

9.1 Stillads

Af Jacob Christensen



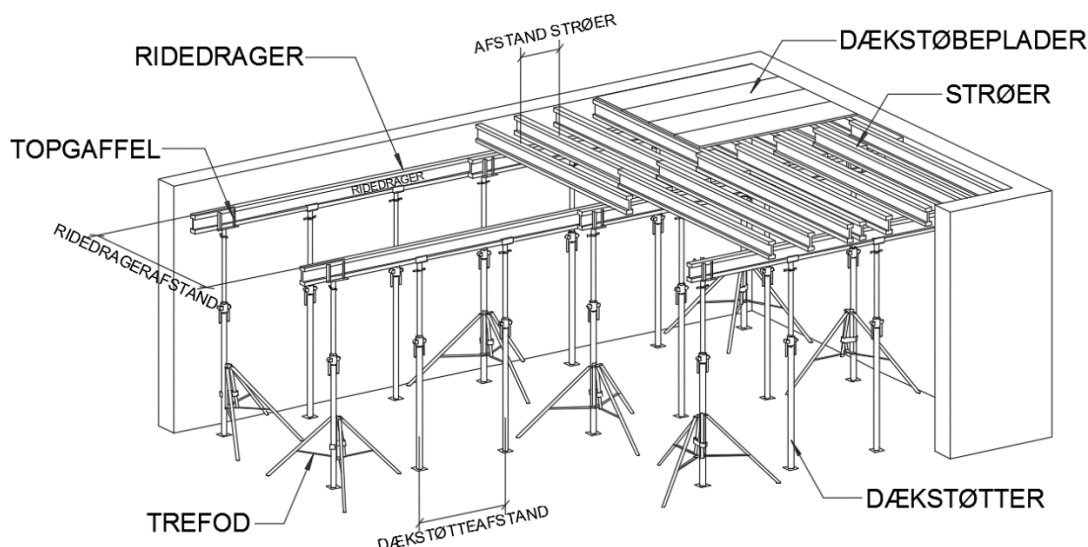
Figur 1. Formbærende systemstillads til støbning af bro på Holbæk-Vig motortrafikvejen 2012. Stilladset er funderet på stålplader udlagt på en gruspude.

I nærværende Betonhåndbog er et stillads en konstruktion, der bærer en form.

Ordet stillads anvendes også ofte om fx de arbejdsstilladser, som murerne bruger til at mure fra, og tømrerne bruger til at udskifte vinduer fra. Vil man præcisere typen af stillads til at være et formbærende stillads, kan man anvende udtrykket støbestillads.

Grundlæggende er stilladser af forskellige typer opbygget på samme måde. Støbestilladser er dog kraftigere end arbejdsstilladser, da de skal optage den betydelige last fra betonen under udstøbningen. Støbestilladser kan være opbygget af præfabrikerede systemstilladser (tårnstilladser) i højstyrkestål eller ekstruderede aluminiumsprofiler eller være stål- og trækonstruktioner opbygget til det aktuelle formål.

For støbning af dæk, anvendes ofte enkeltstående dækstøtter. Disse kan dog ikke optage vandret last. Dækstøtter anvendes derfor kun ved dæk, der er afgrænset af stabiliserende vægge, der kan optage de vandrette kræfter.



Figur 2. Princip for traditionel dækunderstøtning. De enkeltstående dækstøtter bærer de lodrette kræfter, mens de vandrette kræfter må optages på anden vis - typisk i de omgrænsende vægge.

Støbestilladser i husbyggeri vil normalt stå på et terrændæk eller et etagedæk. Det skal derfor eftervises, at det understøttende dæk både kan bære egenvægten af det overliggende dæk under støbning og optage de forholdsvis store punktlaster, der kommer fra dækstøtterne. Da egenvægten af et dæk ofte er betydeligt større end nyttelasten i den færdige bygning, vil det således ofte være nødvendigt at understøtte også det understøttende dæk med dækstøtter (backpropping) – og evt. tilsvarende understøtte alle underliggende dæk i hele bygningens højde.

