BANE NOR

Saksbehandler: Vegard Fossbakken (Konstruksjoner og konstruksjonsmaterialer, BaneNOR)

Dato: xx.xx.2024

Høring/sidekontroll: Se punkt 8.3

Notat; Krav til stål til bruk i traubruer med stor tykkelse.

1 Innledning

Ved vurderingen om S355MLO Z35-stål kan benyttes i traubruer med stor tykkelse, ses det på hva regelverket tillater og om det ligger noen forutsetninger til bruken av dette. Det har vært noe uklart om produktstandarden NS-EN 10225-1 i heletatt kan benyttes og i tilfelle med hvilke forutsetninger. NS-EN 10225-1 omhandler blant annet produktene S355NLO Z35-stål og S355MLO Z35-stål.

Er det hensiktsmessig å benytte disse stålsortene på landjorda i Norge med tanke på markedet?

Tilfredsstiller stålsortene aktuelle krav og er de egnet for bruk i ståltraubruer?

Hvordan kan TRV endres for å eventuelt innlemme S355MLO Z35-stål?

2 Innhold

1 Innledning 1

2 Innhold 2

3 Hva tillates i eksisterende regelverk 3

3.1 Eksisterende krav i TRV: 2.2.1 Konstruksjonsstål 3

3.2 Eurokode 3 krav: NS-EN 1993-1-1, åpner opp for bruk av stål etter NS-EN 10225 i tillegg til tabell 3.1. 3

3.3 Eurocode 3 krav bru del, NS-EN 1993-2, viser til NS-EN 1993-1-1 4

4 Uttalelse fra Standard Norge 4

5 Direktoratet for byggkvalitet 5

5.1 Obligatorisk og frivillig CE-merking 5

5.2 Dokumentasjonskrav til byggevarer som ikke er CE-merket 6

6 Brev fra Norsk Stål 7

7 Vurdering materialtekniske egenskaper og regelverk 8

8 Innstilling 9

8.1 Innstilling fra saksbehandler 9

8.2 Endring av eksisterende krav under 2.2 Materialer, 2.2.1 Konstruksjonsstål 10

8.3 Ny kravtekst skal erstatte generell tekst 3 Dimensjonering, 3.1 Generelt 10

8.4 Høring/ sidemannskontroll 11

9 Referanser 11

3 Hva tillates i eksisterende regelverk

3.1 Eksisterende krav i TRV: 2.2.1 Konstruksjonsstål

- ***TRV:05462***
  Konstruksjonsstål skal leveres i henhold til NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015, tabell 3.1, NA.3.1. Største tillatte godstykkelse avhengig av stålsort skal bestemmes etter NS-EN 1993-2:2006+NA:2009, tabell NA.3(901).

- ***TRV:05463***
  I konstruksjonsdeler med strekk på tvers av valseretningen skal det benyttes stål som er sertifisert for slik belastning (Z-kvalitet). Ref. NS-EN 1993-1-10 og NS-EN 10164.

- ***TRV:05464***
  Forholdet mellom strekkfasthet og flytegrense skal være større eller lik 1,2 uansett stålkvalitet.
- ***TRV:05465***
  For traubruer med stor tykkelse (t>40mm) velges stålkvalitet S355NLO Z35 som oppfyller kravene til bruddseighet under gitte temperaturer i henhold til NS-EN 10225-1:2019.

3.2 Eurokode 3 krav: NS-EN 1993-1-1, åpner opp for bruk av stål etter NS-EN 10225 i tillegg til tabell 3.1.

NS-EN 1993-1-1:2005+A1+NA

NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015

3 Materialer

3.1 Generelt

(1) De nominelle verdiene av materialegenskaper som er gitt i dette kapitlet, bør brukes som karakteristiske verdier ved dimensjonering.

(2) Denne delen av NS-EN 1993 omfatter prosjektering og dimensjonering av stålkonstruksjoner utført av stålmaterialer i samsvar med stålsortene gitt i tabell 3.1.

MERKNAD For andre stålmaterialer og stålprodukter, se nasjonalt tillegg.

NA.3.1 Materialer - Generelt

NA.3.1(2) Standarden gjelder for de stålsortene som er gitt i Tabell 3.1. I tillegg kan stål etter NS-EN 10225 benyttes.

NS-EN 1993-1-1 stiller også krav til materialene som benyttes i prosjekteringen etter denne standarden.

3.3 Eurocode 3 krav bru del, NS-EN 1993-2, viser til NS-EN 1993-1-1

3 Materialer

3.1 Generelt

(1) Se 3.1(1) og (2) i NS-EN 1993-1-1.

