

Datum
2009-06-11

Diarienummer
F08-13349/TR60

Annan beteckning

Antal bilagor
AO100917001

Utredning om kollisionsrisk mellan fordon i växlar på grund av långt buffertöverhäng i kombination med kort avstånd mellan hinderfrihetspunkt och isolskarv

Peter Larsson
XTBF

Expertstöd Teknik
Rapport XT 09/10 ver 1
2009-06-11
ISSN/ISBN

Innehåll

1	Definitioner	1
2	Introduktion	2
3	Krav och regler	3
3.1	INFRASTRUKTUR	3
3.2	FORDON	5
4	Geometrisk beräkningar	6
4.1	ALLMÄNT	6
4.2	INFRASTRUKTURENS FRIA RUM	6
4.3	FORDONETS KONSTRUKTIONSPROFIL	9
4.3.1	ALLMÄNT	9
4.3.2	TVÅAXLIGA GODSVAGNAR	10
4.3.2.1	Beräkningar	10
4.3.2.2	Analys	13
4.3.3	BOGGIVAGNAR	15
4.3.3.1	Beräkningar	15
4.3.3.2	Analys	17
5	Analys av befintliga fordon	19
6	Slutsats	20

Datum 2009-03-31 Ert datum Diarienummer Er beteckning

Expertstöd Teknik
Fordon
SE-781 85 BORLÄNGE
Sweden
Besöksadress:
Jussi Björlings Väg 2

Telefon 0243-445000
Telefax 0243-445584
www.banverket.se

1 Definitioner

Buffertöverhäng: Avståndet longitudinellt mellan änden på buffertallrik till den närmaste hjulaxel.

a: Avstånd mellan axel/pivot punkter.

n: Avstånd till närmaste axel/pivot.

p: Avstånd mellan axlar i en boggi

x: Avstånd från spårmittpunkt för det avvikande spåret till det fria rummet tillhörande det genomgående spåret.

E_a: Term som anger storleken på reduktion av referensprofil.

d: Det yttre avståndet mellan hjulflänsarna mätt vid en punkt 10 mm under rullytorna, med flänsarna nöta till tillåtet gränsvärde. Den absoluta gränsen är 1410 mm. Detta gränsvärde kan variera efter underhållskriteriet på fordonet ifråga.

q: Spel i sidled mellan axel och boggiram eller mellan axel och fordonskorg för fordon utan boggi

w: Glapp i sidled mellan boggi och fordonskorg

z: Avvikelse i förhållande till medianläget orsakad av kvasistatisk lutning och av osymmetri

Δi : Kurvgeometriskt utslag. D.v.s. Skillnaden mellan sidoläget för fordonet och spårets centrumlinjer i en kurva.

Δb : Halva bredden på buffertallriken

x_a: Extra minskning för extra långa fordon utanför boggicentrum.

Referensprofil: En profil som fordonet plus vissa fordonsrörelser skall inrymmas inom.

Konstruktionsprofil: Den största tillåtna profilen för ett visst fordon. Det vill säga halva bredden hos ett fordon

TSD: Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet.

Fc: En dynamisk fordonsprofil som tillåts på vissa av Banverkets banor.

G1: En kinematik referensprofil som tillåts i större delen av Europa.

Kopia till:

Diariet

Handläggare:
Peter Larsson
Tel. 0243-445934
Mobil 070-3481584
peter.larsson@
banverket.se

2 Introduktion

Från och med 1 juli 2009 kommer Sverige att nyttja ett förfarande om ömsesidigt godkännande av godsvagnar som är godkända i ett annat Europeiskt land.. Detta gäller vagnar som uppfyller kraven TSD Godsvagnar plus de tilläggskrav som kommissionen beslutat¹ om vilket motsvarar ett förfarande som tidigare gällde för godsvagnar som gick under det så kallade RIV-avtalet. Detta betyder i praktiken att godsvagnar som godkänts i ett annat land under specifika krav kommer att trafikera svenskt järnvägsnät utan ytterligare granskning.

TSD Godsvagnar hänvisar till TSD Trafikstyrning och Signalering för fordonskrav angående buffertöverhäng. Dessa krav är inte helt överensstämmande med de krav som Banverket anger i sina styrande dokument, se vidare under kapitel Krav och regler.

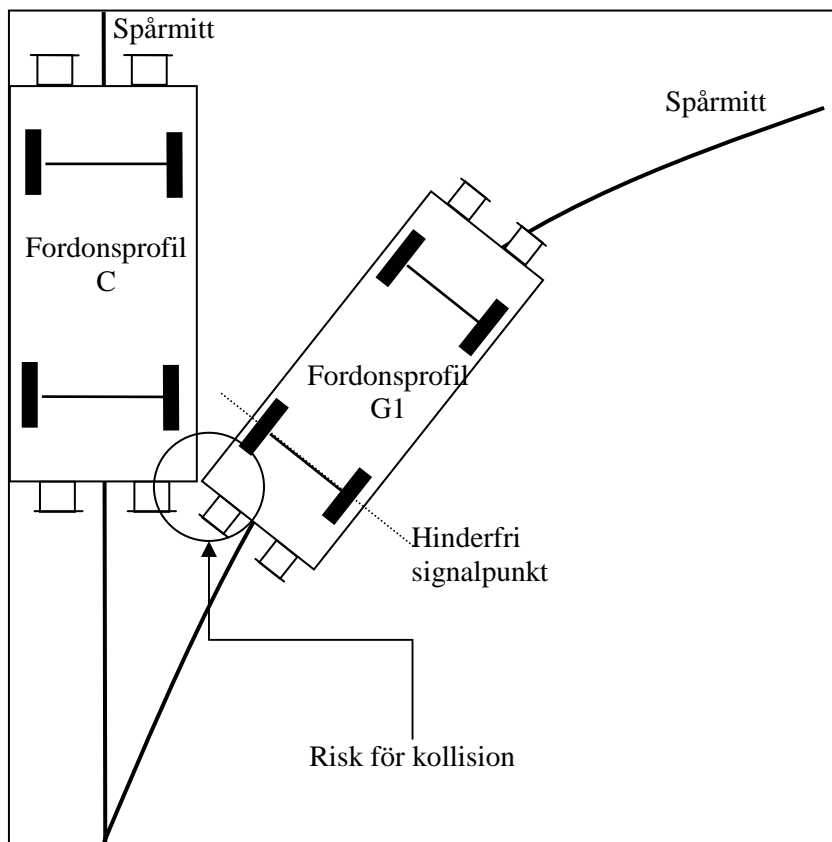
En godsvagns buffertöverhäng är idag inte ett mått som kommuniceras mellan infrastrukturförvaltare och järnvägsföretag vilket har föranlett att Transportstyrelsen sett en risk med godsvagnar som trafikerar svenskt järnvägsnät. Transportstyrelsen har begärt ett svar hur Banverket bedömt riskerna för trafik med godsvagnar som har långt buffertöverhäng. Denna rapport redogör vilka möjliga risker ett fordons buffertöverhäng har för trafiken på Banverkets anläggning. Frågeställningen är främst:

