

Översikt av framkomlighet i nordiska länder för EMS/MVT och HCT fordon samt framkomlighetssimulering för svenska typfordon, avseende hastighet och svep i sväng.



Författare: Lena Larsson & Emil Pettersson

Datum 2022-05-10

1. Förord

Nordiskt Vägforum (NVF) arbetsgrupp Godstransporter, är ett nätverk med nordiska experter från vägmyndigheter, forskningsorganisationer, besiktningsorgan, åkerinäring samt fordonstillverkare.

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

Målet skall uppnås genom att:

1. I huvudsak fokusera på tunga fordon > 3,5 tons totalvikt,
2. 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,
3. Medverka till åtgärder som i relativ jämförelse minskar godstransporternas negativa påverkan som emissioner, vägslitage, buller och trängsel,
4. Medverka till trafiksäkra vägar, fordon och förare,
5. Medverka till ökad kunskap om alternativa energi- och drivsystem för fordon inklusive, biodrivmedel och elektrifiering,
6. Medverka till ökad kunskap om automatisering och digitalisering,
7. Medverka till internationell effektivisering, t.ex. harmonisering och eller ömsesidig acceptans av hållbara förfaranden.

Denna rapport, Översikt av framkomlighet i nordiska länder för EMS/MVT och HCT fordon, Framkomlighetssimulering för svenska typfordon, avseende hastighet och svep i sväng såsom rondeller samt på och avfartskurvor, Bidrar till punkterna 1,2,3,4 & 7 ovan.

Rapporten påbörjades 2021 och har finansierats av Volvo Technology och AFRY inom Vinnova FFI projektet HCT-II. Författare till rapporten är Lena Larsson 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.

Maj 2022

Mårten Johansson, Sveriges Åkeriföretag

Ordförande NVF Godstransporter

Innehållsförteckning

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Förord | 2 |
| 2. | Sammanfattning | 4 |
| 3. | Bakgrund | 5 |
| 4. | Lagkravs översikt EMS/MVT (<25,25m) & längre HCT (<34,5m)..... | 8 |
| 4.1 | Svängkrav | 11 |
| 5 | Simuleringsmetod avgränsning | 11 |
| 6 | Resultat..... | 14 |
| 6.1 | Simulering av 90° sväng..... | 14 |
| 6.2 | Simulering av 120° sväng..... | 16 |
| 6.3 | Simulering av 180° sväng..... | 17 |
| 6.4 | Jämförelse med befintlig infrastruktur i Sverige | 18 |
| 7 | Hur långt kan man komma med styrbara axlar på släp..... | 28 |
| 8 | Diskussion, rekommendation och slutsatser. | 29 |
| 9 | Nomenklatur och förkortningar | 31 |
| 10 | Referenser | 32 |

2. Sammanfattning

Vägnät och regler för fordon och trafik utvecklas både nationellt, internationellt och för gränsöverskridande trafik. NVF godstransporter strävar efter att underlätta för lastbilars framkomlighet inklusive gränsöverskridande lastbilstransporter i Norden. Denna rapport syftar till att jämföra gällande lagar och regelverk för lastbilars framkomlighet samt ta fram underlag för framtida lagstiftning och regelverk.

Rapporten fokuserar på längre och tyngre fordonskombinationer så kallade High Capacity Transport (HCT). HCT kan rätt utformade förbättra energi- och transporteffektiviteten, trafiksäkerheten, samt minskar trängseln på vägarna.

Hela trafikapparaten så som korsningar, rondeller, på- och avfarter behöver utformas så att fordonskombinationer på upp till 34,5 meter kan framföras trafiksäkert, i god fart, utan att riskera att välta eller att ta upp för stor svepyta. Rätt utformat kan ett säkert och effektivt trafikflöde säkerställas.

Denna rapport analyserar svepyta och statisk stabilitet för 12 typfordon mellan 16,5 meters och 34,5 meters fordonslängd. Typfordonen har simulerats för olika yttradier och svängvinklar med avseende på behov av svepyta i låg hastighet. Resultaten har jämförts med gällande finsk, svensk, norsk och dansk lagstiftning 2021.

De studerade typfordonen har ungefär samma framkomlighet gentemot det finska 120° svängkravet som mot det svenska och norska 180° kravet, men Danmark har inget specifikt svängkrav.

Rapporten beskriver vilken maximal hastighet och behov av minimal svepyta som 12 typfordon behöver för trafik genom ett antal svenska rondeller och korsningar.

Genom att utnyttja svängbara axlar på bil och släp samt tillåta kreativa tekniska lösningar såsom t.ex. regler för axellyft i Finland, så kan alla här analyserade typfordon klara dessa krav. Vägarna bör utformas för ett säkert och bekvämt körsätt i alla trafikaneläggningar, med god plats för svep i cirkulationsplatser och korsningar, så att inte lastbilar och lastbilskombinationer kommer i konflikt med andra trafikanter eller fast infrastruktur som skyltar och räcken.

3. Bakgrund

Denna rapport beställdes 2020 av arbetsgruppen NVF Godstransporter. Arbetet baseras på tidigare NVF rapporter från 2007 [1] och 2021 [2] Rapporterna finns att ladda ner på NVFs hemsida (se referenser för länkar), och är en vidareutveckling av HVTT16, P39 [3] rapporten se Figur 1 nedan.



Figur 1: De 3 tidigare NVF & HVTT rapporter avseende typorden EMS/MVT och HCT

Vägnät och trafiklagar utvecklas organiskt och strategiskt. Historiskt hade vi i Sverige varken längd-, vikt-, höjd- eller hastighetsbegränsning för lastbilar på våra vägar. Allt eftersom vägarna och fordonen utvecklades och trafikolyckor blev vanligare började regelverk för fordon, trafik och vägar utvecklas.

T.ex. fri höjd sattes till 4,5 m dvs alla underfarter lägre än 4,5 m behöver skyltas, det finns ingen max fordonshöjd i Sverige. Hastigheten är som för övriga EU-länder 90 km/h för singelbil och 80km/h för kombination. Ett svängkrav för 90° i en korsning med vägbredd på 8,5 meter infördes. Fordonslängden begränsades 1972 till 24 meter (singelfordon såväl som kombination). Fordonsbredden sattes till maximalt 2,6 meter.

1997 efter att Sverige och Finland, som då hade 24 meters maximal totallängd, gått med i EU infördes Europeiska Modul Systemet (EMS 25,25 meters) reglementet [4] för kombinationer med lastbärare på max 13,6 meters semitrailer och 7,82 meters växelflak. Maximal tågvikt sattes till 60 ton för EMS fordon såväl som för 24 meters fordon. På fordonskombinationer längre än 24 meter infördes maximal 2,55 meters bredd förutom för isolerade lastbärare med klimatkontrollerad utrustning. I Sverige fick alla fordon förutom kärra, som får vara max 4,0 meter, fortsatt ha fri höjd. I Finland var alla enheter begränsade till 4,2 meters höjd och så vidare.

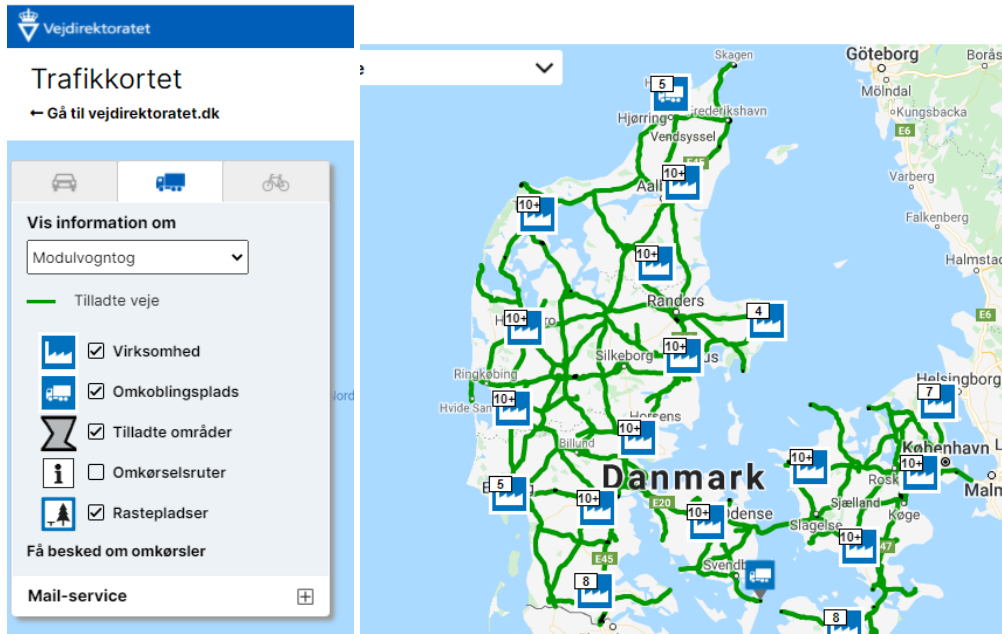
2007 började det organiserade HCT arbetet i Sverige med projekten En Trave Till (ETT) & Större Travar som startade med sikte på 90 ton och 30 meter respektive 74 ton och 24 meter för rundvirkes transporter. 2010 startades DUO² arbetet med DUO-trailer & DUO-kärria baserat på 13,6 och 7,82 EMS modulerna.

Finland införde oktober 2013 maximalt 76 tons tågvikt och höjde tillåten fordonshöjd till 4,4 meter för att kunna få med mer last. Januari 2019 införde Finland 34,5 meters totallängd för ett antal typfordonskombinationer, vilka hade testats på det finska vägnätet. Detta infördes på hela vägnätet förutom i vissa delar, till exempel har delar av Helsingfors som begränsats till maximalt 12 meters fordonslängd.

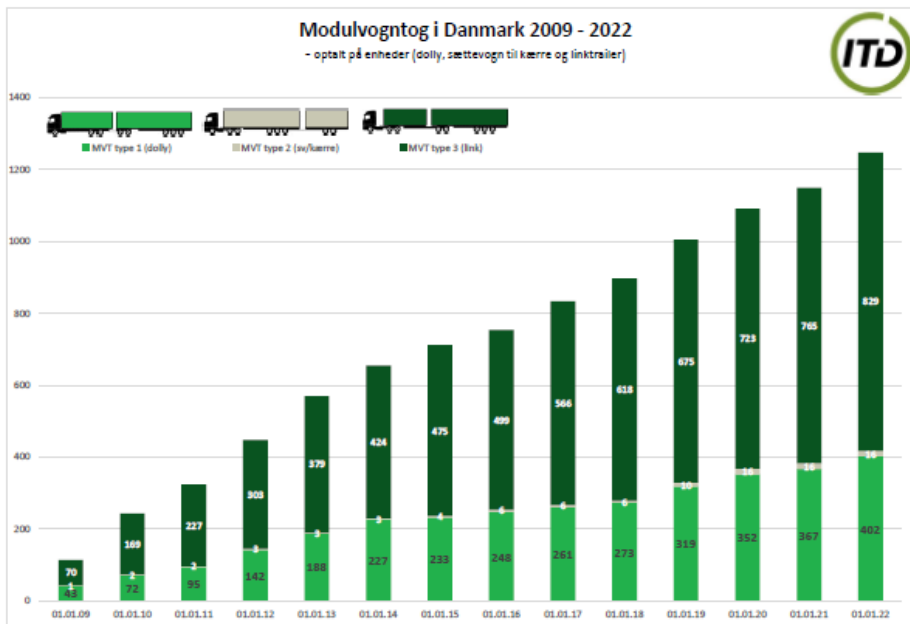
I Norge och Danmark har vägnät för 60 tons bruttovikt öppnats, vägnäten växer allt eftersom det utreds för framkomlighet och bärighet.

