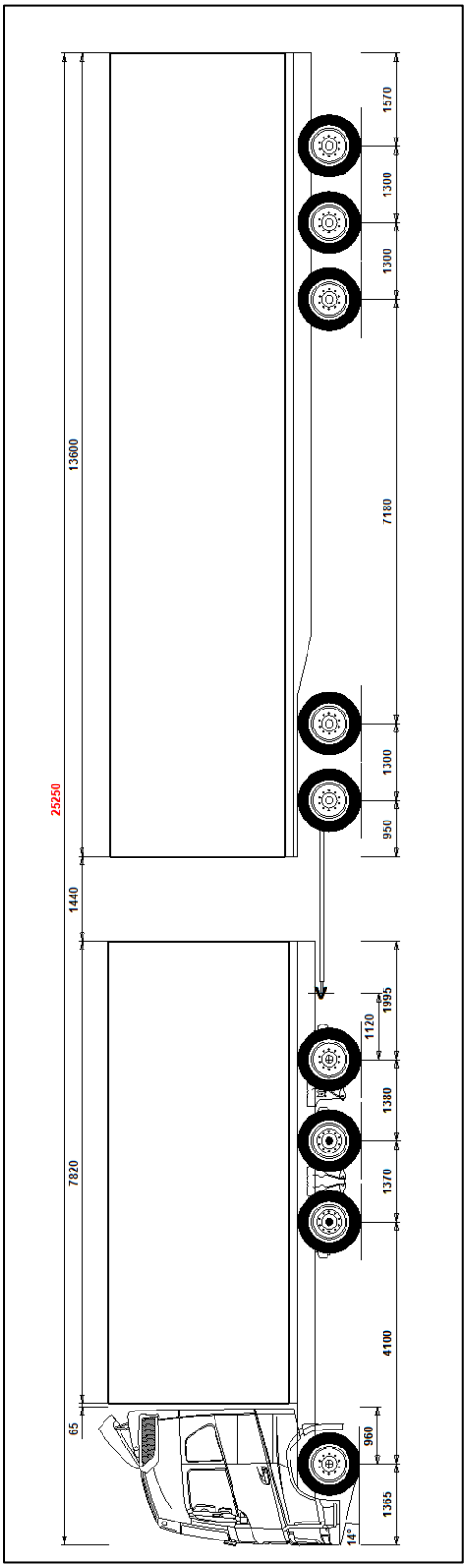
Fordonskombination 711 är lik styckegodskombinationen 709 med totallängd 25,25 m, men här är släpvagnens axelavstånd anpassat till jämnt utbredd last.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 84 Kombination 711 principskiss*

| | Standard last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 68,7 |
| **Axelavstånd [m]** | 22,32 |
| **Längd [m]** | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,84 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,52 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 2,95 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,39 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,86 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,46 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,67 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,35 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,00 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 20,7% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 32,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,7% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,7 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 20,1 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 18,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 23,9 |

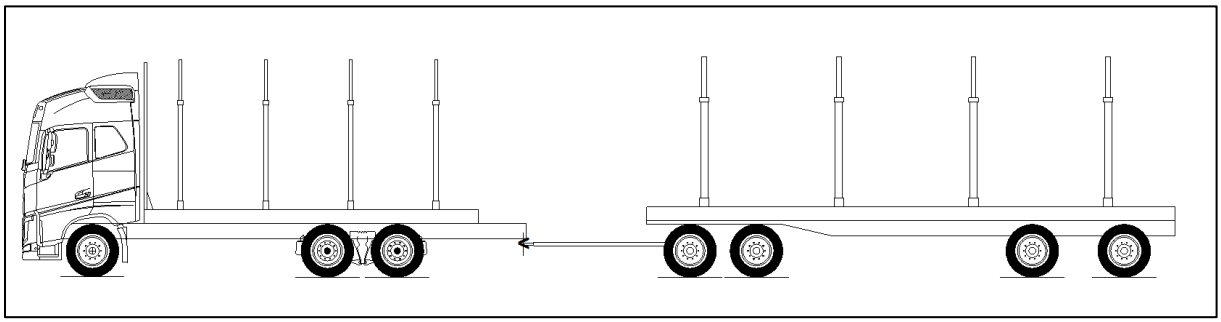



*Figur 85 Kombination 711 måttskiss*

**712. 6x4 Lastbil med släpvagn/timmer/66t/23m (samma mått som 608)**

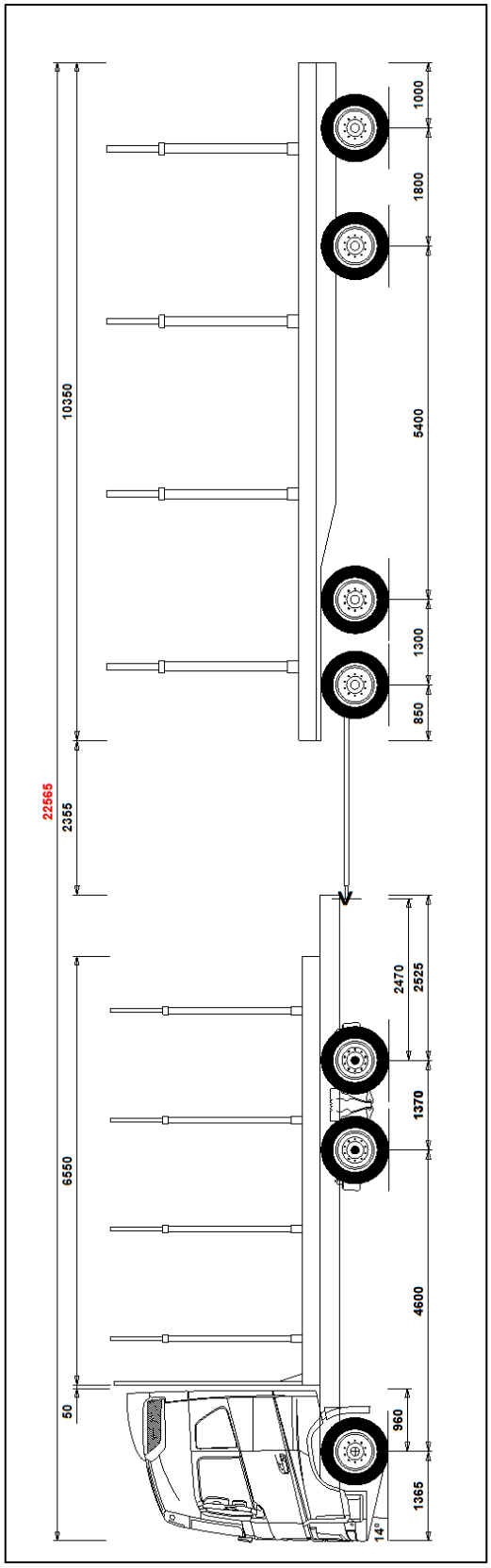
Denna idag vanliga timmerkombination (712) kan lastas till maximalt 67 ton på BK4 förutsatt 10 tons framaxeltryck. Det innebär 29 tons bruttovikt för lastbilen och 38 ton för släpet. I beräkningen är kombinationen lastad till 66 tons bruttovikt med 9 tons framaxeltryck. Lastbilen har två drivaxlar i boggin.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 86 Kombination 712 principskiss*

| | Standard last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 65,8 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 |
| **Längd [m]** | 22,57 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,28 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,28 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,25 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,46 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,11 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,65 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,88 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,26 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 28,9% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 30,8% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 19,0 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,8 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,1 |

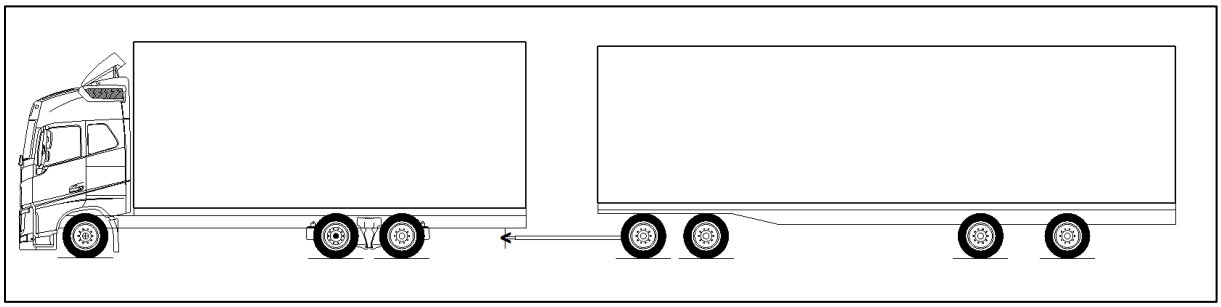



*Figur 87 Kombination 712 måttskiss*

**713. 6x4 Lastbil med släpvagn/styckegods/65t/24m (samma mått som 609)**

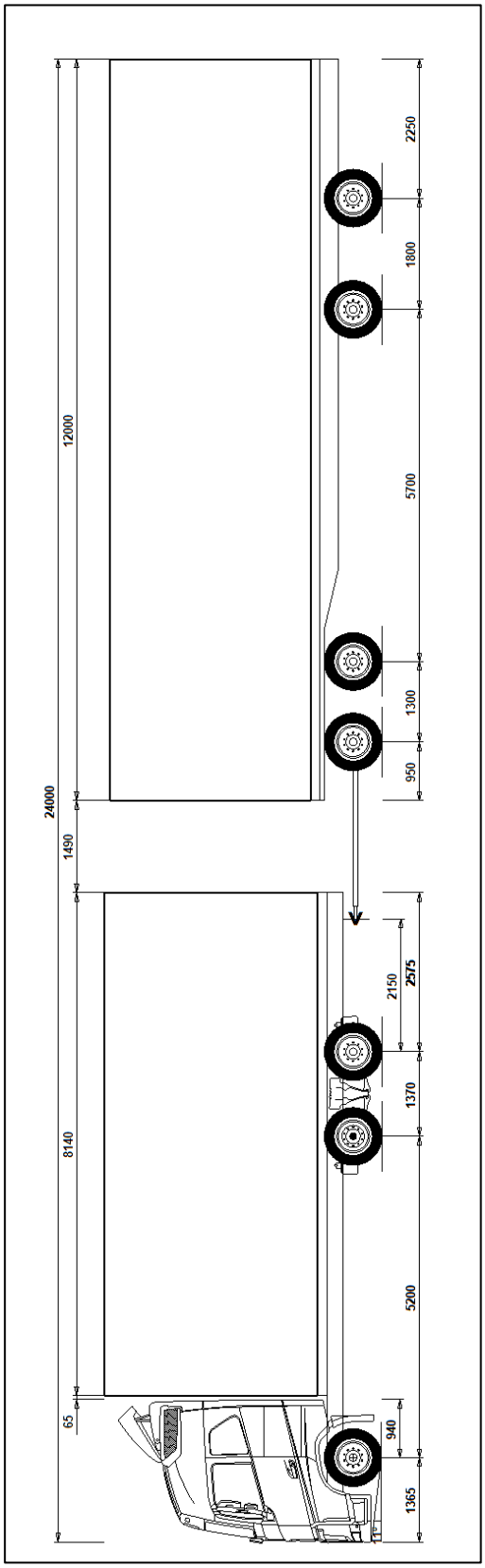
Dagens styckegodskombination (713) kommer liksom timmerkombinationen 711 lastas kunna lastas över 64 tons bruttovikt för transporter på BK4-väg, i teorin maximalt 67 ton. I beräkningen , med förutsatt lika densitet blir dock ökningen ytterst begränsad.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 88 Kombination 713 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 65,1 | 59,4 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,39 | 20,39 |
| **Längd [m]** | 24,00 | 24,00 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 4,94 | 4,95 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,37 | 0,37 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,22 | 3,38 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,36 | 1,41 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,05 | 2,04 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,63 | 0,57 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,82 | 0,77 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,27 | 0,29 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 17,7% | 19,4% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 23,0% | 25,2% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,2% | 5,8% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,9 | 7,2 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 19,0 | 18,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,6 | 13,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,6 | 20,2 |

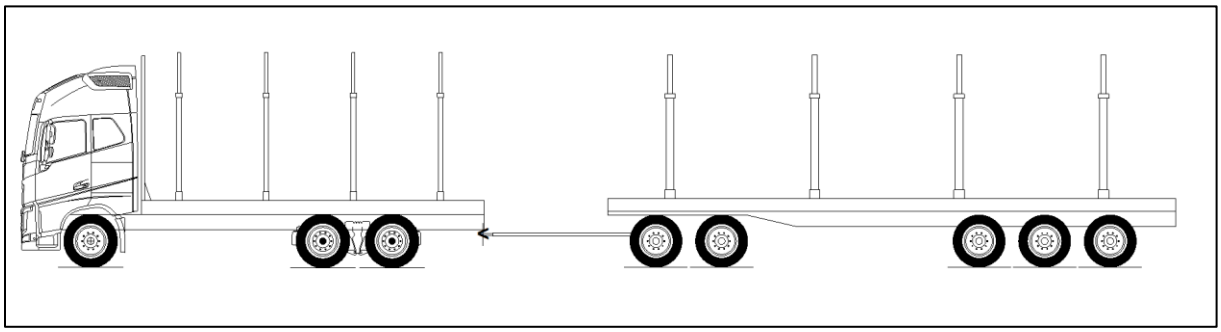



*Figur 89 Kombination 713 måttskiss*

**714. 6x4 Lastbil med femaxlig släpvagn/timmer/69t/23m (samma mått som 611)**

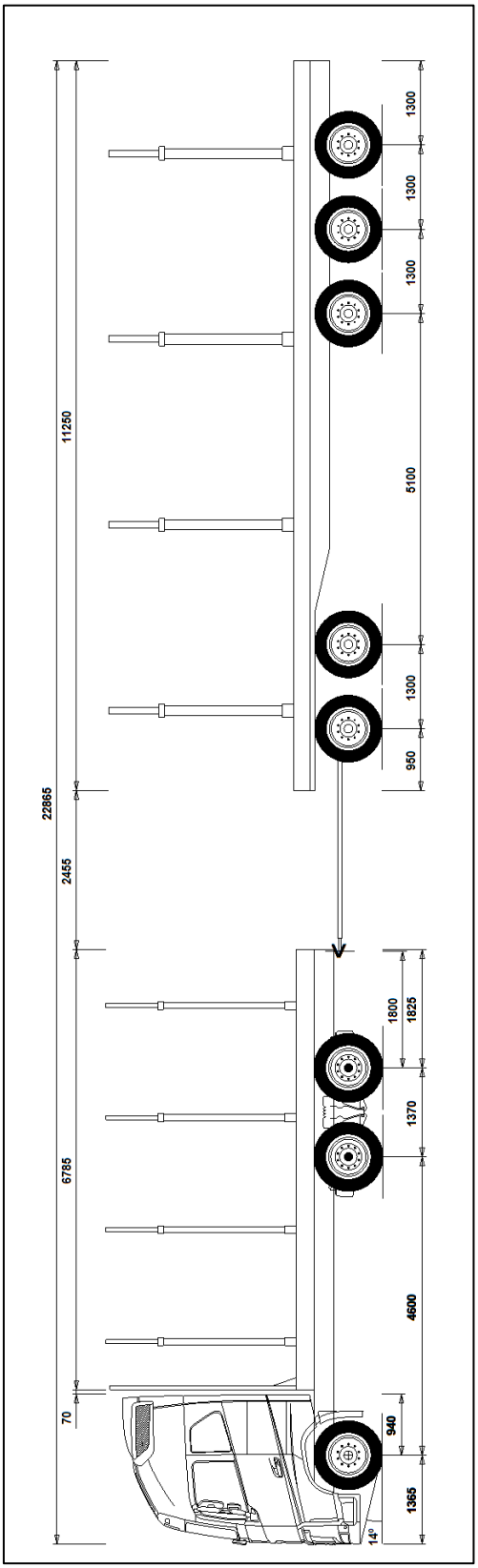
Kombination 714 är ganska vanlig timmerkombination under 24 meters totallängd och liknar Volvos dispensfordon ST-GRUPP. Den kan lastas till maximalt 71 tons bruttovikt på BK4. Här beräknas två olika varianter, utan kran och med kran, samt en ytterligare en variant utan kran men med tyngre trave på lastbilen än vardera traven på släpvagnen.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 90 Kombination 714 principskiss*

