



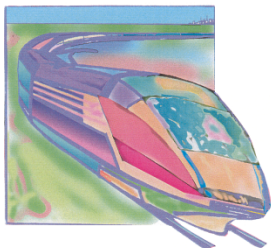
Järnvägsgruppen KTH
Centrum för forskning och
utbildning i järnvägsteknik

Moderna höghastighetståg

Samverkan med infrastruktur och klimat

Evert Andersson
Professor emeritus, järnvägsteknik
KTH

Seminarium höghastighetsbanor - 25 maj 2016



Höghastighetståg

Tåg för största hastighet över 250 km/h (Category P1)



JP



CR



DE

ES



FR

IT





Järnvägsgruppen KTH
Centrum för forskning och
utbildning i järnvägsteknik

Hastighet inte det primärt intressanta

Vad vill vi uppnå?

- **Konkurrensskraftiga restider** i konkurrens med bil och flyg
- **Kapacitet**
 - man bygger mycket ny kapacitet
 - man frigör kapacitet för gods och lokal persontrafik
- **Tillförlitlighet, punktlighet**



Järnvägsgruppen KTH
Centrum för forskning och
utbildning i järnvägsteknik

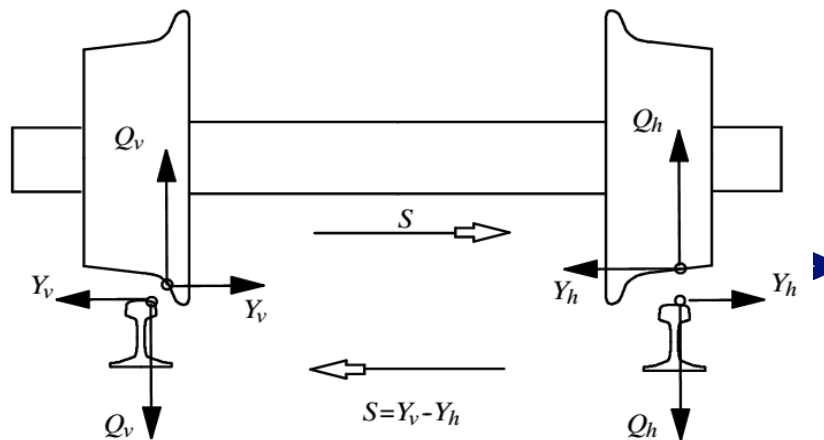
Våra nya stambanor

Viktiga parametrar

- 320 km/h (största tillåtna hastighet)
 - möjlig högre hastighet i framtiden (360 km/h?)
- 17 tons axellast (lastad vagn)
- Tillförlitligt (infrastruktur och fordon): 95-98 % punktlighet (bättre än 6 minuter)
-- även inräknat vintern!
- Hög kapacitet (upp till 12 tåg per timme och riktning)
- Ej tunga godståg eller "farligt gods"

Tågfordonens samverkan med infrastrukturen

- **Krafter och påkänningar på spåret** -
som tenderar att ge **"slitage"** på spåret (underhållskostnader)
- handlar också om säkerhet mot urspårning (dock stora marginaler)



- **Strömavtagningens kvalitet**
ljusbågar alternativt stora upptryck slitage, ev. haverier

DESSA FAKTORER BESTÄMMER SYSTEMETS PRESTANDA ,
SÄKERHET, TILLFÖRLITLIGHET OCH KOSTNADER !

Tågfordonens samverkan med infrastrukturen (2)

- **Sidokrafter** på resenärerna eller på lösa föremål – vid körning i kurvor
- Skakningar och vibrationer för resenärerna
komfort (eller eg. brist på komfort)



VIKTIG DEL AV KUNDERNAS TILLFREDSSTÄLLELSE,
MÖJLIGHET ATT ARBETA OCH VILA !

Hur bra spår behövs ?

Spårläge - En kritisk faktor !

