

Det börjar röra på sig

Regeringen har i höst beslutat att satsa 30 miljarder kronor på bygget av Ostlänken, dvs en ny järnvägsförbindelse mellan Järna och Linköping, och fem miljarder på dubbelspår på delar av sträckan mellan Göteborg och Borås.

Beslutet var välbehövligt. Det är naturligtvis helt rätt att upprusta det befintliga nätet och att öka kapaciteten på de banor vi har idag.

Men det kommer inte alls att räcka om till exempel ambitionerna i EU:s vitbok från mars 2011 ska kunna förverkligas.

Alla länder med betydande gods- och persontrafik på järnvägsnätet har insett att så stora kapacitetsökningar som behövs, dels för att möta ökad efterfrågan på snabba, tillförlitliga och kostnadseffektiva transporter, dels för att minska transportsektorns energiförbrukning och

utsläpp, är svåra att uppnå med långsamma godståg och regionaltag på samma spår som snabba persontåg i 250 km/h eller mer. Trafiken behöver separeras för att klara framtidens efterfrågan.

Erfarenheten visar också att om man gör kraftiga satsningar på förbättrad järnvägsinfrastruktur så kommer den att användas av kunderna. Trafikvolymerna på till exempel Svealandsbanan har vida överträffat prognoserna.

Höstens beslut kan därför ses som ett startskott för ett framtida järnvägsnät i Sverige med helt andra möjligheter än dagens.

Sebastian Stichel

Föreståndare KTH Järnvägsgruppen

Broforskning vid KTH

Vid Avdelningen för bro- och stålbyggnad berättar professor *Raid Karoumi* om den forskning om broar som bedrivs. Avdelningen är en del av Institutionen för byggetenskap, som i sin tur är en del av ABE-skolan, Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad vid KTH. Raid Karoumi är avdelningschef.

Två adjungerade professorer arbetar också på avdelningen.

– De är viktiga länkar till industrin, förklarar Raid Karoumi. De ser till att forsk-

ningsresultaten också kommer till nytta inom industrin och därmed i verkliga livet.

Från 2013 tillkommer ytterligare en adjungerad professor.

Det finns även två lektorer, av vilka en är specialist på dynamik och ballastmodellering.

Ett femtontal doktorander är också verksamma och därtill två laboratorietechniker. Idag arbetar inom avdelningen 2,5 doktorander, finansierade av KTH Järnvägsgruppen.

Avdelningen bedriver också undervisning.

– Kurserna är mycket uppskattade och är välfyllda, berättar Raid Karoumi. De leder ofta till intressanta examensarbeten som kan komma till direkt nytta, och ofta för vidare till doktorandprojekt.

Tre särskilt viktiga forskningsområden som står i fokus för avdelningens verksamhet:

rörbroar, LCC/LCA för broar samt dynamisk påverkan på broar.

Rörbroar

Det första omfattar så kallade rörbroar, på engelska Soil-Steel Composite Bridges. Avdelningens kunskaper inom området är världsledande och därför har en manual för dimensionering av denna typ av brokonstruktioner kunnat utarbetas.

Manualen, som är normkrav i både Sverige och Finland, har använts i totalt 21 europeiska länder.

– Nu avser vi att utveckla konceptet också för höghastighetstrafik, upp till 300 km/h, säger Raid Karoumi.

Fördelarna med rörbroar är både ekonomiska och miljömässiga. En rörbro kostar



Professor Raid Karoumi



Bilden visar en större rörbro, ett exempel på konstruktioner som är möjliga med den beskrivna tekniken.

betydligt mindre än en konventionell stål- eller betongbro, eller vad en bro i kombination av de båda materialen, skulle ha kostat.

Minskad miljöpåverkan blir en följd av att väsentligt mindre mängder stål och betong åtgår.

Rörkonstruktionen utgörs av korrugerad plåt som är upp till sju millimeter tjock. Den monteras på plats, varefter lämplig fyllning (jord) packas intill på utsidan. Ballast och spår läggs överst. Lagret ovanpå, den så kallade överfyllnaden, kan vara förhållandevis tunt.

