

Rostfritt stål används allt oftare vid brobyggnad i Sverige. Den höga initiala kostnaden vägs upp av den, jämfört med konventionellt stål, lägre underhållskostnaden under livslängden. I Sverige är däremot rosttrögt stål fortfarande väldigt ovanligt vid brobyggnad trots vissa öppnbara fördelar i livscykelanalyser.

Vi har gjort ett examensarbete på avdelningen för bro- och stålbyggnad på skolan för arkitektur och samhällsbyggnad, på Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm från januari till juni 2016, i samarbete med Forsen AB samt Uppsala kommun. Frågeställningen som besvaras i examensarbetet är vilken ståltyp som leder till lägst livscykelkostnad (LCC) och minst miljöpåverkan (LCA) för Nya Flottsundsbron, Uppsala. Materialen som jämförs är konventionellt stål, rostfritt stål och rosttrögt stål där de stora skillnaderna är den högre investeringskostnaden för rostfritt stål och det lägre underhåll som krävs för rostfritt stål och rosttrögt stål under livslängden. För att besvara frågeställningen jämförs materialen med varandra i en LCC-analys och en livscykelanalys. Standarderna ISO 156 86-5:2008 och ISO 140 40 användes som underlag för analyserna. För att möjliggöra dessa analyser samlades fakta angående materialens egenskaper och underhåll in från leverantörer och ståltillverkare. Fakta angående underhåll av broar samlades in från företag som arbetar med detta. En känslighetsanalys har utförts för att se hur olika parametrar påverkar slutresultatet.

Livscykelanalyser – från vagga till grav

Då drift- och underhållskostnaderna utgör en stor del av den totala kostnaden för en bro, är materialvalet för bron väldigt betydande. Ett materialval som ger en låg investeringskostnad kan kräva mer underhåll och bli dyrare sett över hela livslängden än ett materialval som ger en hög investeringskostnad med lägre underhållskostnad sett till bronns hela livslängd. Det är därför viktigt i valet av material att inte bara hålla investeringskostnaden låg, utan även utvärdera underhållskostnaderna redan från början av ett projekt. Ett sätt att utvärdera

kostnaderna för en produkts hela livslängd är CC (Life Cycle Cost), livscykelkostnad. I dagens samhälle är det ett stort fokus på att bygga hållbart och förutom att se till de ekonomiska aspekterna som LCC-analyser beaktar är det även viktigt att fokusera på den miljöpåverkan en bro orsakar under materialproduktion, byggtiden samt under hela livslängden. För detta har verktyget LCA (Life Cycle Assessment), livscykelanalys, utvecklats.

Nya Flottsundsbron

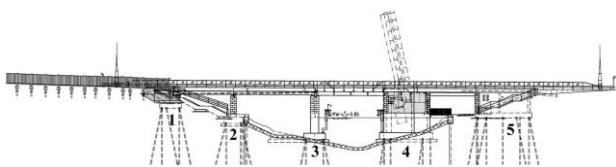
Den gamla Flottsundsbron i södra Uppsala är byggd år 1924 och går över den 58 meter breda Fyrisån. Idag klarar inte den gamla bron de krav som ställs från kollektivtrafik, gångtrafikanter, cyklister och bilister, därför ska den gamla Flottsundsbron rivas och bytas ut mot en ny bro, Nya Flottsundsbron (Figur 1). Den nya bron byggs på samma plats som den gamla och är precis som tidigare bro öppningsbar för båttrafik. I nuläget passerar ungefär 5000 fordon över bron varje dag. Den nya bron dimensioneras för 2000 broöppningar per år. Byggstarten var hösten 2015 och bron beräknas vara färdig våren 2017.



Figur 1 - Illustration över Nya Flottsundsbron (Uppsala kommun, 2015)

Nya Flottsundsbron består av tre mindre brospann som utförs som tre olika brotyper. Den första delen är en samverkansbro från stöd 1 till 3, den består av en betongfarbana och fyra längsgående huvudbalkar i rostfritt stål. Den andra delen, mellan stöd 3 och 4, består av den öppningsbara broklaffen i rostfritt stål. Den tredje delen, mellan stöd 4 och 5, är

en balkbro helt i betong. Den fria brobredden är 13 meter och den segelfria höjden är 4,1 meter. Se Figur för en översiktlig bild av Nya Flottsundsbrons elevation.

