

Teknik och hastighet på ny stambana



januari 2018

stambanan.com

Innehåll

Sammanfattning	3
Bakgrund – förändringar i förslag nationell plan 2018-2029	4
Internationell utblick	5
England.....	5
Frankrike	6
Italien	7
Tyskland	8
Spanien.....	9
Japan.....	10
Kina	10
Jämförelse med Sverige.....	11
Framtidsbild internationellt.....	11
Spårgeometriskt val	12
Största tillåtna hastighet och horisontalradie	12
Största rekommenderade rälsförhöjningsöverskott	13
Slutsats och balanserade radier	14
Slutsats och balanserade radier	15
Spårssystem	16
Spårssystem och underhållskostnad	16
Spårssystem, hastighet och kostnad.....	19
Slutsats	19
Rekommendation.....	19

Sammanfattning

I förslaget till nationell plan 2018-2029 har Trafikverket föreslagit en sänkt standard på höghastighetsbanan från 320 km/h med ballastfritt spårssystem (slab track) till 250 km/h med ballast.

Internationellt i t ex England, Frankrike, Spanien och Italien har många banor byggts med ballast för hastigheter upp till 300-320 km/h. Länder som Tyskland och Japan bygger med slabtrack för att sänka underhållskostnaden, men gör det redan för hastigheter kring 230-260 km/h.

I det Europeiska regelverket för tågtrafik (TSD) finns ett språng i tillåten sidokraft (rälsförhöjningsbrist) vid 300 km/h. Detta gör att 300 km/h utgör en viktig gräns för minsta radie snarare än 250 km/h.

Spårgeometrin på anläggningen bör balanseras så de långsammaste tågen inte går så långsamt att de hänger på innerrälen i kurvorna samtidigt som resenären upplever dålig komfort. Detta genererar också ökade underhållskostnader på anläggningen. Därför behöver lägsta hastighet på banorna vara en viktig parameter.

Beräkningar visar att i praktiken sker ett systemval om lägsta tillåten hastighet är 200 eller 250 km/h. För att klara topphastighet 320 km/h eller högre är det mycket olämpligt att trafikera banan med lägre hastighet än 250 km/h. Detta ger i praktiken systemvalet 200-300 km/h, 250 – 320+ km/h eller en ren höghastighetsbana för 320-360 km/h. Dessa val syns i de system som finns byggda i världen idag.

Slutsats:

- Om höghastighetsbanan ska byggas med lägre hastighetsstandard än 320 km/h bör den kunna dimensioneras med ballasterat spår och 300 km/h snarare än de i planförslaget rekommenderade 250 km/h. Detta utan stora merkostnader.
- Besparing på anläggningskostnad sker i huvudsak av bytet till ballasterat spår snarare än skillnad i topphastighet mellan 250-320 km/h. Slab track ger en lägre livscykelkostnad och är inbesparat inom 10-25 år på lägre underhållskostnad.
- Tydliggör en lägsta hastighet oavsett bantyp och revidera krav på minsta radie för att möjliggöra denna trafik utan rälsförhöjningsöverskott, för ökad komfort och minskade underhållskostnader i anläggningen.

Bakgrund – förändringar i förslag nationell plan 2018-2029

Trafikverket har i förslaget till nationell plan 2018-2029 föreslagit ett antal förändringar till den av Sverigeförhandlingen och av Trafikverket tidigare utredda höghastighetsbanan. Tidigare har höghastighetsbanans systemstandard baserats på ett antal tekniska och geometriska förutsättningar. Väsentliga för denna rapport är följande förutsättningar:

- Ny stambana byggs ut som ett sammanhängande system
- Banan byggs för Största tillåten hastighet (STH) 320 km/h
- Banan byggs för hög robusthet med lösningar för högre punktlighet, nattligt underhåll och minskad risk för störningar pga snö och vind
- Låga underhållskostnader med ballastfritt spårssystem (slab track)

Detta har medfört att den tekniska systemstandard för ny höghastighetsbana har en minsta horisontalradie för STH 320 km/h på 4650 m och en rekommenderad radie på 6300 m.

