

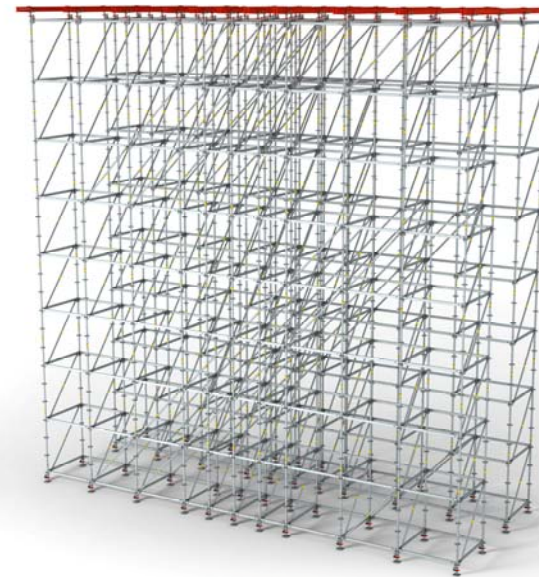
Broer med og uden støbestilladser

Leverandørdokumentation ved anvendelse af støbestilladser og forskalling



Teknologisk Institut
Morten Sterregaard-Raahauge

2. november 2016



A Leverandørdokumentation for stillads og forskalling

B Regler og samarbejde i Danmark

C Regler og samarbejde i andre lande

Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



- Bygherren stiller krav til entreprenøren og projekt organisationen
- Entreprenøren stiller naturligt de samme høje krav til leverandørerne
- De seneste 10 år har udviklet hele branchen i en positiv retning
- Nøglepersoner skal besidde de rette kompetencer

UDBUD

TILSYNSHÅNDBOG FOR STØBESTILLADSER

Bygherreside	Entreprenørside
Stilladstilsyn	Stilladskoordinator
Stilladsevaluator	Stilladsberegner

Figur 1: Betegnelser for personer.

De i figur 1 anførte personer skal have **de rette kompetencer**. Dette omfatter det generelle kursus C, som anført i vejledning til skema B2. Desuden skal personerne have en generel statistisk forståelse og en særlig forståelse for de specielle statistiske forhold i form og stillads.

Da ansvaret for form og stillads påhviler entreprenøren, er det afgørende, at stilladskoordinatoren har en særlig kompetence. Denne kompetence skal omfatte statistisk forståelse samt mindst 3 års erfaring med støbestilladser, hvis et højere krav ikke er angivet i SAB. Stilladskoordinatorens kompetencer skal dokumenteres af entreprenøren i form af referencer til bro- /stilladsprojekter med angivelse af type og størrelse af støbestillads og personens opgaver i tilknytning hertil.

Stilladstilsynet skal have en **særlig kompetence**, der svarer til de kompetencekrav, der stilles til stilladskoordinatoren.

Stilladsberegner og stilladsevaluator skal have **solid erfaring** med udarbejdelse og kontrol af statistiske beregninger for bro- og anlægskonstruktioner samt have mindst 3 års erfaring for udarbejdelse og kontrol af beregninger for støbestilladser, hvis et højere krav ikke er angivet i SAB. Kompetencerne skal dokumenteres i form af referencer til bro- og anlægsprojekter hvad angår statistiske beregninger, for støbestilladser til broer med angivelse af type og størrelse af støbestillads og personens opgaver i tilknytning hertil.

Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



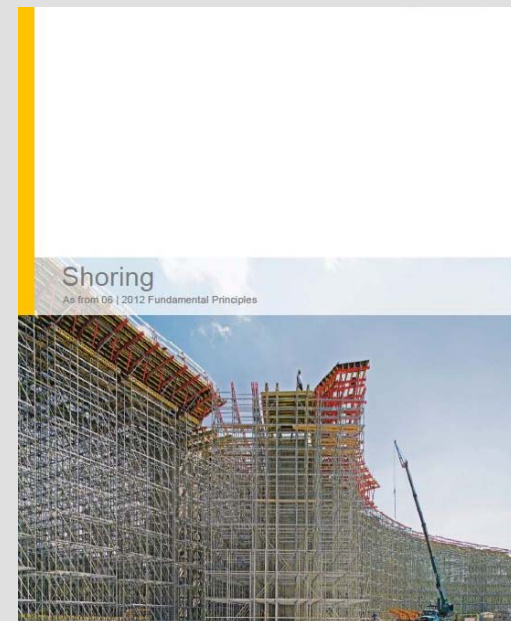
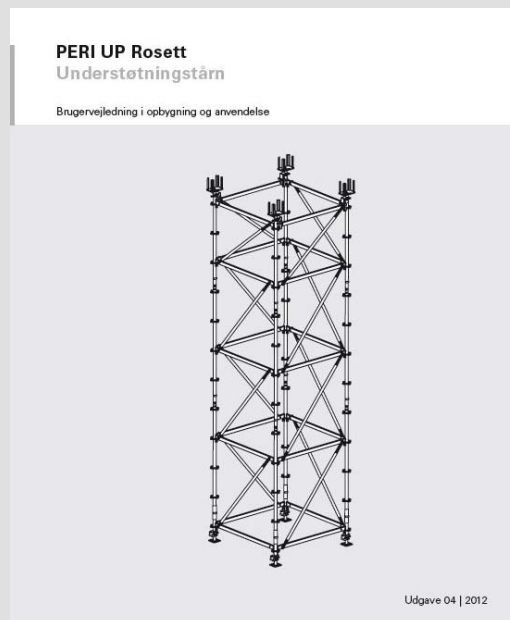
- Projektets kompleksitet og omfang kan variere men fokus og samarbejde skal være det samme



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



- Leverandørens interne organisation skal kende til kravene
- Systematiserede brugervejledninger, opstillingstegninger, rapport struktur samt kurser og interne retningslinjer sikrer en ensartet dokumentation til kunden på alle projekter
- Design baseres på det mest optimale system med hensyntagen til kundens specifikke ønsker
- Dokumentation iht. DS/EN 12812 og DS 2427 samt Eurocodes (last, sikkerhed, materialer) og SAB-P.



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



Stillads - typedesign

- Alle enkeltdele og knuder dokumenteres i den generelle godkendelse (National Approval / Zulassung) herunder udformning og bæreevne. Beregning og prøvning
- Udvalgte konfigurationer (tårne) beregnes (typeverifikation efter 2. ordens teori) og disse beregninger godkendes af uafhængigt institut (Typetest / Typenprüfung / Type design)

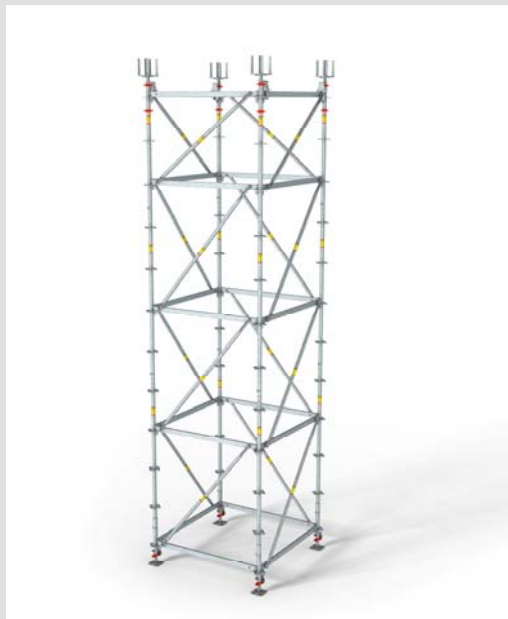
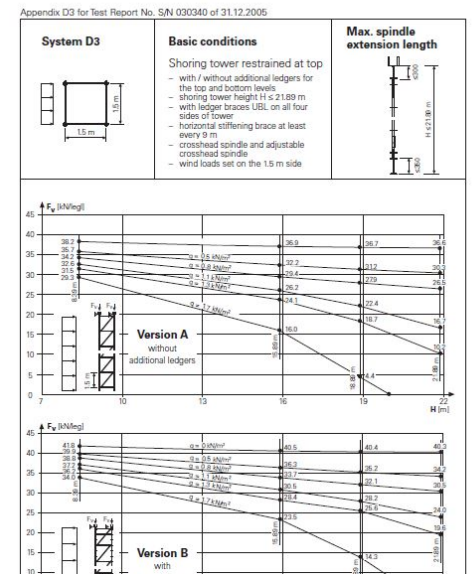