Kan ett fordon inkräkta på det intilliggande spårets fria rum om:

1. Ett tågset växlar in på ett avvikande spår och stannar precis efter att den sista vagnen passerat hinderfri signalpunkt. Det vill säga fordonet stannar precis efter att sista hjulaxeln passerat isolskarven.
2. Det avvikande spåret har isolskarven placerad maximalt 2 500 mm från hinderfri punkt sett från växeln.
3. Det sista fordonet i tågsetet har ett buffertöverhäng på 4 200mm.
4. Det sista fordonet i tågsetet uppfyller fordonsprofilkrav enligt TSD Godsvagnar för obehindrad internationell trafik. Det vill säga fordonet rymms inom den kinematiska profilen G1.
5. På det intilliggande spåret passerar ett tågset med fordon som konstruerats efter den svenska dynamiska profilen Fc enligt BVM 599.007.

Förutom att ge svar på riskerna för kollision med en ömsesidigt godkänd godsvagn kommer även andra fordon att behandlas.

¹ COMMISSION DECISION of 23 January 2009 amending Decisions 2006/861/EC and 2006/920/EC concerning technical specifications of interoperability relating to subsystems of the trans-European conventional rail system



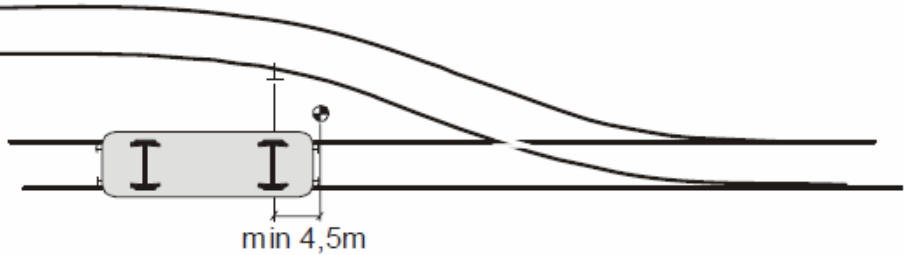
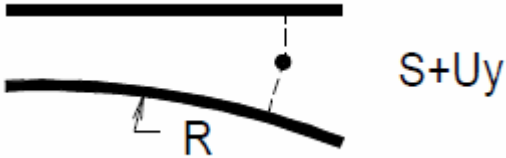
Figur 1 Kollisionsrisk

3 Krav och regler

3.1 Infrastruktur

Kravet på var isolskarven för spårledningen ska placeras i förhållande till den hinderfria punkten har inte varit fast under den tid som järnvägssignalanläggningar har byggts i Sverige utan tillåtet avstånd har ändrats under tid. Banverkets avdelning XTT har tidigare redogjort² för hur detta mått ändrats under åren. I Banverkets styrande dokument samt nationella och internationella regler har följande definitioner och krav identifierats.

² Buffertöverhäng och placering av isolskarv, Ulf Svenssons XTT 2007-07-02

Dokumenttitel	Text
<p>BVS 544.93100, Signaltekniska termer och definitioner</p>	<p>Hinderfri signalpunkt: Den punkt, på vardera spåret, som ligger 4 500 mm bortom hinderfrihetspunkten sett från växelspetsen</p> 
<p>BVS 544.98017 Spårledning, Grundläggande signaleringskrav</p>	<p>Vid hinderfrihetspunkten vid en växel eller ett korsande spår skall avgränsningen placeras så att ett fordon med ett buffertöverhäng om maximalt 4 500 mm säkert detekteras om det inkräktar på hinderfriheten relativt angränsande spår.</p>
<p>BVS 544.92105 Funktionsvärden för signalteknisk utrustning</p>	<p>Minsta avstånd mellan isolerskarv och hinderfri punkt i nya anläggningar 4 500 mm Minsta avstånd mellan isolerskarv och hinderfri punkt i äldre anläggningar³ 2 500 mm</p>
<p>TSD Signal och trafikstyrning</p>	<p>Tågdetekteringssystemet skall konstrueras så att ett fordon med buffertöverhäng på maximalt 4 200 mm kan detekteras.</p>
<p>BVF 586.20, Fritt utrymme utmed banan</p>	<p>Hinderfripunkt är den punkt mellan två intilliggande spår med grundavståndet $S + U_y$ (kurvtillägg).</p>  <p>I gamla normer användes inte något kurvtillägg utan man använde ett generellt värde på 3 920 mm.</p>

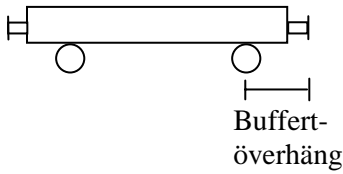
Det framgår ovan att kraven är divergerande både inom Banverkets eget regelverk samt mellan Banverket och de Europeiska regelverken. I nya signalanläggningar skall isolerskarven placeras 4 500 mm från hinderfrihetspunkten. I äldre anläggningar uppges den vara 2 500 mm. I TSD Signal och Trafikstyrning som idag anger de minimikrav som gäller framgår det att fordon med ett buffertöverhäng på 4200 mm skall detekteras. Med dagens

³ Detta mått på 2500 mm har föranlett Transportstyrelsens begäran om en redogörelse från Banverket.

krav för nya anläggningar enligt BVS 544.98017 på 4 500 mm är detta inget problem. Det som måste undersökas och analyseras är det faktum att man i äldre anläggningar anger att isolskarven tillåts placeras 2500 mm från den hinderfria punkten.

3.2 Fordon

För fordon finns följande krav hos Banverkets samt andra vanligtvis tillämpade internationella normer.

Dokumenttitel	Text
BVH 504 Spårmedgivande	Buffertöverhäng (avståndet mellan ytterkant buffert och närmaste hjulaxelcentrum). Fordon med buffertöverhäng > 3 500 mm förutsätter att särskilda villkor finns för framförandet. 
UIC512	Avståndet mellan buffertände och första hjulaxel skall maximalt vara 4 200mm
TSD Signal och trafikstyrning	Tågdetekteringssystemet skall konstrueras så att ett fordon med buffertöverhäng på maximalt 4 200 mm kan detekteras.