Den största brokonstruktion som hittills byggts i världen med denna metod har 24 meters spännvidd. I Sverige är största spännvidden idag 17 meter. Sveriges hitintills största rörbro för järnvägstrafik har 11 meters spännvidd.

– Ett bättre svenskt namn på konstruktionen är ”samverkansbro mellan jord och stål”. Alla broar ser nämligen inte ut som rör utan mer som bågar eller valv, påpekar Raid Karoumi.

Han förklarar att det är just samverkan mellan stålet och den packade jorden som ger hållfastheten; ingen av de båda samverkande komponenterna skulle ensamma kunna klara uppgiften.

Det är viktigt att jorden runt stålkonstruktionen packas väl, i regel i ca 30–40 cm tjocka skikt åt gången beroende på packningsutrustning, och lika mycket på varje sida om röret.

Miljömässigt ligger fördelen i att det går att undvika cement och betong, vars framställning producerar en hel del koldioxid. Den betong som kan bli aktuell är i de betongplattor som röret, eller rättare bågen, ställs på.

Stålmängden i röret är jämförbar med den armering som används i en konventionell betongbro med samma dimensioner.

Dynamisk påverkan på broar

Det andra viktiga forskningsområdet omfattar tågs dynamiska påverkan på broar. Kunskaperna har tillkommit till stor del genom samverkan inom KTH Järnväggruppen, och därtill i samarbete med Trafikverket. Gröna Tåget-projektet har engagerat forskarna i hög grad de senaste åren.

Området omfattar särskilt höghastighetstågs dynamiska effekter. Inom ämnesområdet är sex doktorander verksamma.

Undersökta broar kan vara i stål eller i betong, eller i kombination, exempelvis långsgående stålbalkar med betongplatta och ballast.

– Dock ännu ej träbroar!

I ett doktorandprojekt pågår utveckling av enklare metoder för utvärdering av broar inför introduktion av höghastighetståg.

Den nu aktuella normen är mycket komplicerad och kräver omfattande datorsimuleringar. Det kan ta veckor att analysera en enda bro för att se om den måste modifieras för högre hastigheter, eller om den kan godkännas utan åtgärder. Man kan med denna nyutvecklade metod tidigt se om något behöver ändras på en befintlig bro inför introduktion av höghastighetstrafik.



Liten rörbro vid Märsta nära Stockholm.

Inom ramarna för en utredning åt Trafikverket vintern 2011–2012 studerades sammanlagt 1019 svenska broar. En lista på vilka broar som behöver åtgärdas har utarbetats. I den finns angivet hur stor sannolikheten är att dessa broar inte kommer att kunna klara de högre hastigheterna. Man kan därmed snabbt se vilka som är problembroar.

Enspansbroar med enkelspår är svåra att klara på grund av resonansproblem.

– Det här är ett mycket bra exempel på när forskning kan leda till hög praktisk nytta för Trafikverket!

Detta arbete kommer att leda till en licentiatsavhandling under 2013. Arbetet baseras på beräkningar på 59 miljoner tågpassager på 74 000 broar!

Det krävs stor datorkraft för dessa tunga beräkningar. Trots detta kan en omfattande beräkningsserie ta mellan tio och tolv dagar att genomföra. Detta gäller särskilt för tredimensionella beräkningar på broar och med tåg modellerade som massa-fjädersystem.

– För att klara vibrationer från snabba och tunga tåg utvecklar vi multi-passiva och semiaktiva dämpare, berättar Raid Karoumi. För detta har vi finansiering från ett EU-projekt Long Life Bridges.

En prototyp har nyligen tagits fram och har provats i november 2012 på järnvägsbron över Ljungan utanför Ånge (se bilder) där de vertikala hängare råkar i svängning vid tågpassager, med risk för följande utmattningsskador. Semiaktiva dämpare styrs av sensorer på bron och kan dämpa olika frekvenser och därmed fungera mer effektivt, eftersom brons egenfrekvenser ändras till följd av tågets massa.