Tabelle 2: Beanspruchbarkeiten im Anschluss eines Riegels

Anschlussvariante	Anschlusschnittgröße	Beanspruchbarkeit
Riegelanschluss am Ständer Ø 48,3 x 3,2 mm	positives Biegemoment $M_{yR,d}^+$ [kNm]	+ 93,3
	negatives Biegemoment $M_{yR,d}^-$ [kNm]	- 89,1
Riegelanschluss am Ständer Ø 48,3 x 3,6 mm	positives Biegemoment $M_{yR,d}^+$ [kNm]	± 100
	negatives Biegemoment $M_{yR,d}^-$ [kNm]	± 100
Riegelanschluss am Ständer Ø 48,3 x 3,2 mm oder am Ständer Ø 48,3 x 3,6 mm	positive vertikale Querkraft $V_{zR,d}^+$ [kN]	+ 30,4
	negative vertikale Querkraft $V_{zR,d}^-$ [kN]	- 13,4
	horizontale Querkraft $V_{yR,d}$ [kN]	± 11,3
	Biegemoment $M_{yR,d}$ [kNm]	± 25,3
	Torsionsmoment $M_{tR,d}$ [kNm]	± 25,6
	Normalkraft $N_{yR,d}$ für Horizontalriegel UH [kN]	± 24,7
	Zugnormalkraft $N_{xR,d}^+$ für Belagriegel UHD [kN]	+ 46,5
	Drucknormalkraft $N_{yR,d}$ für Belagriegel UHD [kN]	- 24,7

Restrained at the top, with / without additional ledgers:
Perm. leg loads, wind on 1.5 m side



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



- Typetesten angiver bæreevner for specifikke konfigurationer
- Grænsebetingelser beskrives detaljeret (størrelser, fastholdelser, vind, imperfektioner, spindeludtræk mv.)
- Typetesten optimerer dokumentationsprocessen og sikrer at de samme statiske beregninger ikke skal udføres igen og igen.

MULTIPROP System



3. Structural stability proof fundamentals for determining the limits of the load-bearing capacity

3.1 Most important technical regulations

– Approval Notification Z-8.312-824: MULTIPROP adjustable telescopic aluminium props
– Approval Notification Z-8.22-802: MULTIPROP shoring system
– DIN EN 12812:2008 Shoring

– Adaption Guideline for Shoring (6/2009)
– DIN 18800-1, -2:1990 Steel Constructions
– Adaption Guideline for Steel Construction (10.98)

– DIBt: approval principles for the calculation of aluminium components in scaffolding (05/1996)
– DIBt: approval principles for the verification of adjustable telescopic aluminium props in the context of a general constructional authorization (12/1996)

3.2 System assumptions

When calculating the usable resistance, the following geometrical imperfections were taken into consideration:

For single-level shoring towers restrained at the top

– Preflexure $w_0 = H/375$ (elastic/elastic verification procedure), see "Approval principles for the verification of aluminium props..."
– Angle of inclination between the inner and outer profile of the prop

For multi-level shoring towers restrained at the top

– Preflexure $w_0 = H/500 \cdot 1/\sqrt{n}$ with $n = 2$
– Angle of inclination between the inner and outer profile of the prop
– For portion of members between the MRK frames with member characteristic $\chi = 1 : \sqrt{N/EI} > 1.6$, an additional preflexure of 2/3 1/175 (buckling curve B, elastic/elastic verification procedure) was assumed

For single-level shoring towers unrestrained at the top

– Preflexure $w_0 = H/375$
– Angle of inclination between the inner and outer profile of the prop
– inclination with $\tan \varphi = 0.01$.

At the head of the shoring, an unintended load eccentricity $e_{\text{un}} = 10 \text{ mm}$ was taken into consideration. At the base of the prop, load eccentricity was also taken into consideration whereby, after rotating the base by 1° , an initial rigid restraint (spring according to DIN EN 1055) was activated. For calculating the load cases, the shoring towers were used in a vertical position.

3.3 Load assumptions

Self-weight:

The self-weight of the shoring was taken into consideration when determining the limit of load-bearing capacity.