Banverket reglerade tidigare framförandet av fordon med buffertöverhäng större än 3 500 mm genom att utfärda ett framförandevillkor i spårmedgivandet att fordonet ej fick gå sist i tåg. I och med Transportstyrelsen föreläggande 2007-10-15 om borttagande av Banverkets krav på att alla fordon skulle ha ett spårmedgivande har kravet på buffertöverhäng överförs till det regelverk som i dag förvaltas av Transportstyrelsen. I Transportstyrelsens vägledning⁴ anges det att järnvägsföretag som ska trafikera Banverkets järnvägsnät med fordon som har ett buffertöverhäng överstigande 2 500 mm skall meddela Banverket. Banverket kan då utfärda restriktioner för det specifika fordonet. Från och med den 1 juli 2009 kommer Transportstyrelsen i Sverige att använda sig av ömsesidigt godkännande i Europa för godsvagnar vilket medför att buffertöverhäng upp till 4 200 mm ej kommer att upptäckas av Svenska

⁴ Transportstyrelsens vägledning för säker samverkan med Svensk järnvägsinfrastruktur

myndigheter eller infrastrukturförvaltare. En godsvagn med buffertöverhäng mindre eller lika med 4 200 mm anses således kompatibel i hela Europa.

Det tidigare ömsesidiga erkännandet av godsvagnar enligt RIV använde UIC512 som kravdokument. UIC512 anger tillåtet buffertöverhäng till 4 200 mm vilket betyder att det varit möjligt att fordon med buffertöverhäng på maximalt 4 200 mm trafikerat Banverkets järnvägsnät under en lång tid. Man känner inte till att några olyckor har hänt som kan kopplas till denna direkta frågeställning.

4 Geometriska beräkningar

4.1 Allmänt

För att svara på frågeställningen om buffertöverhäng har geometriska beräkningar genomförts. Dessa beräkningar har gjorts i två steg.

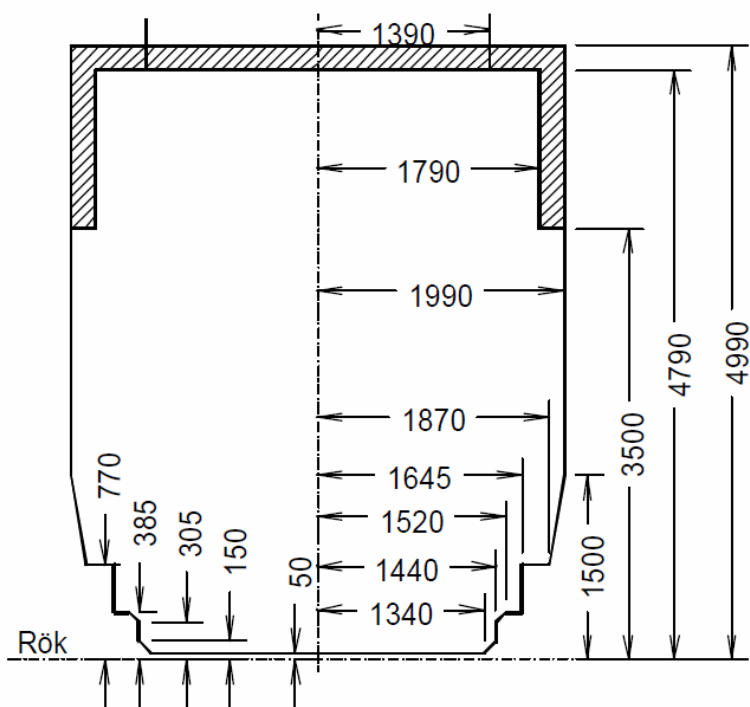
1. Geometriska beräkningar för att avgöra hur stort det fria rummet är mot det intilliggande spåret i en växel. Det fria rummet som är av intresse är 4 200 mm från hinderfri signalpunkt i riktning mot växelspetsen. Denna beräkning görs för det absolut ogynnsammaste fallet av fritt utrymme, växeltyp, kurvradie och placering av isolskarv.
2. Geometriska beräkningar för en ömsesidigt godkänt godsvagns kurvutslag i en växel enligt ovan. En godsvagn med gränsvärde på inre axelavstånd på 17 500mm och med buffertöverhäng på 4 200mm analyseras.

4.2 Infrastrukturens fria rum

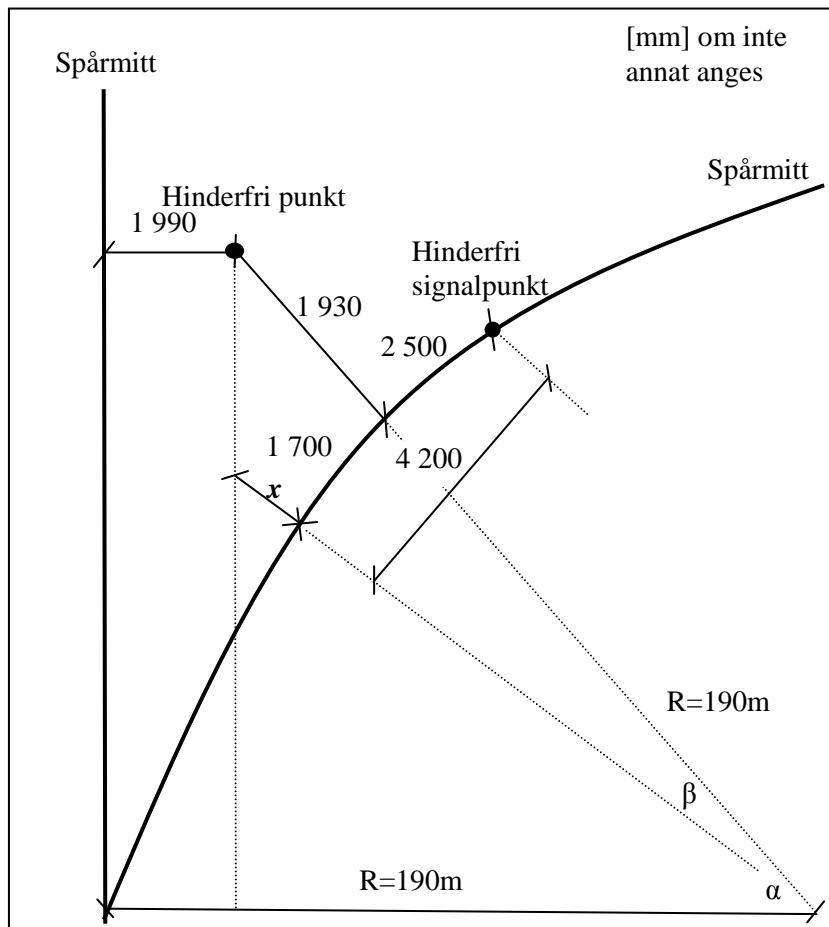
Följande antagande har gjorts och visas åskådligt i Figur 3.