Sverigeförhandlingen har föreslagit ett antal stationer och sträckning inom ramen för dess arbete. Den utbyggnad som föreslagits är att med hjälp av lånefinansiering bygga både hela sträckan klar Stockholm – Göteborg och Stockholm – Malmö. Utbyggnaden ska ske snabbt där etapper byggs med liten fördröjning sinsemellan. Förslaget är att hela utbyggnaden ska vara klar till 2035-2040

I Trafikverkets förslag till nationell plan 2018-2029 har följande förändringar för höghastighetsbanan föreslagits:

- Utbyggnaden av ny stambana ska ske etappvis i den takt ekonomin tillåter
- Under planperioden ska Ostlänken och Lund-Hässleholm byggstartas
- Utbyggnaden föreslås ske med STH 250 km/h och ballasterat spår
- Utbyggnadsordning
 1. Ostlänken, Lund – Hässleholm
 2. Linköping – Tranås/Aneby
 3. Göteborg-Borås
 4. Tranås/Aneby-Jönköping

Detta projekt syftar till att studera hur andra länder byggt ut höghastighetsjärnväg och hur dessa tekniskt har specificerats, och vilken lärdom kan man dra utifrån detta.

Internationell utblick

Utomlands är det många länder som har byggt och nu bygger höghastighetsjärnväg. Länder som studerats i detta projekt är länder i Europa samt Japan. Följande länder beskrivs i rapporten:

- England
- Frankrike
- Italien
- Tyskland
- Spanien
- Japan
- Kina

England

I nuläget är HS1 den enda höghastighetsbanan som trafikeras i England.

High Speed 1 (invigdes 2007)

- STH 300 km/h
- Ballasterad bana
- Minsta horisontalradie 3600m

Trafikeras med som lägst 225 km/h



Figur 1 High speed 1, STH 300 km/h. Källa: Kreera

HS2 (planeras)

- STH 360 km/h (förberedd för 400 km/h)
- Troligen slabtrack
- Minsta horisontalradie 7200m

Kommer enbart trafikeras av höghastighetståg



Figur 2 High speed 2 visionsbild. Källa: HS2

Den tekniska utvecklingen för HS2 bygger både på lärdomar från HS1 och på bästa tillgängliga kunskapen för hur man bygger ett system.

Frankrike

I Frankrike finns det ett antal banor som byggts sedan Paris-Lyon öppnade 1981. Den tekniska utvecklingen har medfört att man succesivt ökat kraven på nybyggda banor med bl a större radier och förberedelser för högre framtida hastigheter. Nedan beskrivs två relevanta banor för jämförelse.

Paris-Lyon (1981)

- STH 270-300 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 4000m



Figur 3 TGV-D på sträckan. STH 300 km/h. Källa: Kreera

Paris – Strasbourg (2016)

- STH 320 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 7150m (bitvis 6250 m)



Figur 4 TGV-D vid Champagne Ardenne STH 320 km/h. Källa: Kreera

Italien

I Italien har höghastighetsjärnvägen byggts ut i två tydligare omgångar. Initialt byggdes sträckan Rom-Florens. Därefter följde en process där ett bolag skulle bygga ut ett höghastighetsnät i hela landet med en nord-sydlig bana och en öst-västlig bana i norr.

Rom-Florens (1992)

- STH 250 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 3000m



Figur 5 ETR500 på bro vid Arezzo. Källa: Wikipedia

Rom – Neapel (2009)

- STH 300 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 6500m



Figur 6 Bank på Rom-Neapel. Källa: Wikipedia

Tyskland

Tyskland har byggt flera delsträckor med höghastighetsjärnväg. Dessa skiljer sig med olika STH, historik för spårssystem och om de är byggda för blandtrafik eller nattrafik med gods. De första banorna byggdes med ballasterat spår. Modernare banor är byggda med slab track.

Hannover - Würzburg (1991)

- STH 280 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 7000m
- Banan trafikeras nattetid av godstrafik



Figur 7 ICE1 vid tunnelmynning, Källa: Wikipedia

Frankfurt - Köln (2009)

- STH 300 km/h
- Slab track
- Minsta horisontalradie 3350m
- Banan trafikeras enbart av persontrafik



Figur 8 ICE3 vid tunnelmynning i STH300 km/h. Källa: Kreera

Spanien

Det Spanska höghastighetsnätet är utbyggt i omgångar. Nätet är byggt med normalspårsbredd trots att hela det konventionella järnvägsnätet i Spanien har Iberisk-bredspårsstandard. Standardmässigt ses att första delsträckan är byggd med hastighetsnedsättningar genom flera stationer och lägre geometriska krav än senare bandelar.

Madrid - Sevilla (1992)

- STH 300 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 3900m

Madrid - Barcelona (2009)

- STH 300 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 6500m



Figur 9 AVE-103. Källa Wikipedia

Japan

Shinkansen har byggts ut i omgångar. Den första generationen byggdes med ballasterat spår och lägre geometrisk standard. Samtliga efterföljande banor har byggts med minsta radie 4000 m, men de har byggts med långa sträckor rakspår och merparten av kurvorna har en större radie än så.