Wind loads:

For use outdoors, the wind load on shoring towers was considered as follows:

– dynamic pressure:
 $q_k = 0.45 \text{ kN/m}^2$ for $H \leq 8 \text{ m}$
 $q_k = 0.72 \text{ kN/m}^2$ for $8 \text{ m} < H \leq 20 \text{ m}$
Reduced dynamic pressure under construction according to DIN 1055-4: 2005-3; Tab 1: $q_k = q(z) \times \kappa$
Wind pressure out of velocity $q(z)$
Service life factor κ

– on the MP props:
 $A_w = 0.125 \text{ m}^2/\text{rising metre}/\text{prop}$
 $c_f = 1.5$ for each individual prop

– on the MRK frames:
 $A_w = 0.38 \text{ m}^2/\text{frame}$ (the Frame MRK 206 was taken into consideration)
 $c_f = 1.85$ for frames
(2 frames were taken into consideration, one after another)

3.4 Verification procedure

Deformation along with internal forces and moments were determined corresponding to DIN 18800 whilst taking into account γ_0 actions and $1/\gamma_{\text{Ed}}$ rigidity according to the second order theory and compared with the design data of

the resistance in an elastic state (elastic/elastic verification procedure).

The partial safety factors are
 $\gamma_F = 1.5$ and $\gamma_M = 1.1$.

The conditions listed in Z-8.22-802, Section 3.3 for the MULTIPROP frame connections and prop profile in the connection area were complied with.

Stillads – projektspecifikt design

- Alle enkeltdele og knuder dokumenteres i den generelle godkendelse (National Approval / Zulassung) herunder udformning og bæreevne. Beregning og prøvning
- Den projektspecifikke opstilling modelleres og beregnes i et FEM programmer

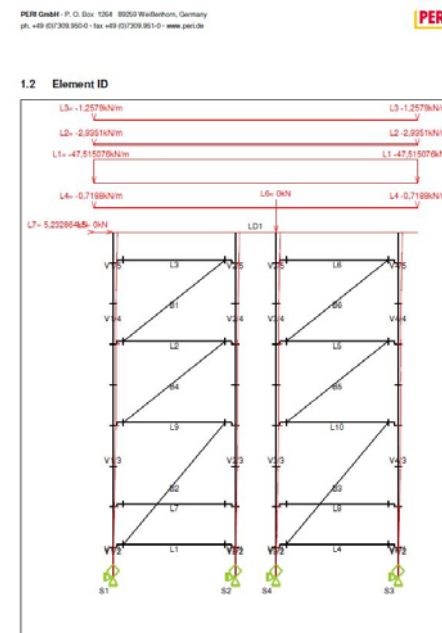
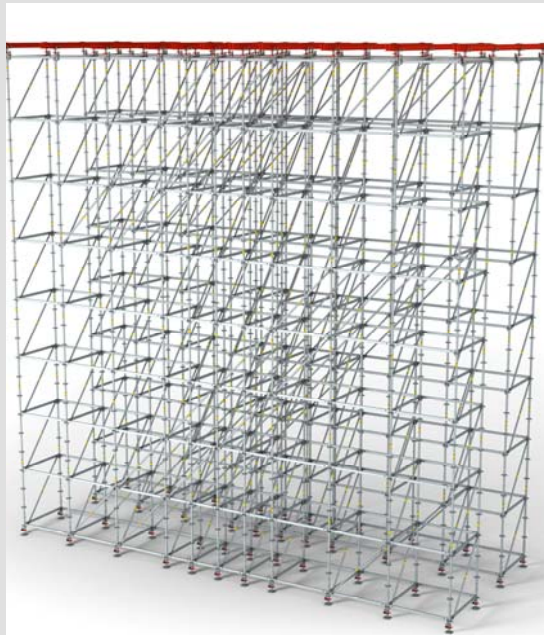
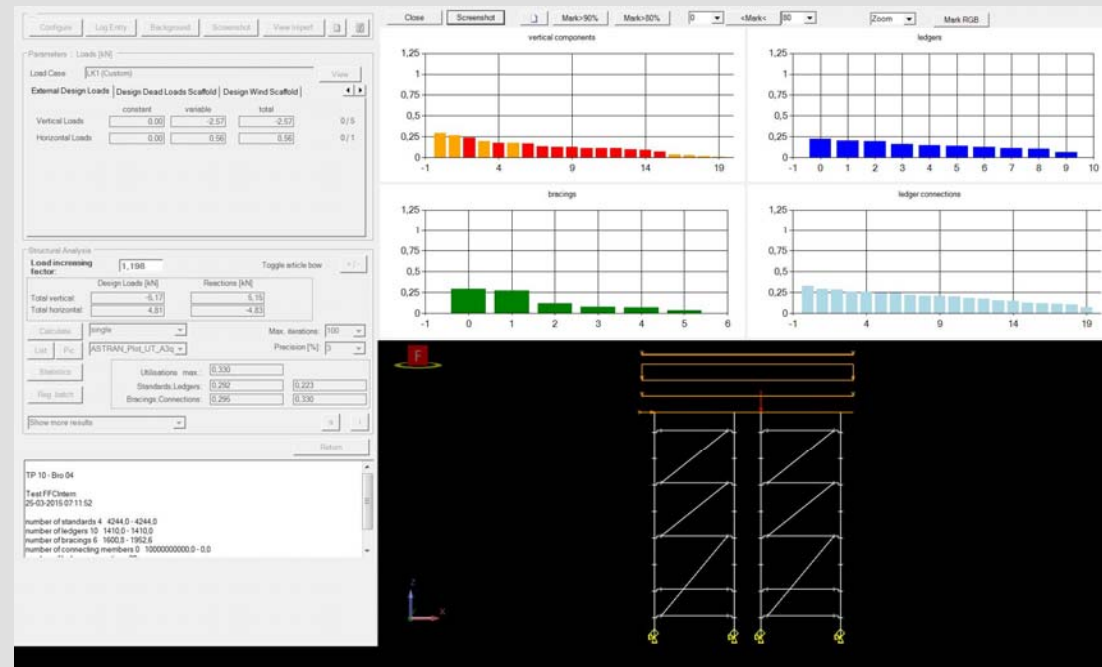