Vägnäten i Norden har 2021 Följande status för EMS/MVT (ModulVognTog) och HCT kombinationer;

- Finland i stort sett hela vägnätet är 76 ton sen oktober 2013 och stora delar är godkänt för 34,5 meter 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 uppgraderats till BK4 (max 74 ton) 2018, under 2020 har 26 % av det statliga vägnätet öppnats för 74 ton, planen är att 40% av det statliga vägnätet skall vara öppet under 2023. Presenterades på Nordiska HCT-dagen 2021 [5]
- Norge har sedan 2013 24 meter och 60 ton för timmerbilar. 2014 infördes MVT, 60 ton, på ett eget vägnät som 2020 är på 5150 km. Januari 2020 infördes 24-meters ekipage (MVT typ 4) på MVT vägnätet. Vägnätet för 24 meter och MVT kommer att slås samman med timmerbilvägnätet och blir totalt 55000 km [6]
- Danmark har 2020-08-01 ett MVT vägnät på cirka 4950 km, varav statliga vägar är cirka 4200 km. Se Figur 2[7]
- Färöarna och Island, Modulfordon upp till 25,25 m är tillåtna.



Figur 2: MVT vægnet i Danmark 2022-01-04



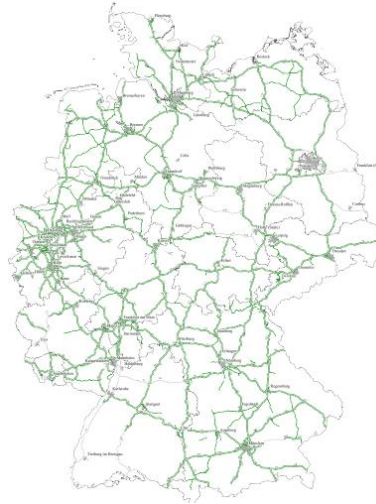
Figur 3: Antalet modulkombinationer(modulvogntog), 25,25 m i Danmark över tid 2009 till 2022-01-01

Sedan 2009 har antalet MVT i exempelvis Danmark gått från 114 stycken år 2009 till 1247 stycken 2022-01-01 se Figur 3 [8]. Försöket startade 2008 och kommer att pågå till 2030 [7]. Danmark har 2022 notifierat EU om att ett storskaligt försök med DUO-trailer som starter 2023/2024 [9].

I Tyskland börjar ” positivnetz-lang-lkw” vägnätet bli så stort att det är funktionellt. 2019-10-01 såg ”Positivnezt” vägnätet ut se Figur 4. Ett 99 sidigt dokument beskriver i detalj vägnätet, rastplatser och tankstationer [10].

I stort sett samma EMS/MVT kombinationer som i Danmark och Norge tillåts, se Figur 5, men med andra krav. Gränspassager inte är tillåtna mellan Tyskland och Danmark.

I Tyskland finns även Dragbil och långtrailer med som EMS kombination nr 1.



Figur 4: Modulkombinations 25,25m vägnät i Tyskland 2019-10-01

4. Lagkravs översikt EMS/MVT ($\leq 25,25\text{m}$) & längre HCT ($\leq 34,5\text{m}$)

Nationell lagstiftning avseende fordonslängder, -vikter -höjder och så vidare gäller i respektive land i Europa. Alla länder i EU måste tillåta gränsöverskridande transporter för bil och släp/kärria på maximalt 18,75 meter (2 x 7,82m lastbärare) samt dragbil med semitrailer på 16,5 meter (12 meter + främre svep på 2,04 meter, i praktiken lastbärlängd på 13,6/13,7 meter beroende på bredd). Gränsöverskridande trafik med andra mått och dimensioner är möjlig genom EU- och bilaterala avtal, här finns bl.a. “25,25 meters fordonen”.

Vanligast korta kombinationer är:

1. Dragbil (2 axlar) och semitrailer (3 axlar)
2. Lastbil och vagn
3. Lastbil och kärria

Enligt direktivet 96/53/EC [4] definieras det Europeiska Modul Systemet (EMS) med lastenheterna Skåp / Växelflak på 7,82 meter och Semitrailer på 13,6 meter, dessa två lastenheter kan kombineras på olika sätt och vilket leder till fordonskombinationer på upp till 25,25 meters totallängd.

Vanligast EMS/MVT kombinationer är

- Lastbil + dolly + semitrailer
- Dragbil + link + semitrailer
- Dragbil + Semitrailer + kärra





Andra vanliga kombinationer är

- Lastbil + vagn (upp till 28 meter i Finland)
- Dragbil + långtrailer (längre än 13,7 meter. Upp till 19,7 meter i Finland)

I Nederländerna finns även

- Lastbil med dubbelkärra (upp till 25,25 meter)

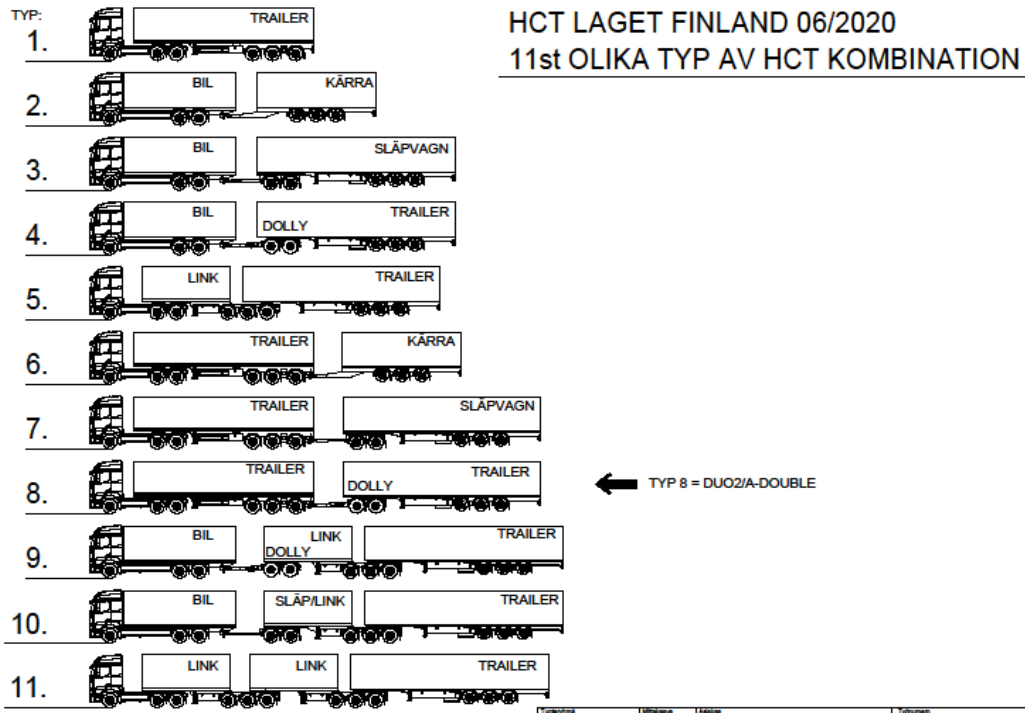
EMS/MVT fordonen idag har olika nummer i olika länder i Figur 5 har vi sammanställt dessa för Norge, Danmark, Sverige och Tyskland.

| | EMS/MVT Nummer | | | |
|---|----------------|---------|---------|----------|
| | Norge | Danmark | Sverige | Tyskland |
|  | 1 | 1 | 1 | 3 |
|  | 3 | 3 | 2 | 4 |
|  | 2 | 2 | 3 | 2 |
|  | (24m) | 4 | (24m) | 5 (24m) |

Figur 5: EMS/MVT nummer i Norge, Danmark, Sverige och Tyskland

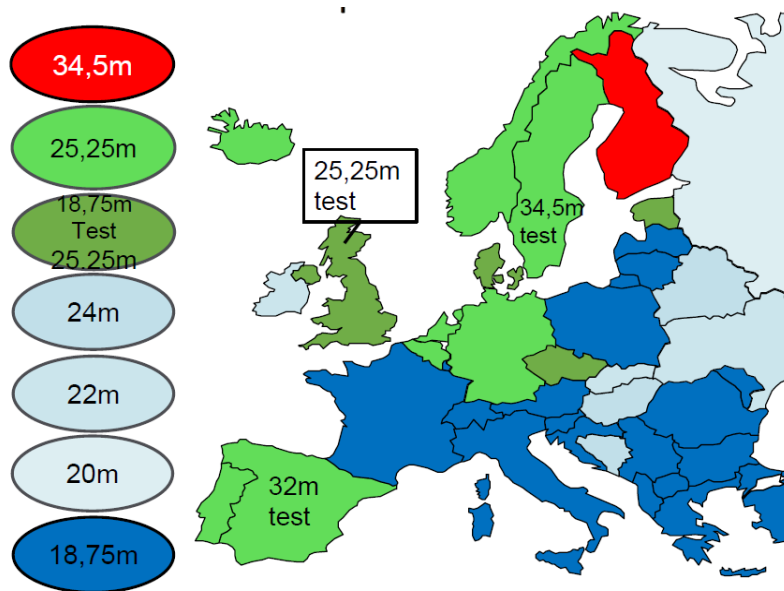
Under 12 år med försöksverksamhet med HCT fordon i Sverige och Finland har fokus varit att testa kombinationer som kommer att bli vanliga i framtiden (framför allt i Finland) och kombinationer som bygger på EMS modulerna (fram för allt i Sverige).

I Finland är idag kombinationerna i Figur 6 tillåtna. Olika länder utvecklar regelverk för 25,25 meters EMS fordon, oftast så att gränsöverskridande trafik är möjligt och ibland så att det inte är möjligt. Det har därför vuxit fram en övertygelse om att gemensamma regelverk för gränsöverskridande trafik behöver tas fram så att de effektivitetshöjande effekterna av fordonskombinationer på upp till 34,5 meter kan utnyttjas optimalt.



Figur 6: Tillåtna kombinationer i Finland

Figur 7 visar vilken maximal fordonslängd som är tillåten i olika europeiska länder 2021.