Tokyo – Osaka (1964)

- STH 275 (285 på rakspår) km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 2500m



Figur 10 Shinkansen N700A i kurva. Källa: Wikipedia

Tokyo – Kanazawa (2015)

- STH 260 km/h*
- Slab track
- Minsta horisontalradie 4000m

*Höjning till minst ca 320 km/h möjligt med vald spårgeometri



Figur 11 Shinkansen E7 i stadsbebyggelse. Källa: Wikipedia

Kina

I Kina är höghastighetsnätet i huvudsak byggt med följande geometriska standard:

- STH 350 km/h
- Slab track
- Minsta horisontalradie 7000m (några bandelar har 9000 m)

Nätet är dock byggt med lägre rälsförhöjning för att balansera att nätet också trafikeras av tåg i 250 km/h.

Jämförelse med Sverige

Nybyggda delar i Sverige är framförallt i längre stråk Västkustbanan, Botniabanan, Mäljarbanan, Göteborg-Öxnered och Svelandsbanan. Dessa har byggts med en standard som bitvis möjliggör en högre hastighet än vad de trafikeras med idag. Nedan framgår två projekt och deras standardnivå.

Västkustbanan (1985 till-efter NP2018-29 är genomförd)

- STH 200 (250) km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie, varierande (ca 2500m där 250 km/h är möjligt. Ex Halmstad-Båstad 3000-4000m)

Botniabanan (2010)

- STH 250 km/h
- Ballasterat spår
- Minsta horisontalradie 3200m

Framtidsbild internationellt

Tyskland har justerat sina teknikval framöver. Många delsträckor som byggs är så korta eller trafikeras på så sätt att STH>250 km/h ger små restidvinster. Därför kommer nybyggda banor i Tyskland i framtiden byggas för STH 250 km/h.

Samtidigt ser man stora underhållskostnadsbesparingar på att bygga anläggningen med slab track. Historiskt har ballast använts för 250-280 km/h, de senaste åren har ballast använts t o m 230 km/h och slab track för hastigheter över 230 km/h. Framöver förefaller den Tyska strategin avseende spårssystem att man avser bygga slabtrack för alla hastigheter över 200 km/h.

Tyskland (framtida nybyggnadsprojekt)

- Krav på slabtrack för STH >200 km/h
- Nya banor enbart för STH 250 km/h

I Italien/Frankrike/Spanien verkar utvecklingen främst gått mot större radier och rakare banor. Man experimenterar med slabtrack men inga principbeslut att konsekvent byta är gjorda. Radier tillåter större hastigheter än nuvarande 300-320 km/h men problem med bl a ökade underhållskostnader och flygande ballast är stora utmaningar.

Italien/Frankrike/Spanien

- Stora radier och planer att höja hastigheten uppemot 350 km/h
- Inga principbeslut tagna att byta till slabtrack

Spårgeometriskt val

Största tillåtna hastighet och horisontalradie

Den minsta radien en bana kan byggas med definieras av tillåtna sidokrafter och banans rälsförhöjning. Sidokraften beräknas om i hur mycket tåget måste luta i kurvan för att resenärerna ska kompenseras för sidokraften. Detta räknas sedan om till den teoretiska rälsförhöjningen.

På anläggningen bygger vi sedan upp spåret i kurvan så tåget lutar, men inte så att det kompenserar hela sidokraften om tåget kör med banans topphastighet. Teoretiska rälsförhöjningen = anlagd rälsförhöjning + kvarvarande sidokraft för resenärerna (rälsförhöjningsbristen).

I Svenska regelverket får rälsförhöjningen maximalt uppgå till 160 mm.

Det Europeiska regelverket för TSD anger största tillåtna rälsförhöjningsbrist för tåg i olika hastigheter. Enligt TSD anges största tillåtna rälsförhöjningsbrist till:

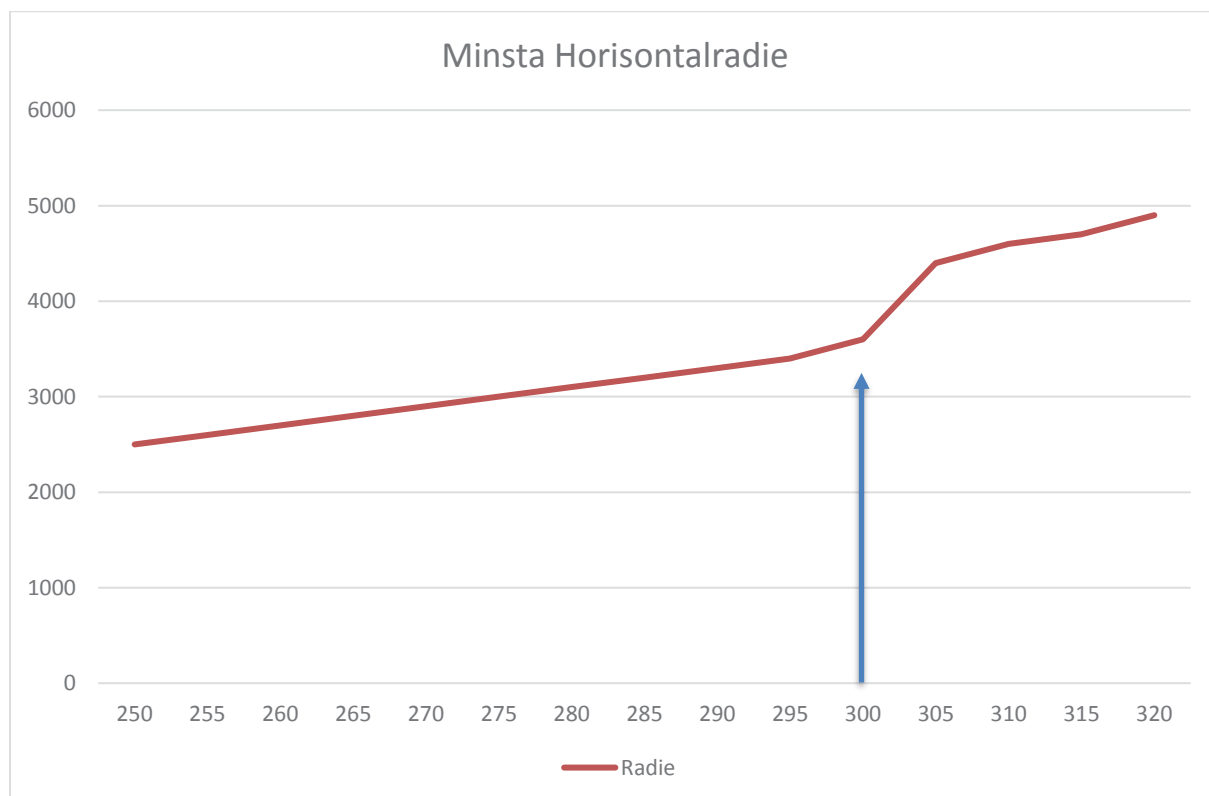
STH \leq 300 km/h 153 mm

STH > 300 km/h 100 mm

Många banor i Europa är byggda för betydligt lägre rälsförhöjningsbrist i banans topphastighet än ovanstående värden. Att ha en större radie och mindre rälsförhöjningsbrist medför en bättre komfort för resenären, mindre underhållskostnad och en framtidssäkring för att höja hastigheten i framtiden.

Frankfurt – Köln är den bana i Europa som är byggd med minst radier relativt dess topphastighet på 300 km/h. Banan har inte heller någon framtidssäkring för framtida höjd hastighet.

Givet regelverket innebär detta ett språng för minsta möjliga radie för en höghastighetsbana vid olika STH. Nedan ses ett sprängdiagram som visar hur minsta radien som krävs tar ett språng vid STH 300 km/h.



Största rekommenderade rälsförhöjningsöverskott

Om ett tåg kör i en kurva med anlagd rälsförhöjning, i mycket låg hastighet, så kommer resenärerna uppleva att man lutar inåt i kurvan. Detta märks främst på befintliga banor om man kör med ett långsamt godståg, eller om tåget stannar ute på linjen i en kurva.

Rälsförhöjningsöverskott i normal trafik genererar ett ökat underhåll då tåget hänger på innerrälen i kurvorna. Det orsakar även dålig komfort när resenärerna upplever att de lutar inåt i kurvorna trots att tåget svänger.

Därför hänger utformningen av radie och STH hänger samman vilka tåg som bör köras på banan.

Rälsförhöjningsöverskott för olika tåg.

Enligt TSS finns det även en rekommenderad minsta radie för systemet som är 6300 m. Med denna finns det större marginal vilket gör att rälsförhöjningen kan väljas för att ge:

Framtidssäkring för största tillåten hastighet

- Rälsförhöjning 160 mm
- Högsta hastighet 370 km/h
- Lägsta hastighet 295 km/h (för att inte hänga på innerrälen)

För att medge trafik med långsammast möjliga tåg och STH 320 km/h

- Rälsförhöjning 95 mm
- Högsta hastighet 320 km/h
- Lägsta hastighet 225 km/h (för att inte hänga på innerrälen)

Medge trafik med t ex 250 km/h och utifrån det maximera framtidssäkring.