- Radien på det avvikande spåret är genomgående 190 meter genom växel och även i spåret där det stillastående fordonet står placerad. Detta är den skarpaste radien som används i Banverkets anläggning i samband med växlar och förekommer i spårväxlar med vinkeln 1:6,28. För övriga växlar är radien större vilket ger ett större utrymme för fordonet. Det vill säga det fria rummet ökar samtidigt som fordonets vinkelutslag blir mindre.
- Det genomgående spåret tillåts trafikeras av fordon med lastprofil C. Detta är fordon som uppfyller den dynamiska fordonsprofilen F_c enligt Figur 2.
- Standardmättet S för hinderfrihet mellan två intilliggande spår är 3 920 mm. Detta betyder att den det fria rummet på 3 920 mm blir uppdelat mellan det avvikande spåret och det genomgående spåret. I och med att det fria rummet för det genomgående spåret behöver 1 990 mm enligt Figur 2 blir det fria rummet för det avvikande spåret bestämt till 1 930 mm. ($1\ 990 + 1\ 930 = 3\ 920$)

- På det avvikande spåret står ett fordon med buffertöverhäng på maximalt 4 200 mm. Fordonet står placerad med sista axeln precis på isolskarven. Geometriskt kommer då änden på bufferten bli placerad 1 700 mm från den hinderfria punkten i riktning mot växelspetsen,



Figur 2 Dynamisk profil Fc



Figur 3 Infrastrukturens fria rum

För att ett fordon med säkerhet ska bedömas inkräkta på det fria rummet på det intilliggande spåret ska den utskjutande delen av fordonet överstiga måttet x . Ekvationen för mått x följer nedan.

$$\alpha = \arccos\left(\frac{188,01}{191,93}\right)$$

$$\beta = \frac{1,7}{190}$$

$$x = \frac{188,01}{\cos(\alpha - \beta)} - 190 = 1,586 \text{ meter}$$

Tabell 1 Fria rummet

Avstånd från hinderfri signalpunkt	Tillgängligt fritt utrymme x
4 200 mm	1 586 mm

Slutsatsen är att det fria rummet benämnt x är bestämt till 1 586mm vid en punkt 4 200 mm från isolskarven i riktning mot växelspetsen.

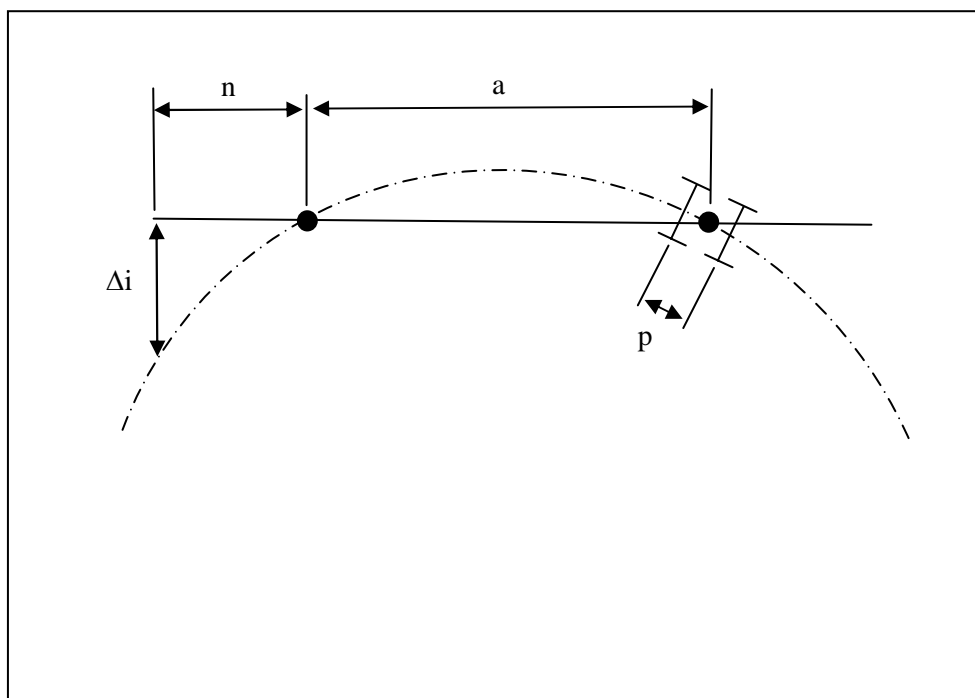
4.3 Fordonets konstruktionsprofil

4.3.1 Allmänt

Den största konstruktionsprofilen är den största profilen, som fås genom att tillämpa de regler för minskning i förhållande till referensprofilen, som de olika delarna av fordon skall följa. Dessa minskningar beror på de geometriska egenskaperna för den rullande materielen ifråga, placeringen av tvärsnittet i förhållande till boggicentret eller till axlarna, höjden på den punkt som beaktas i förhållande till löpbanan, konstruktionsspel, största tillåtet slitage och fjäderupphängningens elastiska egenskaper.

När ett fordon kör genom en kurva så är dess centrumlinje fortfarande rak medan spårets centrumlinje är krökt. Det blir en skillnad mellan sidoläget för fordonet och spårets centrumlinjer, se Figur 4. Dessa skillnader kallas kurvgeometriskt utslag. Ett fordon's utslag utanför axeln i en kurva med radien 190 meter ges av följande ekvation:

$$\Delta i \approx \frac{4n(a+n) - p^2}{8 \cdot 190} \quad p = 0 \text{ om boggi saknas}$$



Figur 4 Kurvgeometriskt utslag

Med ledning av beräkningen av det fria rummet i Tabell 1 kan kravet för ett fordon med buffertöverhäng på 4 200mm kan uttryckas enligt:

Ett fordon med ett buffertöverhäng på 4 200 mm måste utformas så att dess kurvgeometriska utslag är maximalt 1 586 mm meter från spårmit. Detta kurvutslag ska beräknas för ett statiskt fordon i en kurva med radien 190 meter. Dynamiska tillskott behöver inte tas med i beräkningen då fordonet på det avvikande spåret står stilla.