- Europeiska normer finns (EN 13848-5) för hastighet upp till 300 km/h.
- Europeisk norm utarbetas nu för hastighet 300+ till 360 km/h.
- Trafikverkets (TRV) nu gällande norm sträcker sig till 250 km/h.
-- Ny norm för högre hastigheter utarbetas.

OBS: Nu gällande TRV norm för 160 – 200 km/h kräver i de flesta fall bättre spårläge än EN förslag för 300+.

Därmed är inte sagt att detta alltid efterlevs.

Det finns många äldre slitna spår som är svåra att underhålla.

Underhållsgränser UH1 och UH2.

Säkerhetsgräns KRIT.

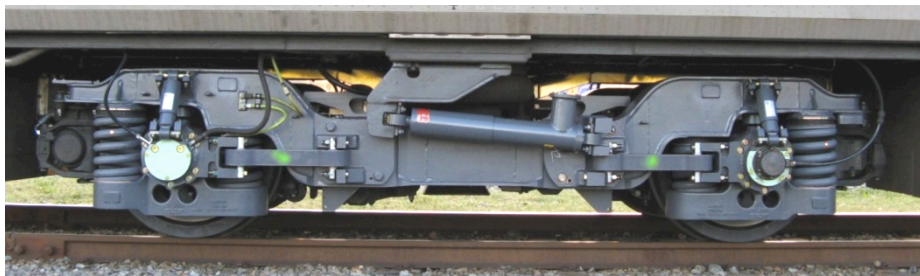


Hur bra spår behövs ?

Gröna Tåget

- Omfattande prov 2006 – 2008. Långtidsprov 2008 – 2012. Även vinterprov.
- Hastigheter 250 – 300 km/h på varierande spårkvalitet (nyare och äldre)
- Mätningar av spårkrafter och komfort
- Värdefulla slutsatser kan dras för hastigheter 300 – 320 km/h.
- **Mätvärden korrigeras** för hastighet, axellast och normenlig körning i kurva

Resultaten beror i första hand
på samverkan mellan banan och
tågets löpverk (hjul, fjädring, etc)