- Rälsförhöjning 115 mm
- Högsta hastighet 335 km/h
- Lägsta hastighet 250 km/h (för att inte hänga på innerrälen)

I TSS finns även minsta radie för höghastighetsbanan 320 km/h angiven till 4650 m.

- Rälsförhöjning 160 mm
- Högsta hastighet 320 km/h
- Lägsta hastighet 255 km/h (för att inte hänga på innerrälen)

I det fall banan ska byggas med lägre STH än 320 km/h har standarder baserat på befintliga banor och möjliga kombinationer studerats:

STH 250 km/h och minradie 2500 m

- Rälsförhöjning 145 mm
- Högsta hastighet 250 km/h
- Lägsta hastighet 175 km/h

Alternativt med försök att minst klara lägsta hastighet 200 km/h

- Rälsförhöjning 160 mm
- Högsta hastighet 255 km/h
- Lägsta hastighet 185 km/h

Lägsta hastigheten kommer ändå bli 185 km/h för att inte generera rälsförhöjningsöverskott.

Botniabanan är byggd med minsta radie 3200 m. Där går dock blandtrafik med gods vilket gör att det inte går att höja hastigheten fullt så mycket. Nedan blir därför inte applicerbart då det utgår från höghastighetsbanan där godståg inte kommer att framföras.

- Rälsförhöjning 145 mm
- Högsta hastighet 250 km/h
- Lägsta hastighet 175 km/h

Alternativt med försök att minst klara lägsta hastighet 200 km/h

- Rälsförhöjning 145 mm
- Högsta hastighet 280 km/h
- Lägsta hastighet 200 km/h

En bana som byggs med lite större radie än Botniabanan skulle t ex kunna inrymma både STH 300 och STH 200 km/h med angivna avgränsningar

Radie 3900 m optimerad för STH 200-300 km/h

- Rälsförhöjning 120 mm
- Högsta hastighet 300 km/h
- Lägsta hastighet 200 km/h

Slutsats och balanserade radier

- Radie, största tillåtna hastighet och lägsta tillåtna hastighet bör samplaneras. Detta skapar i praktiken rekommenderade hastighetsintervall för anläggningen
- Språngeffekterna i TSD-regelverket gör att STH 300 är en gräns för olika typer av anläggning. Med STH>300 km/h är det inte lämpligt att trafikera med lägre hastigheter

I praktiken görs därför ett strategiskt val för anläggningen beroende på vilka hastighetsintervall anläggningen ska klara.

- Om lägsta hastighet är 200 km/h är det svårt att bygga för högre topphastighet än 300 km/h utan att radien blir mycket stor (>6300 m)
- Om lägsta hastighet är 250 km/h är det mer realistiskt att passera TSD-språnget (vid 300 km/h) för hastighet 320 km/h eller högre
- För framtidssäkrade hastigheter kring 350 km/h eller högre är det svårt att trafikera med bara 250 km/h

Några exempel:

Hastighetsintervall 250-350 km/h likt förslaget till trafikering med Snabba regionalståg och höghastighetståg för 320 km/h, men med framtidssäkring för 350 km/h.

- Radie 7250 m
- Rälsförhöjning 100 mm
- Rälsförhöjningsbrist vid 350 km/h = 99 mm
- Rälsförhöjningsbrist vid 250 km/h = 2 mm

Hastighetsintervall 250-320 km/h likt förslaget till trafikering med Snabba regionalståg 250 km/h och höghastighetståg för 320 km/h.

- Radie 4850 m
- Rålsförhöjning 150 mm
- Rålsförhöjningsbrist vid 320 km/h = 99 mm
- Rålsförhöjningsbrist vid 250 km/h = 2 mm

Hastighetsintervall 200-300 km/h för att framtidssäkra upp till TSD-språngsvärdet.

- Radie 3900 m
- Rålsförhöjning 120 mm
- Rålsförhöjningsbrist vid 300 km/h = 152 mm
- Rålsförhöjningsbrist vid 200 km/h = 1 mm

Hastighetsintervall 200-250 km/h utan framtidssäkring.

- Radie 2400 m
- Rålsförhöjning 160 mm
- Rålsförhöjningsbrist vid 250 km/h = 147 mm
- Rålsförhöjningsbrist vid 200 km/h = 37 mm

Slutsats och balanserade radier

Kombinationen av omvärldsanalysen och beräkningar för största och lägsta tillåtna hastighet ger mycket förklaring till varför dessa hänger samman och i praktiken ger ett rekommenderat hastighetsintervall för anläggningen. Detta hittar man igen i flera anläggningar:

England HS2

Radie 7200 m räcker för att möjliggöra 400 km/h eftersom de inte dimensionerar för annat än höghastighetståg. I räkneexemplet ovan krävs drygt 7200 m för att klara 350 km/h om man samtidigt vill trafikera med 250 km/h

Japan

Japanerna lägger upp 200 mm rålsförhöjning vilket gör att radie 4000 m räcker för i princip 320 km/h, och högre där större radie används. Systemet är optimerat för att tåg i 260 km/h inte ska få rålsförhöjningsöverskott.