LCC – LCA

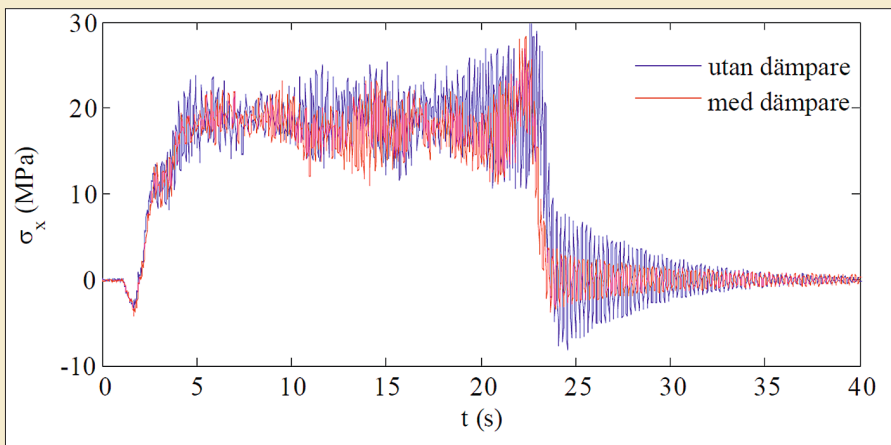
Ett tredje viktigt område omfattar livscykelanalyser för broar, LCC – LCA, (Life Cycle Costs – Life Cycle Analysis) således dels kostnader under brons hela livslängd, dels miljöpåverkan under samma tid. Inom detta område är två doktorander verksamma och därtill Raid Karoumi och Håkan Sundquist.



Therese Arvidsson är doktorand vid Avdelningen för bro- och stålbyggnad.



Tunga godståg på bro över Ljungan



Uppmätta spänningar under tågpassage med och utan KTH dämpare.

Projektet finansieras av Trafikverket, som av politikerna har fått i uppdrag att se till att livscykelerspektiv anläggs på alla projekt, inte minst stora broprojekt. Alla kostnader ska då ingå, även de som uppstår vid underhåll, reparationer och ombyggnader, när trafiken kan tvingas vara helt eller delvis avstängd. Avslutande rivning och återvinning ingår också.

Miljöpåverkan, LCA, beräknas också för hela livslängden, inklusive framställning av råmaterial, transporter till byggsplatsen, själva

byggnationen, därefter underhåll och reparationer, samt slutligen rivning med eventuell återvinning.

Miljöpåverkan sker exempelvis i form av utsläpp av växthusgaser och försurning.

Inom området LCA finns ett licentiatarbete från 2011 som omfattar studier av miljöpåverkan av broar med ballast, respektive broar med så kallad Slab Track, således utan ballast.

Broar utan ballast kan synas ha vissa miljömässiga fördelar, eftersom brokonstruktionen kan göras enklare eftersom vikten av ballast-



Prototyp av KTH dämpare som monterats på en av hängarna till bro över Ljungan.

massan inte behöver bäras. Det kan dock även noteras vissa nackdelar, exempelvis avseende dynamik. Det finns nämligen större risk för vibrationer, eftersom det är en lättare konstruktion, utan den stora dämpande massa som ballasten utgör.

Å andra sidan lever ett ballastspår kortare tid än Slab Track, vilket medför större miljöpåverkan under livslängden. Denna påverkan uppstår till exempel när spåret, inklusive ballast, ska tas bort och nytt material återutläggs.

Förutom de tre ovannämnda huvudforskningsområden, där avdelningen anses ligga i forskningsfronten, finns ytterligare intressanta projekt.

Stockholmsbroar undersöks

Ytterligare ett forskningsområde omfattar utmattningseffekter hos stålbroar, med syfte att beräkna återstående livslängd. Här används som studieobjekt järnvägsbron över Söderström i Stockholm, således bron mellan Ridderholmen och Södermalm vid Slussen, från omkring 1952. Med 572 tågpassager per dag är den Sveriges viktigaste järnvägsbro.

Denna bro har utmattningssprickor. Bron övervakades en tid med sensorer. Nu har vissa anslutningspunkter i stålkonstruktionen modifierats.