Figur 7: Längdrestriktioner Europa

4.1 Svängkrav

Enligt EU direktivet 96/53/EC [4], skall varje motorfordon och semitrailer kunna utföra en full 360° sväng med en yttre radie på 12,5 meter och en inner radie på 5,3 meter utan något ytterligare yttre och inre svep. Detta direktiv är 2021, i Norden, gällande på Island för EMS fordon och i Norge för ”24 meters Timmer vägnätet” Tabell 1

Tabell 1 Översikt av svängkrav för EMS & HCT kombinationer i Norden, samt 96/53/EC direktivet.

| Country | Max length(m) | Type/Comment | Turn | Outer Radius(m) | Inner Radius(m) | Outer swing(m) | Swept width(m) |
|---------------------------------|----------------|------------------------|------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Finland | 34.5 | | 120 | 12.5 | 4 | 0.8 | 8.5 |
| Finland | 34.5 | | 120 | 12.5 | 3.7 | 0.5 | 8.8 |
| Sweden | 25.25 | | 180 | 12.5 | 2 | | 10.5 |
| Sweden | 24m | No Demand | ND | ND | ND | | ND |
| Norway | 25.25 | MVT1.2+24m | 180 | 12.5 | 2 | | 10.5 |
| Norway | 25.25 | MVT3 | 180 | 13 | 2 | | 11 |
| Norway Timber roads "TVT" | 25.25 | MVT1.2+24m | 360 | 12.5 | 2 | | 10.5 |
| 96/53 EC | EMS 16.5/18.75 | | 360 | 12.5 | 5.3 | | 7.2 |
| Iceland | 25.25 | | 360 | 12.5 | 5.3 | | 7.2 |
| Denmark | 25.25 | Test- no demand set | | | | | |

Sväng/vändkraven skiljer sig åt mellan de nordiska länderna, så även vad som är tillåtet för att uppfylla dem. En fordonskombination som kan uppfylla lagkraven i ett land med de medel som är tillåtna kanske inte ens är tillåtet att köra i ett annat land.

Dessa skillnader kommer vi att gå djupare på i en kommande NVF rapport. Här behöver vi också titta på hela Europa. Exempelvis måste en dolly i Tyskland vara utrustad med minst en styrd axel och detta är förbjudet i Nederländerna. Tyskland och Nederländerna håller på och utreder hur man skall tillåta gränsöverskridande EMS trafik. I Tyskland tillåts EMS fordon upp till 25,25 m med 44 tons bruttovikt, i Nederländerna 60 tons bruttovikt o.s.v.






5 Simuleringsmetod avgränsning.

Fordonsmodellerna och simuleringsverktyget som används för att simulera svängprestanda är utvecklad av Volvo Technology. Simuleringsverktyget heter VTM (Virtual Truck Modelling) och är byggt i Matlab, Simulink and Simscape. VTM modellerna är semi-detaljerade och har utvecklats och använts under mer än 10 år. Modellerna är idag 3 dimensionella där enheterna modelleras






individuellt, modellen har god korrelation med fullskaletestning. Modellen har även hastighet- och förarparametrar för att kunna efterlikna en verklig fordonsbetende.

För att simulera låghastighet sveppprestanda användes följande indata i modellen; hastighet, yttre svepradie, lasthöjd och lastvikt samt dimensioner för kombinationen och dess enheter. Fordonskombinationerna valdes för att representera de längre kombinationerna som redan testas i Sverige och Finland samt vilka kan bli vanlig i Europa i framtiden. Dessa jämförs sedan mot kombinationer som redan är standard idag. Kombinationerna delades upp i tre kategorier.



Tabell 2: Kategori I – Fordonskombinationslängder från 25,25 m upp till 34,5 m

| | | |
|---|--|--|
| + | AB-double (2 x 20 ft, 1 x 40 ft container) |  |
| ▽ | AB-double (2 x 7.82 m, 1x13.6 m box) |  |
| ✘ | A-double (2 x 13.6 m box) |  |
| ★ | B-double (2 x 40 ft containers) |  |
| ◇ | C-double (3 x 7.82 m box) |  |

Tabell 3: Kategori II – Fordonskombinationslängder från 18,35 m upp till 25,25 m

| | | |
|---|--|--|
| + | B-double (2 x 20 ft, 1 x 40 ft containers) |  |
| ▽ | C-double (3 x 20 ft containers) |  |
| ✘ | Tractor with semitrailer and center-axle trailer |  |
| ★ | Truck with dolly and semitrailer |  |
| ◇ | Truck with full trailer |  |

Tabell 4: Kategori III – Fordonskombinationslängder från 18,35 m upp till 16,5 m

| | | |
|---|------------------------|--|
| + | Truck and full trailer |  |
| ▽ | Tractor semitrailer |  |

I tabell 2 till 4 ovan indikeras styrda axlar med röda hjul, inga traileraxlar förutom tredje axeln på långlinken lyfts eller styr i så som det varit i tidigare rapporter [1], [2] och [3].

Ytterradien valdes till 12,5m, 15m, 20m 30m, 50m och 100m. Medan vinkeln på kurvan varierade mellan 90°, 120° och 180° sväng. Se Figur 8. Nästa kapitel beskriver resultatet för dessa simuleringar.

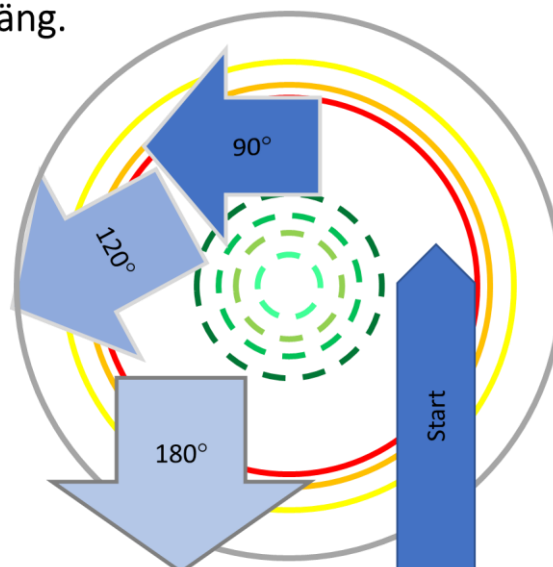
Simulering av svepyta vid sväng.

Sväng

- 90 grader
- 120 grader
- 180 grader

Yttre sväng radie

- 12,5m
- 15m
- 20m
- 30m
- 50m
- 100m



Figur 8: Svängar och radier simulerade.

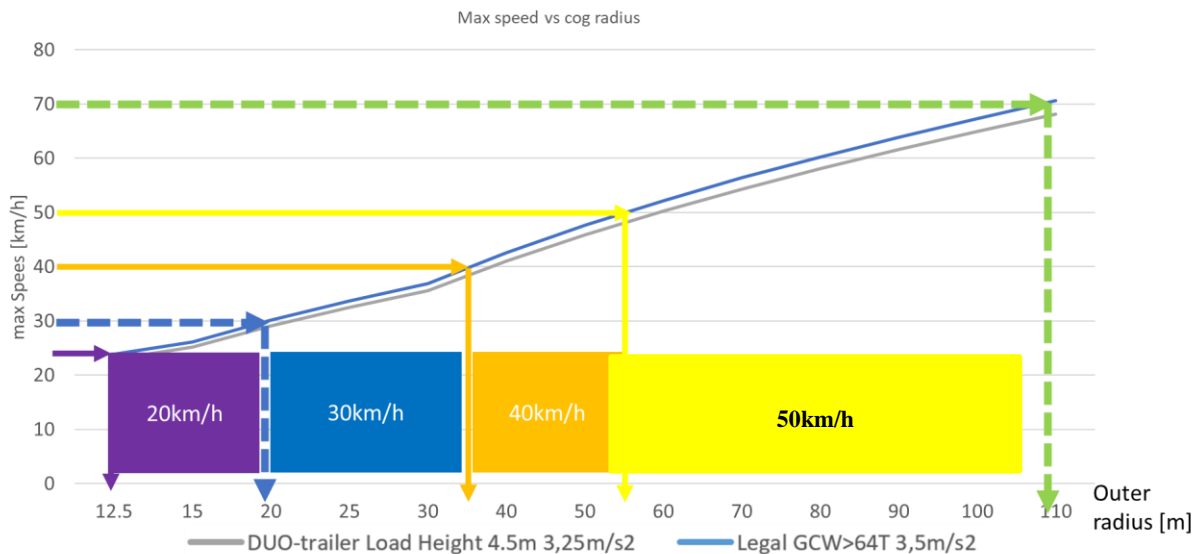
Den hastighet som fordonen kan hålla i rondeller, korsningar och kurvor samt på och avfarter påverkar trafikflödet och trängsel. Ju större radier, längre på- och avfarter, bredare filer samt bättre sikt desto fortare kan man köra säkert. I denna rapport har vi tittat på sju vägkorsningar/trafikplatser i Göteborg med omgivning avseende vältning på grund av statisk instabilitet. Beräkningar visar vilken teoretisk maximal hastighet som går att hålla genom trafikplatserna, med full stabilitet för ett fordon med cirka 4 meters totalhöjd. Fordonskombinationerna antas klarar en sidoacceleration på $3,5\text{m/s}^2$ alternativt är utrustade med ESP (Elektronisk Stabilitets Program) som reducerar hastigheten under fordonets sidoaccelerationsvältgräns. Fordon som inte klarar $3,5\text{m/s}^2$ får köra något långsammare än vad vi redovisar i denna rapport.

Alla hastigheter i denna rapport är beräknade för plan vägbana utan lutning, varken utåt eller inåt och med ett väggrepp så att fordonen inte glider i sidled under svängen.

6 Resultat

Här redovisar vi, resultatet av simuleringarna och vilken framkomlighet som fordonskombinationer får i ett antal typiska vägkorsningar/trafikplatser i och kring Göteborg. Ju större radie desto högre hastighet är möjligt och mindre filbredd behövs.

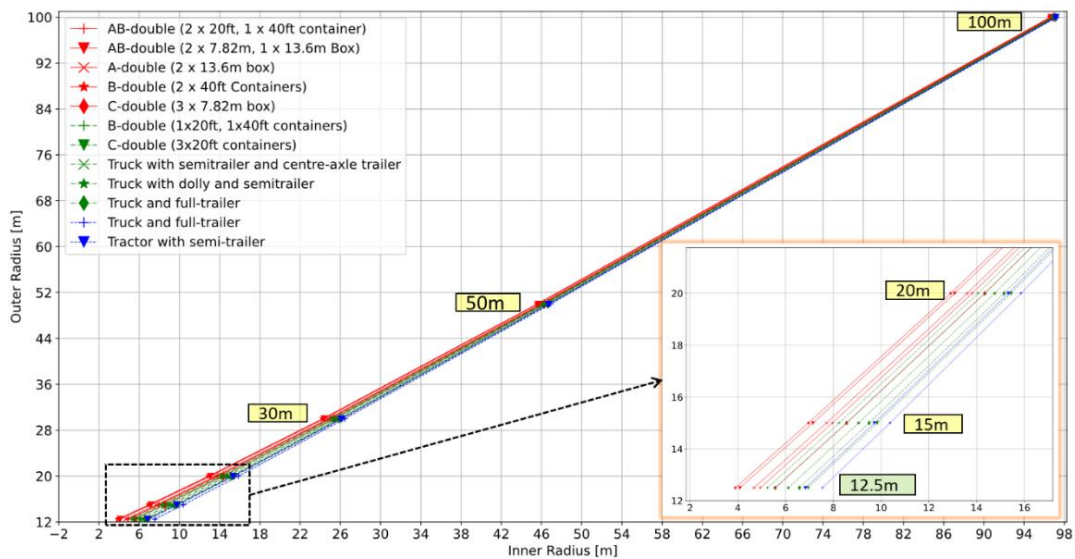
I Figur 9 ser vi förhållandet mellan ytterradie och maximal hastighet. Vid en radie på 20 meter kan en maximal hastighet på 30 km/h hållas och vid en radie på 110 meter så är maximal hastighet 70 km/h. Dessa värden är beräknade för fordon som klarar en sidoacceleration på 3,5 m/s², vilket är kravet för fordonskombinationer med en bruttovikt på mer än 64 ton i Sverige [11]. Fordon med högre tyngdpunkt behöver köra långsammare och fordon med lägre tyngdpunkt kan köra snabbare utan att välta vid kontinuerlig sväng. Hastighetsvärdet i respektive box visar den maxhastighet som är lämplig för fordonskombinationer i respektive ytterradieintervall, på plan torr vägbanan.