| | Standard last | Lika travar | Standard last med kran |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 69,5 | 67,5 | 70,5 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 | 20,20 |
| **Längd [m]** | 22,87 | 22,87 | 22,87 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 4,93 | 4,93 | 4,93 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,27 | 3,39 | 3,15 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,35 | 1,41 | 1,32 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,94 | 1,96 | 1,92 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,58 | 0,57 | 0,60 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,79 | 0,80 | 0,78 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,27 | 0,28 | 0,26 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 27,3% | 25,7% | 27,1% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,1% | 27,8% | 28,8% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,8% | 6,5% | 6,7% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,5 | 8,2 | 9,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 19,0 | 17,3 | 19,1 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 18,1 | 18,1 | 18,1 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 23,9 | 23,9 | 23,9 |



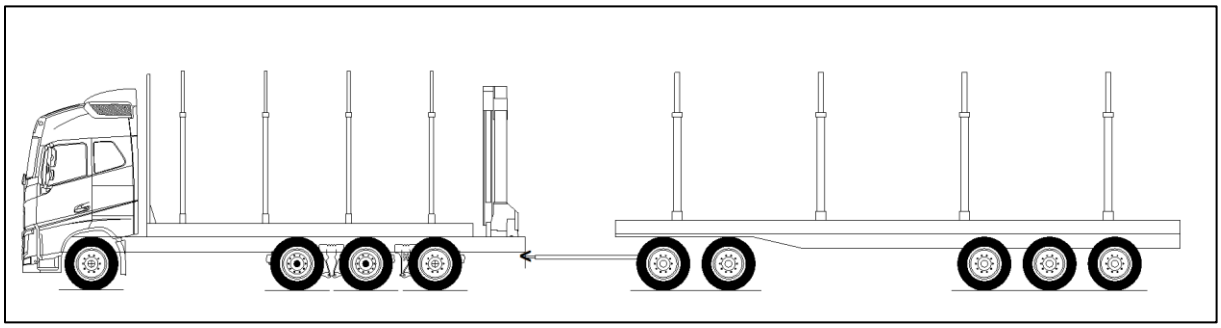

*Figur 92 Kombination 714 måttskiss*

*Figur 91 ST-grupp*

**715. 8x4 Lastbil med femaxlig släpvagn/timmer/74t/23m**

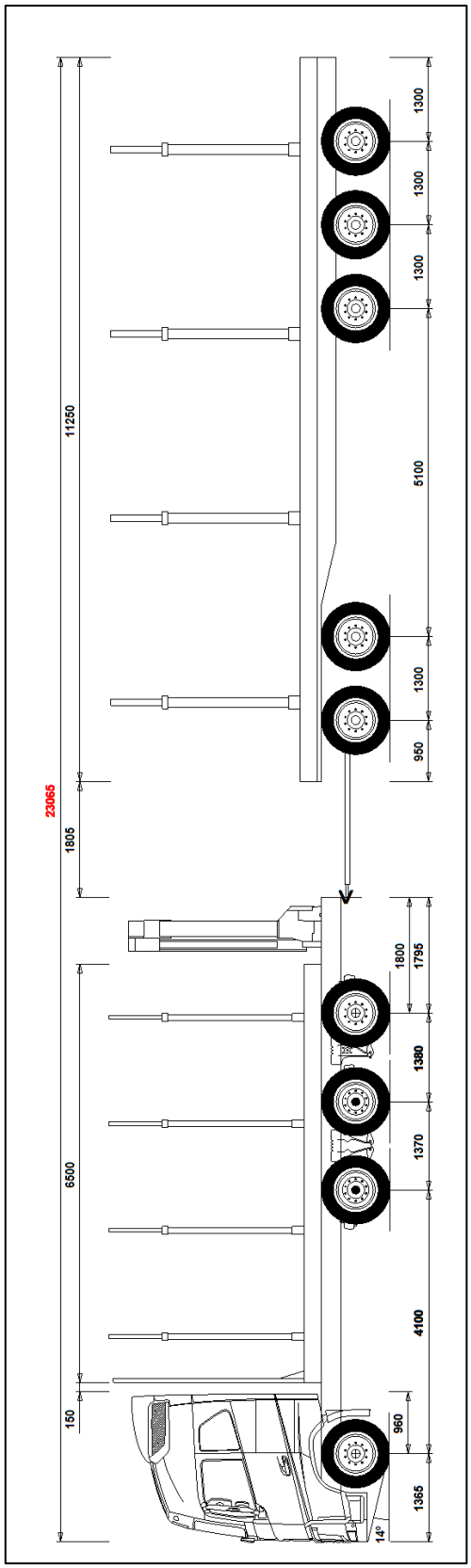
Kombination 715 är en typisk BK4-timmerkombination under 24 meters totallängd som liknar Volvos dispenskombination ST-KRAN. Den kan alltså lastas till maximalt 74 tons bruttovikt på BK4. Här beräknas fyra olika varianter, utan kran och med kran, med lika vikt för varje timmertrave eller med maximerade travar.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls (precis) inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 93 Kombination 715 principskiss*

| | Standard last | Lika travar lastning | Standard last med kran | Lika travar lastning med kran |
|---|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 73,9 | 68,5 | 74,0 | 72,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,41 | 20,41 | 20,41 | 20,41 |
| **Längd [m]** | 23,07 | 23,07 | 23,07 | 23,07 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,95 | 5,97 | 5,95 | 5,96 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,59 | 1,71 | 1,56 | 1,60 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,19 | 2,19 | 2,18 | 2,18 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,60 | 0,54 | 0,60 | 0,58 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,88 | 0,86 | 0,87 | 0,87 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,29 | 0,30 | 0,29 | 0,29 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 21,6% | 18,8% | 22,7% | 21,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 33,4% | 29,8% | 33,4% | 34,3% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,9% | 7,0% | 7,8% | 8,1% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 9,5 | 8,4 | 8,4 | 8,1 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 22,5 | 18,2 | 23,7 | 22,0 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 18,1 | 18,1 | 18,1 | 18,1 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 23,9 | 23,9 | 23,9 | 23,9 |



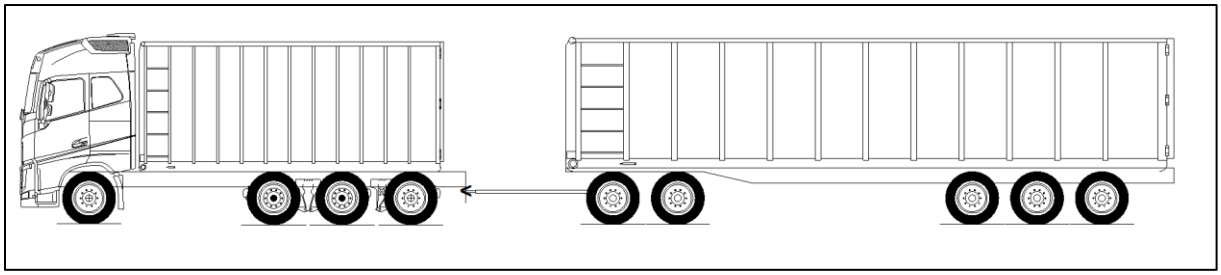

*Figur 95 Kombination 715 måttskiss*

*Figur 94 ST-kran*

**716 och 717. 8x4 Lastbil med femaxlig släpvagn/anläggning/74t/23m (samma mått som 610)**

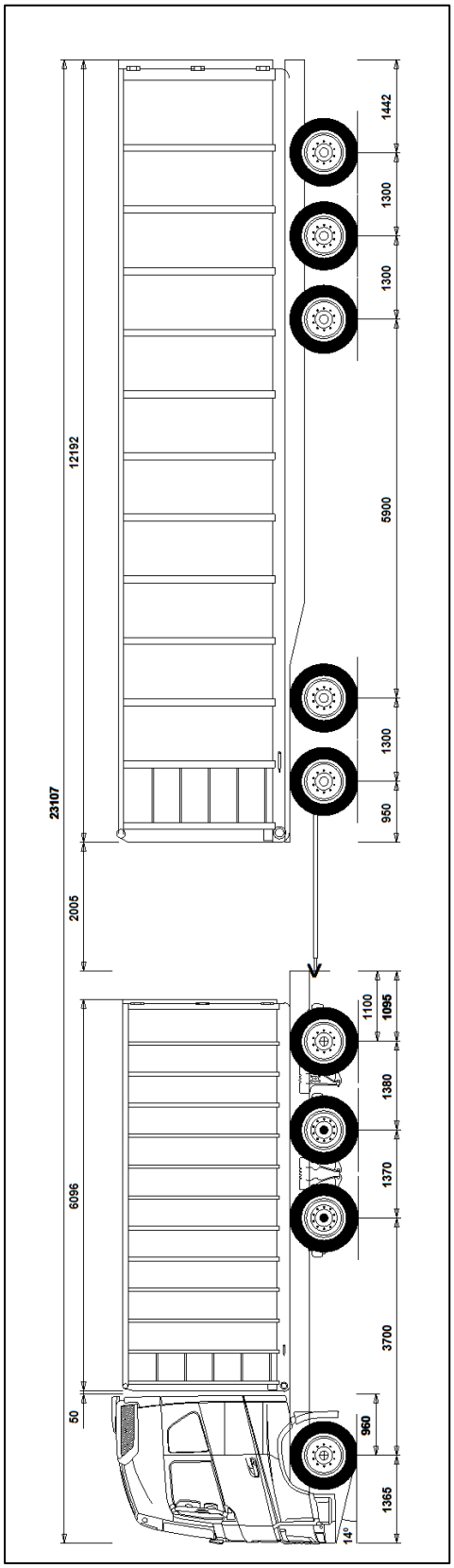
Kombination 716 och 717 är avsedd för anläggnings- eller containertransport. Den är för anläggningsgods beräknad för bara jämnt utbredd last, men med lastmängd maximerad till lastbilen och släpet för sig. För container är beräkningen gjord med både framlastning och jämnt utbredd last, i båda fallen med lika lastdensitet på lastbil och släp.

BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet uppfylls med god marginal. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls också med god marginal, även Svenska 25,25 vändningskravet. Liksom alla 8x4 lastbilar med trippelaxelarrangemang och löpaxeln placerad längs bak, kan drivaxeltrycket tillfälligt höjas väldigt mycket om det skulle krävas.



*Figur 96 Kombination 716 och 717 principskiss*

| | Anläggning | Container | Container utbredd last |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 2,75 | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 73,9 | 68,3 | 68,3 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,31 | 20,31 | 20,31 |
| **Längd [m]** | 23,12 | 23,12 | 23,12 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,26 | 5,31 | 5,28 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,38 | 0,40 | 0,39 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 5,13 | 4,13 | 4,20 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,53 | 1,52 | 1,54 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,86 | 1,97 | 1,94 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,35 | 0,41 | 0,41 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,42 | 0,59 | 0,59 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,44 | 0,38 | 0,37 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 22,7% | 18,1% | 19,2% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 33,4% | 29,0% | 30,7% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,9% | 6,7% | 7,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,3 | 9,0 | 8,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 23,7 | 17,4 | 18,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 18,0 | 20,8 | 18,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 23,9 | 21,1 | 23,9 |

