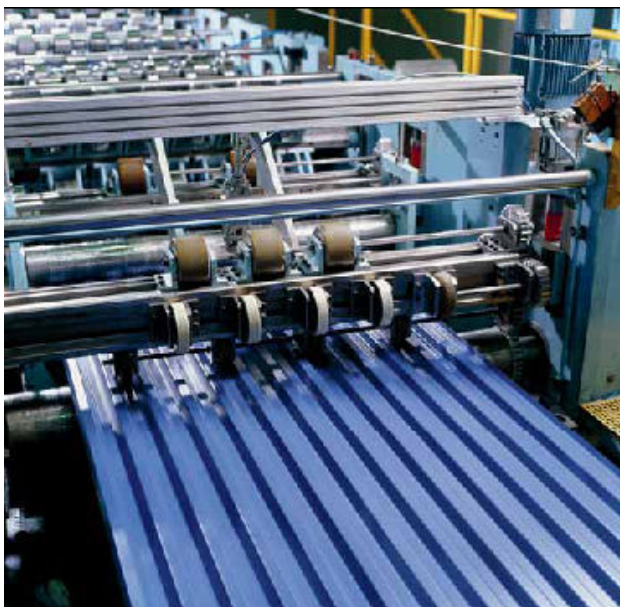


# KALLFORMADE KONSTRUKTIONER I STÅL OCH ALUMINIUM

Torsten Höglund • [www.sbi.se](http://www.sbi.se)  
Skapad 2009-07-17

*EN 1993-1-3 och EN 1999-1-4 behandlar kallformade konstruktioner av stål- och aluminiumplåt och härrör ursprungligen båda från den svenska tunnplåtsnormen StBK-N5 från 1979.*

Ståldelen omfattar profiler, trapetsprofilerad plåt och plåtpaneler och tillhörande förband och är till stora delar identisk med StBK-N5. Aluminiumdelen omfattar endast trapetsprofilerad plåt och tillhörande förband och skiljer sig från ståldelen och StBK-N5 genom att buckling beaktas med effektiv tjocklek (liksom i huvuddelen EN 1999-1-1) i stället för effektiv bredd. Beräkning med effektiv tjocklek är enklare än med effektiv bredd. Detta framgår bl a av att formler för effektiva delar i liv i trapetsprofilerad plåt omfattar knappt tre sidor i aluminiumdelen under det att det behövs drygt fyra i ståldelen. I det följande skall jag först peka på några skillnader mellan EN 1993-1-3 och StBK-N5 och därefter något om EN 1999-1-4.

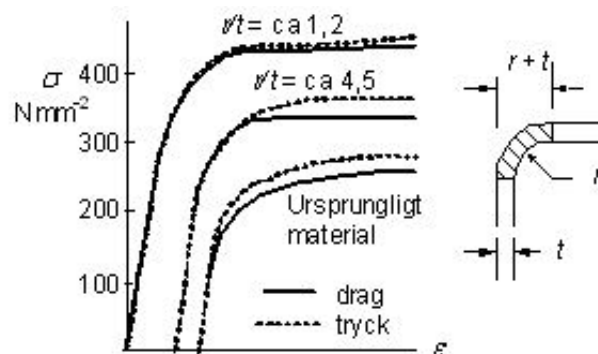


## **EN 1993-1-3, stål**

StBK-N5 gäller för nominell plåttjocklek mindre än 4 mm men utan nedre gräns. I EN 1993-1-3 rekommenderas nedre gränsen 0,45 mm för stålkärnans tjocklek och en övre gräns 16 mm för profiler och 4 mm för profilerad plåt. I förslag till nationell bilaga föreslås att båda gränserna slopas. Man ger alltså inga gränser för