Figur 9: Maximal hastighet i kurvor vid en lateralacceleration på 3,5m/s².

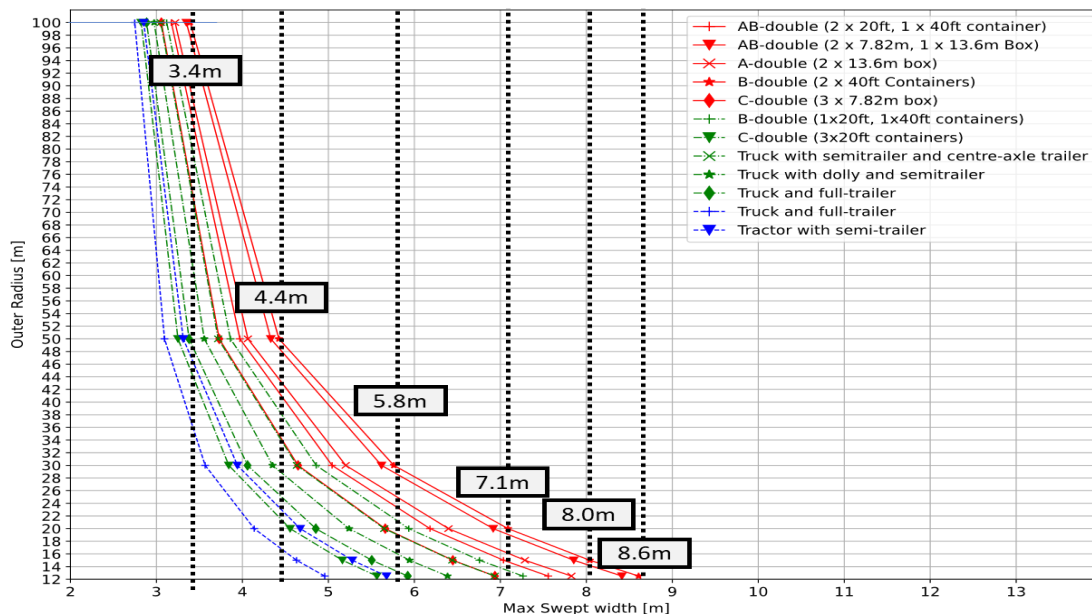
6.1 Simulering av 90° sväng

Alla svängsimuleringar har gjorts med jämt utbredd last på typfordonen och vid cirka 5km/h. Ytterradien har varit 12,5 m, 15 m, 20 m, 30 m, 50 m, och 100 m. Innerradie och svep har beräknats. Resultatet visas i Figur 10. Minsta innerradie blev 3,9 m vid 12,5 m ytterradie och 96,6 m vid 100 m ytterradie för långlink-kombination (B-dubbel) med två 40 fots containers.



Figur 10: Innerradie som funktion av ytterradie vid lågfarts 90° sväng

I Figur 11, Visas samma resultat som i Figur 10 fast i detta fall som svepbredd, med ytterradien som y-axel och svepbredd som x-axel. Vid en 90° sväng har alla kombinationerna en svepbredd på 3,5 m eller mindre vid en ytterradie på 100 m: Vid 12,5 meter ytterradie krävs upp till 8,6 meters svep.



Figur 11: Svept yta som funktion av ytterradie vid lågfarts 90° sväng.

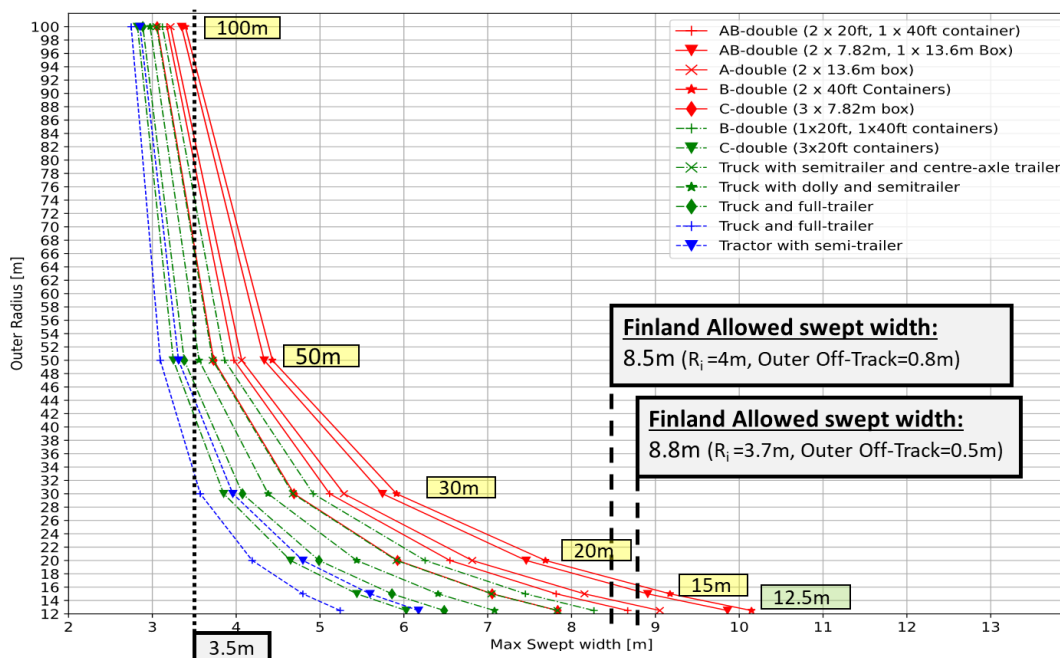
6.2 Simulering av 120° sväng

Figur 12 visar svept yta för en 120° sväng. Gällande finsk lagstiftning [12] kräver att en fordonskombination måste klara en 120° sväng med en yttre radie på 12,5 m och en svepbredd på 8,8 m, vilket motsvarar en innerradie på 3,7 m. Ett yttre svep på 0,5 m är tillåtet i detta fall. Om inre svepet är max 8,5 m så godkänns ett yttre svep på 0,8 m. I Finland är det tillåtet att lyfta och styra axlar för att klara svängkravet. Det finns höghastighetskrav på dynamisk stabilitet som ger hög trafiksäkerhet vid höga hastigheter.

Tre av de beräknade svenska typfordonskombinationerna klarar inte det finska kravet som de är utrustade;

- DUO-trailern (A-dubbel) bestående av dragbil, dolly och två 13,6 meters semitrailers,
- AB-dubbel bestående av lastbil, dolly, link och semitrailer. Lastbärarna är två 20 fots och en 40 fots containers.
- Långlink (B-dubbel) bestående av dragbil link och semitrailer med en styrd axel. Lastbärare är två 40 fots containers)

Om de byggs med axelpositioner och lyft och styrbara axlar som används enligt det finska regelverket så klarar alla kombinationer kraven.



Figur 12: Svept yta som funktion av yttre radie vid lågfarts 120° sväng.

6.3 Simulering av 180° sväng

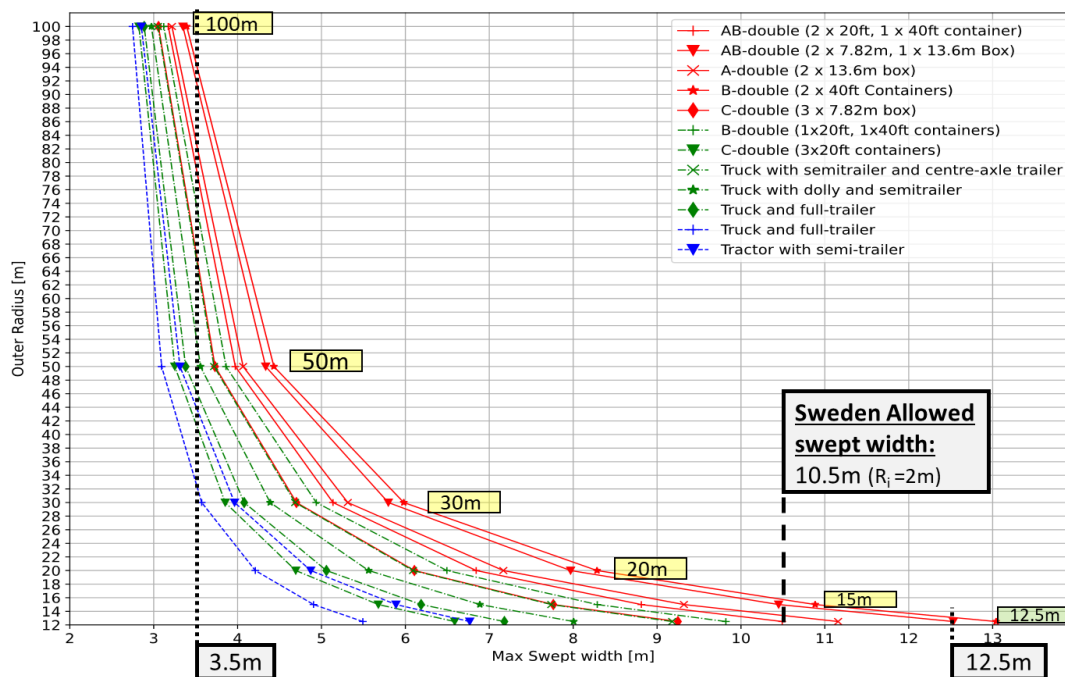
Sverige och Norge har samma/liknade krav för EMS/MVT fordonskombinationer. I Sverige gäller kraven för fordonen (alla över 24m), i Norge finns det olika vägnät med olika fordonskrav. Exempelvis 24 meters timmervägnät, 25,25 meters EMS/MVT 1, 2 och 4 samt ett EMS/MVT 3 vägnät.

Svenska regelverket och Norska EMS/MVT 1, 2 och 4 är samma, Fordonskombinationer måste kunna göra en 180° sväng med en maximal yttre radie på 12,5 m och en minimal inner radie på 2 m. D.v.s. ett max svep på 10,5m. Simuleringsresultatet av 180° sväng visas i **Figur 13**.

Av kombinationerna längre än 25,25 meter så klarar AB-dubbeln med två 20 fots och en 40 fots containers lastbärare samt DUO-kärnan (C-dubbel) med tre 7,82 metes växelflak lastbärare svängkravet på 180 grader 12,5 meter ytterradie. A-dubbeln med två 13,6 meters semitrailers och B-dubbeln med två 40 fots containers och AB-dubbel med två 7,82 metes flak, på bil och link samt en 13,6 meters trailer klarar inte kravet.

Link (B-dubbel) kombinationer har det minsta vägnätet i Norge, vändkravet är 180 grader med 13 meter ytterradie och 2 meter innerradie, Detta krävs om lastbärarna är 7,82 + 13,6 meter långa och ingen axel på släpen är styrbar.

