

# DANSK BETONDAG 2014 *Den 18. september 2014, Odense*

## *Et supersygehus med fremtidssikrede betonkonstruktioner - erfaringer med pladsstøbte etagedæk*

v. Produktionsleder  
Anders Ejsing



## Valget af pladsstøbte etagedæk

"Warum warum...?"



1

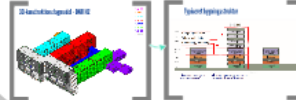
## Fakta om DNU Det Nye Universitetshospital i Aarhus

### Etape N1

- Etageareal: 30.317 m<sup>2</sup>
- In situ beton: 10.314 m<sup>3</sup>
- Søjler: 509 stk.
- Elementvægge: 22.865 m<sup>2</sup>
- Armering/stål: 1.832 tons
- Vinduer: 1.224 m<sup>2</sup>
- Arbejdstimer: 155.400 mh

### Etape N2

- Etageareal: 33.666 m<sup>2</sup>
- In situ beton: 14.443 m<sup>3</sup>
- Søjler: 636 stk.
- Elementvægge: 26.276 m<sup>2</sup>
- Armering/stål: 2.321 tons
- Vinduer: 2.165 m<sup>2</sup>
- Arbejdstimer: 202.020 mh



4

"På trods af høj sol, sne og slud,  
så skal betonen støbes ud"



3

## Praktiske erfaringer ifm. brugen af 'selvdtørrende beton'

- Entydige udbudskrav
- Tidsplan og bæredygtighed
- Simulering af udtørringforløb - en balancegang
- Udfordringer ift. svind og planhed



2

## Tid og byggeproces på DNU

- Udbudstidsplan inkl. betonelementer:

Betonelementer	165 dage	on 21-08-13	fr 11-04-14
Beton plan 01 inkl dæk over	30 dage	on 21-08-13	il 01-10-13
Beton plan 02 inkl dæk over	20 dage	on 02-10-13	il 29-10-13
Beton plan 03 inkl dæk over	25 dage	on 30-10-13	il 03-12-13
Beton plan 04 inkl dæk over	25 dage	on 04-12-13	fr 10-01-14
Beton plan 05 inkl dæk over	25 dage	ma 13-01-14	fr 14-02-14
Beton plan 06 inkl dæk over	20 dage	ma 17-02-14	fr 14-03-14
Beton plan 07 inkl dæk over	20 dage	ma 17-05-14	fr 11-06-14

- Optimering af:  
forskallings-, armerings- og støbearbejder

- Diverse proces-fremmende tiltag:



1

# Fakta om DNU

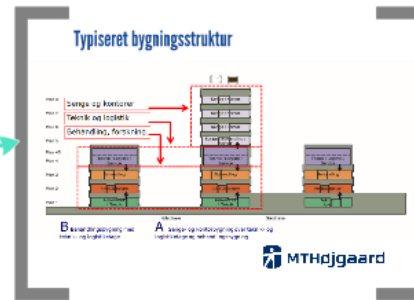
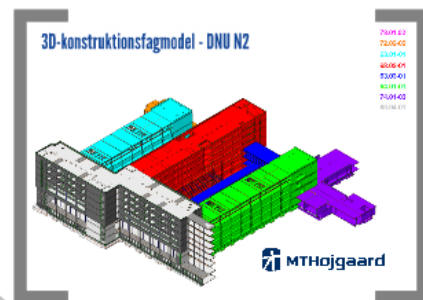
## Det Nye Universitetshospital i Aarhus