3.4 Eurokode 3 krav: NS-EN 1993-1-10, legger begrensninger for bruk ut over seighetsegenskaper i produktstandardene

2 Valg av materialer med hensyn på bruddseighet

2.1 Generelt

(1) Veiledningen i kapittel 2 bør brukes ved valg av materialer for nye konstruksjoner. Den er ikke beregnet brukt til å vurdere egnetheten av stålmaterialer i eksisterende konstruksjoner. Reglene bør benyttes ved valg av stålsort fra de europeiske standardene for stålprodukter som er oppført i NS-EN 1993-1-1.

(2) Reglene gjelder for strekkpåkjente komponenter, for sveiste komponenter og for utmattingspåkjente komponenter der deler av spenningssyklusen er i strekk.

MERKNAD For komponenter som ikke har strekkpåkjenning, er sveist eller har utmattingspåkjenning, kan reglene ligge mye på den sikre siden. I slike tilfeller kan bruk av bruddmekanikk være hensiktsmessig, se 2.4. Når slike komponenter bare har trykkpåkjenning, er det ikke nødvendig å spesifisere bruddseighet.

(3)P Reglene gjelder de materialegenskapene som er angitt for seighetsegenskaper i den relevante standarden for stålproduktet. Stålsorter som etter disse reglene ikke er tilfredsstillende, skal ikke brukes, selv om enkelte prøvingsresultater fra bestemte leveranser kan vise tilstrekkelige seighetsegenskaper.

4 Uttalelse fra Standard Norge

Uttalelse fra prosjektleder i SN/K 72 Stålkonstruksjoner, som blant annet har ansvaret for NS-EN 1993-serien, og relaterte produktstandarder som blant annet NS-EN 10225-1:

Krav til hvilke byggevarer som kan omsettes i Norge er gitt i *Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK)*. DOK åpner for byggevarer med og uten CE-merking i henholdsvis del II og III. Se gjerne også artikkel om temaet her: https://stalbygg.stalforbund.no/materialer-i-fokus/prefab-stal-ma-alle-bestanddeler-vaere-ce-merket/

For at prosjekteringsreglene i NS-EN 1993-1-1 skal være gyldige, gjelder de tekniske kravene som er stilt til materialegenskaper, og der man benytter produktstandarder for stål som ikke er referert, må man sjekke at de oppfyller kravene som er stilt her.

5 Direktoratet for byggkvalitet

Direktoratet for byggkvalitet forklarer og krever følgende om dokumentasjon av byggevarer, utdrag fra nettside: https://www.dibk.no/byggevarer/finn-byggevare-og-dokumentasjonskrav/krav-til-dokumentasjon/obligatorisk-og-frivillig-ce-merking-og-ytelseserklaring

---

5.1 Obligatorisk og frivillig CE-merking

Hvorvidt byggevaren er dekket av en harmonisert produktstandard bestemmer om du skal forholde deg til en obligatorisk eller frivillig CE-merking.

Sist endret 31.08.2023

Obligatorisk CE-merking når det finnes en harmonisert produktstandard

En produktstandard er en felles oppskrift på hvordan et produkt skal lages. En harmonisert produktstandard lages etter et mandat fra Europakommisjonen. Slike standarder er altså viktige for alle som ønsker å selge produktet sitt på det europeiske markedet.

For produsenter av byggevarer er det obligatorisk å følge denne hvis de omfattes av en harmonisert produktstandard.

CE-merking og ytelseserklæring er obligatorisk for alle byggevarer som er dekket av en harmonisert produktstandard (etter 1. januar 2014).

Det er derfor viktig at man er klar over om det finnes en harmonisert produktstandard eller ikke.

Finn riktig harmoniserte produktstandard

Det finnes ca. 500 harmoniserte produktstandarder for byggevarer. Her finner du en liste over alle de harmoniserte standardene(pdf, åpnes i nytt vindu). Det står også når man kan starte å bruke standarden og når den må brukes.

Ytelseserklæring og CE-merking

Ytelseserklæringer skal være på norsk, svensk eller dansk for omsetning i Norge. Det er derimot ikke noe språkkrav for CE-merking. Årsaken til dette er at CE-merking påføres byggevaren, som skal omsettes på tvers av landegrensene.

Frivillig CE-merking

For byggevarer som ikke er omfattet av harmoniserte produktstandarder, kan produsenten velge å CE-merke sine byggevarer ved å skaffe seg en europeisk teknisk bedømmelse.