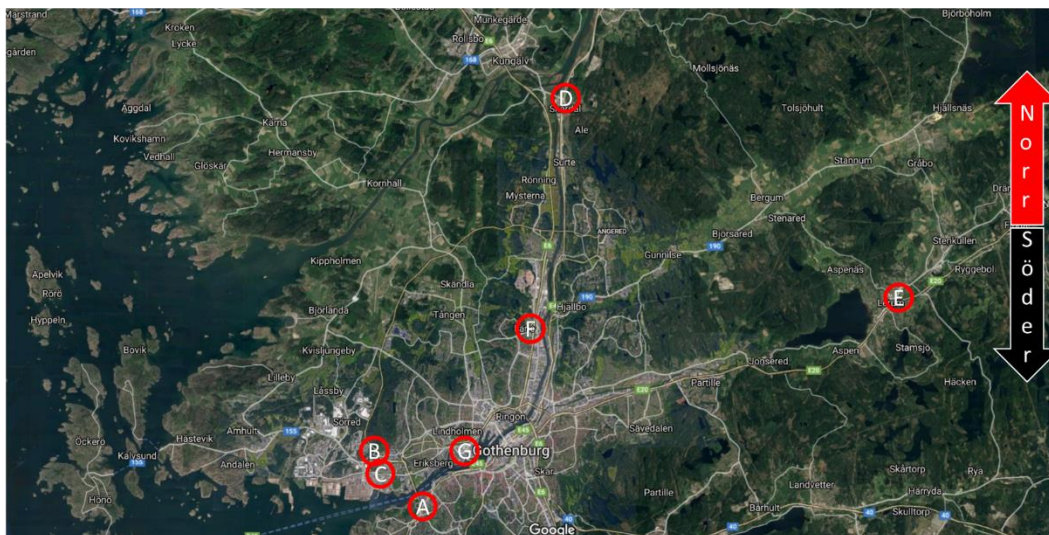
Om fordonskombinationer byggs med axelpositioner och lyft och styrbara axlar som används enligt det finska regelverket så klarar alla kombinationer alla krav.



Figur 13: Svept yta som funktion av ytterradie vid lågfarts 180° sväng.

6.4 Jämförelse med befintlig infrastruktur i Sverige

För att kunna uppskatta hur framkomligheten i trafikapparaten är i verkligheten har vi tittat på ett antal trafikplatser i Göteborgsområdet, se Figur 14 samt Tabell 5. Detta ger en bild av framkomligheten på det större vägnätet i Sverige 2021, nedan går vi igenom dem var för sig. För alla trafikplatserna har antagits plan torr vägbana.

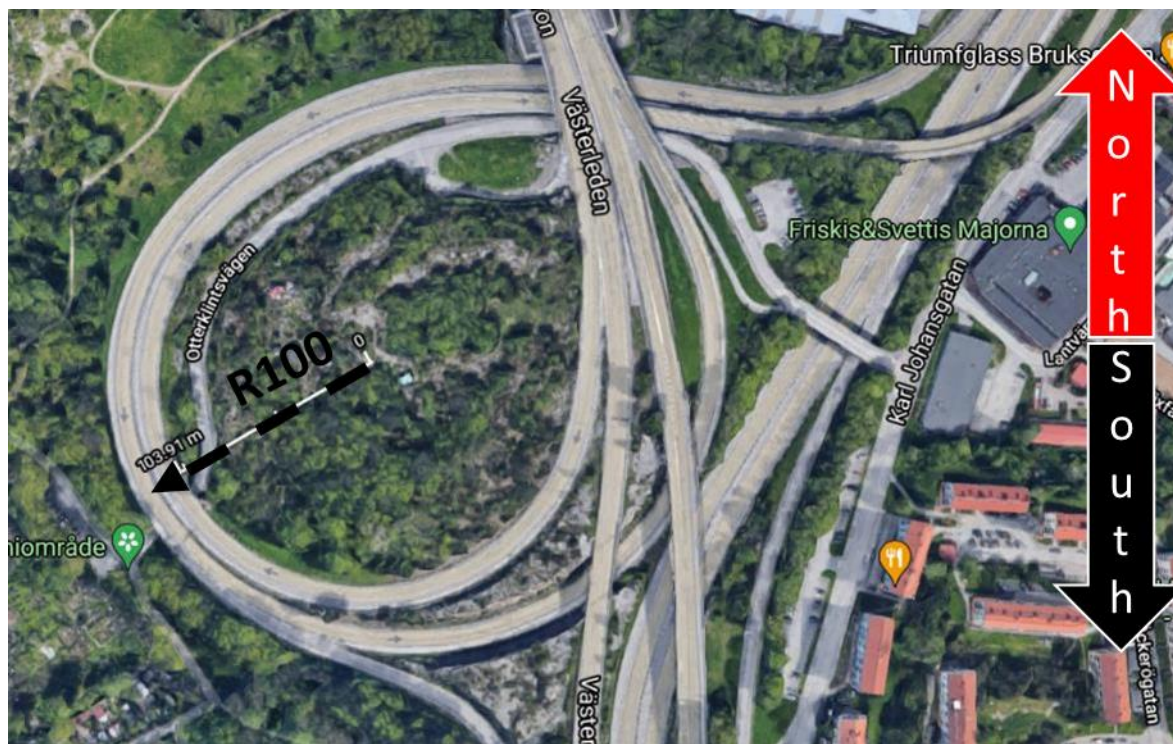


Figur 14: Exempel på vägkorsningar/trafikplatser i och kring Göteborg.

Tabell 5 Exempel på vägkorsningar/trafikplatser i och kring Göteborg

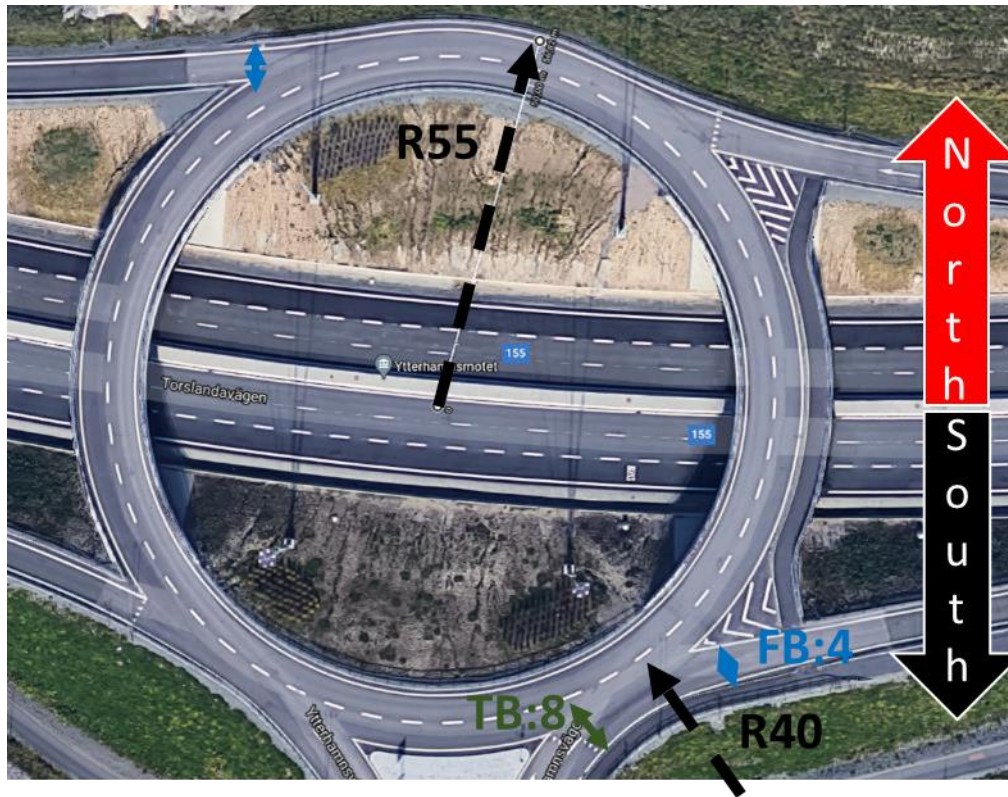
| | Vägkorsning/Trafikplats Väg Nr | Typ av korsning | Typ av Sväng | Ytter radie (m) | Max hastighet (km/h)* | Svep B-dubbel (långlink-1styrd) 2x40" (m) | Tillgänglig filbredd/totalvägbredd (m) |
|---|--|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|---|---|
| A | Rödastensmotet, E6.20 & E45 (Älvsborgs bron) (byggd för vänstertrafik) | Stort mot | 270° vänster | 100 | 60-65 | 3,4 | 3.5 |
| B | Ytterhamnsmotet, RV155 & E6.22 (Hisingen) | Stor rondell | 120° vänster | 55 | 40-47 | 4,3 | 4 (8 vid två filer) |
| | | | 80° höger | 40 | 35-42 | 5 | 4 (8 vid två filer) |
| C | Arendalsvägen till/från Ytterhamnsvägen (Hisingen) | Medium rondell | 180° höger | 30 | 35 | 6,0 | 4.3 (7.6 med innersektion, 9 vid två filer) |
| | | | 120° vänster | 26 | 30-35 | 6,6 | 4.3 /7.6 med innersektion, 9 vid två filer |
| D | Bohusmotet E45 & LV587 (Bohus) | Medium rondell | 90° vänster | 30 | 30-35 | 5,9 | 5.2 (max 9.5) |
| | | | 90° höger | 17 | 20-25 | 7,7 | 6.4 (max 7.5) |
| E | Lerum, lokal väg | Liten rondell | 90° vänster | 12.5 | 20-24 | 8,6 | 6.7 /12.5 med innersektion |
| F | Bäckeboismotet, E6 | Drop-form | 120° vänster | 18/20 | 27 | (8,3)/7,7 | 4.3 /7.0 med innersektion, 9 med inner & yttersektion |
| G | Polstjärnegatan/ Cronakersgatan (Hisingen) | Vanlig Svensk Rondell | 90° vänster | 18 | 25 | 7,4 | 5.5 /10.5 med innersektion |
| | | | 180° vänster | 18 | 25 | 9,5 | |

*Maximal hastighet på plan torr vägbana med max 3,5 m/s² lateral acceleration



Figur 15: Trafikplats A Rödastensmotet, E6.20 & E45 (Älvsborgs bron).

A: Rödastensmotet vid Älvsborgsbron Figur 15 har en ca 270 graders sväng mot E45. Snävaste radie är 100 meter. Alla kombinationer klarar svängen inom en filbredd på 3,5 meter kan hålla en hastighet på 60–65 km/h vid pilen.



Figur 16: Trafikplats B Ytterhamnsmotet, RV155 & E6.22, R55 & R40.