Gröna Tåget

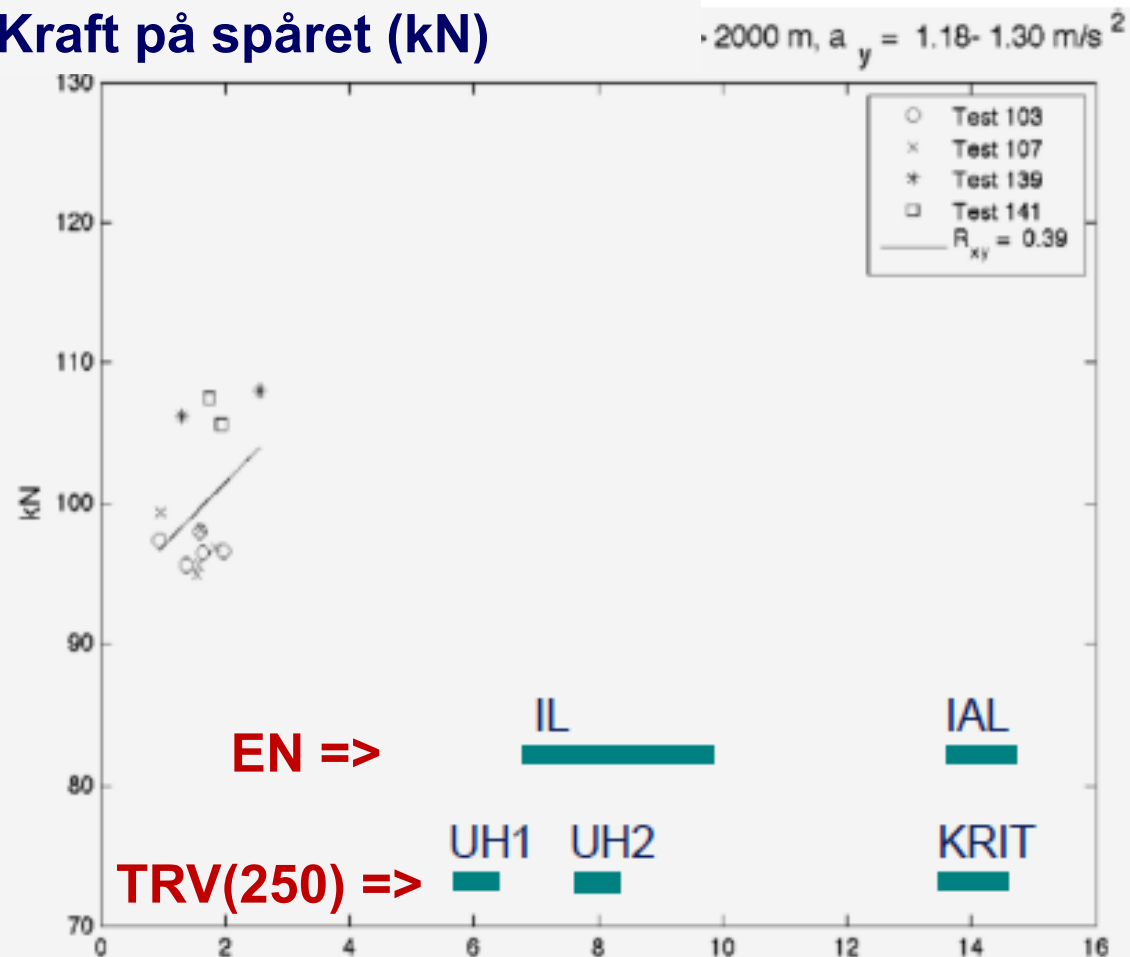
Vertikala krafter på spåret

- Nyare spår,
byggt 2002 – 2004.
- Avsett för max 200 km/h
- Använt för resandetåg
och tunga godståg

Max mätt verikal kraft: 108 kN
Korrigerat mätvärde: 115 kN
Tillåtet värde (EN): 160 kN



Kraft på spåret (kN)