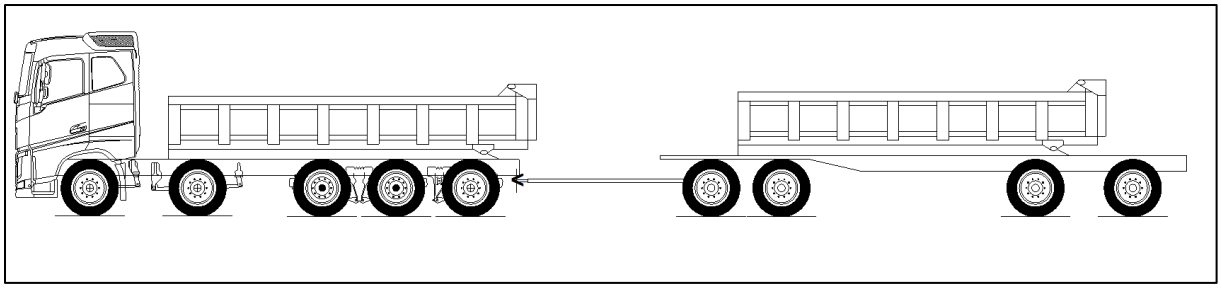



*Figur 97 Kombination 717 måttskiss*

**718, 10x4 Lastbil med släpvagn/anläggning/76t/20m**

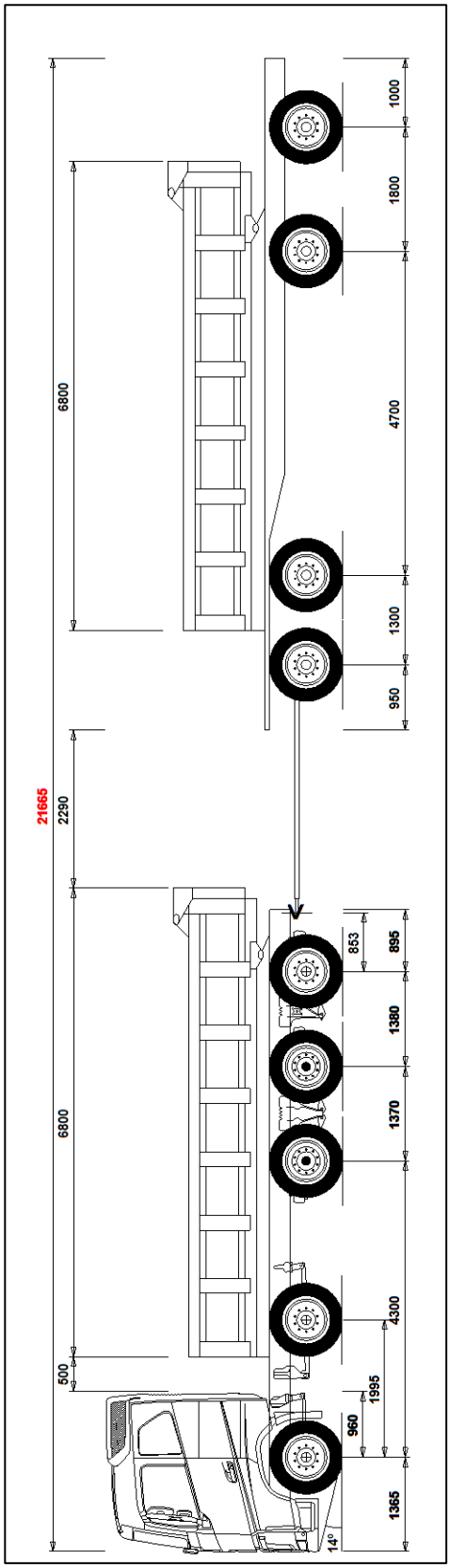
Den här kombinationen (718) är byggd utifrån finskt regelverk, och har här därför bruttovikten 76 ton och 26 tons trippelaxeltryck för lastbilen, där maximalt är 27 ton. Längdmåtten skiljer sig något mot den svenska motsvarigheten (718). Skillnaderna beror på ländernas något olika bruttoviktstabeller. Denna kombination kommer i Sverige få köra med maximalt 72 tons bruttovikt varav maximalt 35 tons bruttovikt för lastbilen givet maximalt 24 tons trippelaxeltryck

Samtliga krav som här refereras till, det vill säga Svenska BK4-kraven för vältstabilitet bakåtförstärkning, dämpning och drivaxeltryck, samt svenska 25,25- vändningskravet uppfylls med god marginal. I Finland anser man inte denna fordonskombination är något att tjafsa om eftersom den är kortare än 25,25 meter. Bara å köra!



*Figur 98 Kombination 718 principskiss*

| | **Anläggning standard last** |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 2,75 |
| **Däcktyp på slap** | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 75,6 |
| **Axelavstånd [m]** | 19,30 |
| **Längd [m]** | 20,30 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,69 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,34 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 5,11 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,47 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,91 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,35 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,44 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,38 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 24,4% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 32,7% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,7% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 11,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 26,1 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,9 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,7 |

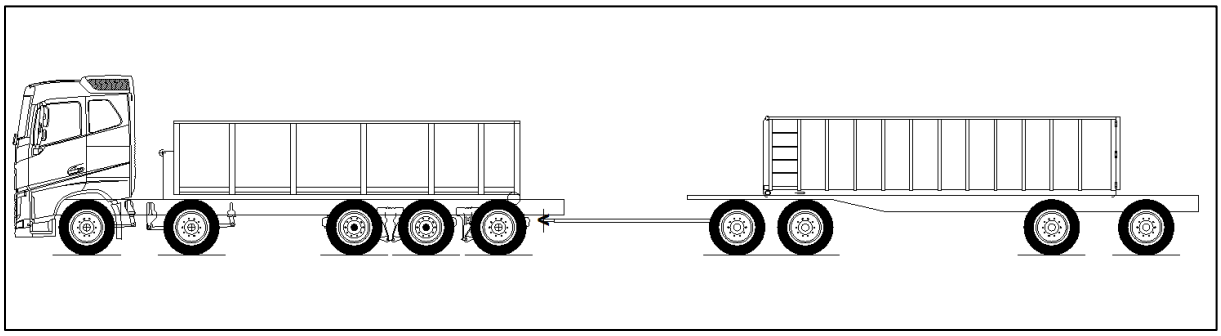



*Figur 99 Kombination 718 måttskiss*

**719. 10x4 Lastbil med släpvagn/anläggning/74t/21m**

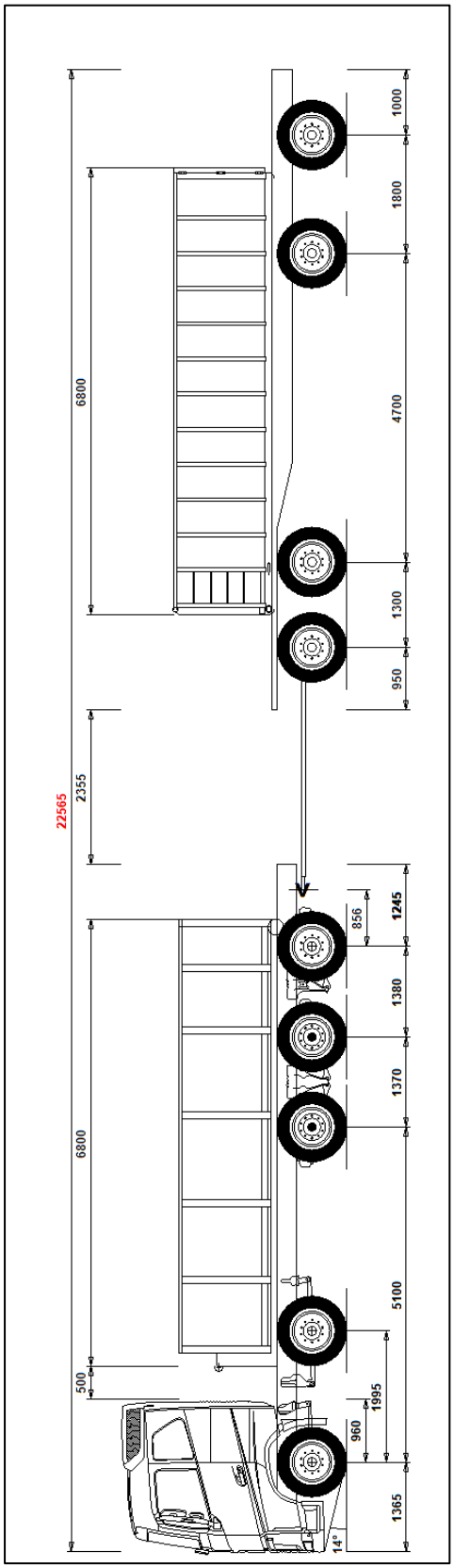
Fordonskombination 719 är lik kombination 717 men byggd utifrån svenskt regelverk, och har här därför bruttovikten 74 ton och 24 tons trippelaxeltryck för lastbilen. Axelavstånden är något längre än den finska motsvarigheten. Skillnaderna beror på ländernas något olika bruttoviktstabeller. Denna kombination kommer att kunna köra med 76 tons bruttovikt i Finland. I Sverige får lastbilen ha max 38 tons bruttovikt medan den i Finland får ha 41 tons bruttovikt.

Samtliga krav som här refereras till, det vill säga Svenska BK4-kraven för vältstabilitet bakåtförstärkning, dämpning och drivaxeltryck, samt svenska 25,25- vändningskravet uppfylls med god marginal.



*Figur 100 Kombination 719 principskiss*

| | **Anläggning standard last** |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 2,75 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 74,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 |
| **Längd [m]** | 21,20 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,12 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,33 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 5,07 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,52 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,83 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,33 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,42 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,39 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 21,9% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 33,4% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,8% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 15,1 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 22,9 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,2 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 18,8 |




*Figur 101 Kombination 719 måttskiss*

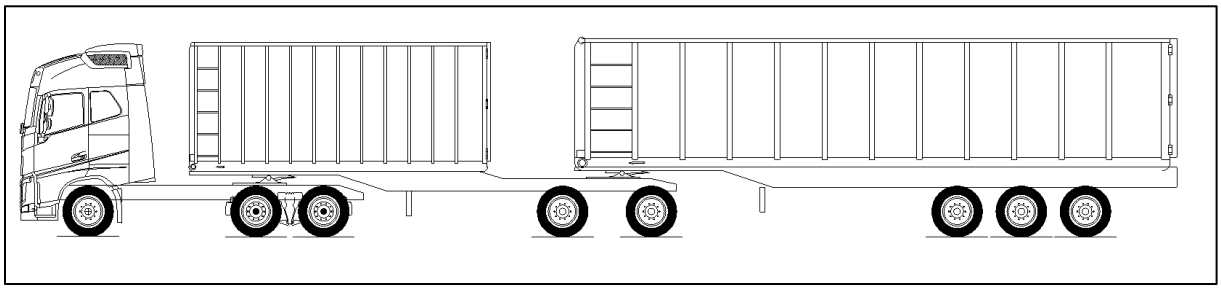
# 12 Appendix 3 Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 64 ton (BK1)

Några av de här fordonskombinationerna är direkt dimensionerade för att köra på vägar med bärighetsklass 1 (BK1), som alltså har en tillåten bruttovikt upp till 64 ton. Men en del är också avsedda för BK4, men har här reducerad last för färd på BK1-väg. Flertalet har ett avstånd mellan första och sista axel på 20,2 meter, som är den kortaste totalhjulbas som är tillåten för 64 tons bruttovikt på BK1-vägar respektive 74 ton på BK4. Vissa av kombinationerna har mindre än 24 meters totallängd, vilket gör att de i Sverige inte behöver uppfylla längdkraven i EU96/53 eller Svenska 25,25-vändsningskravet. En maximalt 24 meter lång fordonskombination får dessutom i Sverige ha en släpvagn som är längre än 12 meter och en semitrailer som är mer än 13,6 meter lång.

## 601. 6x4 B-dubbel/container/tvåaxlig länk/60t/23m

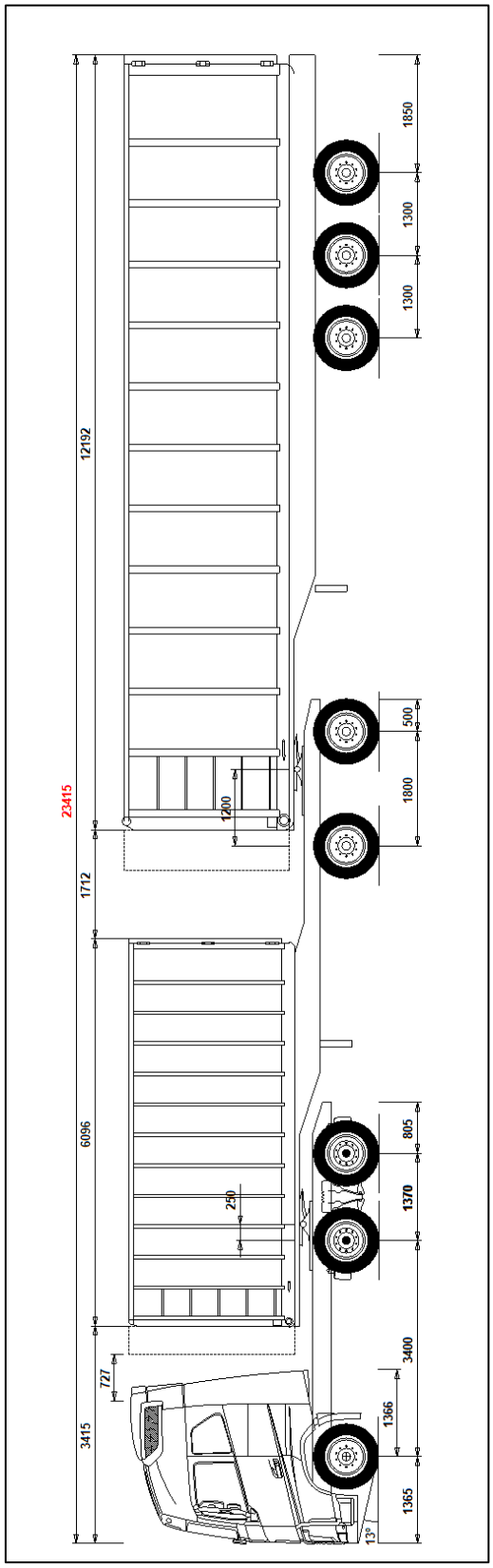
Detta är en vanligt förekommande fordonskombination (601) för containertransport på svenska BK1-vägar. Linkens boggiaxeltryck är i samma nivå som vad Trafikförordningen [36] maximalt tillåter. Det krävs för det mesta ett trippelaxelarrangemang för att kunna nyttja BK4-vägarnas högre tillåtna bruttovikt.

Liksom de flesta B-dubbelkombinationer skär den in i snäva kurvor, betydligt mer jämfört med exempelvis en motsvarande lång lastbil med släpvagn. Fordonskombinationen uppfyller ändå svenska 25,25- vändningskravet. Svenska BK4-kraven för vältstabilitet uppfylls med liten marginal, medan bakåtförstärknings- och dämpningskravet uppfylls med god marginal.