plåttjockleken annat än de gränser som gäller för giltigheten av vissa formler för mekaniska förband. Funktionskrav t ex gåbarhet får avgöra vilka plåttjocklekar som kan komma ifråga. Vid beräkning av stålkärnans tjocklek används samma 5-procent regel för toleranserna som i StBK-N5 dock med den skillnaden att zinkskiktets sammanlagda tjocklek får antas vara 0,04 mm för zinkviktsklass Z275 och inte 0,05 mm som i StBK-N5. En komplikation vid beräkningarna kan bli att man vid beräkning av tvärsnittsstorheter skall ta hänsyn till avrundade hörn även vid ganska små bockningsradier. Gränsen är  $r < 5t$  att jämföra med  $r < 10t$  i StBK-N5. Det finns dock approximativa metoder som förenklar en del. Något egendomligt är att man alltid skall beakta bockningsradier när man beräknar styvhet. Om tvärsnittsdelarna är så knubbiga att de inte bucklar får man använda en av kall bockningen förhöjd sträckgräns fya. Denna sträckgräns är ett viktat medelvärde av plåtens sträckgräns fyb före kallbockning och sträckgränsen i de bockade hörnen. Förhöjningen av sträckgränsen kan vara ganska stor, se **figur 1**, och utslaget på hela tvärsnittet kan det betyda en hel del. Observera dock att detta endast gäller tvärsnitt som inte bucklar. För kallformad profilerad plåt och plåtprofiler i byggnader är detta inte så vanligt. Beräkning av effektiv bredd med hänsyn till lokal buckling av tryckt tvärsnittsdel är densamma som i StBK-N5 och är också densamma som för valsade och svetsade stål konstruktioner. Formlerna står därför i EN 1993-1-5 vilket är något olyckligt därför att det betyder att den som enbart sysslar med tunnplåtskonstruktioner ändå måste köpa den delen liksom huvuddelen EN 1993-1-1. Det är den s k Winters formel (efter George Winter, Cornell University, en av pionjärerna på tunnplåts området) som används, dock med ett tillägg för de fall att kantspänningen vid brott är mindre än sträckgränsen. Knäckning av rillor och veck (distorsionsknäckning) behandlas på samma sätt som i StBK-N5. Reduktionsfaktorn har i EN-versionen återgått till den ursprungliga i StBK-N5 till skillnad från ENV-versionen. En liten detalj skiljer när det gäller beräkning av styvheten hos rillor och veck. Man skall nu

räkna med en medverkande bredd för anslutande plana delar som enbart beror på tjockleken och inte på spänningen i rillan eller vecket. För den som vill använda "modernare" metoder finns ett tillägg som beskriver översiktligt hur man kan använda Finita Strimle-metoden som finns att tillgå gratis på nätet. Formlerna för hållfastheten vid upplag och under koncentrerade krafter är med några små skillnader (t ex beak tas inverkan av att tvärkraften kan vara olika på sidorna om ett stöd) identisk med StBK-N5 för trapetsprofilerad plåt. För U-, Z- och sammansatta regler finns nya formler. Det finns möjlighet att beakta plasticering vid beräkning av momentbärförmågan för profilerad plåt och profiler med knubbiga tvärsnittsdelar. Det är samma interpolerings förfarande som i BSK, dock formulerat något annorlunda. Speciellt vid trapets profilerad plåt ges regler för plåt med bred profiltopp och smal profiltoppen där plasticering på den dragna sidan med smal fläns får utnyttjas tills den breda flänsens bärförmåga vid tryck uppnåtts. Denna typ av trapetsplåtar är vanliga i Europa utom Norden vilket kommer sig av att man där har ett krav på maximibredd mellan profiltopparna m h t isoleringens överbryggande förmåga. Knäckning behandlas på samma sätt som i huvuddelen EN 1993-1-1 och därigenom inte som i StBK-N5. För kallformade profiler används knäckningskurva a eller b för symmetriska profiler och c för osymmetriska profiler såsom vinkel och U-profiler. Vid slutna sammansatta profiler med knubbiga tvärsnittsdelar skall man använda knäckningskurva c om man använder den av kallböckningen förhöjda sträckgränsen fyb. Om man använder plåtens sträckgräns fyb före formningen får man använda kurva b. Eftersom kallformade profiler ofta är osymmetriska måste böjvidknäckning ofta kontrolleras. Viss information med formler och tips om knäckningslängder ges. Vid böjd och tryckt stång får man använda samma komplicerade formler som för valsade och svetsade stänger i huvuddelen EN 1993-1-1 om tvärsnittet är symmetriskt. Eftersom detta ofta inte är fallet vid kallformade profiler kan man använda en enkel interaktions formel med exponenten 0,8 på både normalkrafts- och momenttermerna.