Mer generellt och gällande för allt rullande materiel kan kravet uttryckas med ledning av definition på kurvgeometriskt utslag kopplat till det fria rummet enligt följande:

För att rullande materiel skall framföras utan begränsningar på grund av ett överhäng måste det konstrueras så att dess totala geometriska kurvutslag Δy är maximalt x meter från spårmit där x beräknas enligt:

$$x = \frac{188,01}{\cos(\arccos(\frac{188,01}{191,93}) - \frac{\text{överhäng}[m] - 2.5}{190})} - 190$$

Den rullande materielens totala geometriska kurvutslag Δy ska beräknas för ett statiskt i en kurva med radien 190m. Dynamiska tillskott behöver inte beaktas.

$$\Delta y = \Delta i + \text{Konstruktionsprofil} = \frac{4n(a+n) - p^2}{8 \cdot 190} + \text{Konstruktionsprofil}$$

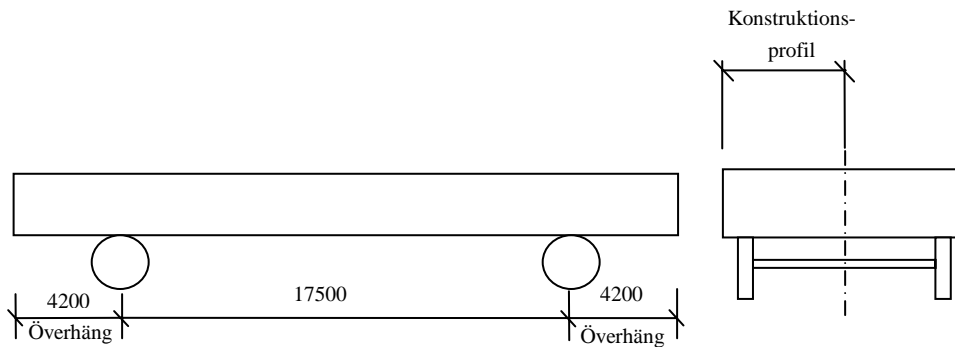
Om den rullande materielen ej uppfyller villkoret $\Delta y \leq x$ skall det tydligt markeras och beläggas med framförandevillkoret att ej gå sist i tåg.

4.3.2 Tvåaxliga godsvagnar

4.3.2.1 Beräkningar

Det analyserade fordonet och dess geometriska egenskaper visas i Figur 5 . Följande antagande har gjorts utifrån krav från TSD Godsvagnar och Kommissionens beslut¹:

- Fordonets konstruktionsprofil bestäms av de regler som anges i TSD Godsvagnar bilaga C. Dessa regler hör samman med de ömsesidiga bestämmelserna som tidigare innefattades av RIV-avtalet. I princip är profilberäkningarna en kopia av UIC505-1.
- Fordonet inryms inom den kinematiska profilen G1 i Figur 6 enligt bilaga C.3.2.1 i TSD Godsvagnar.



Figur 5 Tvåaxligt fordon

Det analyserade fordonet har ett så pass långt överhäng att den begränsande konstruktionsbredden kommer att vara den inskränkning som beräknas utanför axeln. TSD Godsvagnar C.3.4.4 anger att fordonets konstruktionsprofil utanför hjulaxlarna skall inskränkas gentemot referensprofilen G1 med termen E_a .

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q \right) \left(\frac{2n + a}{a} \right) + z - 0,03$$

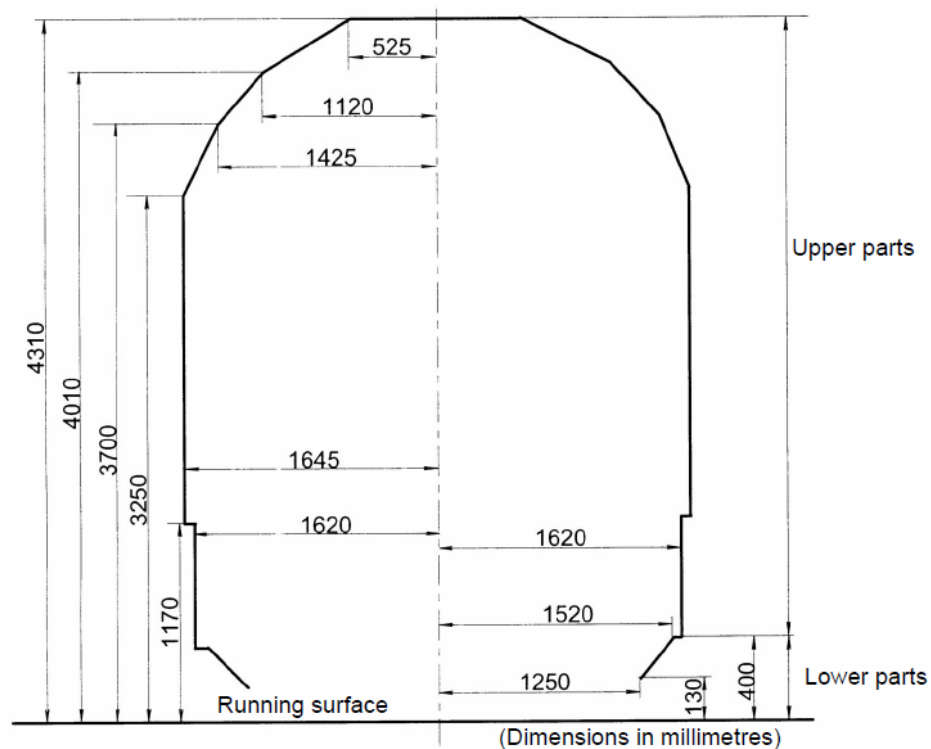
Värden för uträkningen ges i Tabell 3. Ansatta värden för konstanter har hämtats från rekommendationer i UIC505-1 och framgår i Tabell 2

Tabell 2 Parametrar

Parameter	Värde
d	1.410
q	0.023
z	$0.1/30(h-0.5)$, h =höjd räls överkant
a	17.5
n	4.2

Maximalt tillåten konstruktionsprofil beräknas sedan enligt följande

$$\text{Konstruktionsprofil} = \text{Referensprofil G1} - E_a$$



Figur 6 Kinematiks profil G1

Tabell 3 Tillåten konstruktionsbredd

Inre axelavstånd a [mm]	Referensprofil G1 [mm]	Inskränkning E_a [mm]	Konstruktionsprofil 4 200 mm från hinderfri signalpunkt. [mm]
17 500	1645	230	$1\ 645 - 230 = 1\ 415$

Beräkningar om ett fordon med konstruktionsprofil enligt ovan kommer att inkräkta på det fria rummet i en växel med genomgående radie på 190 meter ges i Tabell 4.