*Figur 102 Kombination 601 principskiss*

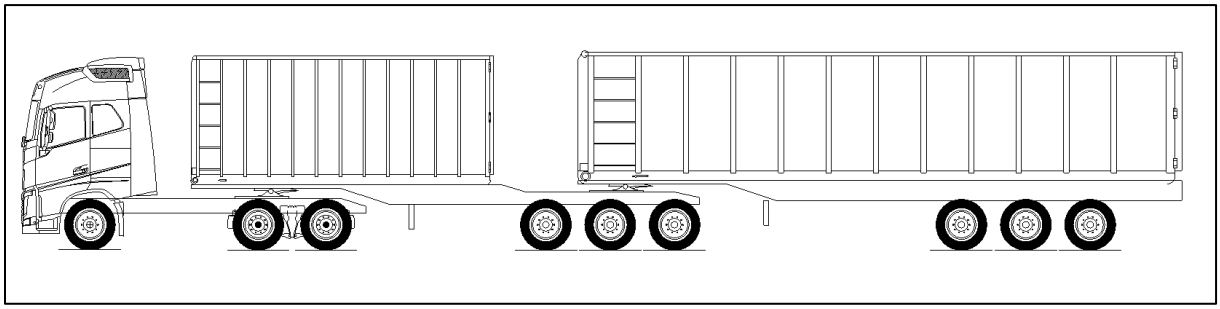
| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Mix | Mix |
| **Bruttovikt [ton]** | 59,8 | 64,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 |
| **Längd [m]** | 23,42 | 23,42 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 2,74 | 2,75 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,32 | 0,31 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,73 | 3,64 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,13 | 1,21 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,42 | 1,47 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,26 | 0,28 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,32 | 0,34 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,47 | 0,45 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 23,3% | 22,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 27,2% | 26,1% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,3% | 6,0% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,3 | 6,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 13,9 | 14,5 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 19,9 | 19,9 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,6 | 23,2 |




*Figur 103 Kombination 601 måttskiss*

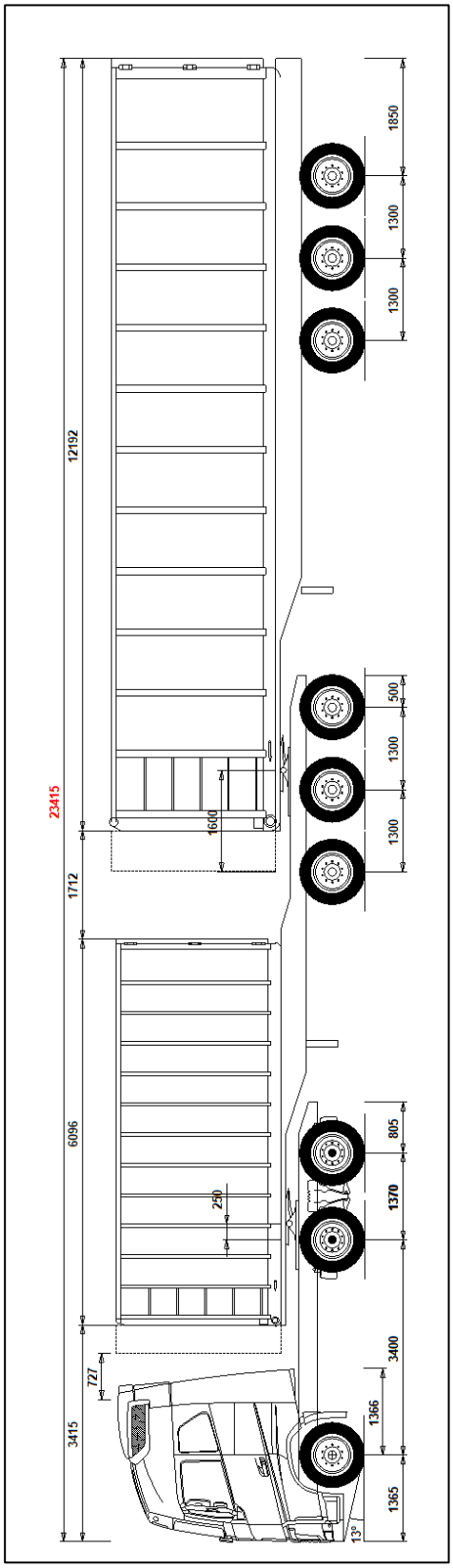
**602. 6x4 B-dubbel/container/treaxlig länk/64t/23m**
Detta är liksom kombination 601 en vanligt förekommande fordonskombination för containertransport på svenska BK1-vägar. Avståndet mellan bakersta drivaxeln och första linkaxel är kort (<5 meter) men uppfyller ändå bruttoviktskraven för BK1 på grund av en uppdatering i Trafikförordningen som i detta fall ger alternativet att kunna tillämpa bruttoviktstabellen för släpvagnar. Linkens trippelaxelarrangemang möjliggör lastning till BK1-vägens tillåtna 64 tons bruttovikt oavsett framlastning eller jämnt utbredd last.

Liksom de flesta B-dubbelkombinationer skär den in i snäva kurvor, betydligt mer jämfört med exempelvis en motsvarande lång lastbil med släpvagn. Fordonskombinationen uppfyller ändå svenska 25,25- vändningskravet. Svenska BK4-kraven för vältstabilitet uppfylls, medan bakåtförstärknings- och dämpningskravet uppfylls med god marginal.



*Figur 104 Kombination 602 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 | 64,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 |
| **Längd [m]** | 23,42 | 23,42 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 2,71 | 2,72 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,33 | 0,33 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,65 | 3,66 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,10 | 1,16 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,37 | 1,39 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,24 | 0,25 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,31 | 0,31 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,49 | 0,49 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 23,0% | 22,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 26,4% | 25,8% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,1% | 6,0% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,4 | 6,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 14,7 | 14,3 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 22,0 | 20,5 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,8 | 22,9 |

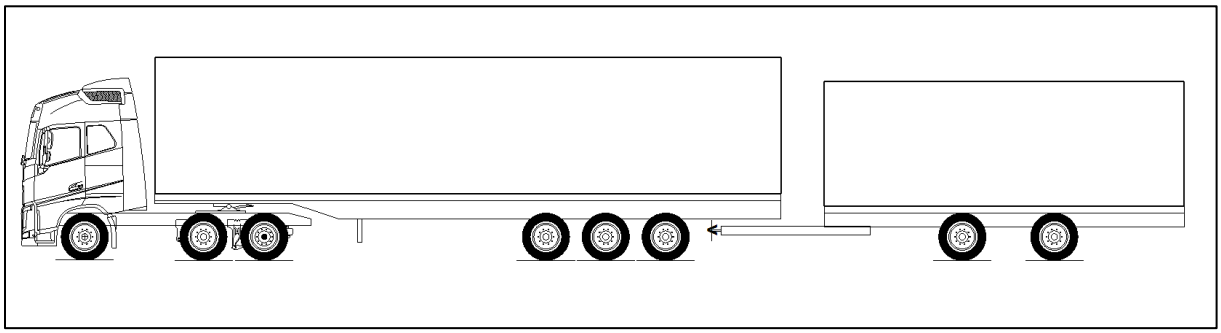



*Figur 105 Kombination 602 måttskiss*

**603. 6x2 Modultåg-C/styckegods/tvåxalig kärra/64t**

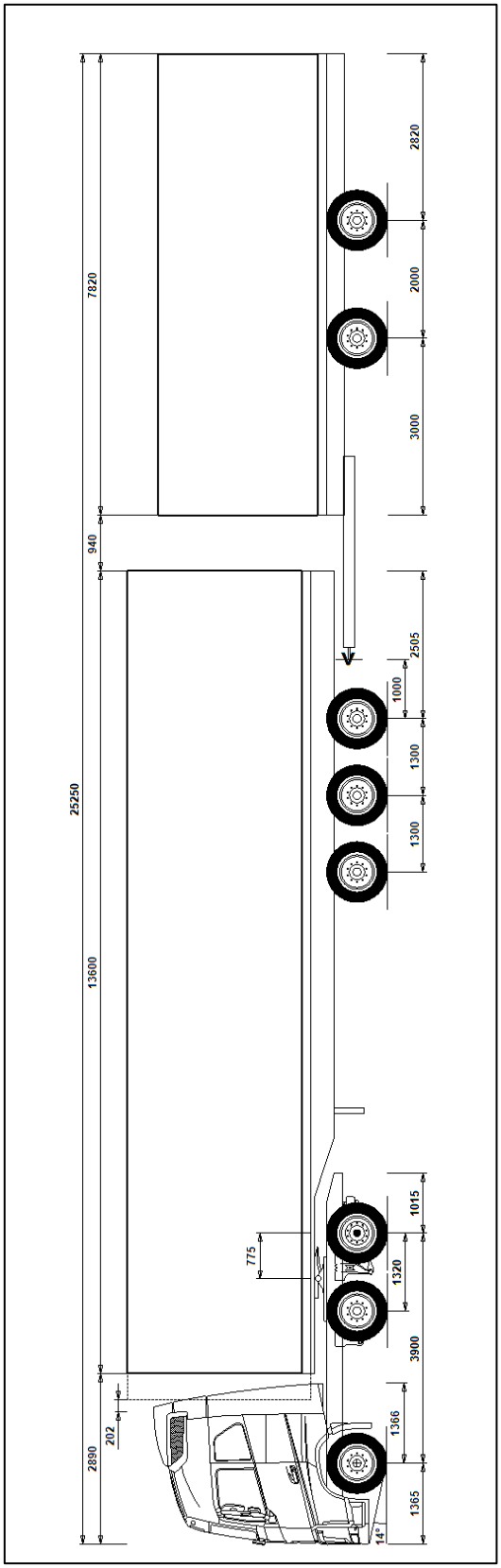
Kombination 603 är en modulfordonsbaserad styckegodskombination med 25,25 m totallängd. Den är inte så vanlig i Sverige, men däremot i Finland. Kärrans höjd är maximerad till fyra meter enligt den svenska tillämpningen av EU96/53. Dragbilen har sin enda drivaxel placerad längst bak i boggin. Fordonskombinationen liknar kombination 708 avsedd för BK4, men har för BK1 specificerats med två axlar på kärran vilket oftast kan vara tillräckligt.

Med 4,4 meters lasthöjd på semitrailern, uppfylls inte BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Ej heller uppfylls med den enda drivaxeln BK4-kravens nivå på drivaxeltryck. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls däremot med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 106 Kombination 603 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40/3,90 | 4,40/3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Mix | Mix |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 | 62,5 |
| **Axelavstånd [m]** | 21,07 | 21,07 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,22 | 3,20 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,44 | 0,45 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,10 | 3,17 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,66 | 1,67 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,97 | 1,99 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,37 | 0,39 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,70 | 0,68 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,29 | 0,22 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 15,6% | 13,8% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 21,2% | 18,6% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 4,8% | 4,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,6 | 6,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 15,3 | 13,2 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 22,5 | 23,0 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,5 | 20,0 |

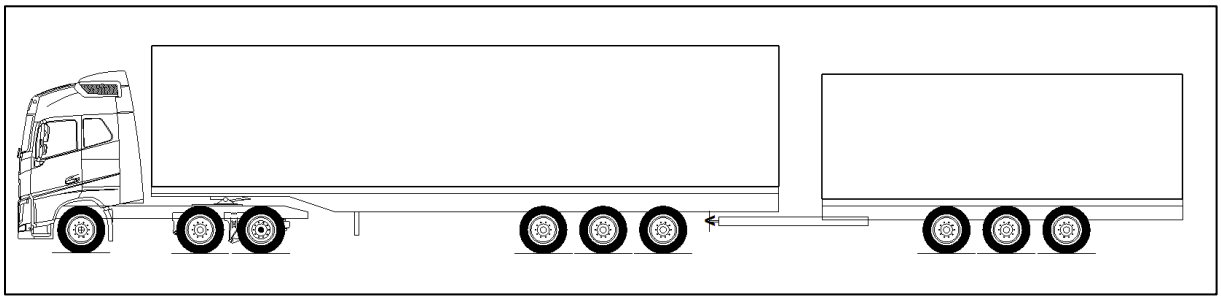



*Figur 107 Kombination 603 måttskiss*

**604. 6x2 Modultåg-C/styckegods/treaxlig kärra/64t**

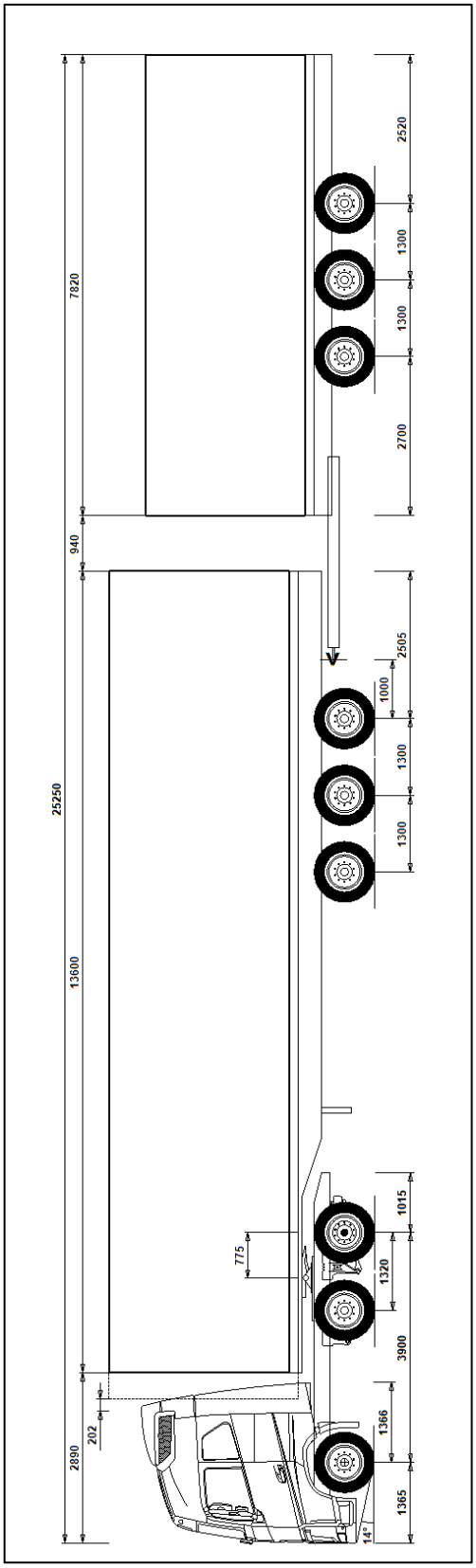
Kombination 604 är en modulfordonsbaserad styckegodskombination med 25,25 m totallängd. Den är inte så vanlig i Sverige, men däremot i Finland. Kärrans höjd är maximerad till fyra meter enligt den svenska tillämpningen av EU96/53. Dragbilen har sin enda drivaxel placerad längst bak i boggin. Fordonskombinationen är s ina mått helt lik 708 avsedd för BK4, men har här reducerad last för 64 tons bruttovikt.