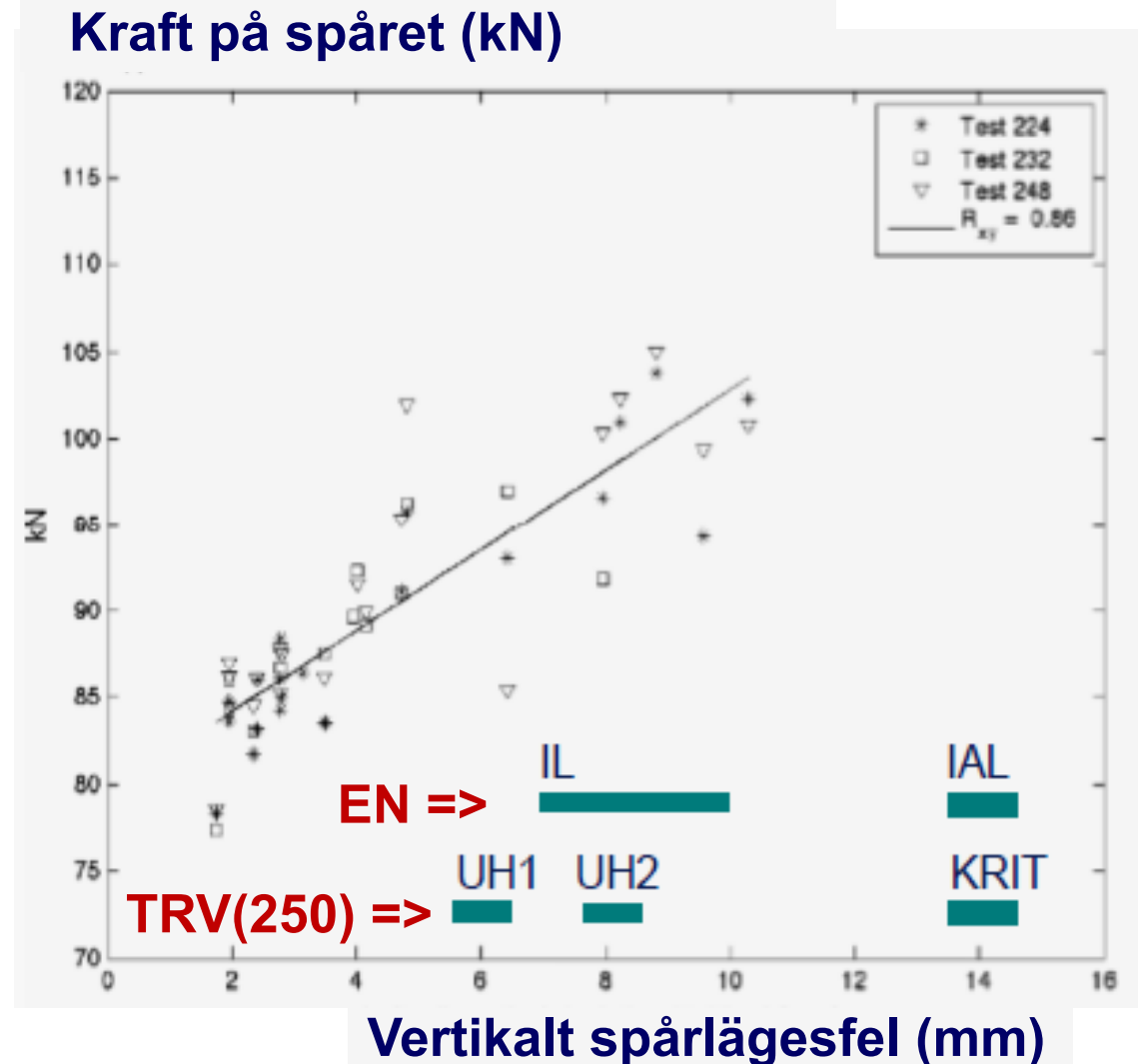
Vertikalt spårlägesfel (mm)

Gröna Tåget

Vertikala krafter på spåret

- Äldre spår: c:a 15 år
Mycket gammal underbyggn
- Avsett för 160 - 200 km/h
- Använt för resandetåg
och tunga godståg

Max mätt verikal kraft: 105 kN
Korrigerat mätvärde: 134 kN
Tillåtet värde (EN): 160 kN



Gröna Tåget

Accelerationer i tåget

- Nyare spår,
byggt 2002 – 2004.
- Avsett för max 200 km/h
- Använt för resandetåg
och tunga godståg