Figur 1: Exempel på hållfasthetsförhöjning i böckade hörn.

### Förband i stålplåt

Kapitel 8 liknar i stora delar motsvarande kapitel i StBK-N5 men kan i några fall ge ganska olika resultat. Exempelvis är interaktionskurvan för dragkraft och skjuvkraft i fästdon linjär till skillnad mot den i StBK-N5 som är cirkulär. Dessutom är interaktionsformeln skriven så att man kan komma att kombinera brott i plåten i den ena lastriktningen med brott i fästdonet i den andra vilket förefaller ologiskt. Sammantaget betyder det en klar reduktion av bärförmågan vid kombinerad belastning. I vissa fall kom penseras detta av större bärförmåga i den enskilda lastriktningen. Vid plåttjocklek större än 1 mm är bärförmågan nära dubbelt så stor i EN 1993-1-3 som i StBK-N5. En egendomlighet är det stora hoppet i bärförmågan vid 1 mm. I StBK-N5 finns tabeller för normerade brottkrafter för gängande skruv och nit. Liknande tabeller införs i den svenska nationella bilagan. Det kan nämnas att man avser att införa samma tabeller även i de övriga nordiska länderna.

### Speciella anvisningar för åsar, paneler och skivverkan

Liksom i StBK-N5 finns regler för lättbalkar med Z-, C-, Σ-, U- och hatt-tvärsnitt. Reglerna för Z- och C- balkar är ganska detaljerade för fritt upplagda balkar och balkar som är kontinuerliga över en eller flera stöd. Däremot behandlas inte det för de nordiska länderna vanligaste sättet att skarva lättbalkarna genom att lägga dem omlott över stöden. I en bilaga finns en alternativ metod att beräkna fritt upplagda

eller kontinuerliga balkar. Denna metod tillåts dock inte i den svenska nationella bilagan. Även reglerna för paneler är något mera detaljerade. Detta gäller däremot inte skivverkan i tak och väggar där hänvisning görs till ECCS Publikation No. 88 (1995). Den i vissa fall lägre bärförmågan för kombinerade krafter i förbanden kan medföra att det blir fler fästdon i en takskiva med skivverkan vid övergång till eurokoden.

### Bilagor

I en bilaga finns en liknande tabell som i StBK-N5 för val av material i fästdon med hänsyn till miljöns korrosivitet. Den överensstämmer med den uppfräschade versionen i SBI:s Fästdonshandbok. En annan bilaga innehåller formler för systematiserad beräkning av tvärsnittsstorheter för tunnväggiga tvärsnitt speciellt anpassade för bockade profiler. Ytterligare en bilaga ger en metod att beräkna bärförmågan för tvärsnittsdelar med en fri kant. Den bygger på en kombination av effektiv bredd och effektiv tjocklek och kan t ex för U-profiler ge åtskilligt bättre bärförmåga. Däremot medför den inte någon nämnvärd ökning av bärförmågan av kantvecken i C- och Z-profiler. Den sista bilagan innehåller den förenklade metoden för Z- och C- regler som alltså inte skall användas i Sverige.



Figur 2: exempel på tunnplåtsbjälklag

### Partialkoefficienter mm i den svenska nationella bilagan

I den svenska nationella bilagan accepteras genomgående de rekommenderade värdena för partialkoefficienterna. I bilagan finns, förutom det som nämnts ovan, tillägg av några stålsorter, i huvudsak höghållfasta stål. Dessutom föreslås att nedböjningskrav i bruksgränstillståndet införs. Mer om detta i slutet av denna presentation.