Med 4,4 meters lasthöjd på semitrailern, uppfylls inte BK4-kraven gräns på 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Ej heller uppfylls med den enda drivaxeln BK4-kravens nivå på drivaxeltryck. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls däremot med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 108 Kombination 604 principskiss*

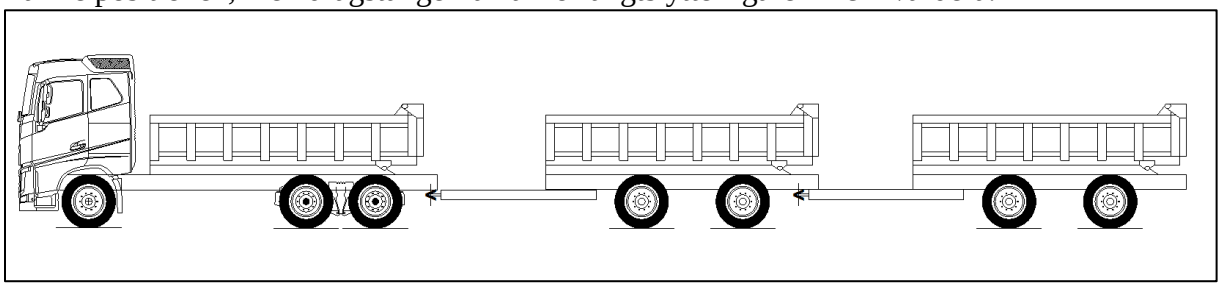
| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40/3,90 | 4,40/3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,1 | 64,1 |
| **Axelavstånd [m]** | 21,37 | 21,37 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 3,45 | 3,43 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,48 | 0,49 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,11 | 3,15 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,58 | 1,59 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,92 | 1,95 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,35 | 0,38 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,56 | 0,56 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,36 | 0,26 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 15,4% | 13,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 20,9% | 18,4% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 4,7% | 4,1% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,6 | 6,4 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 15,1 | 13,3 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 22,2 | 23,2 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,2 | 21,1 |




*Figur 109 Kombination 604 måttskiss*

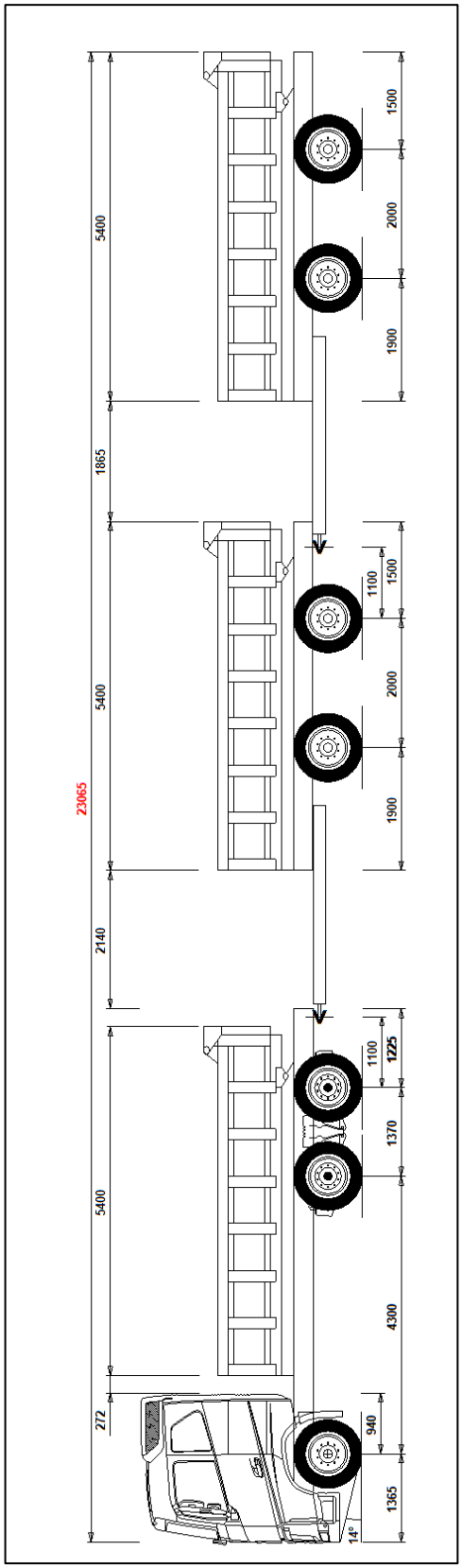
**605. 6x4 C-dubbel/anläggning/64t/23m (samma mått som 704)**
Fordonskombination 605 är en förlängning av vanlig kombination för anläggningsgods, lastbil med kärra. De dubbla kärrorna kan här lätt kopplas isär för manövrering på byggarbetsplatser. Kombination har samma mått som BK4-kombination 704.

Svenska BK4-kraven för vältstabilitet och uppfylls med stor marginal, liksom svenska 25,25-vändningskravet. Men BK4-kraven avseende bakåtförstärkning och dämpning uppfylls med minsta möjliga marginal (första kolumnen i tabellen). I tabellen visas hur stabiliteten kan förbättras när man flyttar fram bakre kopplingen och förlänger dragstängerna. Andra tabellkolumnen motsvarar att bakre kopplingarna på både lastbil och första kärran är flyttade 25 cm framåt (jämfört med ritningen nedan), och att dragstängerna förlängts motsvarande. I tredje tabellkolumnen är kopplingarna kvar i den främre positionen, men dragstängerna har förlängts ytterligare 47 cm vardera.



*Figur 110 Kombination 605 principskiss*

| | Standard last | Standard last inskjutet drag | Standard last inskjutet drag längre dragstång |
|---|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 2,75 | 2,75 | 2,75 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 | 64,0 | 64,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 | 21,13 |
| **Längd [m]** | 23,07 | 23,07 | 24,00 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,86 | 5,47 | 4,85 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,22 | 0,21 | 0,20 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 4,73 | 4,73 | 4,73 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 2,31 | 2,09 | 1,94 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 3,12 | 2,80 | 2,58 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,56 | 0,51 | 0,50 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,66 | 0,61 | 0,57 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,17 | 0,20 | 0,24 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 29,6% | 29,6% | 29,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 31,6% | 31,7% | 31,6% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,4% | 7,4% | 7,4% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 18,9 | 18,9 | 18,9 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 18,5 | 18,5 | 18,5 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 17,5 | 17,6 | 17,6 |

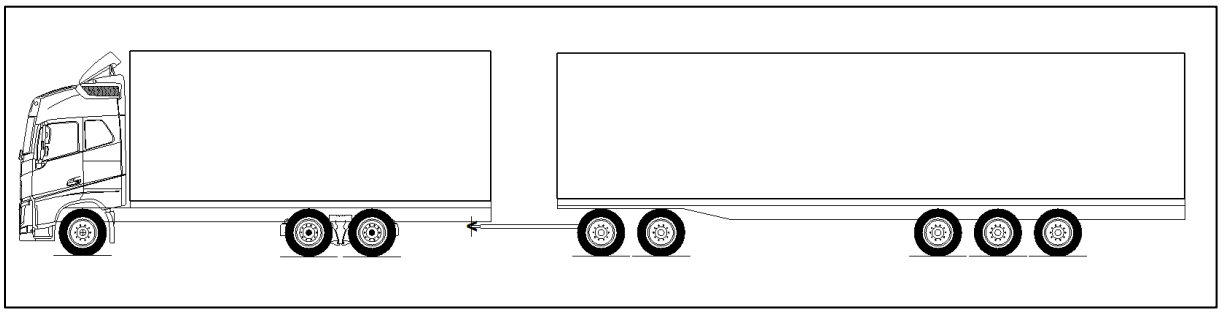



*Figur 111 Kombination 605 måttskiss*

## 606. 6x4 Modultåg-A/styckegods (samma mått som 709)

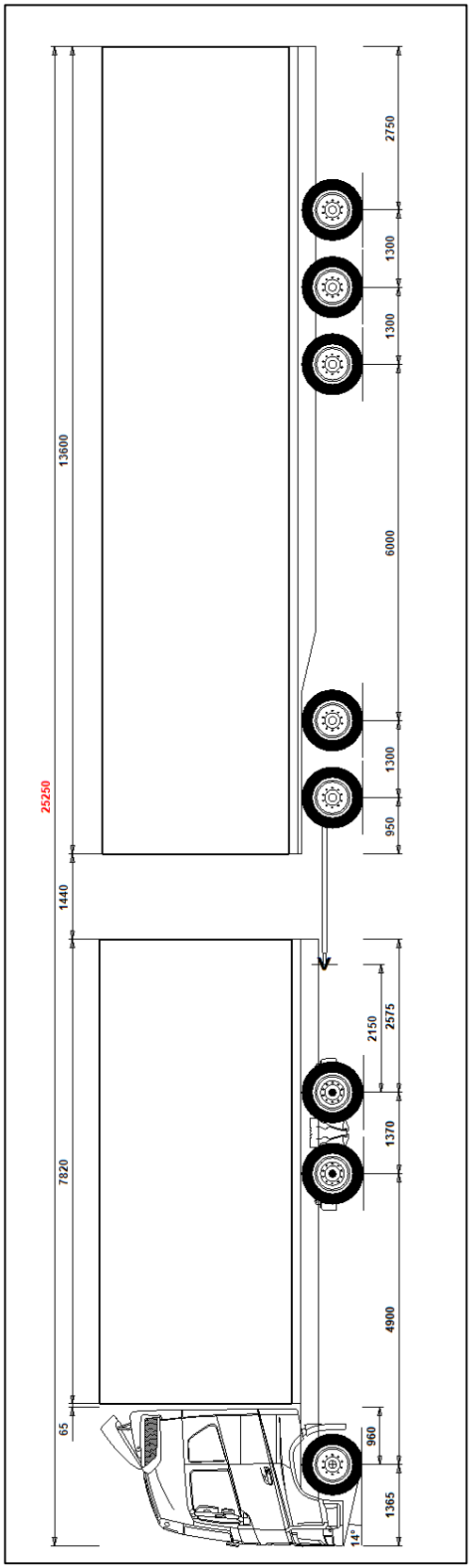
Fordonskombination 606 är en vanlig styckegodskombination med modulmått, och totallängd 25,25 m, som på BK4-vägar kommer kunna lastas till maximalt 71 ton, se kombination 709, men är för BK1 här begränsad till 64 tons bruttovikt. Lastbilen har två drivaxlar i boggin.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 112 Kombination 606 principskiss*

| | Standard last | Standard last inskutet drag |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 | 63,5 |
| **Axelavstånd [m]** | 21,14 | 21,14 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 4,46 | 4,43 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,37 | 0,37 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,06 | 3,08 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,38 | 1,41 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,97 | 1,97 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,54 | 0,54 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,69 | 0,68 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,33 | 0,32 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 27,2% | 29,0% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,3% | 31,0% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,8% | 7,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,5 | 7,3 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 17,4 | 18,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 16,4 | 13,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 21,7 | 24,0 |

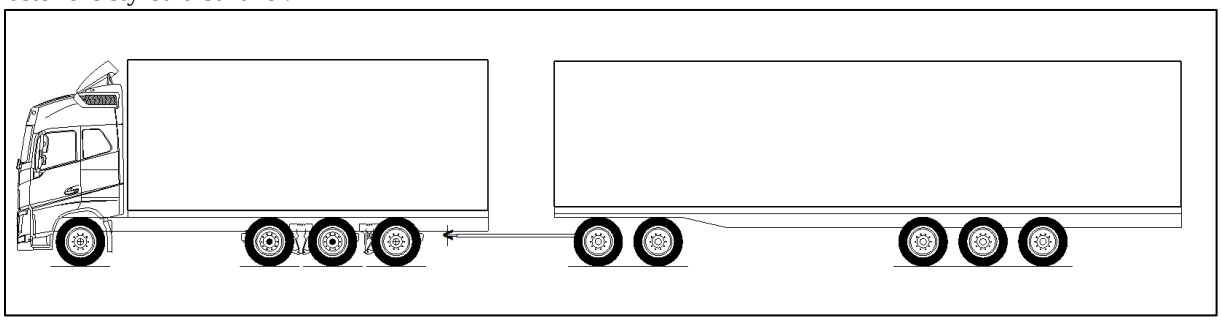



*Figur 113 Kombination 606 måttskiss*

## 607. 8x4 Modultåg-A/styckegods (samma mått som 710)

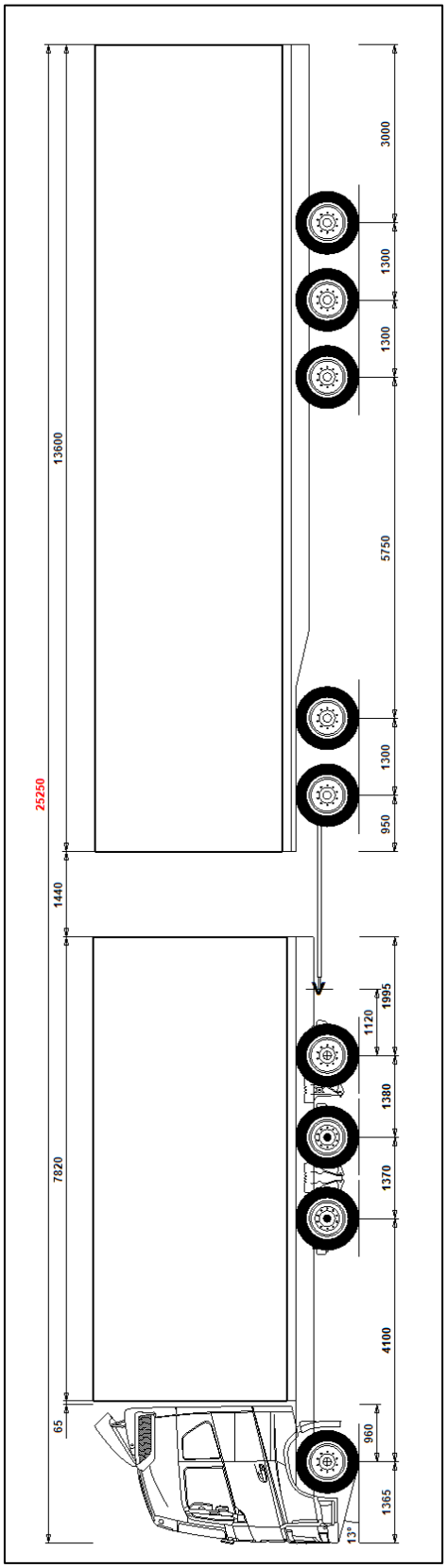
Fordonskombination 607 är en styckegodskombination med modulmått, och totallängd 25,25 m, som på BK4-vägar kommer kunna lastas till maximalt 74 ton, se kombination 710, men är för BK1 här begränsad till 64 tons bruttovikt. Lastbilen har två drivaxlar i sitt trippelaxelarrangemang. Avståndet mellan bakersta lastbilsaxeln och första dollyaxeln är kort (<5 meter) men uppfyller ändå bruttoviktskraven för BK1 på grund av en uppdatering i Trafikförordningen som här ger alternativet att kunna tillämpa bruttoviktstabellen för släp.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet. Denna kombination tar något mindre plats vid vändningen än kombination 606 på grund av lastbilens styrbara bakaxel.