Fig. 2: Numbering of elements

Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



- Programmet sammenholder de maksimale belastninger med de tilhørende bæreevner
- Endvidere har det en indbygget optimeringsmulighed som sikrer den mest effektive udnyttelse af stilladset



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



- Forskalling – typedesign og projektspecifikt design
- Enkeltdeler og samlinger til opbygning af forskallingen dokumenteres ved beregnede bæreevner eller forsøg udført af leverandøren iht. standarder (rammeforme, trædragere iht. EN 13377, stålkompnenter)
- Forskallingen som helhed er meget ofte projektspecifik, men enkeltdeler og samlinger kan være typedesign

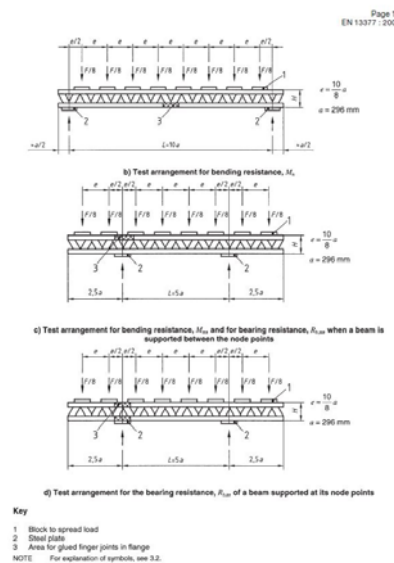


Figure A.2 — Test arrangements for lattice web beams

Arbeits 53

SLS 100/180

Neigungswinkel gegen Horizontale 0° - 90°

Wind auf Stütze berücksichtigt

Ausgangslänge [m]	1,00 - 1,50	1,60	1,80
Zul Druckkraft [kN]	107,1	108,9	90,8
Zul Zugkraft [kN]	91,6	91,6	91,6

SLS 100/180

Neigungswinkel gegen Horizontale 0° - 90°

Wind auf Stütze berücksichtigt

Ausgangslänge [m]	1,00 - 1,50	1,60	1,80
Zul Druckkraft [kN]	107,1	108,9	90,8
Zul Zugkraft [kN]	91,6	91,6	91,6