### EN 1999-1-4, aluminium

Som nämnts inledningsvis omfattar aluminiumdelen endast trapetsprofilerad plåt och tillhörande förband och skiljer sig från ståldelen och StBK-N5 genom att buckling beaktas med effektiv tjocklek istället för effektiv bredd. Motivet att använda effektiv tjocklek var, förutom att beräkning med effektiv tjocklek är enklare än med effektiv bredd, att huvuddelen EN 1999-1 1 baseras på effektiv tjocklek. Den kommer ursprungligen från den engelska standarden BS 8118 vilket var naturligt eftersom ordföranden i projektteamet från början var engelsmannen Phil Bulson. Eftersom vi i Sverige var vana vid effektiv tjocklek i BSK var det naturligt att acceptera detta. Ett skäl till att använda effektiv tjocklek är att det blir lättare att kombinera med medverkande bredd med hänsyn till skjuvdeformationer vid bred fläns. Ytterligare ett skäl till att använda effektiv tjocklek i EN 1999-1-1 är att det är lättare att kombinera med reduktion i värmepåverkade zoner. Detta är dock inte aktuellt för kallformad aluminiumplåt. Beräkningsmetodiken för trapetsprofilerad plåt är i övrigt densamma som i EN 1993-1-3 och StBK-N5 och Winters formel används för effektiv tvärsnitt för plan tvärsnittsdel omskriven till att ge effektiv tjocklek. Beräkning med effektiv bredd och effektiv tjocklek skiljer sig därför mycket litet, bara någon procent. Övriga delar för trapets profilerad plåt är i stort sätt identisk med motsvarigheten i stål.

## Förband

Bortsett från interaktionsformeln för dragkraft och skjuvkraft, som är densamma som i stålden, är förbandskapitlet mycket lika det i StBK-N5. Samma tabell som i EN 1993-1-3 för val av fästdon med hänsyn till miljöns korrosivitet finns i en bilaga. Däremot finns inte någon tabell för hållfasthet hos borrande skruv och nit. Eftersom man använder samma typ av skruvar och nitar som för stål bör man kunna ta värdena från tabellen i stålden.

## Bruksgränstillståndet

I EN 1993-1-3 finns ingen not som gör det möjligt att ge nedböjningskrav för tunnplåtskonstruktioner. En sådan not finns däremot i EN 1993-1-1 i paragraf 7.2.3 (1)B. I Boverkets Författningssamling BFS 2007:10 (remiss 2007-01-23) står som allmänt råd: För kriterier för vibrationer i lätta bjälklag se "Samlade resultat från europeiska utvecklingsprojekt om lättbyggnad med stål", Stålbyggnadsinstitutet rapport 259:1. Det vore angeläget att formulera gemensamma regler för tunnplåtskonstruktioner på det sätt som nu är vedertaget bland tunnplåtstillverkare i Sverige. Eftersom lasterna förändras vid övergång till Eurokoder är det inte rimligt att direkt använda de gränser som tillämpas nu.

I förslag till nationell bilaga föreslås att L/200 används för såväl tak som väggar. Vid känsliga delar som t ex anslutningar vid takfot etc. bör karakteristisk last användas, annars frekvent last. För takplåt ger detta ungefär samma resultat som används nu. För väggplåt ger det visserligen ett strängare krav än L/90 som finns i StBK-N5, men när det kravet kom till på 70-talet fanns ingen vanlig vindlast utan karakteristisk last användes. Men vissa använder L/90 tillsammans med vanlig vindlast som nu är en fjärdedel av den karakteristiska och som vid övergången till Eurokod blir en femtedel. I den jämförelsen är L/200 ett strängare krav. Kravet hör formellt till SS-EN 1993-1-1 och kommer förmodligen att införas där. Ett alternativ är att inte ge något deformationskrav utan låta "marknaden" sköta detta själva. I princip bör samma krav ställas även för tunnplåtsbalkar i tak och väggar. För övriga konstruktioner t ex bjälklag hänvisas till huvuddelen EN 1993-1-1 för stål. Efter som materialneutrala regler bör gälla föreslås att samma regler skall gälla för profilerad plåt i aluminium. Dessa kan införas i bilagan till EN 1999-1-4 eftersom det där finns en not för nationellt val.

[Läs och ladda ner Torsten Höglunds artikel här! \(214 kB\)](#)