Kina

Systemet är byggt med mycket stora radier på 7000 m (ibland upp till 9000 m) och relativt mindre rålsförhöjning. Detta gör att man klarar 250 km/h tåg och samtidigt nu kan trafikera i 350 km/h.

Tyskland

Ingen bana är byggd för mer än 300 km/h. Detta för att hålla sig under språngvärdet i TSDn som förenklar att banan antingen kan trafikeras av godstrafik (i kombination med deras stora radier) alternativt som på Frankfurt-Köln att de kan bygga med mycket små radier.

Slutsats:

Val som är relevanta att göra baserat på radier och regelverk:

- Optimera för höghastighetstrafik och framtidssäkring STH>320 km/h
- Hastighetsintervall 250-320 km/h
- Hastighetsintervall 200-300 km/h
- Hastighetsintervall 180-250 km/h

Spårsystem

Spårsystem och underhållskostnad

En höghastighetsjärnväg skiljer främst mot en konventionell bana avseende banans krav på spårläge, för att säkert kunna köra i de högre hastigheterna.

- På en höghastighetsbana (ca 250-320 km/h) får inte spårets läge skilja mer än ca 6 mm¹ på en sträcka över 10 m

För att bibehålla ett bra spårläge ställs därför krav på:

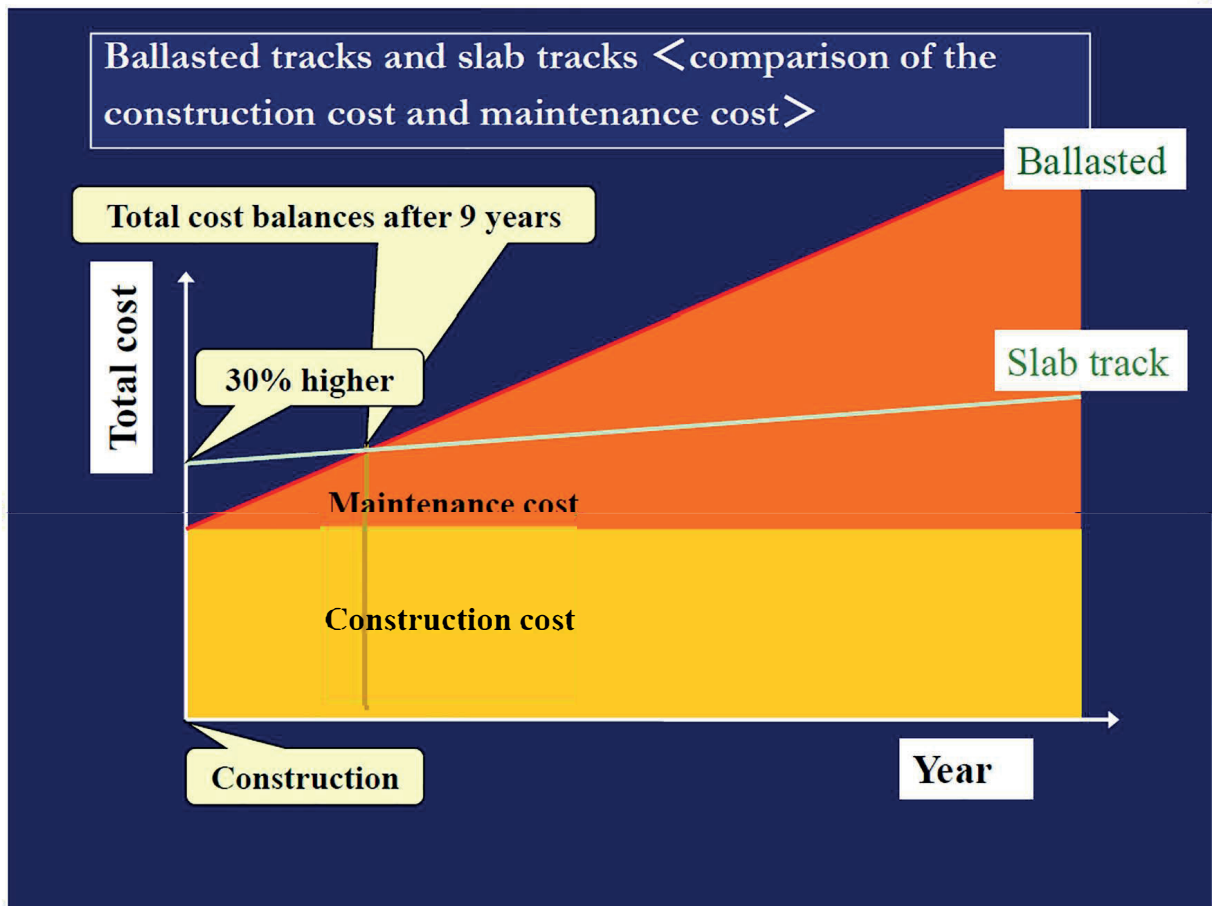
- Konstruktionen
- Spårsystemet
- Möjligheter att hantera spårjustering/sättningar (små med slab track)