Tabell 4 Utslag och marginaler 4,2 meter från sista axel

Inre axelavstånd a [mm]	Kurvutslag Δi [mm]	Fordonsutslag, $\Delta i +$ Konstruktionsprofil[mm]	Marginal mot fria rummet [mm]
17 500	240	$1\ 415 + 240 = 1\ 655$	$1\ 586 - 1\ 655 = -70$

4.3.2.2 Analys

Tabell 4 visar att det saknas marginal mellan fordonets kurvutslag och det fria rummet. Detta kan vid en första anblick verka allvarligt men detta gäller den teoretiska konstruktionsbegränsningen för ett fordon med ett överhäng på 4200 mm. En tvåaxlig godsvagn med långt inre axelavstånd och långt överhäng kommer få stora problem att uppfylla andra krav, bland annat:

- Longitudinella tryckkrafter: Ett fordon med långt överhäng kommer troligtvis inte att klara kraven på longitudinella tryckkrafter. I UIC530-2:2006 *Wagons – Running safety* anges att godsvagnar kan undgå test om kravet på bl.a. buffertöverhäng och axelavstånd uppfylls. Värdena som redovisas i Tabell 5 och är långt under de extrema värden som antagits tidigare (4200mm överhäng och inre axelavstånd på 17500mm). Ett fordon motsvarande kraven i Tabell 5 inkräktar inte på det fria rummet.

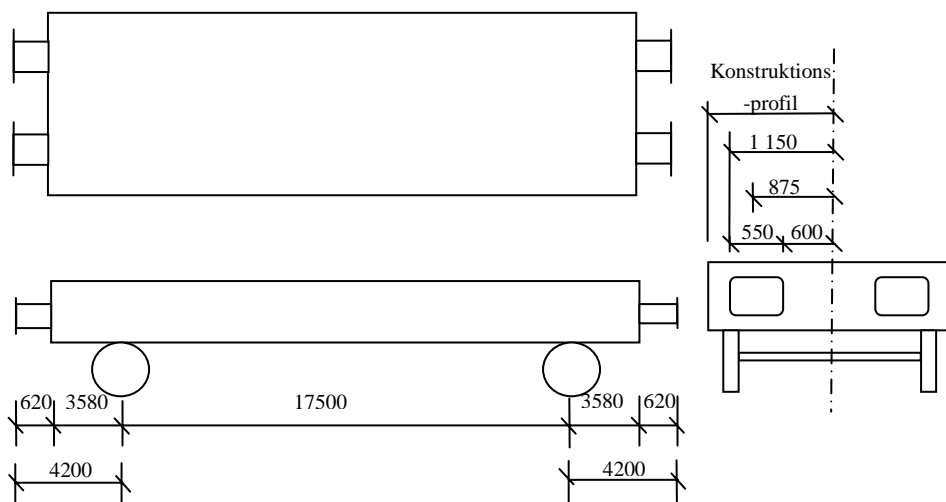
Tabell 5 UIC530-2 krav på överhäng och axelavstånd

Längd över buffert	Axelavstånd	Buffertöverhäng
< 14.1	9 - 10	max 2.55
14.1 – 15.5	9 – 10	max 3.25

- Fordon med långt buffertöverhäng har svårigheter att sammankopplas ihop om de står i en kurva.
- Gångegenskaperna kommer att vara väldigt dåliga på grund av att hjulparen får svårt att radialstyra i kurvorna.

Ett fordon som går sist i ett tåg skall även kunna kopplas ihop med andra vagnar vilket medför att stöt och draginrättning ska vara standardiserad enligt prEN 15551. D.v.s. standardiserade buffertlängd på minst 620mm, standardiserad storlek på buffertallriken (max 550mm) samt uppfylla kravet på utrymmet för växlingspersonal mellan buffertarna på 1200 mm.

Med antagande ovan kan godsvagnen generellt ha de geometriska måtten enligt Figur 7



Figur 7 Två-axlig godsvagn med buffertar

prEN 15551 ger följande beräkningsmetod för att bestämma storleken på buffertplattan.

$$\Delta b = \frac{a \cdot n + n^2}{300000} + 30 \frac{2n + a}{a}$$

Normalt är maximal bredd på buffertplattan för fordon på normalspåriga (1435mm) järnvägar begränsad till 550mm. Med antagandet att fordonet är utrustad med buffertar som uppfyller prEN 15551 fås marginalen

Tabell 6 Marginal mot fria rummet för normala buffertar

Axelavstånd, a [mm]	Δb [mm]	Konstruktionsprofil ($1750 + \Delta b$)/2 [mm]	Marginal mot fria rummet [mm]
17 500	328 (största tillåtna storlek är dock 275) ⁵	1 203 (1150)	$1\,586 - (1\,203 + 240)$ = 143 $(1\,586 - (1\,150 + 240))$ = 196

Det framgår av Tabell 6 att marginalen mot det intilliggande spåret som minst blir 143 mm för ett fordon med extra breda buffertar. Ett fordon med de beräknade buffertallrikarna uppfyller inte krav på utrymmet mellan buffertarna som är dedikerat för växlingspersonal vilket medför att ett sådant fordon

⁵ Största standardiserade bredd är 550 mm vilket ger ännu större marginal. Denna marginal redovisas inom parenteser.

sannolikt aldrig kommer att konstrueras. Normalt är maximalt buffertplattan 550 mm vilket ger en största konstruktionsprofil på 1 150 mm. Med den profilen ges en marginal till det fria rummet på 196 mm. Det ska poängteras att en godsvagn med extrema mått på inre axelavstånd på 17 500 mm och buffertöverhäng på 4 500 mm inte kan betraktas vara en standardvagn.

prEN 15551 anger standardmått för är längden på buffertar till minst 620 mm. Med ett antagande att avståndet mellan bufferttallrik – buffertbalk i vagnskorgen är 620 mm ges konstruktionsbegränsningen för vagnskorgen 3580 mm från hjulaxel. Med nya beräkningar av det fria rummet x , 3 580 mm från isolskarven ges följande marginaler.