– Vi mäter laster från tågen och deras effekter på bron så att vi får fram användbara värden. Det går inte att utgå från värden i gällande norm, för enligt dem skulle bron ha kollapsat för länge sedan. Vårt mål är att ta fram realistiska värden, säger Raid Karoumi.

Med aktuella kunskaper skulle man idag bygga Söderströmsbron annorlunda. Kanske en betongbro skulle ha valts istället. Brons ut-



Som studieobjekt används Söderströmsbron mellan Ridderholmen och Södermalm vid Slussen i Stockholm, från omkring 1952. Med 572 tågpassager per dag är den Sveriges viktigaste järnvägsbro.

Fler likheter än skillnader

I slutet av november organiserade franska ambassaden och KTH Järnvägsgruppen ett heldagsseminarium på KTH med titeln: "Railways, towns and country planning: The experience of France and Sweden".

Syftet var att utbyta erfarenheter mellan länderna vad gäller spårtrafik i olika former.

Seminarieret indelades i fyra block med titlar: "Increasing network capacities: Perspectives and obstacles", "Outlook for, and challenges of, high-speed railways", "Rethinking railways network in large urban areas: the example of the 'Grand Paris' project" samt "Subways and tramways, french and swedish experience".

Seminarieret lockade i det närmaste 150 deltagare.

En viktig anledning till att seminarieret arrangerades var att den svenska regeringen har signalerat stora investeringar i järnvägsnätet de kommande åren. Detta har självklart inte passerat obemärkt i Frankrike. Där finns en kompetent järnvägsindustri som inser att det finns en växande svensk marknad.

Beträffande höghastighetsjärnvägar är som bekant kunskap och erfarenhet riklig i Frankrike, baserat på flera decenniers trafik med TGV, och även på exportorder med denna teknik.

Seminarieret höll generellt hög klass. Många av de medverkande innehar ledande befattningar inom företag och myndigheter i de båda länderna. Även forskarvärlden företrädes, om än i mindre omfattning.



I den inledande paneldebatten deltog bland andra infrastrukturminister Catharina Elmsäter-Svärd (andra från vänster) och S:s ordförande Jan Sundling (längst till höger).

Bland deltagare från svensk sida noteras infrastrukturminister Catharina Elmsäter-Svärd; S:s styrelseordförande Jan Sundling; professor Bo-Lennart Nelldal, KTH; trafik- och gatuborgarrådet i Stockholm Ulla Hamilton; Mats Helmfrid, ordförande i kommunfullmäktige i Lund samt Anders Lindström, verkställande direktör vid AB SL i Stockholm.

Det kunde konstateras att den svenska järnvägen lider av många års eftersatt underhåll och investeringar, vilket, tillsammans med ständig trafikökning har skapat ett trafiksystem som inte alltid kan betraktas som robust.

Detta är särskilt tydligt när vintern är svår. I infrastrukturpropositionen framgår att underhåll av befintliga banor måste prioriteras, innan det är möjligt med mer omfattande investeringar i nya höghastighetsjärnvägar.

De kommande snabbjärnvägsträckorna Ostlänken och Göteborg-Borås får även kapacitetshöjande effekter i hela järnvägsnätet.

Ett stort problem från kapacitetssynpunkt är blandning av olika tågslag: långsamma godståg och snabbtåg på samma bana ger låg kapacitet.

Frankrike har av tradition mer konsekvent långtidsplanering för järnvägssystemet. Hög-

mattning är en följd av tät tågtrafik och dåligt utformade ståldetaljer och anslutningspunkter. En idé kunde vara att kameraövervaka sprickornas tillväxt, ty det är mycket svårt och kostsamt att inspektera broar på plats.

Broövervakning

Broövervakning med modern övervakningsteknik är ytterligare ett forskningsområde. Principen är att sensorer placerade på bron registrerar förändringar av olika slag. Detta arbete ska resultera i möjligheter till bättre kunskap om brons tillstånd och därmed bättre planering av reparationer och underhåll.

Detta är ett av många uppdrag från Trafikverket, som vid avdelningen målmedvetet kopplas till forskning.

Sladdlösa sensorer för järnvägsbroar utvecklas också vid avdelningen i samarbete med SICS i kista (Swedish Institute of Computer

Science). De är tämligen enkla, fungerar helt självständigt och vaknar när ett tåg passerar.