Spårsystemen som byggs är antingen ballasterad spår eller ballastfritt spårsystem (slab track). Ballastfria spårsystem genererar betydligt lägre underhållskostnader, under förutsättning att underbyggnaden är tillräckligt god så sättningarna under banans livslängd inte överstiger den justeringsmån som finns inbyggt i slab track systemet.

LCC kalkyler visar normalt att anläggningskostnaden med ballasterat spår är lägre än med slab track, men underhållskostnaden är högre. Underhållskostnaden är normalt 1/3 till 1/7 så hög för slab track jämfört med ballasterat spår där 1/7 är rapporterat från Japan för nybyggda banor med hög andel rakspår.

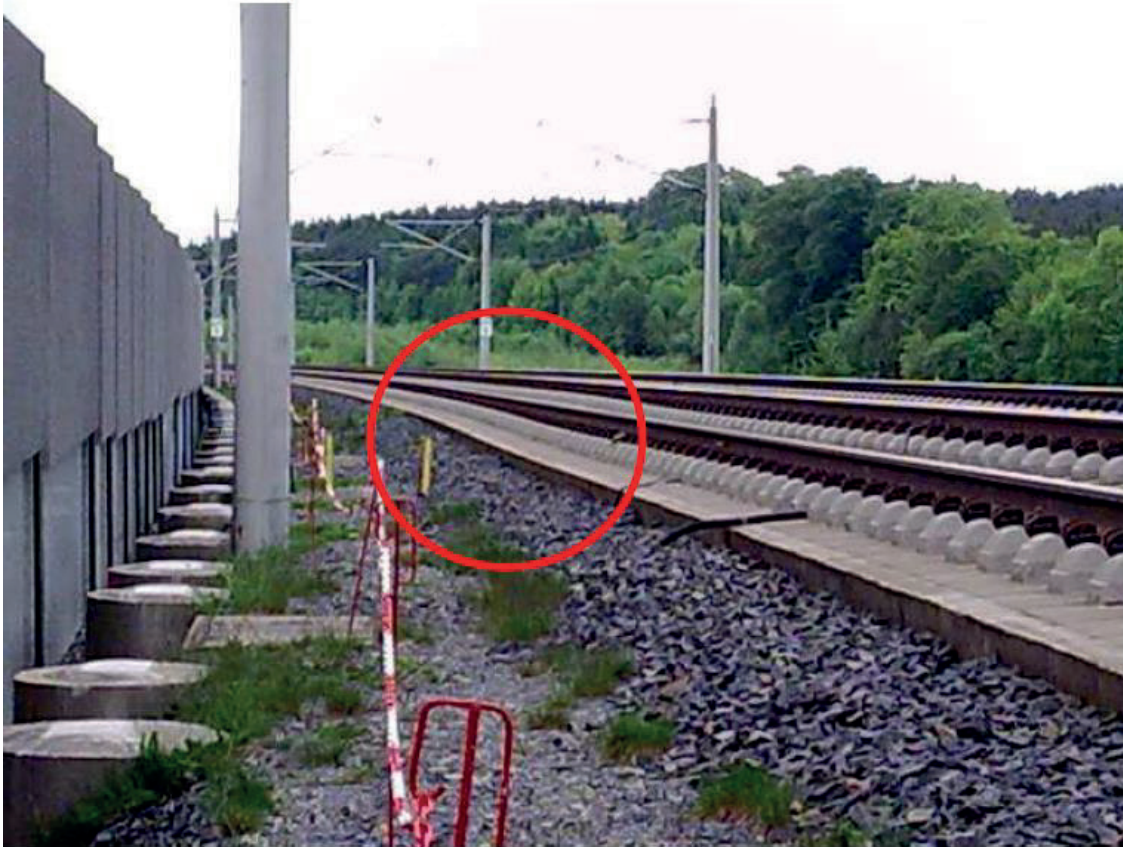
Hur lång tid det tar till break even mellan ballastspår och slabtrack beror på olika länders förutsättningar och byggteknik. Japan förefaller ha en kort återbetalningstid, men även Svenska kalkyler pekar mot ca 20 år.