Tabell 7 Konstruktionsprofil för vagnskorgen 3.58 meter utanför hjulaxeln

Inre axelavstånd a	Konstruktionsprofil för fordon med 3 580 mm buffertöverhäng	Utslag Δ_i för $R=190m$	Tillgängligt fritt utrymme x för fordon med 3 580mm överhäng	Marginal [mm]
17 500	1 450	200	1 705	$1709-(1450+200)= 59$

Det kan således klart bedömas att en tvåaxlig godsvagn med standardiserad drag och stötinrättning enligt TSD Godsvagnar och prEN 15551 ej behöver ha några restriktioner på grund av tillåtet buffertöverhäng.

4.3.3 Boggivagnar

4.3.3.1 Beräkningar

Med samma metod som för tvåaxliga vagnar fås begränsningen av fordonskonstruktion fram enligt ekvation.

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4}}{500} + \frac{1,465 - d}{2} \cdot \frac{n + a}{a} + (q + w) \left(\frac{2n + a}{a} \right) + [x_a]_{>0} + z - 0,03$$

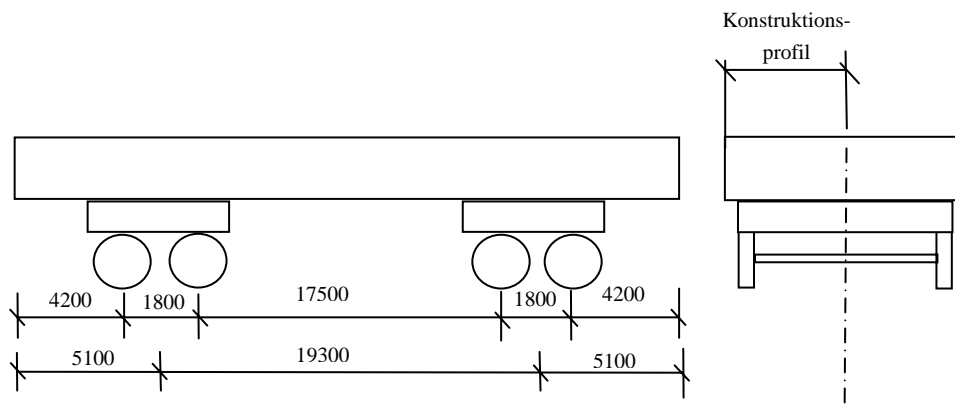
Ansatta värden för konstanter har hämtats från rekommendationer i UIC505-1 och framgår i Tabell 8.

Tabell 8 Parametrar

Parameter	Värde
d	1.410

q	0.0115
w	0
z	0.1/30(h-0.5), h=höjd räls överkant
$x_a = \frac{1}{750}(a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 120)$	0.00484
a	19.3
n	5.1
p	1.8

Med ansatta värden för en boggivagn med axelavståndet i boggin $p=1\ 800\text{mm}$ redovisas de geometriska måtten i Figur 8.



Figur 8 Boggivagn

Inre axelavstånd a [mm]	Referensprofil G1 [mm]	Inskränkning E_a [mm]	Konstruktionsprofil 4 200 mm från hinderfri signalpunkt. [mm]
17 500	1 645	290	$1\ 645 - 290 = 1\ 355$

Även här analyseras hur mycket ett sådant fordon utvidgar sig i en kurva med radien 190 meter och om det inkräktar på det intilliggande spårets fria rum.

Tabell 9 Marginaler mot det fria rummet för konstruktionsbegränsningen

Inre axelavstånd [mm]	Kurvutslag Δi [mm]	Fordonsutslag, $\Delta i +$ Konstruktionsprofil [mm]	Marginal mot fria rummet [mm]
17500	327	$1\ 355 + 327 = 1682$	$1\ 586 - 1\ 682 = -96$

4.3.3.2 Analys

Även för en boggivagn är det teoretiskt möjligt att inkräkta på det intilliggande spårets fria utrymme enligt resultat i Tabell 9. Likt övriga godsvagnar skall även boggivagnen uppfylla krav på draginrättningar och buffertplattor. Om man tillämpar beräkningsmetoden ur prEN 15551 för buffertplattornas storlek fås marginaler enligt Tabell 10.

Tabell 10 Värden för en boggivagn med buffertplattor enligt UIC527-1

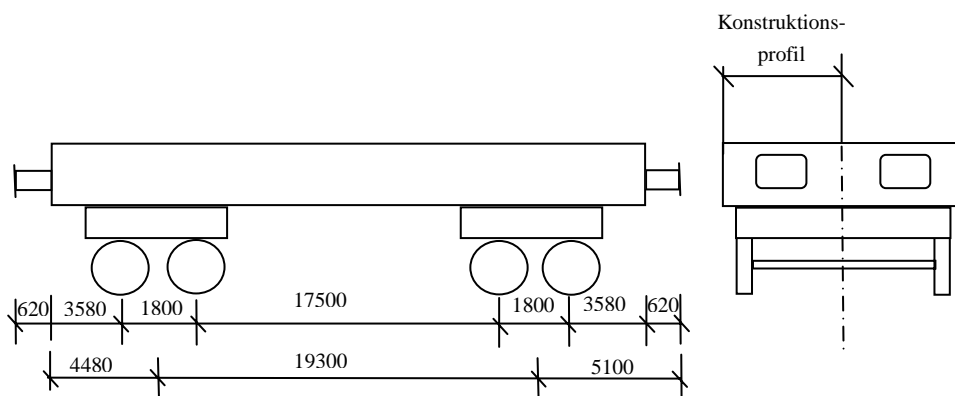
Inre axelavstånd, a [mm]	Buffertplattans minsta bredd Δb [mm]	Konstruktionsprofil $(1750 + \Delta b) / 2$ [mm]	Marginal mot fria rummet [mm]
17 500	866 (största tillåtna standardstorlek är 550)	1 308 (1 150)	$1\ 586 - (1\ 308 + 327) = - 49$ $1\ 586 - (1\ 150 + 327) = 109$

En godsvagn konstruerad med dessa extrema buffertplattor på 866 mm skulle teoretiskt inkräkta på det fria rummet. Sådana buffertplattor är inte angivna som standardstorlek i prEN 15551. För fordonet skall ha en teoretisk möjlighet att inkräkta på hinderfriheten måste ett antal faktorer mer eller mindre inträffa samtidigt.

- Det fordon som passerar på det intilliggande spåret skall ha kraftiga dynamiska utslag på rakspår. Det vill säga att fordonet samtidigt skall ha näst intill maximal: lateral förskjutning i alla fjädringstegen, full snedställning, krängning samt slitage i spelet mellan hjul och räl.
- Det intilliggande spåret skall upplåtas för fordon med dynamisk profil C
- Det stillastående fordonet på det avvikande spåret skall stanna precis efter att det passerat isolskarven.
- Det avvikande spåret skall ha isolskarven placerad 2 500 mm från hinderfri punkt.