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden

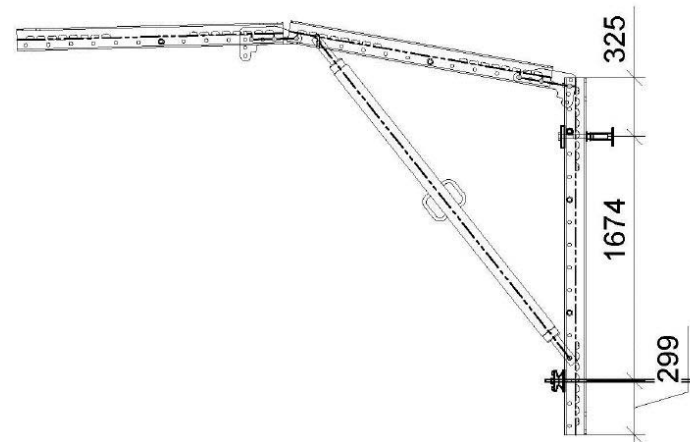
Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



- Forskallingen beregnes ved simple bjælkeberegninger eller modelleres i FEM programmer
- Programmer anvender biblioteker med alle komponenter (geometri og stivhed)
- Kontrol af belastning ift. bæreevne

Structural analyses RStab

- Centre line model



Broer

- 1 gentagelse
- Simpel geometri
- Understøtning og spærløsning i systemdele
- Simpelt system som nemt kan tilpasses den ønskede geometri
- Typedesign (understøtning)
- Projektspecifikt design (forskalling)



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



Broer

- 1 gentagelse
- Kompleks geometri
- Understøtning i systemdele
- Projektspecifikt design (understøtning og forskalling)



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



Tunnel med enkelttårne

- 1-10 gentagelser
- Understøtning og forskalling i systemdele
- Typedesign (understøtning)
- Projektspecifikt design (forskalling)



Tunnel med vogn

- Over 10 gentagelser
- Understøtning og forskalling i systemdele med brug af ca. 5 % specialdele.
- Specialdele for tilpasning til geometrien
- Projektspecifikt design (understøtning og forskalling)



Faunapassager

- 1 gentagelse
- Understøtning og forskalling i systemdele
- Typedesign og projektspecifikt design (understøtning og forskalling)



Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



Kantbjælker (renovering)

- Understøtning (ophæng ex. forankring) og forskalling i systemdele
- Projektspecifikt design (ophæng og forskalling)