Dette er en frivillig ordning. Det er med andre ord ingen plikt å CE-merke byggevarene som ikke dekkes av harmoniserte produktstandarder. Men hvis produsenten har valgt å skaffe seg en europeisk teknisk bedømmelse, er det imidlertid obligatorisk å både CE-merke byggevaren og utarbeide en ytelseserklæring. Når disse dokumentene er klare kan produsenten fritt selge sitt produkt i hele EU/EØS-området.

5.2 *Dokumentasjonskrav til byggevarer som ikke er CE-merket*

NS-EN 10225-1 er ikke på listen over harmoniserte standarder og det kreves da ikke at stålet CE-merkes, selv om det frivillig kan CE-merkes like vel.

Direktoratet for byggkvalitet skriver videre om dokumentasjonskrav til byggevarer som ikke er CE-merket, se utdrag under fra følgende nettside:

https://www.dibk.no/byggevarer/finn-byggevare-og-dokumentasjonskrav/krav-til-dokumentasjon/dokumentasjonskrav-til-ikke-ce-merkede-byggevarer

---

Dokumentasjonskrav til byggevarer som ikke er CE-merket

Byggevarer uten CE-merking må uansett ha produktdokumentasjon.

Sist endret 01.12.2015

Produkter som ikke er CE-merket, er også underlagt et dokumentasjonskrav (se byggevareforskriften kapittel III). Dette gjelder også byggevarer produserte utenfor Norge som omsettes eller brukes i Norge.

Hvorfor trenger du dette?

Fordi de kan ha samme betydning i byggverk som andre CE-merkede byggevarer.

Disse byggevarene må derfor også ha dokumenterte egenskaper.

Hvilken teknisk spesifikasjon kan benyttes for å dokumentere byggevarer som ikke er CE-merket?

Produsenten kan benytte en nasjonal standard (fra et land i EØS-området) eller en nasjonal godkjenning (fra et anerkjent organ som holder til i EØS-området).

Er det nødvendig med tredjepartsvurderinger?

Produsenten skal benytte de samme formene for tredjepartsvurdering som for CE-merkede byggevarer (se byggevareforskriften § 12). Produsenten skal ta utgangspunkt i systemer for vurdering og verifikasjon av byggevarers ytelser, tidligere attestasjonsmoduler, som Europakommisjonen har fastsatt.

Produktdokumentasjon til byggevarer som ikke er CE-merket?

Det er ikke satt noe krav for malen for dokumentasjon og merking av byggevarer som ikke er CE-merket. Det viktigste er at alle opplysninger som er påkrevd i henhold til byggevareforskriften § 13 er med. Direktoratet har laget to maler som kan brukes for å utarbeide produktdokumentasjon for byggevarer som ikke er CE-merket (se relaterte lenker).

---

6 Brev fra Norsk Stål

Til våre kunder

Dato: *16.09.2019*
Deres ref.:
Vår ref.:

Bruk av offshorekvaliteter og kaldformingskvaliteter i bygg underlagt EN1090

Stål som er sertifisert ihht offshorestandarden NS-EN 10225 kan benyttes onshore og CE-merkes ihht NS-EN 1090-1.

Fordi det er så vanlig med offshorekvaliteter på norsk lagre foreslo Norsk Stålforbund å tillate bruk av NS-EN 10225 i det nasjonale tillegget til Eurokode 3-1-1. Dette var på høring vinteren 2014 og er nå vedtatt. Standard Norge publiserte 1. juni 2015 en revidert utgave av nasjonalt tillegg (NA) til Eurokode 3-1-1 som tillater bruk av NS-EN 10225.

Selv om det er full tilgang til å benytte NS-EN 10225 og i tillegg NS-EN 10149 i EN1090 godkjente konstruksjoner i Norge er det opp til hver bedrift å deklarere dette i henhold til EN 1090 – 3-1-1. Det må tillegges at stål i henhold til verken NS-EN 10225 eller NS-EN10149 kommer med CE merke på sertifikatene, da dette ikke er mulig. Det er likevel full anledning til å benytte disse.

Med vennlig hilsen

NORSK STÅL

Ingvald Aase
Divisjonssjef MMI

7 Vurdering materialtekniske egenskaper og regelverk

Avgjørende for vurderingen er følgende punkter i EC og TRV:

- NS-EN 1993-1-1, NA3.1 Materialer – Generelt.
  - Åpner for bruken av stål etter NS-EN 10225 som gjelder S355NLO og S355MLO.