Støbestilladser bruges i husbygning, hvor mindre opgaver løses erfaringsmæssigt med begrænsede krav til dokumentation. Støbestilladser til store byggeopgaver – og især til anlægsopgaver som broer og tunneler – kræver særlige overvejelser og beregninger for at kunne opfylde funktion og sikkerhed – og dokumentationskravet er betydeligt.

Nedenfor er kravene til beregning og dokumentation for støbestilladser for broer beskrevet. Det skal understreges, at selv om der i husbygning ofte ikke kræves gennemført tilsvarende beregninger, så skal selv det simpleste husbygningsstøbestillads også opfylde de i standarderne opstillede krav til sikkerhed.

Brostilladser

Der har historisk set desværre forekommet kollapse af bro-støbestilladser både i Danmark, i vores nabolande Sverige, Norge og Tyskland og i hele verden. I Danmark har de mest omtalte uheld været stilladskollapset i Ålborg den 25. april 2006 over E45, og over Helsingørmotorvejen den 27. september 2014 [1].

I Ålborg skete kollapset ved et bæreevnesvigt i den stålkonstruktion, der udgjorde stilladset. Her blev formanden dræbt, da han opholdt sig under stilladset, da kollapset skete, og andre fik mindre skader.

På Helsingørmotorvejen skete kollapse ved at træformen opstillet på træspær væltede, mens selve stilladset af stål fik skader - dog uden at falde sammen. Her kom ingen noget til.

Ved uheldet i Ålborg var kravene til stilladsets sikkerhed og stabilitet ikke blevet opfyldt. Vejdirektoratet og Banedanmark indførte derfor efterfølgende regler for udførelse af støbestilladser til broer, i form af en "Tilsynshåndbog for støbestilladser" [2]. Tilsynshåndbogen sikrer, at processen omkring design og etablering af stillads forløber efter reglerne.

Formen – der bæres af stilladset – blev ikke inddraget i stilladshåndbogen efter uheldet i Aalborg i 2006, men det skete efter uheldet på Helsingørmotorvejen. Der er nu også udgivet et projekteringsgrundlag og eksempelsamling for støbestilladser til broer [3][4]. Projekteringsvejledningen og eksempelsamlingen kan også med fordel anvendes på andre støbestilladser end støbestilladser for broer.

En samlet understøtning af et brodæk under udførelse består i sin hovedopbygning typisk af formen med støbeplader/-brædder og de formbærende komponenter spær og strøer. Herunder selve stilladset båret af funderingen.



Figur 3. Opdeling af understøtning i hovedelementer til støbning af et brodæk. Billedet viser en typisk opbygning, hvor formen er en bræddeform på træspær, der bæres af langsgående stålbjælker på et søjlestillads. Funderingen er på billedet stålplader på komprimeret grus, men der kan også, afhængigt af jordbundsforholdene, funderes med betonfundamenter eller træpæle.

9.1.1 Laster

Støbestilladser skal i Danmark dimensioneres med samme sikkerhed som permanente konstruktioner. Der tillades således ikke reduktion af partialkoefficienterne, selv om stilladset er en midlertidig konstruktion. De relevante laster og påvirkninger fremgår af udførelsesstandarden for beton DS 2427, Anneks C samt den europæiske stilladsstandard, DS/EN 12812. For broer gælder typisk særlige (skrappere) regler – se AAB og SAB-P for Betonbroer - Stillads og Form [5].

Simplificeret oversigt over de mest almindelige laster, stillads og form til broer skal regnes for:

- Q_1 , Egenvægt stillads og form, typisk $0,2-0,4 \text{ kN/m}^2$ for form og $1-2 \text{ kN/stilladssøjle}$.
- Q_2 , Vedvarende lodret nyttelast. Betonegenvægt 25 kN/m^3 , nyttelast fra folk på stilladset $0,75 \text{ kN/m}^2$, evt. areal til bæring af oplag for materialer minimum $1,5 \text{ kN/m}^2$ samt evt. sne. Snelast, kan man dog normalt se bort fra, men det skal vurderes.
- Q_3 , Vedvarende vandret nyttelast. 1 % af den lodrette last plus øvrige vandrette laster (Q_5 vindlaster) dog altid mindst 2,5 % af den samlede lodrette last. Hertil skal tillægges vandret last fra excentriciteter. Lasten kaldes ofte: Vandret masselast.
- Q_4 , Midlertidige nyttelaster. Lokal ophobning af beton, 10 % af nyttelasten fra beton, dog minimum $0,75 \text{ kN/m}^2$ og maksimum $1,75 \text{ kN/m}^2$, virkende på et areal på $3 \times 3 \text{ m}$ vilkårligt placeret.
- Q_5 , Vindlast. Vindlast virkende på stillads og form. Det er muligt, at regne med en arbejdsvind på $0,2 \text{ kN/m}^2$ under selve støbningen.
- Q_7 , Ulykkeslast. Der skal tages højde for en evt. ulykkeslast, som fx påkørsel af stilladset, eller der skal træffes foranstaltninger til, at dette ikke kan ske.
- Som partialkoefficient på Q_2 , Q_3 og Q_4 anvendes 1,4, mens der på Q_5 anvendes 1,5.
- Ved stilladser i konsekvensklasse 3 (CC3) - fx brostilladser over vej eller bane i drift, multipliceres der yderligere med 1,1 på alle laster.

9.1.2 Form

Form er betegnelsen for de brædder eller plader – ofte kaldet støbehud – der er i direkte berøring med den udstøbte beton, samt de strøer og/eller spær der bærer støbehuden – se mere i afsnit 9.2 Form.

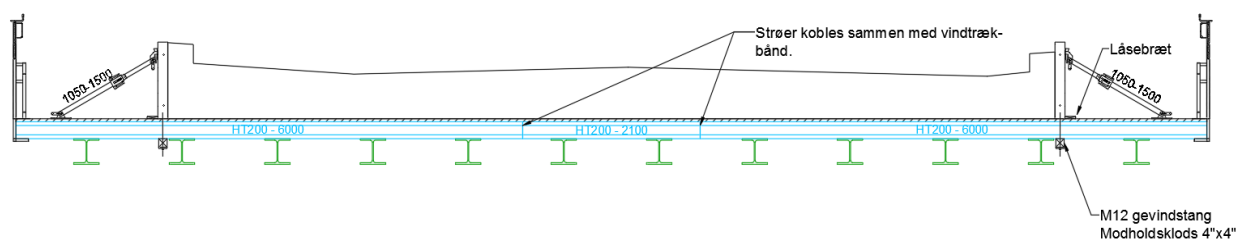


Figur 4. Til venstre: Finerplader som støbehud, Trædragere i henhold til EN 13377, som strøer, samt kiler. Til højre: Støbebrædder som støbehud og spær. Bemærk finerpladerne som vandret afstivning af spærerne for at forhindre spærerne i at vælte.

I mange tilfælde bæres formen blot af stilladset, ved at formen ligger "løst" ovenpå stilladset. I andre tilfælde er form og stillads forbundet med kraftoverførende samlinger, og formen indgår i stilladsets bærende system.

Det kan fx være tilfældet for dæk-forme, der ikke er placeret imellem vægge, der kan optage de vandrette laster. Formen skal her designes således, at den kan overføre de lokale vandrette laster. Et eksempel herpå er et brotværnsnit, hvor der kommer store udadgående vandrette laster på bundformen fra støbetrykket på hver sideforskalling.

En sådan last kan der tages hensyn til fx ved at bruge gennemgående spær, koble trædragerne (strøerne) sammen på tværs af broen eller ved at føre de vandrette laster ned i stilladset. Det sidste vil som regel ikke kunne lade sig gøre uden aktive samlinger, da friktionskoefficienterne mellem form og stillads ikke er store nok til at overføre den vandrette last



Figur 5. Tværsnit af dækkonstruktion, hvor de vandrette laster (støbetrykket) fra kantfor-skallingen udlignes vha. de sammenkoblede træstrøer. I dette tilfælde er strøerne understøttet af langsgående ståldragere. Disse vil næppe kunne optage den vandrette last fra sidetrykket, hvis de vandrette laster kunne overføres hertil via friktion.