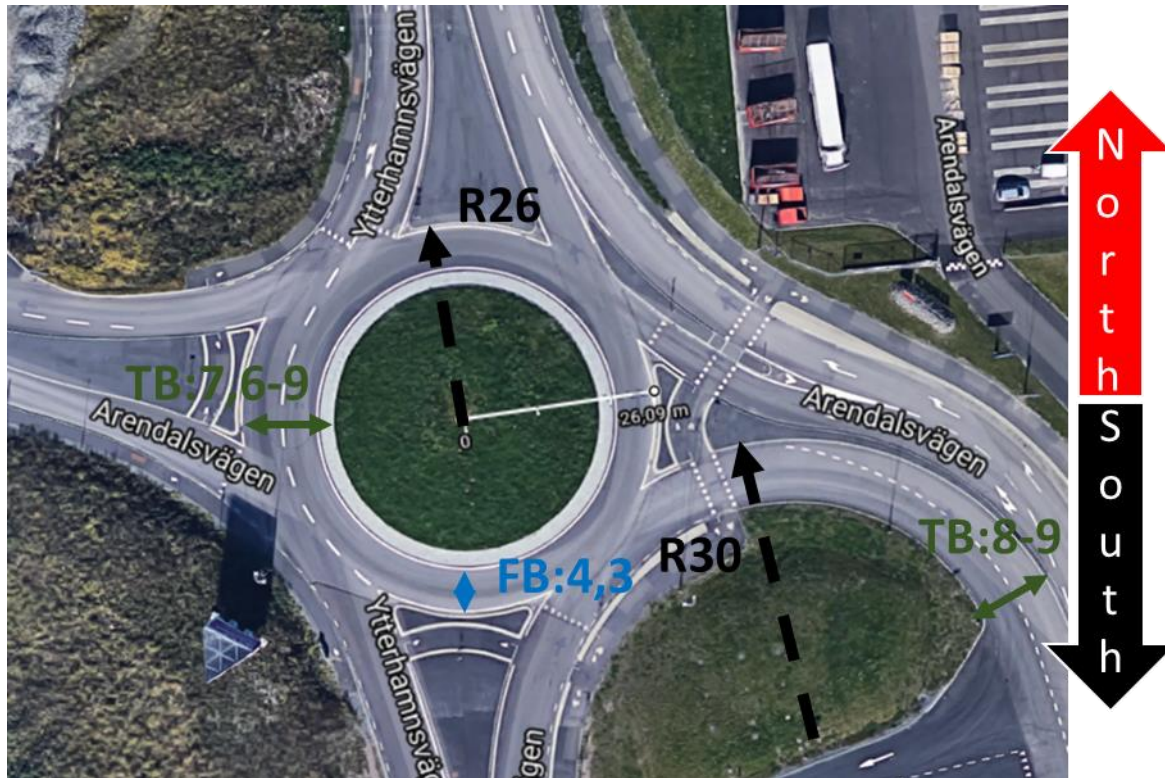
B: I Figur 16 ser vi en stor nybyggd rondell här är en högersväng ungefär 80 grader och en vänstersväng ungefär 120 grader.

Vid vänstersväng är radien 55 meter och en hastighet på 40–45 km/h kan hållas.

Vid högersväng från söder och österut, är radien ca 40 m och en hastighet på 35–40 km/h kan hållas. Filbredden är ca 4 m, 2 filer ger 8 meter körbana.

Alla typfordonen kan passera denna rondell med god säkerhet.

Av kombinationerna längre än 25,25 meter så klarar AB-dubbeln med två 20 fots och en 40 fots containers lastbärare samt DUO-kärran (C-dubbel) med tre 7,82 metes växelflak lastbärare 90 graders sväng med 40 meters ytterradie inom 4 meters svepyta. A-dubbeln med två 13,6 meters semitrailers och B-dubbeln med två 40 fots containers och AB-dubbel med två 7,82 metes flak, på bil och link samt en 13,6 meters trailer klarar 90 graders sväng med 40 meters ytterradie inom 5 meters svepyta.



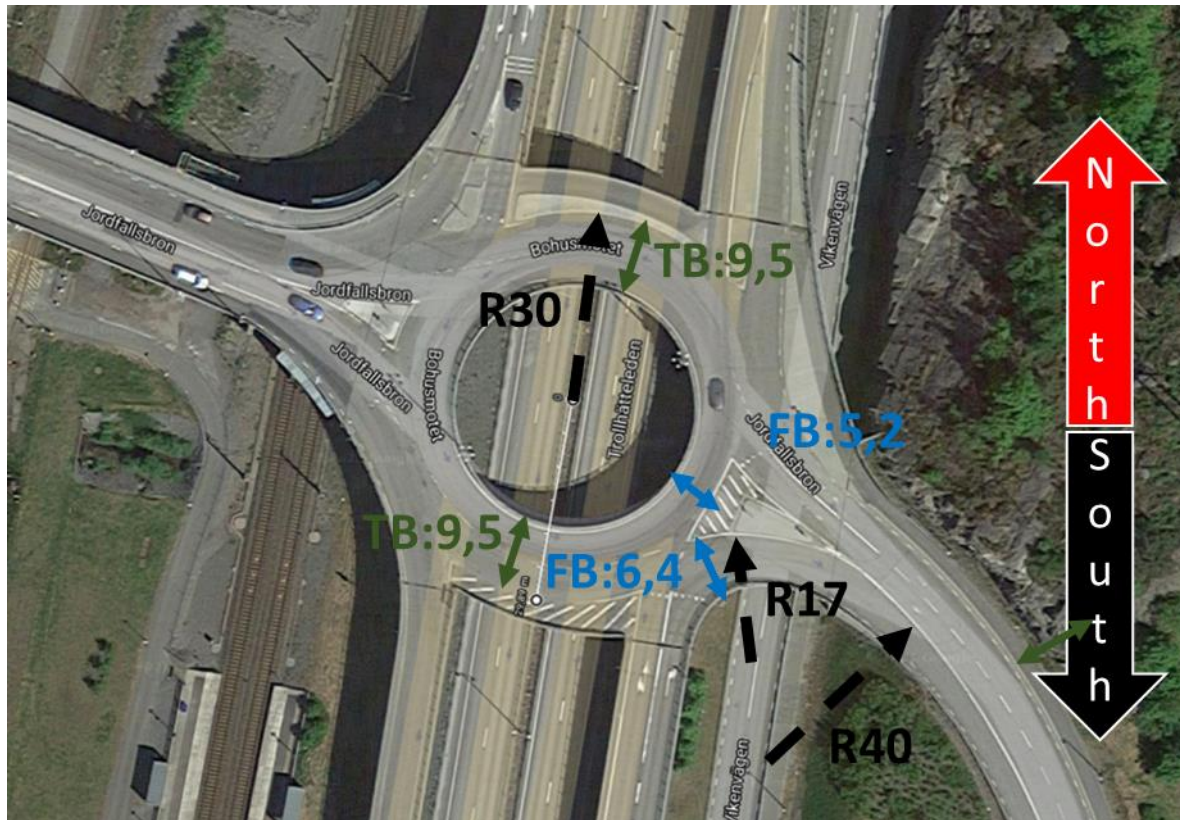
Figur 17: Trafikplats C, Arendalsvägen - Ytterhamnsvägen, en medelstor rondell.

C: En stor del av transporter till och från Göteborgs hamn passerar rondellen i Figur 17. Här kör DUO-trailer (Autofreight) och Långlink försöken dagligen, båda med upp till dubbla 40/45 fots containers. Inga framkomlighetsproblem har rapporterats. DUO-kärnan har tillstånd att köra men har inte provats här ännu.

De vanligaste svängar är 120 grader från Arendalsvägen (öster ifrån) till Ytterhamnsvägen söderut med en ytterradi på 26 meter och motsvarande tillbaka en 180 graders sväng med en ytterradi på 30 meter.

Tabell 6 Trafikplats C Svep som funktion av typfordon och sväng

| Sväng /Ytter Radie | Inre svep bredd | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | DUO-Kärna 28m | DUO-trailer 32m | Långlink 30m |
| 120° R26 | 5,2 m | 5,9 m | 6,6 m |
| 180° R30 | 4,7 m | 5,3 m | 6,0 m |



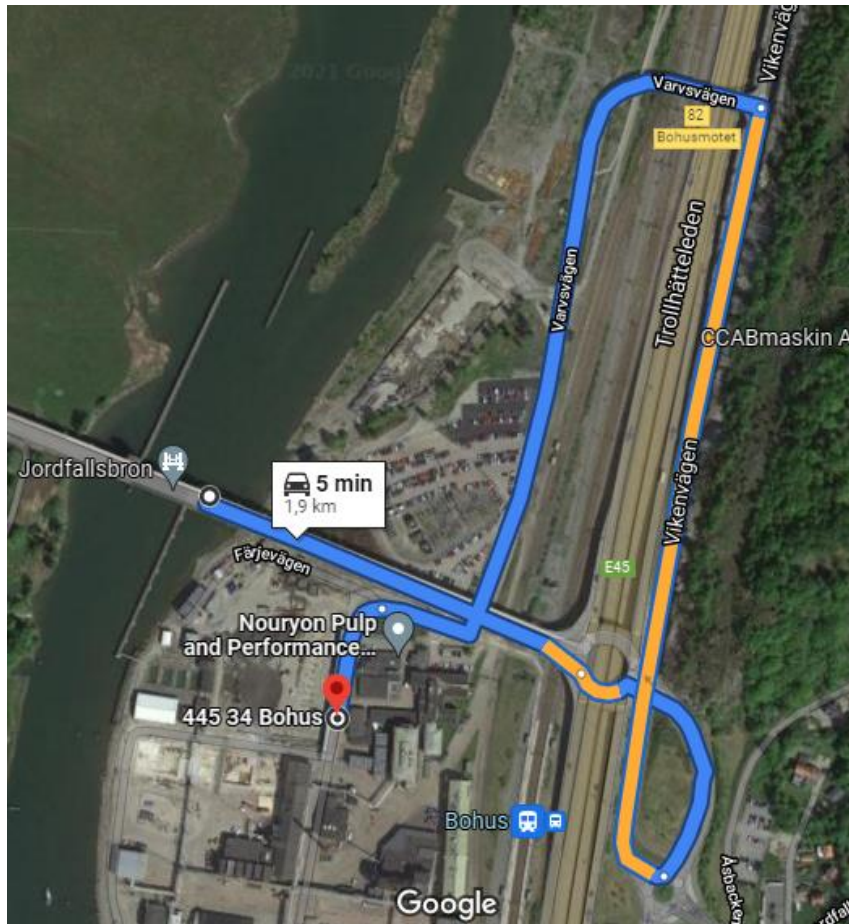
Figur 18: Trafikplats D, Bohusmotet E45 & LV587 En medelstor rondell.

D: I Figur 18 ser vi en planfri trafikplats på E45, vilken också ingår i omledningsväg för E6. Omledningsvägen ger sväng på 70–80 grader från väster till söder och 90 grader söder till väster. Sväng österut är mot lokalsamhälle samt mot industri på västra sidan om E45. Se Figur 19. Troligen kommer de flesta transporterna köras rakt igenom rondellen.