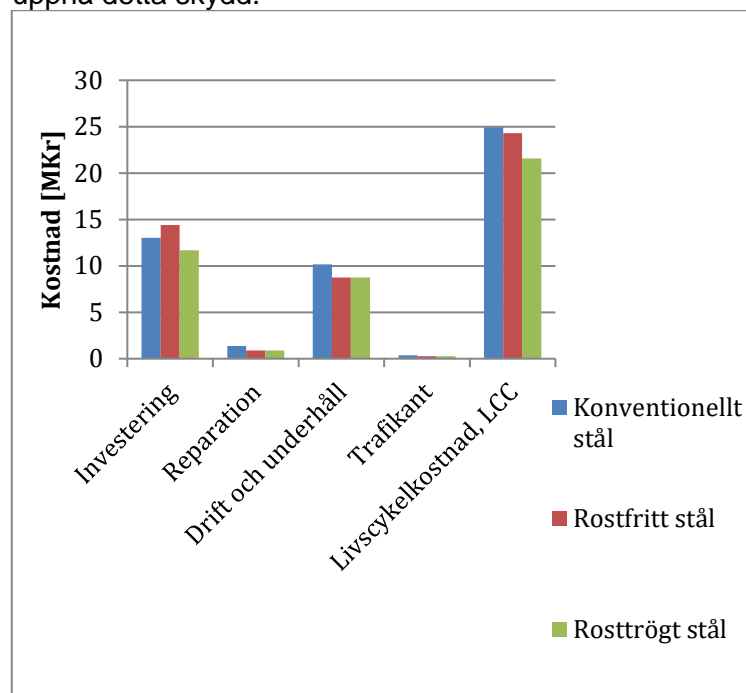


Figur 2 - Elevation över Nya Flottsundsbron. I Figuren motsvarar nummer 1-3 stöd 1-3, nummer 4 stöd 4 - klaffkammaren och nummer 5 stöd 5 - driftutrymme (ELU/Peab, 2016).

Livscykelkostnad, LCC

LCC-analyserna beräknades med hjälp av programmet Optimal New bridges – Life cycle cost analysis (LCCA), ETSI Bridge LCC. Indata i programmet är bland annat materialmängder, tidsintervall för underhåll och reparationer samt kostnader för material, inspektioner, underhåll och reparationer. Resultatet är beräknat med en kalkylränta på 4 procent över en kalkylperiod på 120 år. Prisuppgifterna för de olika ståltyperna, är för det konventionella stålet samt det rostfria stålet, med en sträckgräns som stämmer överens med vad tvärsnitten för bron i fallstudien har dimensionerats för. I fallet med det rosttröga stålet har det en lägre sträckgräns och mängden material som används är därför omräknad för att uppnå samma hållfasthet som de andra två ståltyperna. Resultatet från LCC-analysen ger att livscykelkostnaden (LCC) för rosttrögt stål är lägst, följt av rostfritt stål och högst livscykelkostnad (LCC) har konventionellt stål (Se figur 3). Många av kostnaderna vid investeringen är samma för de tre olika konstruktionsståltyperna men det är tre parametrar som skiljer dem åt. Den första parametern är inköpspriset för konstruktionsståltyperna, den andra parametern är materialmängden och den sista parametern är målning av stålkonstruktionen. Rostfritt stål har överlägset högst inköpspris, därefter kommer rosttrögt stål och till sist konventionellt stål. Både rostfritt stål och rosttrögt stål behöver inte målas då de redan har en yta som skyddar mot korrosion, däremot

kräver det konventionella stålet målning för att uppnå detta skydd.



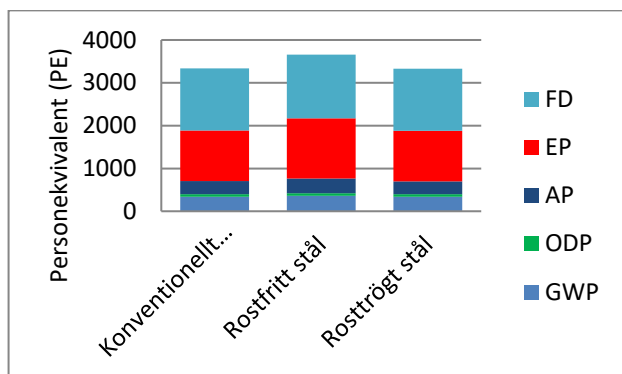
Figur 3 - Fördelningen av kostnader samt den totala LCC för konventionellt, rostfritt samt rosttrögt stål.

Livscykelanalys, LCA

Livscykelanalyserna (LCA) beräknades med hjälp av programmet BridgeLCA från ETSI Bridge life cycle optimisation. Programmet använder sig av data från Ecoinvent, vilka tillhandahåller data för hur olika material påverkar miljön. Indata i programmet är bland annat materialmängder, mängder material som krävs för underhåll samt transport av materialen. Resultatet ges som personekvivalenter och består av utsläppsklasserna klimatpåverkan (GWP), nedbrytning av ozonlager (ODP), försurning av mark (AP), eutrofiering av sötvatten (EP) samt fossil utarmning (FD). Resultaten kan även fås som personekvivalent (PE) vilket motsvarar den genomsnittliga dagliga föroreningsbelastningen från en person. I resultaten av de tre normaliserade/viktade livscykelanalyserna (LCA) som redovisas i Figur 4 ses det att rostfria stålet har det högsta personekvivalenta emissionerna följt av konventionellt stål och att