- NS-EN 1993-1-1, 3.2.2 og NA.3.2.2 Krav til duktilitet.
  - Setter krav til at $f_u / f_y > 1,1$
    "...forholdet f_u / f_y mellom den angitte minste strekkfastheten fu og den angitte minste flytespenningen f_y..."
  - Bruddforlengelsen, δ_5 for målelengden $5.65 * \sqrt{A_0}$ skal være minst 15 %
  - Bruddtøyningen, $\varepsilon_u \geq 15\ \varepsilon_y$, der ε_y er flytetøyningen ($\varepsilon_y = f_y/E$)

- 2.generasjon NS-EN 1993-1-1, 5.2.2, Ductility requirements

  Differensierer mellom plastisk og elastisk globalanalyse og lemper på kravene for duktilitet ved elastisk globalanalyse

	For plastisk globalanalyse	For elastisk globalanalyse
f_u / f_y	≥ 1,10	≥ 1,05
Bruddforlengelsen, δ_5	≥ 15 %	≥ 12 %

- TRV:05464
  - Setter krav til at $f_u / f_y > 1,2$

Produktstandarden NS-EN 10225-1 stiller krav til S355NLO-stål og S355MLO-stål, og sammenlignet med EC3-1 ser vi følgende:

- Dersom vi ser på Minimumskrav til f_u og f_y for S355NLO-stål og S355MLO-stål i NS-EN 10225-1 bekreftes det at: $f_u / f_y > 1,2$. OK!
- Bruddforlengelsen for målelengden $5.65 * \sqrt{A_0}$, «Minimum elongation A gauge length of $5.65 * \sqrt{S_0}$» er oppgitt i NS-EN 10225-1 til å skal være større enn 22 % for både S355NLO-stål og S355MLO-stål. (15 % < 22 %) OK!

Videre ser vi at NS-EN 10225-1 Table 5 stiller krav til NLO-stål og «Re/Rm ratio max» som oversatt blir (så vidt saksbehandler har forstått begrepene): $_{min}f_u / _{maks}f_y > 1,15$ (< 1,2) IKKE OK?

Table 8 stiller tilsvarende krav til MLO-stål som oversatt blir: $_{min}f_u / _{maks}f_y > 1,08$ (< 1,2) IKKE OK?

Det betyr at f_u og f_y kan ha høyere verdier enn minimumsverdiene, men da begrenset av en øvre duktilitets grense «Re/Rm ratio max». Dette betyr igjen at ved et materiale med en forholdsmessig høy f_y verdi i forhold til f_u verdi, så minker spenningsforskjellen mellom flytning og brudd i arbeidsdiagrammet til stålet og en kan ikke regne med like mye omfordeling av kreftene ved overbelastning og flytning, før brudd inntreffer. Dette kan med andre ord være tilfellet for NLO- og MLO-stål, men det bryter like vel ikke med kravene hverken i EC3 eller TRV.

Produktstandardene stiller ikke krav til tilsvarende øvre duktilitets grense «Re/Rm ratio max» for NL-stål og ML-stål. Dialog med div stålleverandører viser at også NL-stål og ML-stål sjelden viser oppnådd $_{min}f_u$ / $_{maks}f_y$ > 1.2, men heller mer sannsynlig > 1.15.

For beregninger i bruddgrensetilstand og i bruksgrensetilstand vil dette mormalt ikke få noen konsekvens da det bør regnes elastisk analyse for å bestemme de indre kreftene og momentene (ikke plastisk analyse), se NS-EN 1993-2, 5.4.1. Da dette er formulert i et «bør-krav», så står det noe åpent.

Ved ulykkessituasjoner kan en derimot benytte plastisk analyse, ifølge NS-EN 1993-2, NA.5.4.1. Ved en eventuell plastisk analyse i ulykkessituasjon, med kjente laster, må en vite at materialene kan oppnå ønsket flytning og kjenne grensene for materialets arbeidsdiagram.

Dersom det oppstår en ekstrem ulykkessituasjon som belaster stålet i brua ut over de bestemte kjente ulykkeslastene, så kan en tenke at det er ønskelig at stålet har en så stor duktilitet som mulig. Dette for at integriteten til brua skal være så stor som mulig og unngå kollaps i så mange uforutsette tilfeller som mulig, men ikke for enhver pris. Slike tilfeller finnes det flere av i nyere bruhistorie, men ett sted må grensen for duktilitet gå. Og denne grensen må veies opp mot andre viktige egenskaper som blant annet stålplatenes evne til å motstå strekkrefter ut av plateplanet. For ståltraubruer hvor underflensen/bunnplata i trauet blir direkte belastet av vertikale laster og henger på undersiden av stegplatene, er det viktig med kapasitet for strekk på tvers av valseretningen til underflensen (Z-kvalitet), se TRV:05463.

S355NLO Z35-stål og S355MLO Z35-stål har slik Z-kvalitet, men NS-EN 10225 som standardiserer disse stålsortene, stiller ikke automatisk like høye krav til duktilitet som det EC3 og TRV stiller.