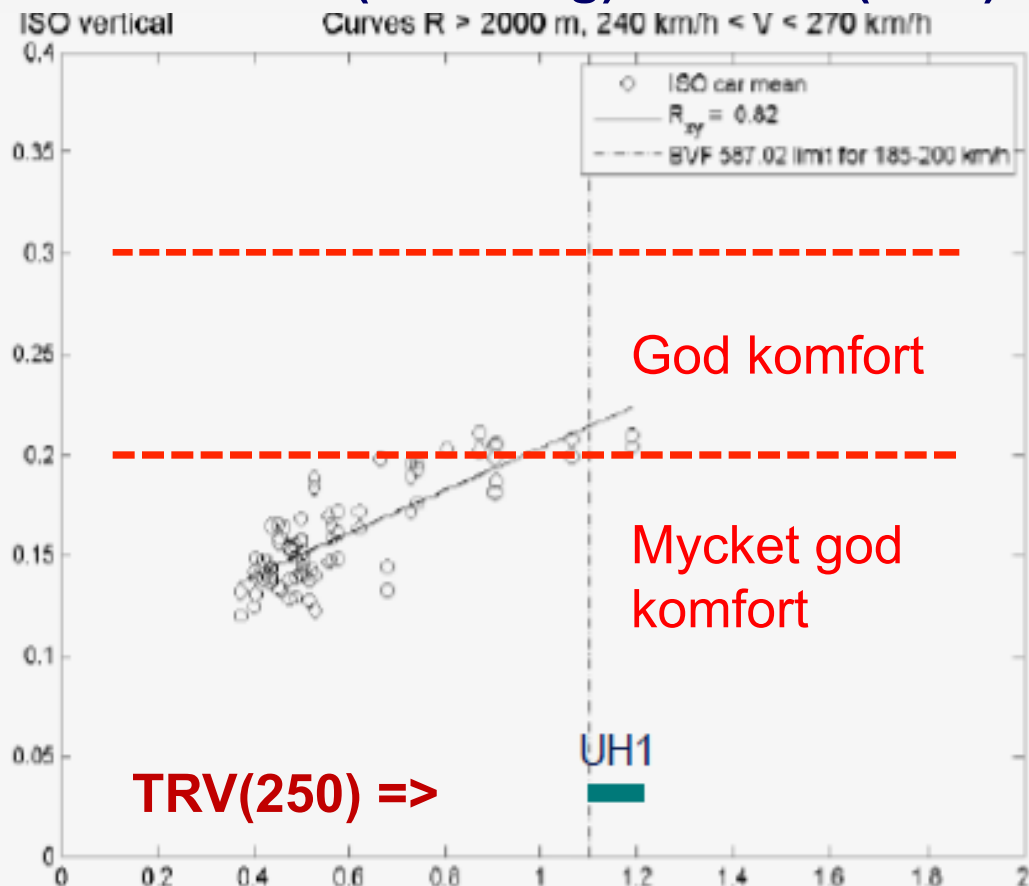
Mätt acceleration (> 95 %): $0,20 \text{ m/s}^2$

Korrigerat mätvärde: $0,24 \text{ m/s}^2$

Komfortabelt (EN): $0,20 - 0,30 \text{ m/s}^2$



Acceleration (skakning) vertikalt (m/s^2)



Vertikalt spårlägesfel (std-avvik) (mm)

Behövs ett "superspår" ?

Svar : Nej knappast !

■ TRV nuvarande normer för 250 km/h torde med något undantag vara tillräckiga även för 300+. De är i de flesta fall redan skarpare än vad som nu förslås som Europastandard för 300+.

≤

Men insatser för att efterleva normerna kan behöva skärpas.

- Höghastighetstågen ger förhållandevis små "förstörande" krafter på spåret.
- Andra tåg (tung lok och godståg) sliter mera på spåret, trots lägre hastigheter.



Vad för spår?

- **Betongsliprar och ballast**

- Enkel traditionell teknik,
lätt att justera vid sättningar,
men kräver justering emellanåt.

Används på många håll, bl.a. standard i Frankrike, Spanien och Italien.



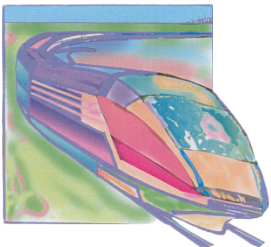
- **Betongdäck**, med därpå monterade räler – “Slab track” – “Fixerat spår”

- Mera stabilt och underhållsfritt spår,
men svårt att justera vid större sättningar.
- Anläggning mycket dyrare än ballastspår,
särskilt **grundläggning** vid dåliga markförhållanden
- Användning mest i Kina, Japan och Tyskland.
- Ingen risk för flygande ballast - “stensprut”