De kan programmeras att jämföra värden med vad som förväntas och då sända en varning om något avviker. De innehåller bland annat accelerometer, termometer, en liten processor, sändare och batteri.

Ytterligare ett intressant projekt innebär att en datormodell med simulerade broskador och simulerade tågpassager utvecklas för att påvisa effekter dem emellan. Detta ger med tiden något slags "expertsystem" i datormodellen. Algoritmen för maskininlärning som används här kallas på engelska för Artificial Neural Network.

Systemet "tränas" på en mängd olika fall. Tanken är att kunna ta signaler från verklighetens broar och mata in i datorprogrammet, som då kan larma då brons beteende förändras till exempel på grund av uppsprick-

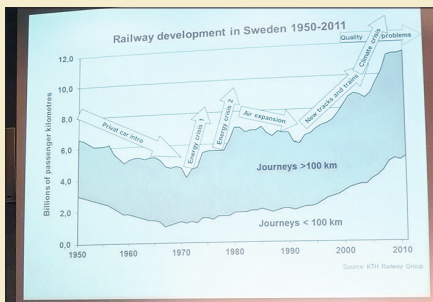
ning. Systemet ska så småningom kunna ge prognoser för exempelvis livslängd, eller ge förslag till nödvändiga åtgärder.

Detta utvecklas till ett slags diagnosystem för broar.

– Men broar kan vara svårare att diagnostisera än människokroppen, kommenterar Raid Karoumi. Människan kan ju säga hur hon mår och var hon har smärtor!

– Det är svårt att mäta på alla delar av bron samtidigt; antalet sensorer måste ju begränsas. Med hjälp av datormodellen ska man ändå kunna få korrekta resultat.

Akustisk emission är ytterligare ett forskningsområde. Sådan gör det möjligt att till exempel "höra" korrosion. Man kan således höra om armeringsjärn rostar, en betongbalk spricker eller om stålkablar brister. Man kan höra också inne i konstruktioner. Det är själva brottögonblicket som registreras. □



Professor Bo-Lennart Nelldal, KTH, berättade bland annat om den kraftiga ökningen i passagerartrafiken på järnväg i Sverige sedan 1950.

hastighetsjärnvägarna har successivt byggts ut sedan tidigt 80-tal.

TGV-linjen Paris–Lyon är mycket högt belastad och körs utan subventioner. Övriga linjers kostnadstäckningsgrad varierar från fall till fall.

Möjligheter till byte till regionala tåg är viktig, eftersom de mindre landsortstäderna annars hamnar helt i skymundan, eftersom TGV-tågen gör endast få uppehåll på vägen mellan de stora städerna.

Parallellt med utbyggnad av höghastighetsjärnvägar och anläggande av nya stationer i perifera lägen har i många städer även den ursprungliga stationen upprustats. Kvarteren kring den äldre stationen har likaså medvetet genomgått modernisering. I åtskilliga provinstäderna är detta tätt sammankopplat med etablering av ny spårväg.

Inom lokaltrafiken har de senaste decennierna således satsats stora summor i Frank-

rike, inte minst på helt nya spårvägar. I landet har sedan 1985 ca 25 nya system anlagts. Ett stort tunnelbaneprojekt i parisregionen är ”Grand Paris”. Det kommer att bestå av flera ringlinjer som ska köras med automatiska tåg och knyta samman en mängd regionala målpunkter, som exempelvis pendeltågsstationer, stadsdelscentra och andra viktiga nav, inklusive flygplatser.

Stationsavståndet blir två kilometer i genomsnitt. En viktig anledning till att bygga Grand Paris är att motverka stadsutbredning, urban sprawl som är det engelska uttrycket.

Det som byggs i parisområdet påverkar hela Frankrike. Därför ser staten det motiverat att medfinansiera projekt av denna typ.

I Stockholm byggs Citybanan för att ge mer kapacitet åt järnvägen.