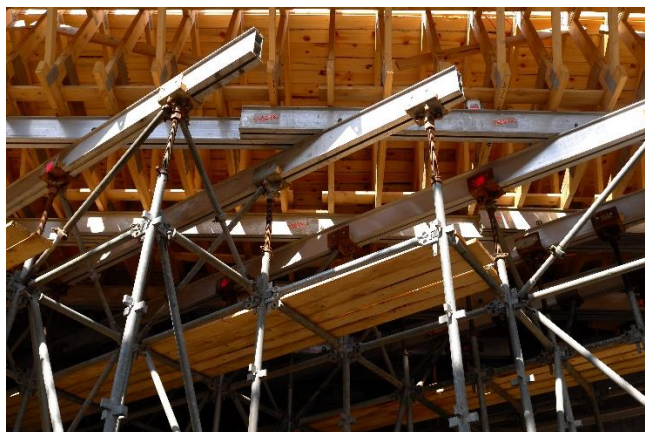
En nærmere redegørelse af de vandrette laster, der kommer fra støbetryk mod sideform vil kunne findes i afsnit 9.2.1 Støbetryk.

9.1.3 Formbærende dele

Strøer og spær bærer formhuden (brædder eller plader). Oftest understøttes strøerne og spærerne af ridedragere, som igen understøttes af stilladset.

Ridedragerne kan være korte bjælker, der spænder fra understøtning til understøtning, længere ridedragere, der spænder over flere understøtninger, eller lange ståldragere, der fx spænder over en vej, og ligger af på et kraftigt stillads på hver side af vejen.

For alle slags ridedragere er det vigtigt at have styr på tolerancerne, med hvilke de er placeret over understøtningspunkterne. Selv en mindre excentricitet vil kunne svække den underliggende konstruktion betydeligt. Dette var bl.a. en af årsagerne til kollapsedet i Aalborg.



Figur 6. HEB bjælker anvendt som ridedragere over vej. Pga. at stilladset ikke er placeret vinkelret på spærerne, er der anvendt dobbelt lag ridedragere for at sikre, at spærerne understøttes i de korrekte understøtningspunkter.

Selve stilladset kan være opbygget af enkeltstående dækstøtter. Da dækstøtterne ikke i sig selv kan optage vandret last, er det vigtigt, at formen er fastholdt i alle retninger, fx ved at støtterne er omkranset af et stabilt støbestillads eller stabile vægge.

9.1.4 Fundering

Ved støbning af broer vil der oftest ikke være et betondæk at fundere på. Det vil derfor være nødvendigt at udføre midlertidige fundamenter.

Den mest anvendte fundering for stilladser er jernplader, hvor lasterne fra stilladsbenene ikke er for store eller betonfundamenter, hvor der er større laster.

I andre tilfælde – fx ved broer henover vandløb, søer eller moseområder - rammes der træpæle til fundering af stilladset.

Fundering af et stillads må aldrig undervurderes, da funderingen skal bære broens samlede egenvægt.

I nogle tilfælde kan broens permanente fundamenter indgå i funderingen af stilladset.

Eksempelsamling for støbestilladser [4] har flere eksempler på, hvordan man kan regne på disse fundamenter.



Figur 7. Ved dårlige funderingsforhold – billedet er fra Gubsø nord for Silkeborg, hvor forholdene var ekstremt dårlige – rammes ofte træpæle, hvorpå stilladset funderes. På billedet udgjordes stilladstårnene af til formålet opsvejste stålkonstruktioner.

9.1.5 Referencer

- [1] Bro 14-0-047.10 Overføring af Egebækvej. Redegørelse for svigt af stillads den 27.09.2014. Transportministeriet 2015.
- [2] Tilsynshåndbog for støbestilladser, Vejregler, 2015.
- [3] Projekteringsgrundlag for støbestilladser, Høringsudgave, Vejregler, 2017.
- [4] Eksempelsamling for Støbestilladser, Høringsudgave, Vejregler, 2017.
- [5] Betonbro – Stillads og form – AAB og SAB-P, Vejregler.