8 Innstilling

8.1 Innstilling fra saksbehandler

Eksisterende regelverk, utenfor TRV, tillater bruk av S355NLO Z35-stål og S355MLO Z35-stål, så lenge blant annet materialsertifikatene viser at materialene tilfredsstiller de kravene som gjeldende prosjekteringsstandard stiller.

Fordi det er vanlig med offshorekvaliteter på norske lagre, er det markedsmessig gjennomførbart å benytte disse stålsortene. For øyeblikket er MLO-stålet billigere og mere miljøvennlig å produsere enn NLO-stål, blant annet på grunn av energimengden som kreves ved produksjonen, men markedssituasjoner kan gi motsatt prisforskjell.

For beregninger i bruddgrensetilstand og i bruksgrensetilstand vil kravendringen normalt ikke få noen konsekvens da det bør regnes elastisk analyse for å bestemme de indre kreftene og momentene og da fra kjente laster. En får med andre ord ikke beregningsmessig behov for stålets duktilitet. Men «bør-kravet» står noe åpent.

Ved en eventuell plastisk analyse i ulykkessituasjon, eller i ULS og SLS, må en vite at materialene kan oppnå ønsket flytning og kjenne grensene for materialets arbeidsdiagram. Dersom en ikke

kjenner disse materialegenskapene kan en heller ikke regne plastisk analyse. For å påvise tilstrekkelig kapasitet må en da bestemme de indre kreftene og momentene ved elastisk analyse. Saksbehandler anbefaler å kreve at en kun skal regne elastisk analyse ved beregning av lastfordeling, ved alle dimensjonerende tilstander. Dette for å gi konstruksjonen en robusthet og en reserve ved eventuelle uforutsette belastninger, men også for å kompensere for at stål ikke kan leveres med oppnådd $_{min}f_u$ / $_{maks}f_y$ > 1.2.

S355NLO Z35-stål og S355MLO Z35-stål har høy Z-kvalitet, men NS-EN 10225 som standardiserer disse stålsortene stiller ikke automatisk like høye krav til duktilitet som EC3 og TRV stiller. Da dette kun går ut over muligheten til å regne plastisk lastfordeling, så vurderes det som akseptabelt, med forbehold.

8.2 Endring av eksisterende krav og nytt krav under 2.2 Materialer, 2.2.1 Konstruksjonsstål

TRV:05464

(Avventer kravendring til nærmere undersøkelse om nytt krav under)

Forholdet mellom den angitte minste strekkfastheten f_u og den angitte minste flytespenningen f_y skal være større eller lik 1.2 uansett stålkvalitet.

Nytt krav TRV:xxxxx

(Avventer nytt krav til nærmere undersøkelse om realistiske leveranser)

Materialenes stålsertifikater skal bekrefte at oppnådd $_{min}f_u$ / $_{maks}f_y$ > 1.15 ??????????????????.

TRV:05465

(Endringsartikkel 4094 er sendt til godkjenning:)

For traubruer med stor tykkelse (t>40mm) velges stålkvalitet S355NLO Z35 eller S355MLO Z35 som oppfyller kravene til bruddseighet under gitte temperaturer i henhold til NS-EN 10225-1:2019.

8.3 Ny kravtekst skal erstatte generell tekst under 3 Dimensjonering, 3.1 Generelt

Følgende tekst fjernes: «Normalt forlanges lastvirkninger beregnet etter elastisitetsteori.»

Nytt krav TRV:xxxxx
Det skal benyttes elastisk analyse for å bestemme de indre kreftene og momentene når det skal påvises tilstrekkelig kapasitet for alle vedvarende og forbigående dimensjonerende situasjoner, her under også dimensjonerende ulykkessituasjoner.

8.4 Høring/ sidemannskontroll

Dette notatet skal sendes/er sendt på høring/ sidemannskontroll hos øvrige regelverksressurser innen konstruksjonsteknikk i Bane NOR.

9 Referanser

/ NS-EN 10225-1 / :2019 Sveisbare konstruksjonsstål for faste konstruksjoner til havs — Tekniske leveringsbetingelser — Del 1: Plater

/ NS-EN 1993-1-1 / :2005+A1:2014+NA:2015 Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger

/ NS-EN 1993-1-10 / :2005+NA:2009 Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 1-10: Materialets bruddseighet og egenskaper i tykkelsesretningen

/ 2.generasjon NS-EN 1993-1-1/ :2022, Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

/ NS-EN 1993-2 / :2006+NA:2009 Eurokode 3 - Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 2: Bruer