*Figur 114 Kombination 607 principskiss*

| | Standard last | Standard last inskjutet drag |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 | 62,8 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,89 | 20,89 |
| **Längd [m]** | 25,25 | 25,25 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,10 | 5,08 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,52 | 0,52 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,08 | 3,11 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,55 | 1,61 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,03 | 2,01 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,48 | 0,48 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,69 | 0,68 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,32 | 0,30 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,00 | 0,00 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 20,9% | 22,2% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 33,1% | 35,1% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,8% | 8,3% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,6 | 6,3 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 18,8 | 19,6 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 15,7 | 12,8 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 22,0 | 24,0 |

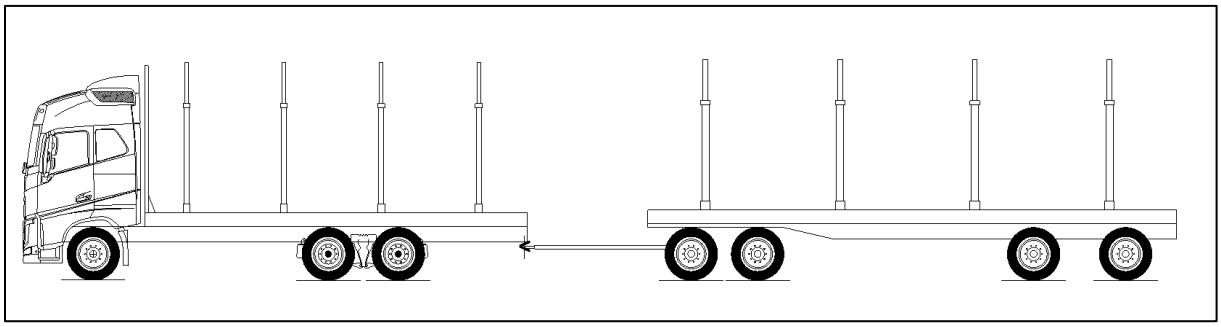



*Figur 115 Kombination 607 måttskiss*

## 608. 6x4 Lastbil med släpvagn/timmer/64t/23m (samma mått som 711)

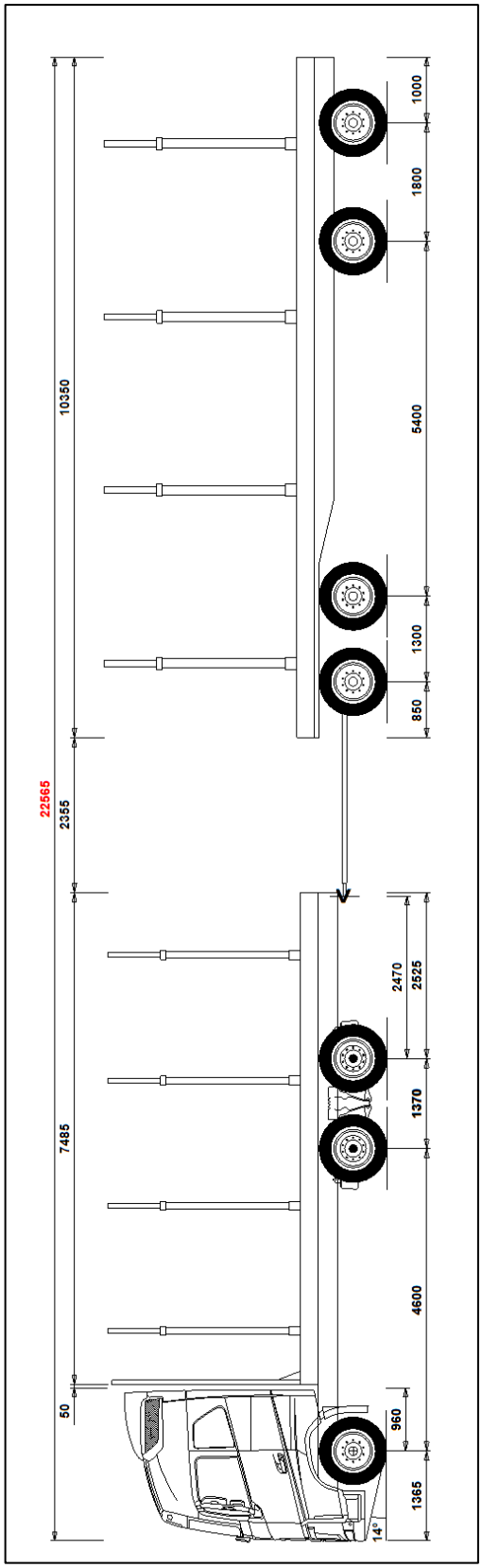
Denna idag vanliga timmerkombination (608) för BK1. Lastbilen har två drivaxlar i boggin. Den kan för BK4 lastas upp några ton för BK4-väg. Se kombination 711, som är lastad till 66 tons bruttovikt.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 116 Kombination 608 principskiss*

| | Standard last | Lika travar lastning |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 63,9 | 61,9 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,20 | 20,20 |
| **Längd [m]** | 22,57 | 22,57 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,29 | 5,29 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,28 | 0,28 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,36 | 3,36 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,53 | 1,60 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,14 | 2,16 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,64 | 0,61 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,89 | 0,89 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,27 | 0,28 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 27,3% | 25,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,5% | 28,2% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,9% | 6,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,6 | 8,2 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 17,4 | 15,8 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,8 | 17,8 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,1 | 20,1 |

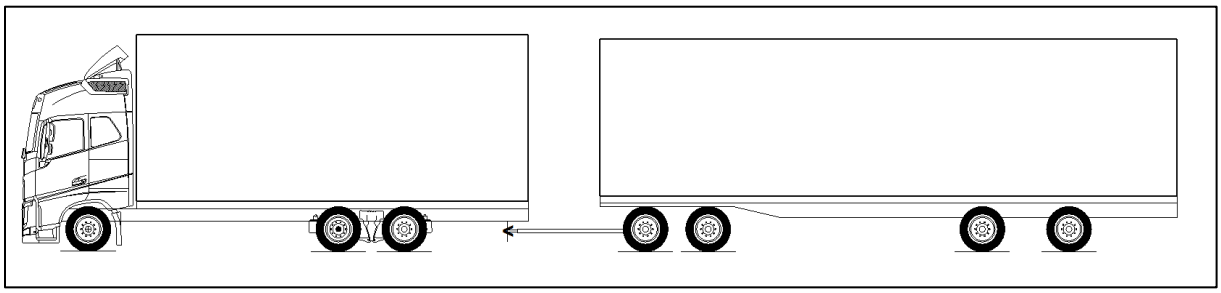



*Figur 117 Kombination 608 måttskiss*

## 609. 6x4 Lastbil med släpvagn/styckegods/60t/24m (samma mått som 713)

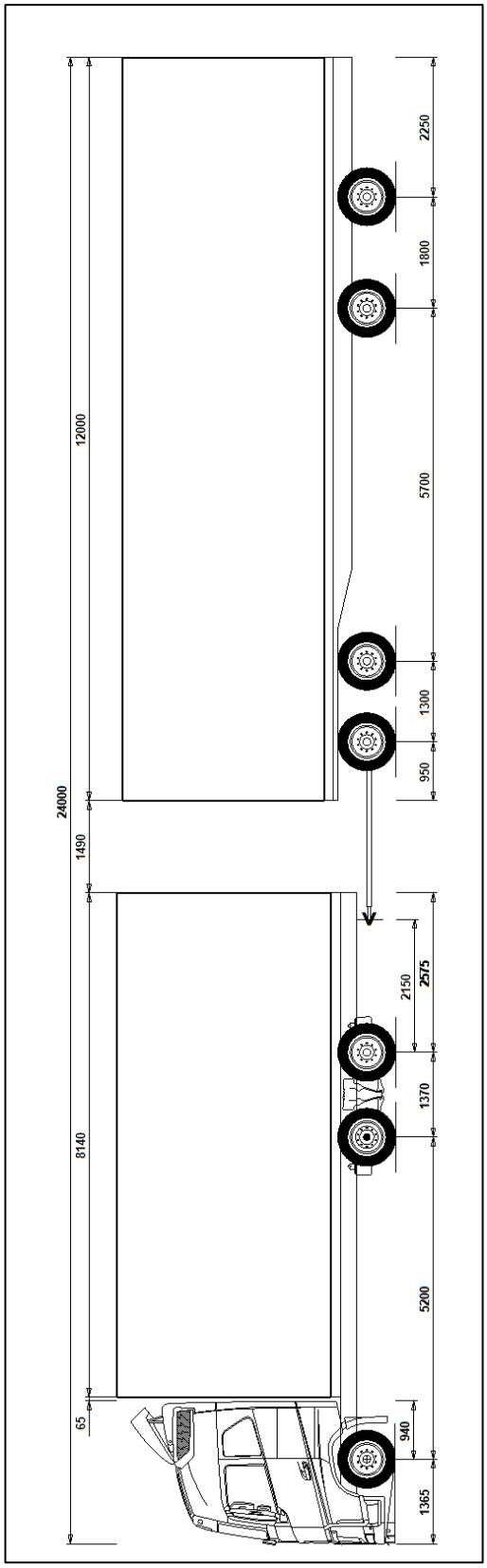
Fordonskombination 609 är en vanlig styckegodskombination inom 24 meters totallängd, som på BK1-väg kan lastas till maximalt 64 ton (givet en viss framlastning). Den har samma måttkedja som kombination 713 som kan lastas med bara några ytterligare ton.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls inte BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet, vilket också händer för de flesta 4,5 meter höga lastbilar och släp. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 118 Kombination 609 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 60,4 | 59,3 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,39 | 20,39 |
| **Längd [m]** | 24,00 | 24,00 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,00 | 4,95 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,38 | 0,37 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,31 | 3,47 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,44 | 1,43 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,05 | 2,04 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,59 | 0,57 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,79 | 0,77 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,29 | 0,29 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 19,0% | 19,4% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 24,8% | 25,2% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 5,7% | 5,8% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,4 | 7,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 17,6 | 18,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 13,9 | 13,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 20,5 | 20,2 |

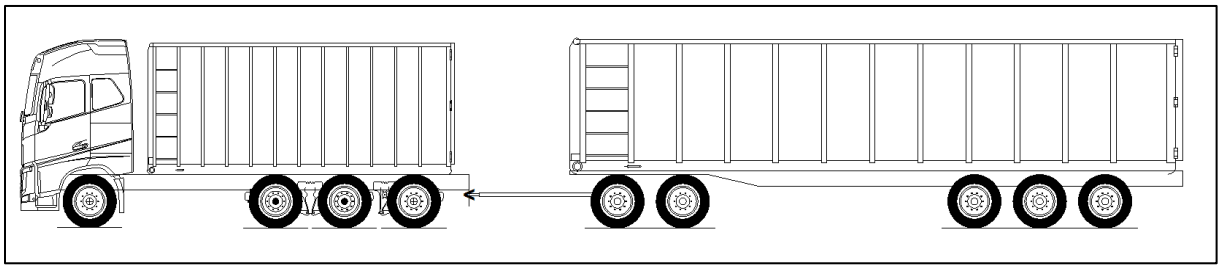



*Figur 119 Kombination 609 måttskiss*

## 610. 8x4 Lastbil med släpvagn/container/64t/24m (samma mått som 717)

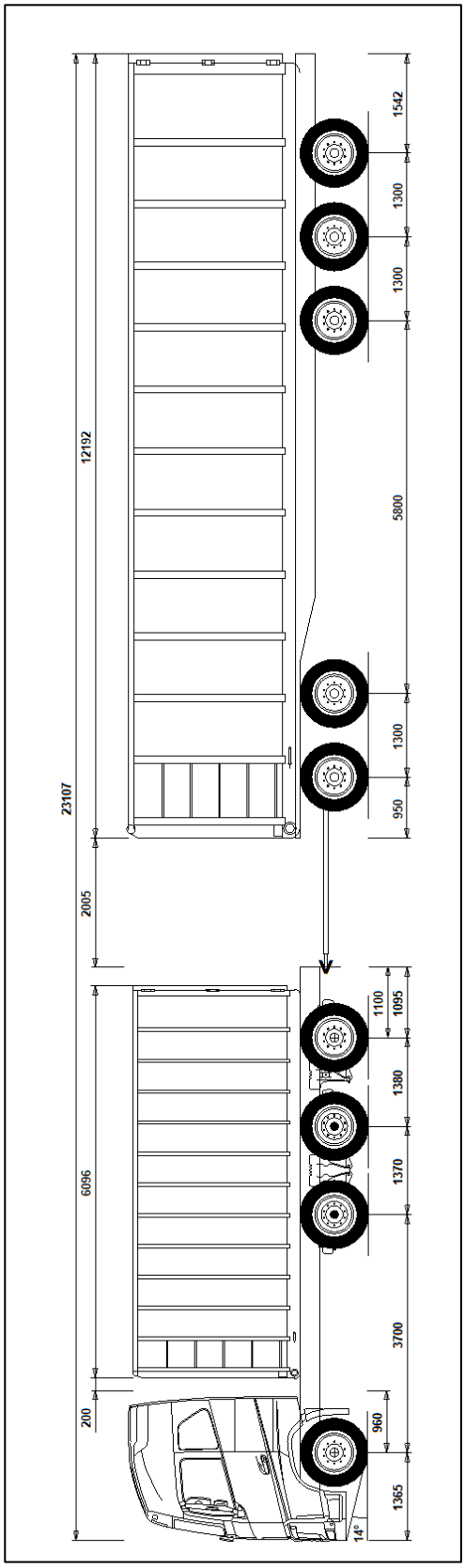
Kombination 610 är avsedd för avsedd för 74 tons containertransport (kombination 717) men är här nedlastad till 64 ton. Beräkningen gjord för både framlastning och jämnt utbredd last, i båda fallen med lika lastdensitet på lastbil och släp. Avståndet mellan bakersta lastbilsaxeln och första släpvagnsaxeln är kort (<5 meter) men uppfyller ändå bruttoviktskraven för BK1 på grund av en uppdatering i Trafikförordningen som i detta fall ger alternativet att kunna tillämpa bruttoviktstabellen för släpvagnar.

BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet uppfylls med god marginal. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls också med god marginal, även Svenska 25,25 vändningskravet. Liksom alla 8x4 lastbilar med trippelaxelarrangemang och löpaxeln placerad längs bak, kan drivaxeltrycket tillfälligt höjas väldigt mycket om det skulle krävas.



*Figur 120 Kombination 610 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,75 | 3,75 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 | 64,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,21 | 20,21 |
| **Längd [m]** | 23,12 | 23,12 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,39 | 5,35 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,39 | 0,38 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 4,24 | 4,32 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,53 | 1,56 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,97 | 1,94 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,38 | 0,39 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,56 | 0,56 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,39 | 0,38 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 18,3% | 19,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 29,2% | 30,9% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,8% | 7,2% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,6 | 7,6 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 16,5 | 17,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 19,1 | 16,5 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 19,9 | 22,5 |

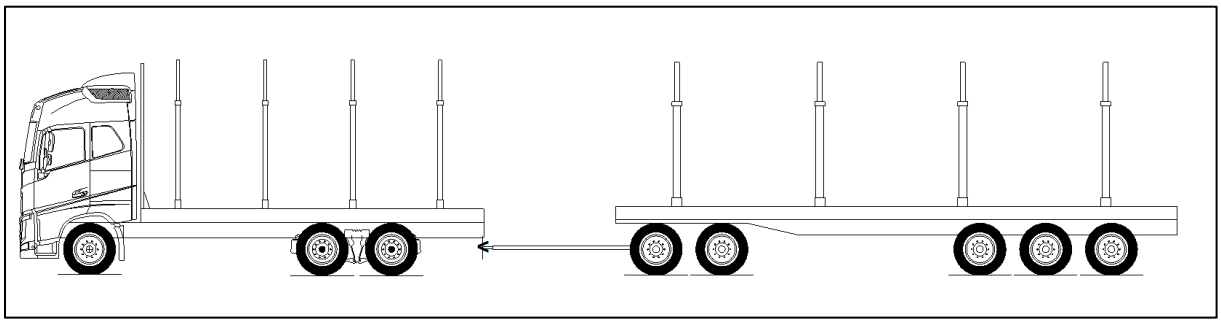



*Figur 121 Kombination 610 måttskiss*

**611. 6x4 Lastbil med femaxlig släpvagn/timmer/64t/23m (samma mått som 714)**

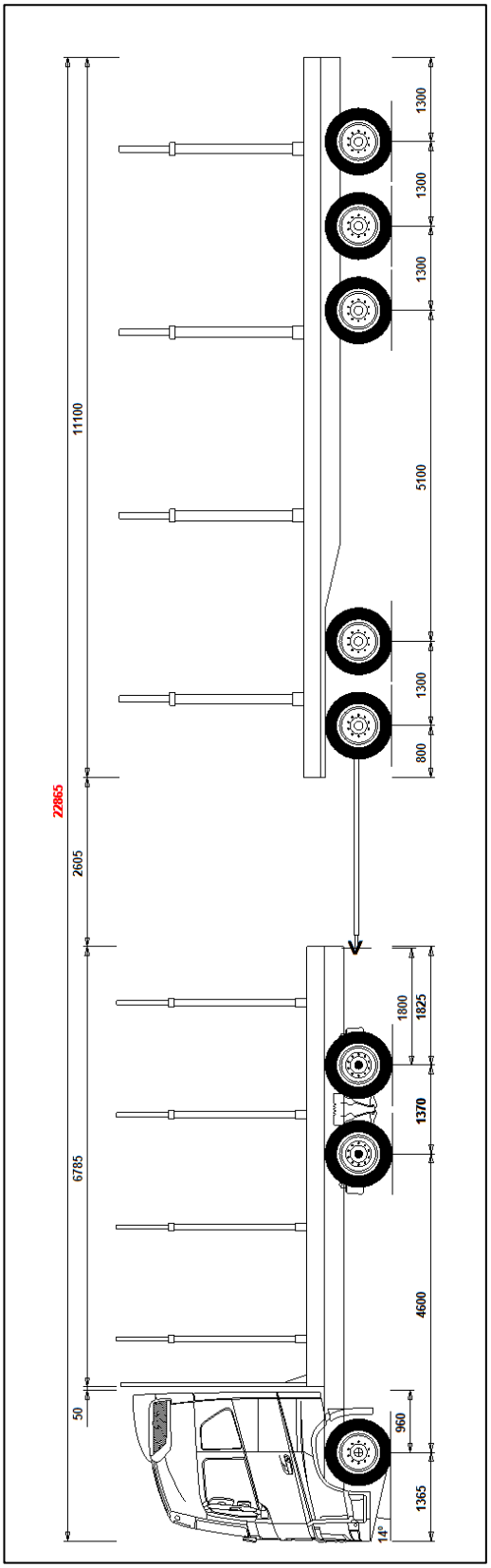
Kombination 611 är ganska vanlig timmerkombination under 24 meters totallängd och liknar Volvos dispensfordon ST-GRUPP, som kan lastas till maximalt 71 tons bruttovikt på BK4. Här är den lastad för 64 tons bruttovikt och BK1-vääg.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet med liten marginal. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 122 Kombination 611 principskiss*

| | Standard last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,18 |
| **Längd [m]** | 22,85 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 4,94 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,25 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,52 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,44 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,96 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,54 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,77 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,30 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 25,6% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 28,0% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 6,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 8,0 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 16,4 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 16,7 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 22,9 |

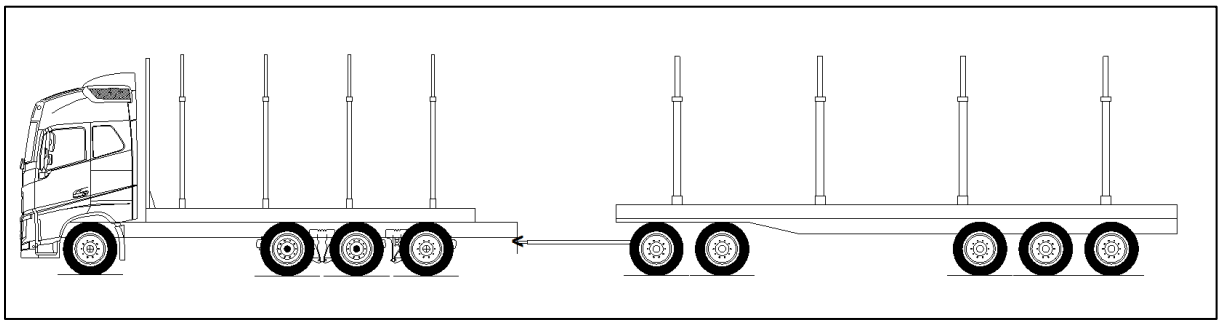



*Figur 123 Kombination 611 måttskiss*

## 612. 8x4 Lastbil med femaxlig släpvagn/timmer/64t/23m (liknande 715)

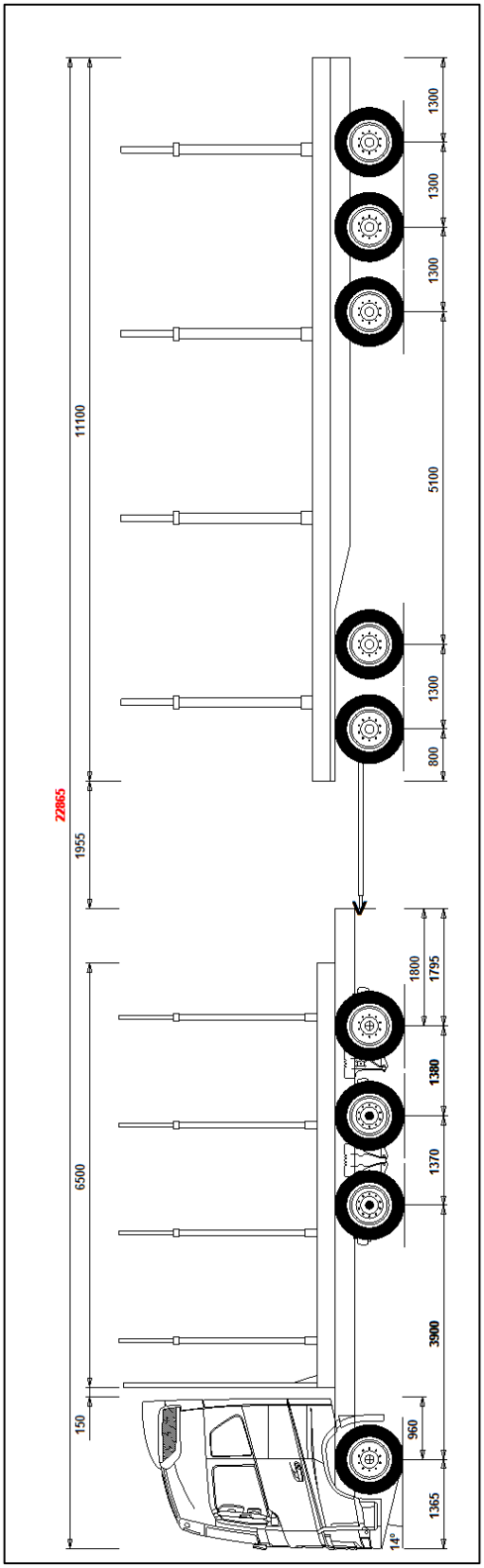
Kombination 612 är en typisk BK4-timmerkombination under 24 meters totallängd som liknar Volvos dispenskombination ST-KRAN. Den kan lastas till maximalt 74 tons bruttovikt på BK4, men här är den lastad för BK1-väg.

Med 4,4 meters lasthöjd uppfylls BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet med liten marginal. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet.



*Figur 124 Kombination 612 principskiss*

| | Standard last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 4,40 |
| **Däcktyp på släp** | Tvilling |
| **Bruttovikt [ton]** | 64,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,21 |
| **Längd [m]** | 22,88 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 6,07 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,42 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,57 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,69 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,16 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,50 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,80 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,32 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,13 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 20,1% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 32,0% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 18,1 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 16,4 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 22,5 |

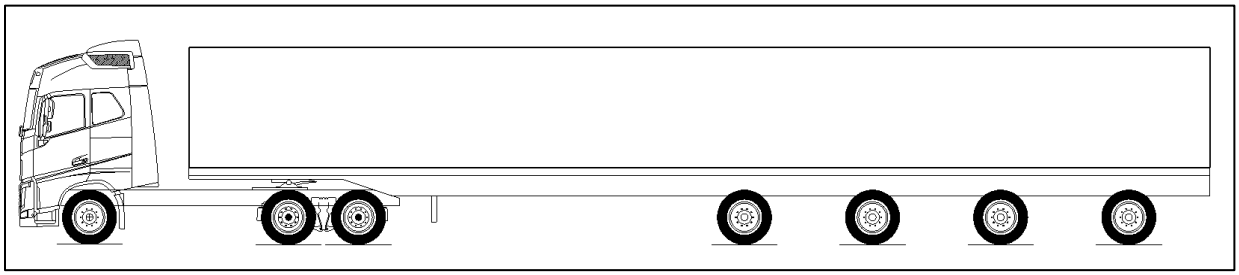



*Figur 125 Kombination 612 måttskiss*

## 613. 6x4 Dragbil med lång semitrailer/tank/64t/23m

Detta är en ganska vanligt förekommande tankkombination (613) för farligt gods (ADR) på svenska BK1-vägar. Traileraxlarna får med 2,5 meter inbördes axelavstånd enligt Trafikförordningen [36] bära nio ton vardera. Trailern har lågfartsstyrande första och sista axel. Här finns den medtagen som en referens i utrymmesbehovsanalyserna.

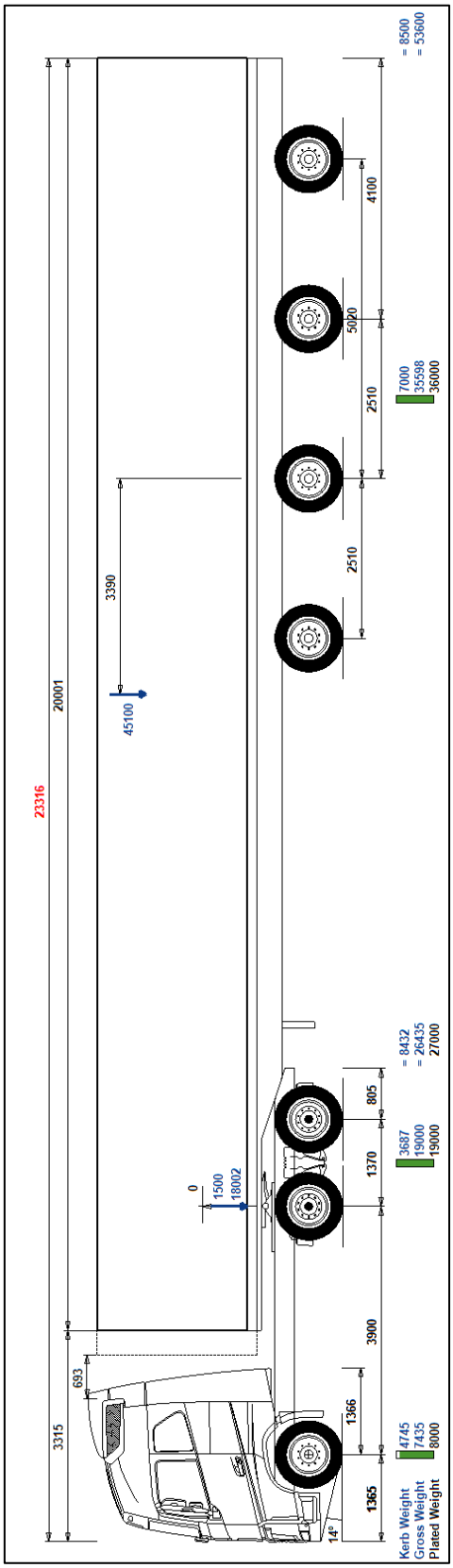
Fordonskombinationen har genomgående mycket goda stabilitetsvärden men skär in mycket i snäva kurvor trots de lågfartsstyrande traileraxlarna. En vanlig semitrailerkombination (kombination 402) får en minsta innercirkel av 5,7 meter, medan den långa semitrailerkombinationen är långt ifrån att uppfylla svenska 25,25- vändningskravet.