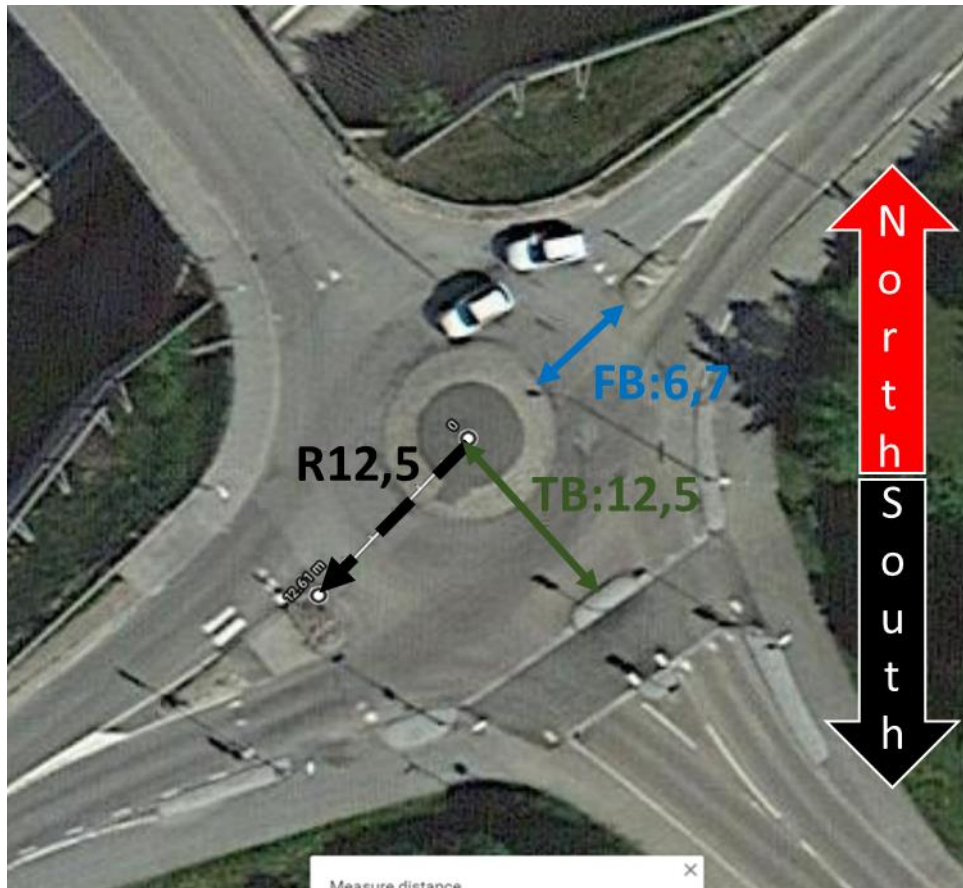
Alla kombinationer klarar denna trafikplats, dock måste de längre kombinationerna ta 2 filer för att klara högersvängen, när vi tittar noga på flygfotot ser vi på vägsplitaget att det är så.

Tabell 7 Trafikplats D Svep som funktion av typfordon och sväng

| Sväng /Ytter Radie | Inre svep bredd | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | DUO-Kärra 28m | DUO-trailer 32m | Långlink 30m |
| 90° Vänster R30 | 4,6 m | 5,2 m | 5,9 m |
| 90° Höger R17 | 6,1 m | 6,9 m | 7,7 m |



Figur 19: Lokalväg till Industri i Bohus.



Figur 20: Trafikplats E, Lokalväg i Lerum, en liten rondell.

E: Trafikplats E är en liten rondell i Lerum med ytterradie 12,5 meter, se Figur 20 I denna rondell är filbredden 6,7 meter och hela innerytan är överkörningsbar, dvs alla fordon kan göra både en 90 och en 180 graders sväng åt vänster eftersom även svep större än 12,5 meter är möjligt. Hastighet i rondellen bör vara maximalt 20km/h då alla kombinationer kommer att behöva utnyttja det upphöjda innerfältet.

Vid högersväng krävs att man kör ut mot mitten på rondellen först innan man svänger höger för att inte ta med några stolpar detta gäller även dagens 25,25 meters modulekipage.



Figur 21: Trafikplats F Dropformand, ytterradie på 18m och med 120 graders vänstersväng (öst till syd) R20 om yttre lågfartsektionen används.

F: En dropformad trafikplats, se Figur 21, denna typ ser vi fler och fler av i Sverige, vanligtvis vid motorvägs av och påfarter. DUO-trailern i Göteborg-Malmö försöket gör denna sväng varje dag. Tidigare har DUO-kärran körts här. Filbredden i dropformen är 4,3 meter, inklusive innersektionen av gatsten och en målad yttersektion är totalbredden 9 meter. Alla kombinationerna klara att ta sig väl fram i denna trafikplats.

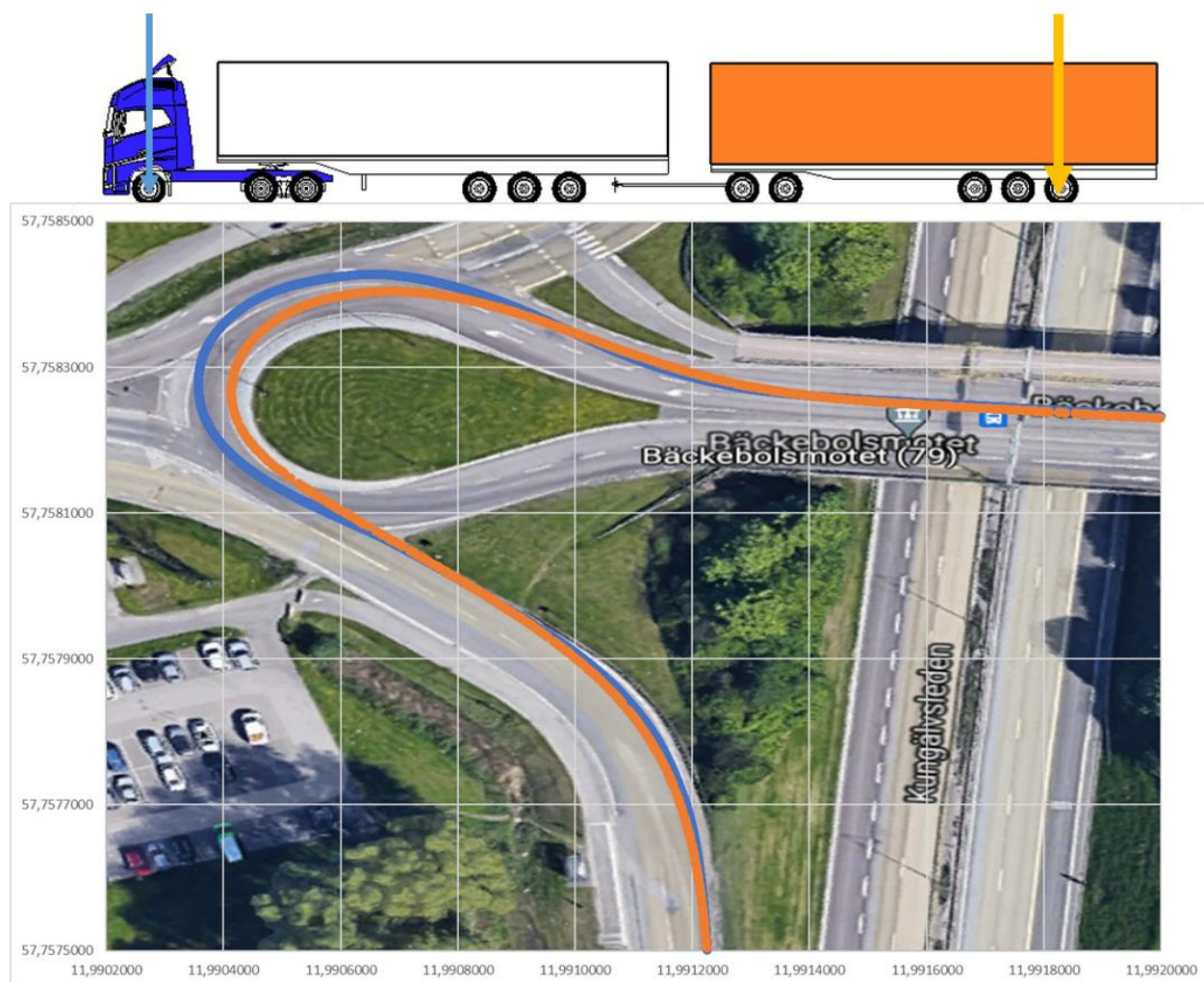
DUO-kärran med tre 7,82 meters växelflak behöver en vägbredd på:

- 6,4 m för en 120° sväng vid R18 (som vid användande av i första hand innersektionen)

DUO-trailer med två 13,7 meters semitrailers/påhängsvagnar behöver en vägbredd på:

- 6,8m för en 120° sväng vid R20 (som vid användande av yttersektion)
- 7,3m för en 120° sväng vid R18 (som vid användande av i första hand innersektionen)

Verkligt körmönster se Figur 19 nedan, här visas centrum på första och sista axeln på DUO-trailer i försöksverksamhet. Dessa försök och utvärdering genomförs av VTI och Volvo Technology i Vinnovaprojektet HCT-II för att se hur väl VTI's modeller stämmer med verkligheten. Resultat hittills; data från verklig körning stämmer bra med beräknade data [13]



Figur 22: Trafikplats F Droppformand, ytterradie på 18m och med 120 graders vänstersväng (öst till syd) R20 om yttre lågfartsektionen används med uppmätt körväg för 1a och sista axeln in kombinationen. OBS bilderna är ej perfekt överlagrade.

Länglinken med dubbla 40 fotscontainers behöver en vägbredd på:

- 7,7m för en 120° sväng vid R20 (som vid användande av yttersektion)
- 8,3m för en 120° sväng vid R18 – detta går inte då fil + innersektionen är 7m)



Figur 23: Vägkorsning G, Vanlig svensk rondell med 17 - 18 meters radie, filbredd 5,5 m totalbredd med inner sektion 10,5 meter.

G: En vanlig modern svensk rondell ses i Figur 23 alla kombinationer klarar en 180 graders U-sväng här, se Figur 13 och Tabell 8. Långlinken med dubbla 40 fotscontainers är den som tar mest plats och behöver en vägbredd på upp till 9,5 m, väl inom tillgänglig bredd på 10,5 meter. DUO-Kärnan med tre 7,82 meters skåp klarar U-svängen inom 6,8 meter.

Tabell 8 Trafikplats G, Sveg som funktion av typfordon och sväng

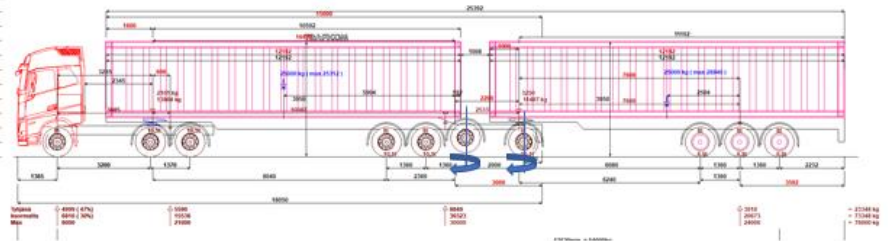
| Ytter Radie 18 m | Inre svep bredd | | |
|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | DUO-Kärna 28m | DUO-trailer 32m | Långlink 30m |
| 90° | 6,0 m | 6,8 m | 7,4 m |
| 120° | 6,4 m | 7,3 m | 8,3 m |
| 180° | 6,8 m | 9,0 m | 9,5 m |

Filbredden i rondellen är 5,5 meter, inklusive innersektionen av gatsten är totalbredden 10,5 meter d.v.s. alla kombinationerna klara att ta sig väl fram i denna rondell. Övergångställen och cykelbanor är väl placerade en personbils längd utanför rondellens körbana.