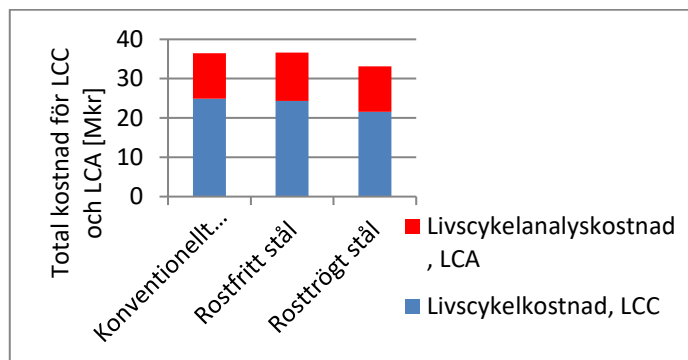
det rosttröga stålet har det lägsta personekvivalenta emissionerna och är därmed det mest miljövänliga alternativet. Det som påverkar resultatet är att det rostfria stålet har högre utsläpp vid produktion, den större materialmängden hos det rosttröga stålet samt målningen av det konventionella stålet.



Figur 4 - Viktade resultat för konventionellt, rostfritt samt rosttrött stål.

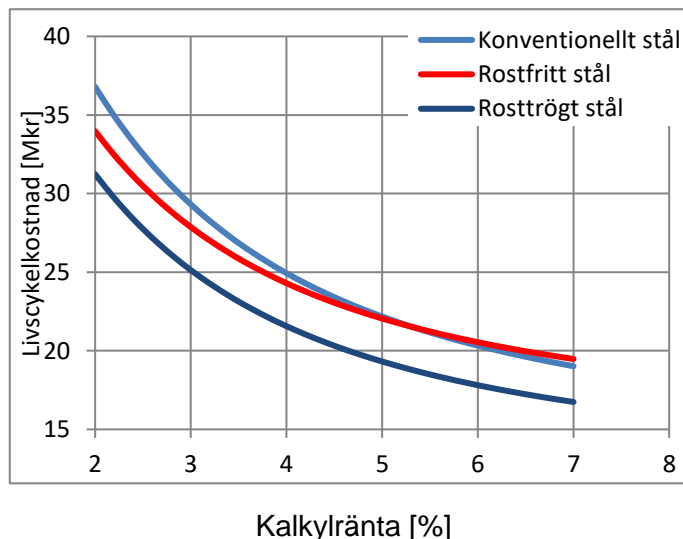
Kombination av analyser

För att kunna jämföra livscykelkostnaden (LCC) som mäts i svenska kronor med resultatet från livscykelanalyserna (LCA) som mäts i emissioner kan resultatet av livscykelanalyserna (LCA) räknas om till samma enhet som för LCC-analyserna. Det finns flera metoder att göra detta men i detta arbete används Ecovalue12 som är en viktningsmetod där miljöpåverkan-kategorier och värden för nyttoförlusten av miljöförstöring används. Metoden är framtagen i bland annat av referens [1] och [2]. I Figur presenteras den totala livscykelkostnaden (LCC) samt den totala LCA-kostnaden, där ses att det rostfria stålet har den högsta kostnaden följt av det konventionella stålet och till sist det rosttröga stålet.



Figur 5 - Total kostnad för konventionellt, rostfritt samt rosttrött stål.

En av de känslighetsanalyser som har gjorts är varierad kalkylränta för LCC-analyserna. Kalkylräntan varierades från 2 procent till 7 procent. En låg kalkylränta ger att nuvärdet av kostnaderna under bronns livslängd ökar, det är då bättre att välja ett materialalternativ med högre kvalitet som kräver mindre underhåll och reparationer under livslängden som rostfritt stål eller rosttrött stål (se Figur 6).



Figur 6 - Varierad kalkylränta från 2 % till 7 % för konventionellt, rostfritt samt rosttrött stål.



Rosttrögt stål teoretiskt bäst

Det som dessutom talar för att välja rostfritt stål eller rosttrögt stål framför konventionellt stål i detta fall är att Nya Flottsundsbron är belägen i Rosttrögt stål teoretiskt bäst

Det som dessutom talar för att välja rostfritt stål eller rosttrögt stål framför konventionellt stål i visar resultaten från både LCC-analyserna samt livscykelanalyserna (LCA) att det rosttröga stålet är det bästa alternativet. Det rekommenderas dessvärre inte av Trafikverket då rosttrögt stål behöver ett varierat klimat för att stålets skyddande barriär ska utvecklas på korrekt vis och de anser att en konstant närhet till vatten är en för fuktig miljö för detta. I världen är rosttrögt stål ett relativt vanligt brobyggnadsmaterial jämfört med Sverige, det har använts framgångsrikt på platser med klimat liknande Sveriges.

Referenser

[1] Ahlroth, S., et al. (2011). Weighting and valuation in selected environmental systems analysis tools - suggestions for further development. *Journal of Cleaner Production* 19 (2): 145-156.

[2] Finnveden, G., et al. (2013). *A new set of valuation factors LCA and LCC based on damage costs - Ecovalue 2012*. <http://conferences.chalmers.se/index.php/LCM/LCM2013/paper/view/537/138>

Författare

Olivia Siklander, Arbetsledare,

JM Entreprenad

Anna Åqvist, Projekteringsledare, NCC



Stålbyggnadsinstitutet
The Swedish Institute of Steel Construction