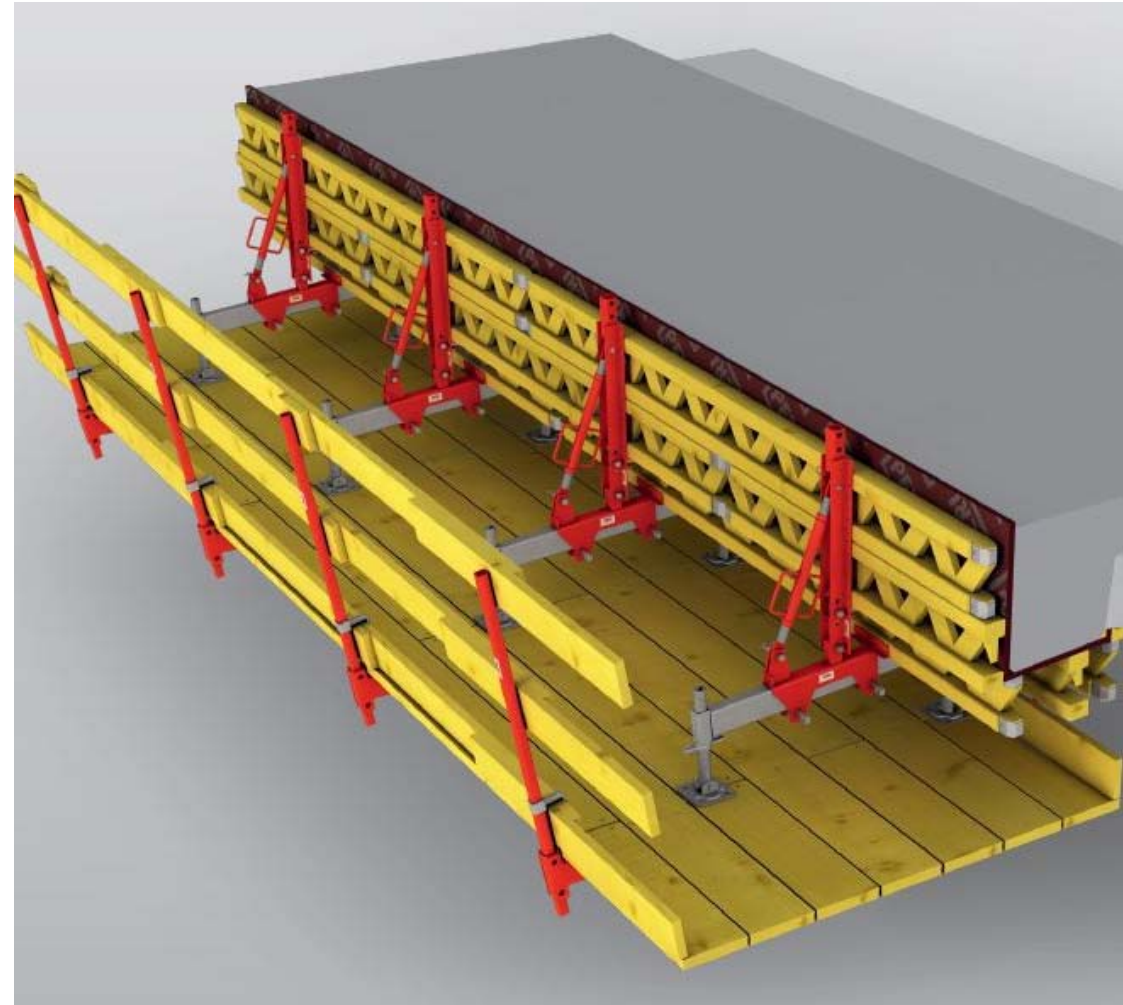


Leverandørdokumentation for stillads og forskalling



Kantbjælker (renovering)

- Understøtning (ophæng inkl. forankring) og forskalling i systemdele
- Typedesign (ophæng og forskalling)

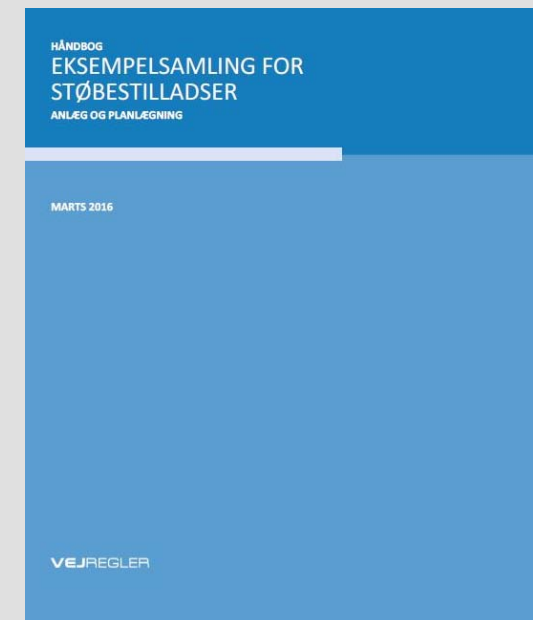
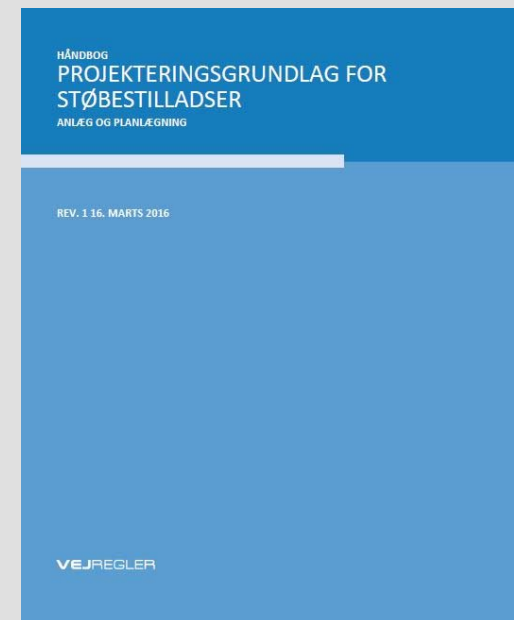
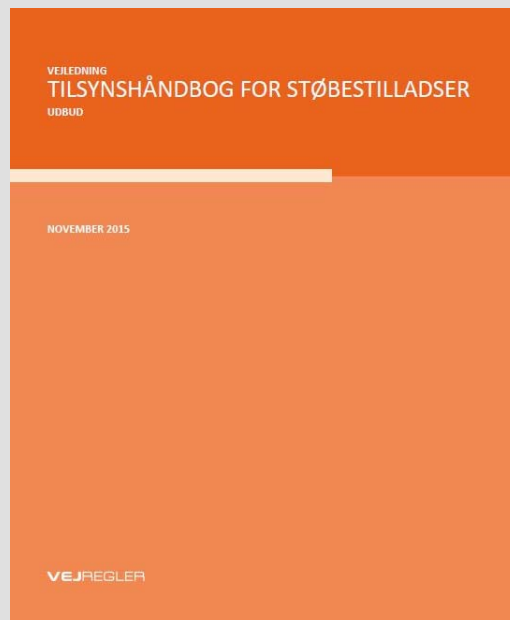