¹ Shinkansen JR East spårlägeskrav för hastigheter över 245 km/h innan hastighetsnedsättning tillämpas. Europeiska regelverk har liknande krav.



Figur 12 Livscykelkostnad enligt Japanska järnvägsmyndigheten JRJT. Källa: Up-to-date Technology of Slab Track (JRJT)

Samtidigt kan kostnaden för underhållet sticka iväg om underbyggnaden inte är tillräckligt bra för att bära slab tracken. Eftersom slab track inte går att justera på samma sätt som ett ballasterat spår krävs betydligt större åtgärder för att lyfta spåret vid en sättning med slab track.



Figur 13 Sättning på slab track Frankfurt – Köln. Källa DB Netz

Nedan framgår för och nackdelar mellan olika spårssystem:

Ballasterat spår

- Ballasterat spår går enkelt att justera och lyfta
- Ballasten bryts ner av tågen och av spårjusteringar. Kräver normalt ballastbyte vart 10e år.
- Möjligheten till spårjustering -> möjlighet till enklare förstärkningsåtgärder och billigare bankkonstruktioner oberoende av hastighet
- I hastigheter kring 300 km/h och riskerar ballast att flyga av vindsuget (provas att limma ballast, lägga ballastmattor mm)
- Ballast i hastigheter över ca 300-320 km/h är en utmaning

Slab track

- Slab track är dyrare att bygga
- Kräver mycket goda grundläggningsförhållanden eller pålning
- Ger väsentliga besparingar i driftsskedet
- Ger bättre möjlighet för höga hastigheter
- Går inte att justera rälsförhöjning, väljs i byggskedet. Därmed svårare att bygga för en typ av trafik initialt och en annan på längre sikt

Spårssystem, hastighet och kostnad

I Europa finns det många exempel på banor byggts med STH 300-320 km/h med ballasterat spår. Det går därför inte att sätta ett samband mellan spårssystemet och största tillåten hastighet förutsatt att frågan gäller hastigheter kring 250-320 km/h. Det skulle därför vara fullt möjligt att bygga en bana för 300-320 km/h med ballasterat spår även i Sverige.

Kostnadsmässigt är underbyggnad och spårssystem de frågor som kommer att skilja mest mellan två typer av anläggning, snarare än radier. Underbyggnad och ballastspår skulle klara både 250 km/h och 300-320 km/h, utan att anläggningskostnaden skulle skilja markant. Andra teknikslag så som kontaktledningssystem, elkraftsbehov, buller och dynamik i broar påverkas också, men troligen med relativt mindre kostnadsskillnad som följd förutsatt att de från börjas dimensioneras för en högre hastighet.

Slutsats

- Internationellt har många banor byggts med ballastspår för 300-320 km/h
- Slab track ger högre anläggningskostnad och lägre underhållskostnad
- Regelverket medför att storleken på minsta radier behöver kombineras med största- och lägsta tillåten hastighet för att få till en bra anläggning.
- Systemet bör utformas för att lägsta hastigheterna på banan inte går så långsamt att tågen hänger på innerrälen i kurvorna med ett negativt rälsförhöjningsbrist (ett rälsförhöjningsöverskott)
- För att få rimligt stora radier bör nedanstående hastighetsintervall för banan övervägas vid valet
 - 180-250 km/h
 - 200-300 km/h
 - 250-320 km/h
 - 300-360 km/h
- Minsta radier bör ses över för att klara ovanstående hastigheter klaras inom gränsvärdena för rälsförhöjningsbrist noll till TSDns övre gräns.

Rekommendation

- Om höghastighetsbanan ska byggas med lägre hastighetsstandard än den angiven i TSS bör den, baserat på TSD-regelverket och internationell erfarenhet, kunna dimensioneras med ballasterat spår för åtminstone 300 km/h snarare än i planförslaget rekommenderade 250 km/h. Detta utan stora merkostnader.
- En anläggning med ballasterat spår ökar underhållskostnaden så livscykelkostnaden försämras troligen oavsett om topphastigheten är 250 eller 300 km/h jämfört med en bana byggd med slab track.
- Tydliggör en lägsta hastighet oavsett bantyp och revidera krav på minsta radie för att möjliggöra denna trafik utan rälsförhöjningsöverskott.

stambanan.com

www.stambanan.com

Samordnare Göran Svärd | info@stambanan.com | 070 261 71 11