Seminariets sista block behandlade spårtrafikfrågor i städernas mer centrala delar, varvid Lunds planerade spårväg användes som exempel på hur man med spårtrafik kan klara de stora passagerarmängder som blir aktuella att transportera mellan Lunds centralstation och de blivande forskningsanläggningarna Max IV och ESS, som står klara i nordöstra utkanten av Lund mot slutet av detta decennium.

Spårvägsframgångarna i Frankrike förklarades dels med att vagnarna till största del rullar på reserverat utrymme och därmed inte fastnar i bilköer, dels är en del i en total trafikomdaning av hela tätorter, dels ingår i större stadsbyggnadsprojekt, med omfattande upprustning av slitna miljöer.

Sammanfattningsvis en mycket intressant dag. Det finns fler likheter än skillnader mellan de båda ländernas järnvägsbranscher. Att finna finansieringsmöjligheter tycks vara lika stora problem. Kanske är järnvägen traditionellt dock mer prioriterad i Frankrike. Kanske ser vi nu en vändning i Sverige. □

JÄRNVÄGSGRUPPEN KTH

Centrum för forskning och utbildning i järnvägsteknik



KTH JÄRNVÄGSGRUPPEN
Kungl Tekniska Högskolan
100 44 Stockholm

Ansvarig utgivare
Professor Sebastian Stichel
Tel 08-790 76 03
Fax 08-790 76 29
e-post stichel@kth.se

Redaktör
Thomas Johansson
TJ Kommunikation
Tel 070-727 49 51
Fax 08-81 57 72
e-post tjkomm@bahnhof.se

KTH JÄRNVÄGSGRUPPEN

Järnvägsgruppen KTH – Centrum i forskning och utbildning i järnvägsteknik bildades formellt i april 1996. Syftet är att ta vara på och utveckla den järnvägstekniska kompetens som finns vid högskolan.

Merparten av Järnvägsgruppens finansiering regleras via avtal mellan KTH, Bombardier Transportation Sweden AB, Interfleet Technology AB, Vectura, Trafikverket och SL AB.

Järnvägsgruppens forskning ska vara inriktad mot problemställningar som

- är kritiska för järnvägssystemets effektivitet och konkurrenskraft
- avser att förbättra systemets prestanda samt öka intäkter och/eller minska kostnaderna.

JÄRNVÄGSGRUPPENS AVDELNINGAR

SPÅRFORDON
Professor Mats Berg
Tel 08-790 84 76, 070-652 24 41
Fax 08-790 76 29
e-post mabe@kth.se

TRAFIK OCH LOGISTIK
Adj professor Bo Lennart Nelldal
Tel 08-790 80 09, 08-762 30 56
Fax 08 21 28 99; 08-762 40 27
e-post bolle@infra.kth.se

LÄTTKONSTRUKTIONER
Tekn Dr Per Wennhage
Tel 070-620 64 34
Fax 08-20 78 65
e-post wennhage@kth.se

BYGGVETENSKAP
Professor Raid Karoumi
Tel 08-7909084
Fax 08-21 69 49
e-post raid.karoumi@byv.kth.se

ELEKTRISK ENERGIOMVANDLING
Professor Stefan Östlund
Tel 08-790 77 45
Fax 08-20 52 68
e-post stefan.ostlund@ee.kth.se

MARCUS WALLENBERGLABORATORIET FÖR LJUD- OCH VIBRATIONSFORSKNING
Tekn dr Ulf Carlsson
Tel 08-790 90 11
Fax 08-790 61 22
e-post ulfc@kth.se

SYSTEM- OCH KOMPLEMENTDESIGN
Professor Ulf Olofsson
Tel 08-790 63 04
Fax 08-20 22 87
e-post ulfo@md.kth.se

VÄG- OCH BANTEKNIK
Professor Björn Birgisson
Tel 08-790 87 02
Fax 08-411 84 32
e-post bjornbir@kth.se

NY LITTERATUR

DOKTORSAVHANDLING

Abrahamsson, Lars
Optimal Railroad Power Supply System Operation and Design.
Disputation den 17 december 2012,
kl 10.00, Sal Q2
Opponent: Arnd Stephan.

X2000
Enklare än flyget. Snabbare än tåget.
Svenska Järnvägsklubben 2012.