A Leverandørdokumentation for stillads og forskalling

B Regler og samarbejde i Danmark

C Regler og samarbejde i andre lande

- Der er altid et tæt samarbejde mellem stilladskoordinator, evaluator og leverandøren (stilladsberegner)
- Tilsynshåndbog og øvrige håndbøger er en vigtig del af samarbejdet og koordineringen
- Leverandøren deltager ofte fra 1. stilladsmøde til slutkontrol
- Projekteringsgrundlag og eksempelsamling sikrer et ensartet dokumentationsniveau



- A Leverandørdokumentation for stillads og forskalling
- B Regler og samarbejde i Danmark
- C Regler og samarbejde i andre lande**

Tyskland

- **Alle midlertidige konstruktioner (herunder stilladser) til infrastruktur projekter skal dokumenteres og godkendes af uafhængig ingeniør**
- **DIN/EN 12812 (DIN 4421) anvendes til støbestilladser og DIN/EN 12811 (DIN 4420) til arbejdsstilladser**
- **Samarbejdet med leverandøren er ikke specificeret i form af en tilsynshåndbog men der stilles specifikt krav til indholdet af den statiske rapport fra leverandøren**
- **Der kræves ALTID en godkendelse (Zulassung / Approval) af produktet eller den individuelle situation udstedt af DIBt (German Institute for Building Technology)**
- **I de tilfælde hvor produktet er standardiseret anvendes i høj grad typetestede stilladser, for at forkorte dokumentationsforløbet og undgå uenigheder**

Regler og samarbejde i andre lande



Storbritannien

- **BS 5975 anvendes. Standarden indeholder projekteringsforudsætninger, arbejdsgange og design eksempler for midlertidige arbejder**
- **Ifølge BS 5975 skal der udnævnes en TWC (temporary works coordinator) i stil med stilladskoordinatoren**
- **Indarbejdelse af Eurocodes i design af midlertidige konstruktioner beskrives i PAS 8812.**
- **Dokumentationen for stilladser skal som minimum leve op til BS/EN 12812**
- **PAS 8811 (under udarbejdelse) beskriver bygherrens forpligtelser.**

BS 5975:2008+A1:2011

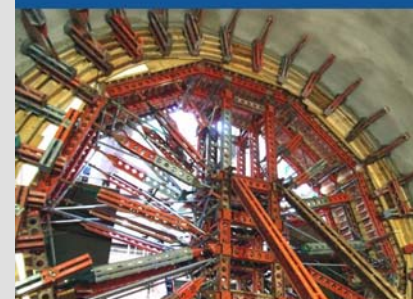


BSI Standards Publication

Code of practice for
temporary works procedures
and the permissible stress
design of falsework

PAS 8812:2016

Temporary works – Application of
European Standards in design – Guide



Regler og samarbejde i andre lande



Sverige, Norge og Finland

- Beregninger og dokumentation fremsendes til entreprenøren
- Samarbejdet er ikke styret af en håndbog eller lignende
- Eurocodes, herunder EN 12812, er i brug
- I Finland anvendes ofte støbestilladser i træ grundet den lave pris



Tak for opmærksomheden!