- Växeln skall ha en genomgående radie på 190 meter för det avvikande spåret.
- Växeln skall ej ha någon utvidgning av det fria rummet genom det så kallade kurvillägget. Måttet mellan spåren för hinderfrihet skall vara 3 920 mm mellan de intilliggande spåren.
- Fordonet på det avvikande spåret kan ej ha standardiserade drag och stötnrättningar. Fordonet måste vara ett specialfordon med okonventionella drag och stötnrättning.

Det gäller samma regler för en boggivagn för det dedikerade utrymmet mellan buffertarna för växlingspersonal. Buffertallrikens maximala bredd är 550 mm om det ska finnas ett utrymme mellan buffertarna på 1 200 mm. Maximal konstruktionsprofil blir då 1 150 mm och marginalen till det intilliggande spåret 109 mm. Slutsatsen blir här att det är andra begränsningar än konstruktionsprofilen som gör att man kan bedöma att ett boggifordon ej kommer att inkräkta på det fria rummet på grund av buffertöverhäng. En godsvagn med dessa geometriska mått ska inte betraktas som en standardvagn. Vid beräkningar av en mer standardlik vagn enligt Figur 9 ges konstruktionsprofil och marginal enligt Tabell 11.



Figur 9 Geometriska mått boggivagn

Tabell 11 Resultat boggivagn med buffert

Inre axelavstånd a	Konstruktionsprofil för fordon med 3 580 mm buffertöverhäng	Utslag Δ_i för $R=190m$	Tillgängligt fritt utrymme x för fordon med 3 580mm överhäng	Marginal [mm]
17 500	1 397	280	1 705	$1709-(1397+280)=32$

Det kan således klart bedömas att en godsvagn med boggilöpverk samt med drag och stötinrättningar för internationell trafik enligt TSD Godsvagnar och prEN 15551 ej behöver ha några restriktioner på grund av tillåtet buffertöverhäng.

5 Analys av befintliga fordon

För att belysa ovanligheten att godsvagnar med de extrema axelavstånd och buffertöverhäng verkligen skulle existera i normal trafik har ett antal olika verkliga vagnar studerats. För vissa fordon har endast lastytans bredd varit möjlig att få fram. Fordonets yttermått är något större i verkligheten varför en marginal på 100 mm på var sida har adderats i beräkningen. Marginalen är även beräknad för ett fordon som har full bredd över hela överhängen. I verkligheten är fordonen utrustade med buffertar och buffertplattor som är smalare än fordonets bredd varför verklig marginal är ännu större än den beräknade.

Littera	Längd över buffert [mm]	Inre axelavstånd [mm]	Buffertöverhäng [mm]	Axelavstånd i boggi [mm]	Bredd [mm]	RI V	Marginal mot fria rummet [mm]
Habbins	23 264	15 924	1 870	1 800	3 040 ⁶	Ja	393
Hbikks	15 140	9 000	3 070	Enkelaxlig	3100 ⁶	Ja	165
Kbis	13 860	9 000	2 430	Enkelaxlig	3100	Ja	321
Laaeilprs	14 260	9 000	3 250	Enkelaxlig	2860	Ja	241
Lgjs	14 800	9 000	2 900	Enkelaxlig	2800 ⁶	Ja	356
Lgjns	17 100	10 000	3 550	Enkelaxlig	2800 ⁶	Nej	189
Rs590	21 240	12 200	2 520	2 000	3000 ⁶	Ja	262
Uaikk	20 300	12 800	2 050	1 700	2820 ⁶	Nej	481

Från analysen av befintliga vagnar görs bedömningen att det är en betryggande marginal kvar innan en godsvagn inkräktar på det fria rummet på intilliggande spåret. Av alla Godsvagnsbeskrivningar i Green Cargos Godsvagnshandbok finns det inga vagnar som uppfyller RIV samtidigt som de extrema krav på axelavstånd och buffertöverhäng som krävs för att marginalen ska försvinna.

⁶ Fordonsbredd är beräknad som lastytan + 200mm, det vill säga 100mm på var sida.

6 Slutsats

Beräkningar visar att ett fordon med ett överhäng på 4 200 mm teoretiskt kan ha en konstruktionsbredd som inskränker på det fria rummet i en växel för den infrastruktur som Banverket förvaltar. Att tillverka en godsvagn som skall användas i internationell trafik med de extremvärden som krävs för att hinderfriheten ska inkräktas bedöms inte vara möjligt. Förutom krav på uppfyllande av profil finns andra krav som begränsar fordon med långt axelavstånd och långt överhäng.

- Som sista fordon i ett tågset måste det vara möjligt att sammankopplas med andra fordon. I de allra flesta fall krävs det standardiserad stöt (buffertar) och draginrättning (koppel)
- Säkerhet för urspårning på grund av longitudinella krafter och andra gångdynamiska krav
- Möjlighet att koppla vagnar i kurvor

Slutsatsen är att godsvagnar som godkänns via de ömsesidiga reglerna¹ för internationell trafik kan trafikera den infrastruktur som förvaltas av Banverket utan begränsningar på grund av buffertöverhäng. Detta gäller såväl ny anläggning med isolskarven placerad 4 500 mm från hinderfri punkt som äldre anläggning där isolskarven är placerad 2 500 mm från hinderfri punkt. När det gäller andra typer av rullande material så som arbetsfordon och specialfordon samt fordon som överskrider profil G1 krävs det att bedömningar görs från fall till fall. En möjlig lösning kan vara att införa ett generellt krav:

För att rullande materiel skall framföras utan begränsningar på grund av ett överhäng måste det konstrueras så att dess totala geometriska kurvutslag Δy är maximalt x meter från spårmittpunkt där x beräknas enligt:

$$x = \frac{188,01}{\cos(\arccos(\frac{188,01}{191,93}) - \frac{\text{överhäng}[m] - 2.5}{190})} - 190$$

Den rullande materielens totala geometriska kurvutslag Δy ska beräknas för ett statiskt i en kurva med radien 190m. Dynamiska tillskott behöver inte beaktas.

$$\Delta y = \Delta i + \text{Konstruktionsprofil} = \frac{4n(a+n) - p^2}{8 \cdot 190} + \text{Konstruktionsprofil}$$

Om den rullande materielen ej uppfyller villkoret $\Delta y \leq x$ skall det tydligt markeras och beläggas med framförandevillkoret att ej gå sist i tåg.