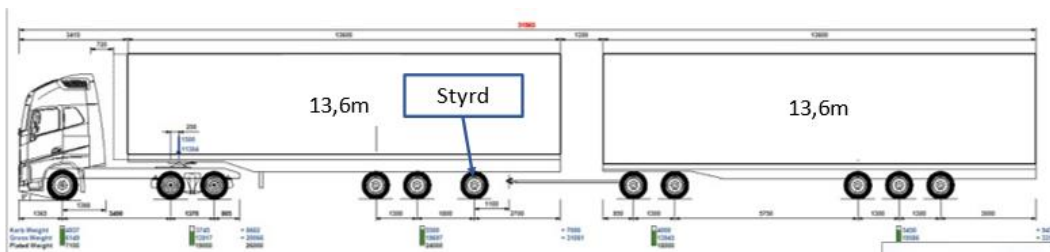
7 Hur långt kan man komma med styrbara axlar på släp

Genom att tillföra en extra axel först på linken i ett långlinkekipage samt göra de två sista axlarna styrbara och genom att dra isär axlarna på 1a trailern i ett DUO-trailerekipage på samt göra axlar styrbara eller lyft och styrbara axlar så kan alla beräknade kombinationer klara finska [12][14][15][16] svenska och norska befintliga krav. Lång link (2st 40 fots container) och DUO-trailer med två 13,6 meters påhängsvagnar, se Figur 24 och Figur 25 nedan båda klarar svepkraven med 0,2 meters marginal. Med dessa åtgärder klarar alla kombinationer kraven.

Långlink -B-dubbel som möter finska sväng och stabilitets krav



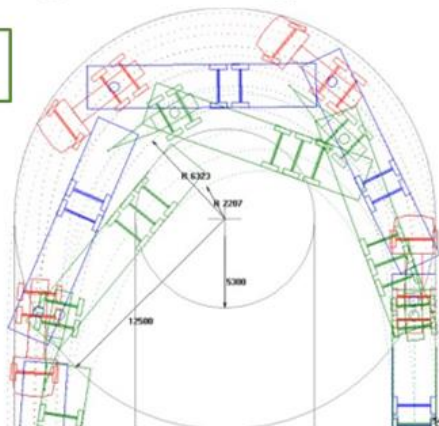
Figur 24: Långlink med 2 styrda axlar alternativt 1 lyft & 1 styrd axel på linken, klarar sväng och stabilitetskrav



Ny första trailer:
Från inneradie på 1,3m till 2,2m

$R_{out} = 12500$ mm
 $R_{min} = 6323$ mm ... 2207 mm
 street width = 6177 mm
 Rear Outswing = 541 mm

OK



Figur 25: DUO-trailer med 1 styrd axlar på 1a påhängsvagnen, klarar sväng och stabilitetskrav.

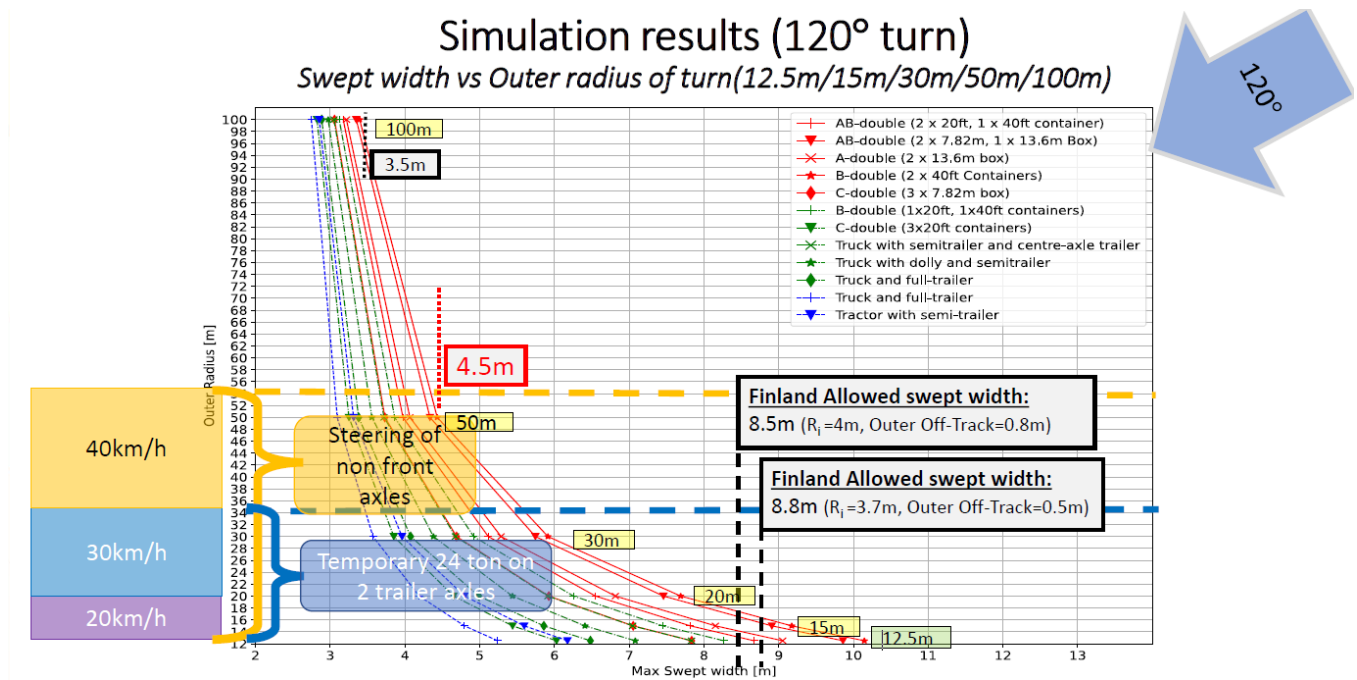
8 Diskussion, rekommendation och slutsatser.

Simuleringarna för denna rapport visar att alla beräknade typfordonskombinationer klarar svängkravet på 180 grader 12,5 meter ytterradie och 2 meter innerradie med justerad axelkonfiguration och styrda/dumpbara/lyftbara axlar på släpen. Detta betyder att samtliga kan klara de svenska, norska och finska lagkraven, det vill säga en 180° sväng med 12,5 m ytterradie och en innerradie maximalt 2 m och en 120° sväng med 12,5 m ytterradie och en innerradie maximalt 3,7 m och samtidigt maximalt 0,5 meters yttre svep.

Slutsats: Båda dessa regelverk skulle kunna användas som bas för framtida regelverk gällande gränsöverskridande transporter.

Det finska kravet uppnås genom användning av dumpbara, lyftbara och medstyrande axlar. För en axelgrupp på 3 axlar så tillåter man temporärt vid hastigheter upp till 30 km/h maximalt 12 ton per axel på två axlar. Självstyrande axlar är tillåtna upp till 40 km/h i alla europeiska länder.

Hastigheter upp till 30 km/h är lämpliga vid en ytterradie upp till 35 m och 40 km/h upp till 55 m.











Hastighetsintervallen där lyft och/ eller styrbara trailer axlar är tillåtna för en 120° sväng i Finland visas i Figur 26. I Figur 27 visas en långlink med lyft och styrbara axlar som går i HCT försök i Göteborg



Figur 27 Långlink i HCT-II projektet 2022, 2 lyftbar och 1 styrbar axel på linken, 1 lyftbar på dragbilen

Större radier ger ett bättre trafikflöde. Vid en ytterradien på 55 meter, bör filbredden vara 4,5 meter både för en 120° och en 180° graders sväng. Cykelbanor och övergångsställen bör läggas en bit ut från korsningen, detta ökar säkerheten på många sätt.

9 Nomenklatur och förkortningar

| Ord, Objekt eller Förkortning | Förklaring |
|--|--|
| BK (1-4) | BärighetKlass, uppdelning av Svenska vägnätet |
| EMS | European Modular System enl EU96/53 |
| ESP | Elektronisk Stabilitets Program |
| FFI | Fordonsstrategisk Forskning och Innovation |
| MVT | ModulVognTog |
| NVF | Nordiskt VägForum |
| VTM | Virtual Truck Modelling |
| ETT | En Trave Till, HCT inriktat på timmertransporter |
| DUO ² | HCT inriktat på styckegodstransporter (DUO-trailer & DUO-kärra) |
| HCT | High Capacity Transport (högkapacitetstransporter). Längre och/eller tyngre transporter än för närvarande tillåtet på allmän väg |
| Lastbil (English: Rigid truck) | Motorfordon med lastutrymme  |
| Dragbil (English: Tractor) | Motorfordon utan eget lastutrymme, kopplas till en påhängsvagn  |
| Semitrailer (English: Semi-trailer) | Påhängsvagn, ett släp med axlar baktill och kopplingstapp fram  |
| Släpvagn (English: Full trailer) | Släp med axlar både baktill och framtill. De främre axlarna är styrande och följer med dragstångens vridning.  |
| Link (länkpåhängsvagn) (English: Link trailer) | Påhängsvagn med vändskiva baktill för tillkoppling av ytterligare påhängsvagn  |
| Kärra (släpkärra) (English: Centre-axle trailer) | Släp med dragstång, och axlarna centrerade ungefär kring mitten av lastutrymmet.  |
| Dolly (English: Colly or Converter dolly) | Släp utan eget lastutrymme. Den har dragstång framtill och en vändskiva över axlarna för tillkoppling av påhängsvagn.  |
| Fordonskombination (English: Vehicle combination) | Ett dragfordon med ett antal tillkopplade släp. Exempel Lastbil med dubbla påhängsvagnar, typ AB-dubbel  |

10 Referenser

1. Vehicle combinations based on the modular concept (John Aurell and Thomas Wadman, Volvo Trucks, Sweden): <http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=1589>
2. NVF rapport 2020. Svenska HCT Typfordonskombinationer utvärderade mot år 2020 gällande regelverk för BK4 https://nvfnorden.org/wp-content/uploads/2021/04/2021-04-15_Svenska_HCT_Typfordon.pdf
3. HVTT16, P39: ACCESSIBILITY PERFORMANCE (SPEED AND SPACE CLAIMS IN INTERSECTIONS) AND NORDIC LEGISLATION COMPARISON FOR HEAVY <https://hvttforum.org/wp-content/uploads/2021/10/Larsson-Accessibility-Performance-And-Legislation-Comparison-For-Heavy-Truck-Combinations.pdf>
4. EU direktiv 96/53/EG: <http://www.notisum.se/rnp/eu/lag/396L0053.htm>
5. Kennet Natanaelsson, kenneth.natanaelsson(a)trafikverket.se presentation vid Nordisk HCT-årskonferens 2021 <https://closer.lindholmen.se/event/nordisk-hct-arskonferens-2021>
6. Dag Nordvik dn(at)lastebil.no
7. MVT försök Danmark <https://www.vejdirektoratet.dk/erhvervstransport#1Martin>
8. Steffen Johannsen sj(at)jtd.dk
9. Frimann Mortensen mfm(at)vd.dk
10. EMS vägnät Tyskland https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/positivnetz-lang-lkw.pdf?__blob=publicationFile
11. Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om fordonstekniska krav på fordonståg med bruttovikt över 64 ton. TSFS 2018:40 <https://transportstyrelsen.se/sv/Regler/ts-foreskrifter-i-nummerordning/2018/?RuleNumber=2018:40&RulePrefix=TSFS>
12. De finska HCT kraven <https://www.finlex.fi/sv/viranomaiset/normi/454001/46876>
13. Sogol Kharrazi sogol.kharrazi(at)vti.se
14. Otto Lahti otto.lahti(at)traficom.fi
15. Statsrådets förordning, 407/2013: <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407>
16. Den finska stabilitets och framkomlighetsberäkningsverktyget. <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/HCT-m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%20laskuri%204.0.xlsx>