*Figur 126 Kombination 613 principskiss*

| | Standard last |
|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,15 |
| **Däcktyp på släp** | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 62,7 |
| **Axelavstånd [m]** | 20,36 |
| **Längd [m]** | 23,32 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | -0,14 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,47* |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 4,21 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 0,93 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,02 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,12 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,26 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,71 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,14 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 30,3% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 32,6% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,6% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,9 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 19,0 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 35,8 |

***Tabellvärdet antar en 1.25 bred tank med skarpt hörn, och ett främre överhäng på 1.95 m. Med vanligen rundat hörn blir utskjutet mindre**




*Figur 127 Kombination 613 måttskiss*

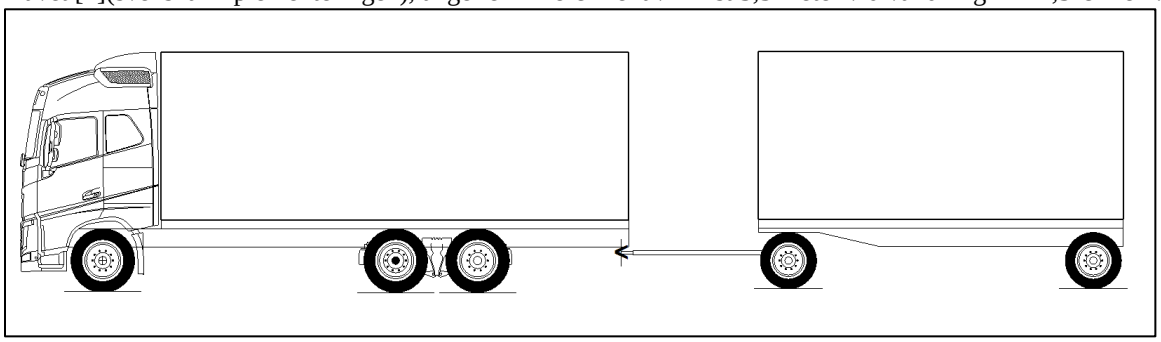
# 13 Appendix 4 Fordonskombinationer upp till 18,75 och 40 ton och maximal höjd av 4,0 meter

De här fordonskombinationerna är tillåtna att köra inom hela EU. De här kombinationerna analyserades också i tidigare NVF-rapport om fordonskombinationer [21] ”Vehicle combinations based on the modular concept (Report 1/2007). Fordskombinationerna är medtagna som kompletterande prestandareferenser för de analyser som görs av i huvudsak längre och tyngre kombinationer.

## 401 6x2 Lastbil med tvåaxlig släpvagn (EU 96/53)/40t/18,4m

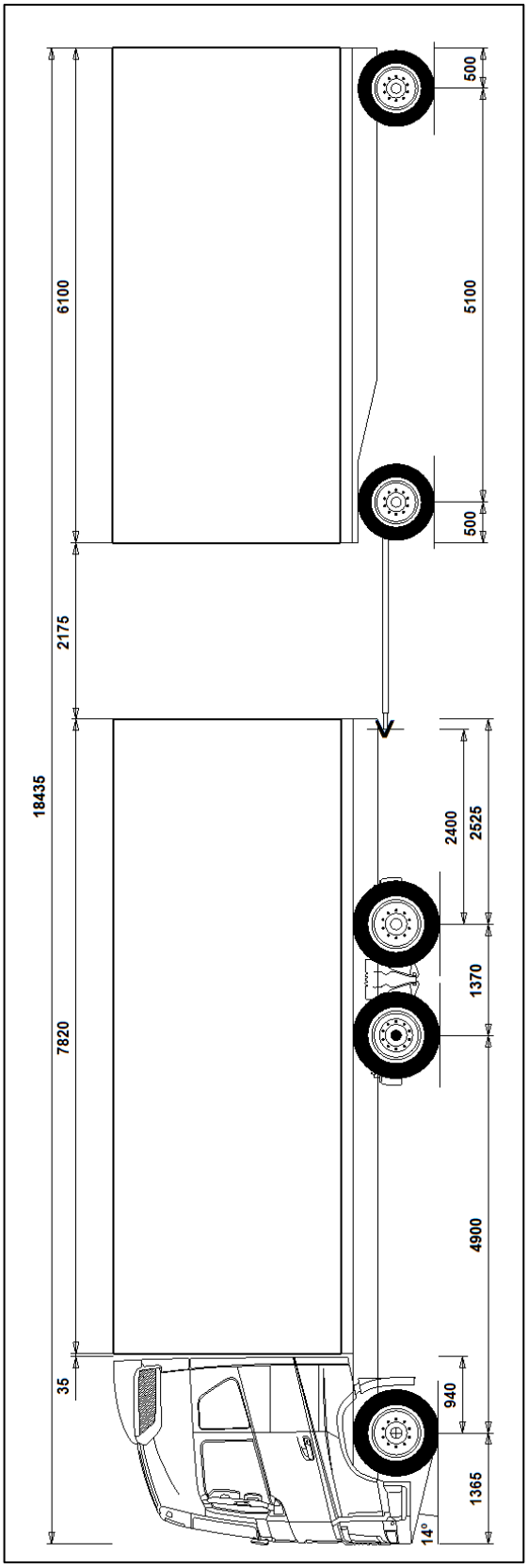
Kombination 401, 3-axliga lastbil med sin korta tvåaxliga släpvagn hade löpnummer 4 i NVF-rapport 1/2007 [21]. Kort släpvagnar är kända för att ha ge goda manövreringsegenskaper på bekostnad av beteende i landsvägsfart

Med europeisk maxhöjd av 4,0 meter, och därmed maximal lasthöjd av 3,9 meter uppfylls BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet. Fordonskombinationen har relativt hög bakåtförstärkning men uppfyller ändå BK4-kravets nivå, vilket också gäller för ledvinkeldämpningen. Lastbilens enda drivaxel är tillräcklig för att grund för att uppfylla 20%-kravet för 40 tons bruttovikt. Svenska 25,25 vändningskravet uppfylls med god marginal, liksom även det motsvarande Europeiska kravet [2](svenska implementeringen), anger en innercirkel av minst 5,3 meter vid vändning i R12,5-cirkeln.



*Figur 128 Kombination 401 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,90 | 3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 40,0 | 40,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 16,57 | 16,57 |
| **Längd [m]** | 18,44 | 18,44 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 6,96 | 6,96 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,37 | 0,37 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,94 | 3,94 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,71 | 1,67 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 2,47 | 2,41 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,45 | 0,45 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,65 | 0,64 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,25 | 0,25 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,11 | 0,11 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 25,6% | 27,5% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 37,4% | 37,4% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 8,8% | 8,8% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 7,3 | 6,2 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 15,7 | 16,8 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 9,2 | 8,5 |
| **Axelgrupptryck andra släpgrupp [ton]** | 7,8 | 8,5 |

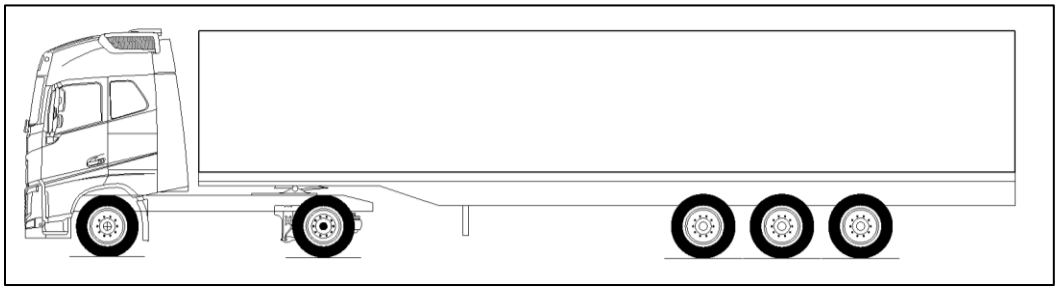


*Figur 129 Kombination 401 principskiss*

## 402 4x2 Dragbil med treaxlig semitrailer (EU 96/53)/40t/16,5m

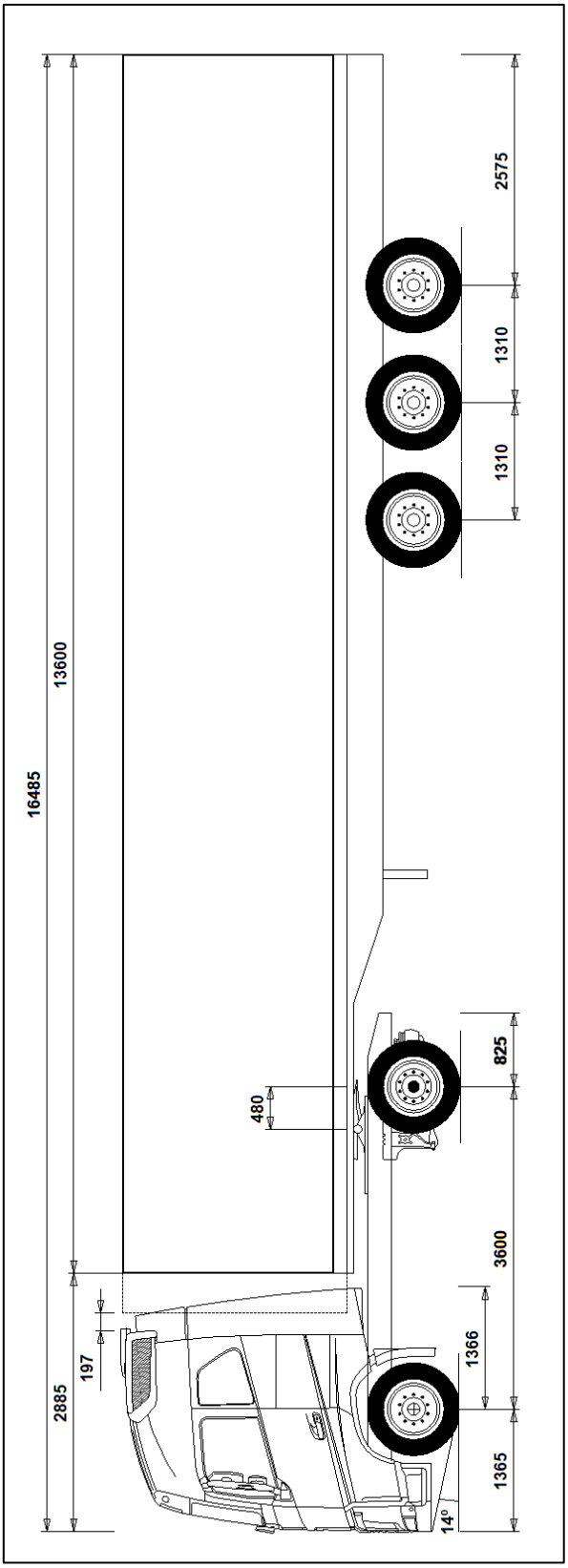
Kombination 402, 2-axliga dragbil med semitrailer har löpnummer 1 i NVF-rapport 1/2007 [21]. Kombination anses ge acceptabel lågfartsmanövrering, och mycket bra dynamiskt beteende i landsvägsfart. Men den kan lätt överlastas gentemot drivaxeln eller dragbilens maximalt tillåtna summerade axeltryck av 18 ton, enligt EU96/53 [2]. Det kan ske till exempel när semitrailern vid distributionskörning börjar lastas av bakifrån. Här begränsar även överlastkänsligheteten bruttovikten till 36 ton vid framskjuten last

Med europeisk maxhöjd av 4,0 meter, och därmed maximal lasthöjd av 3,9 meter uppfylls med liten marginal BK4-kravet på minst 3,5 m/s$^2$ för vältstabilitet. Bakåtförstärkningskravet och dämpningskravet uppfylls med god marginal, liksom Svenska 25,25 vändningskravet. Den enda drivaxel är tillräcklig för att för att uppfylla 20%-kravet för 40 tons bruttovikt. Svenska 25,25 vändningskravet uppfylls med god marginal, liksom även det motsvarande Europeiska kravet [2], som i den svenska implementeringen anger en innercirkel av minst 5,3 meter vid vändning i R12,5-cirkeln.



*Figur 130 Kombination 402 principskiss*

| | Standard last | Utbredd last |
|---|---|---|
| **Lasthöjd [m]** | 3,90 | 3,90 |
| **Däcktyp på släp** | Singel | Singel |
| **Bruttovikt [ton]** | 35,7 | 40,0 |
| **Axelavstånd [m]** | 12,55 | 12,55 |
| **Längd [m]** | 16,49 | 16,49 |
| **Minsta cirkelradie vid 180° sväng R12,5 [m]** | 5,71 | 5,73 |
| **Maximalt utskjut vid 180° sväng R12,5 [m]** | 0,52 | 0,53 |
| **Statisk vätstabilitet [m/s$^2$]** | 3,73 | 3,57 |
| **Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet [-]** | 1,02 | 1,06 |
| **Bakåtförstärkning av lateralacceleration [-]** | 1,23 | 1,27 |
| **Översläng vid enkelt filbyte [m]** | 0,16 | 0,18 |
| **Lastöverföring vid enkelt filbyte [%]** | 0,38 | 0,42 |
| **Ledvinkeldämpning** | 0,53 | 0,49 |
| **Spåravvikelse på rak väg [m]** | 0,08 | 0,08 |
| **Drivaxeltryck [%]** | 32,1% | 28,1% |
| **Pressat drivaxeltryck [%]** | 32,1% | 28,1% |
| **Startförmåga, halt underlag, max motlut [%]** | 7,5% | 6,5% |
| **Axelgrupptryck fram dragfordon [ton]** | 6,5 | 6,5 |
| **Axelgrupptryck bak dragfordon [ton]** | 11,5 | 11,2 |
| **Axelgrupptryck första släpgrupp [ton]** | 17,7 | 22,3 |




*Figur 131 Kombination 402 principskiss*