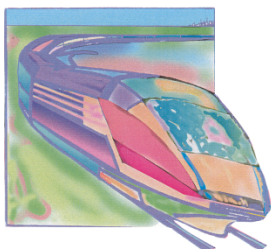
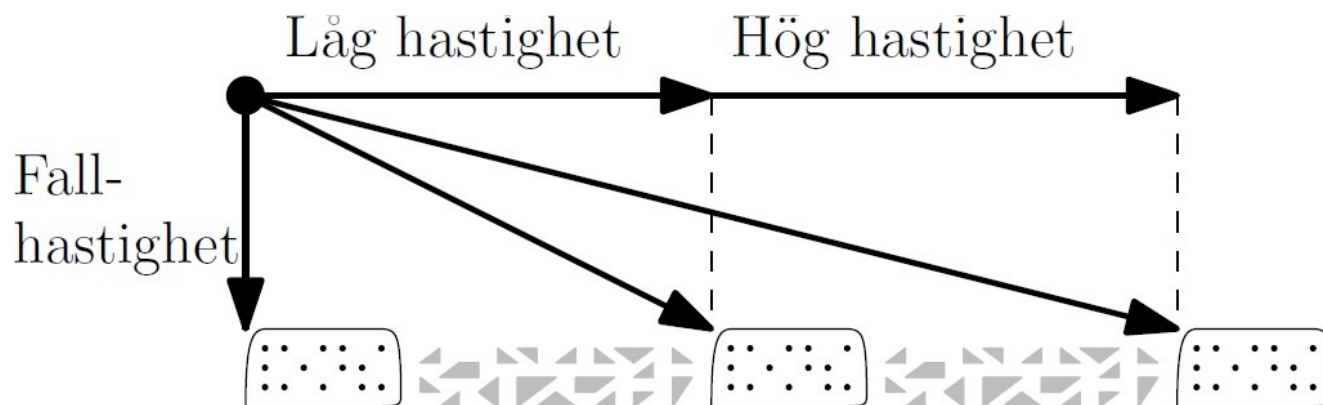


- Fallande isblock som träffar spåret
- Stort antal försök med Gröna Tåget



Risk för stensprut?

- Isblock bildas under tåget när packad snö vistas omväxlande i mild och kall miljö.
- Isblocken faller så småningom ner i spåret.
- Är s.k. stensprut ett verkligt problem?



- Hög hastighet ökar **inte** risken för "stensprut", förutsatt att ballasten ligger 3 – 4 cm under sliparnas övre yta.
- Om ballasten ligger i nivå med eller över sliparna, så ger högre hastighet kraftigare "stensprut".

Behövs ett "superspår" ?

Slutsatser

- Det är inte särskilt dramatiskt att köra 300 – 320 km/h !
Inte mera dramatiskt än när vi en gång ökade från 130 – 200 km/h (1982 – 1990). Standard internationellt redan idag!
- Modernt **men konventionellt ballastspår**, med senaste uppgraderingar, klarar kraven !
- Ökad kontroll - och (troligen) tätare justeringar av punktfel – förutses. Livstidskostnader för detta är måttligt stor.





Järnvägsgruppen KTH
Centrum för forskning och
utbildning i järnvägsteknik

Flexibel hastighet och bangeometri

- Ytterligare ett möjligt sätt att förenkla och minska kostnad.
- Hastighetskrav på 320 km/h leder till en ganska rak linjeföring med stora kurvradier. Bra som normalstandard!
- Där berg, vattendrag, bebyggelse eller naturomården ”är i vägen”, undersök om en kurvigare linjeföring kan minska kostnaden:
”Gå runt berget i stället för rakt igenom”
- Kurvradier 3000 - 3600 m (lokalt) i stället för 5000 – 6300 m.
Kan i vissa fall leda till att tunnel eller bro eller intrång kan undvikas.
- Sänk där hastigheten lokalt till 300 eller 280 km/h.
Sannolikt 2 – 3 minuters ökad restid för de snabbaste direktgående tågen (Sto-Gbg, Sto-Malmö), ingen påverkan alls på regionaltåg.



Tack för uppmärksamheten !

everta@kth.se; evertan@telia.com

mabe@kth.se; stichel@kth.se