### Etape N1

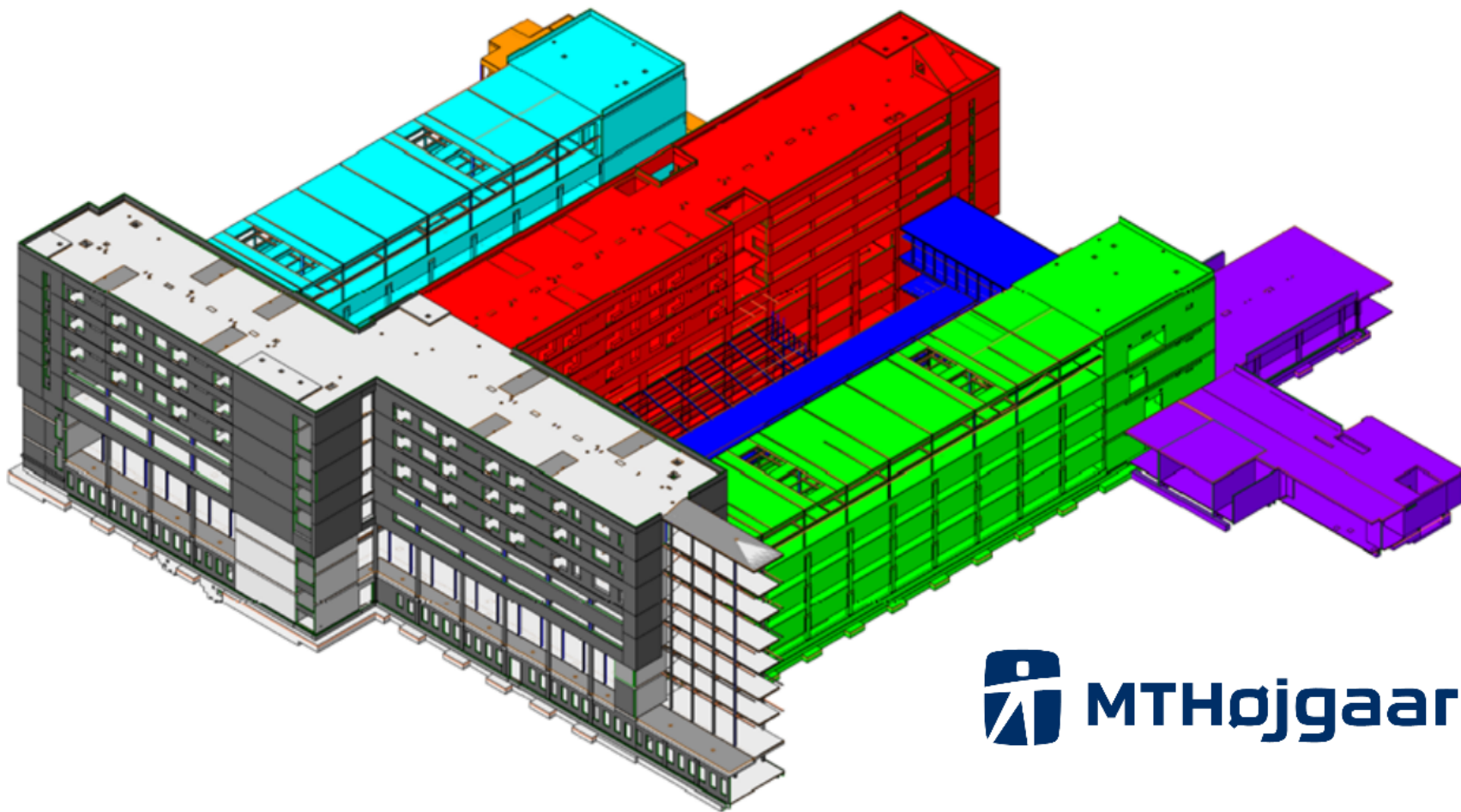
- Etageareal: 30.317 m<sup>2</sup>
- In situ beton: 10.314 m<sup>3</sup>
- Søjler: 509 stk.
- Elementvægge: 22.865 m<sup>2</sup>
- Armering/stål: 1.832 tons
- Vinduer: 1.224 m<sup>2</sup>
- Arbejdstimer: 155.400 mh

### Etape N2

- Etageareal: 33.666 m<sup>2</sup>
- In situ beton: 14.443 m<sup>3</sup>
- Søjler: 636 stk.
- Elementvægge: 26.276 m<sup>2</sup>
- Armering/stål: 2.321 tons
- Vinduer: 2.165 m<sup>2</sup>
- Arbejdstimer: 202.020 mh



# 3D-konstruktionsfagmodel - DNU N2



73.01.02

72.02-02

63.01-01

63.02-01

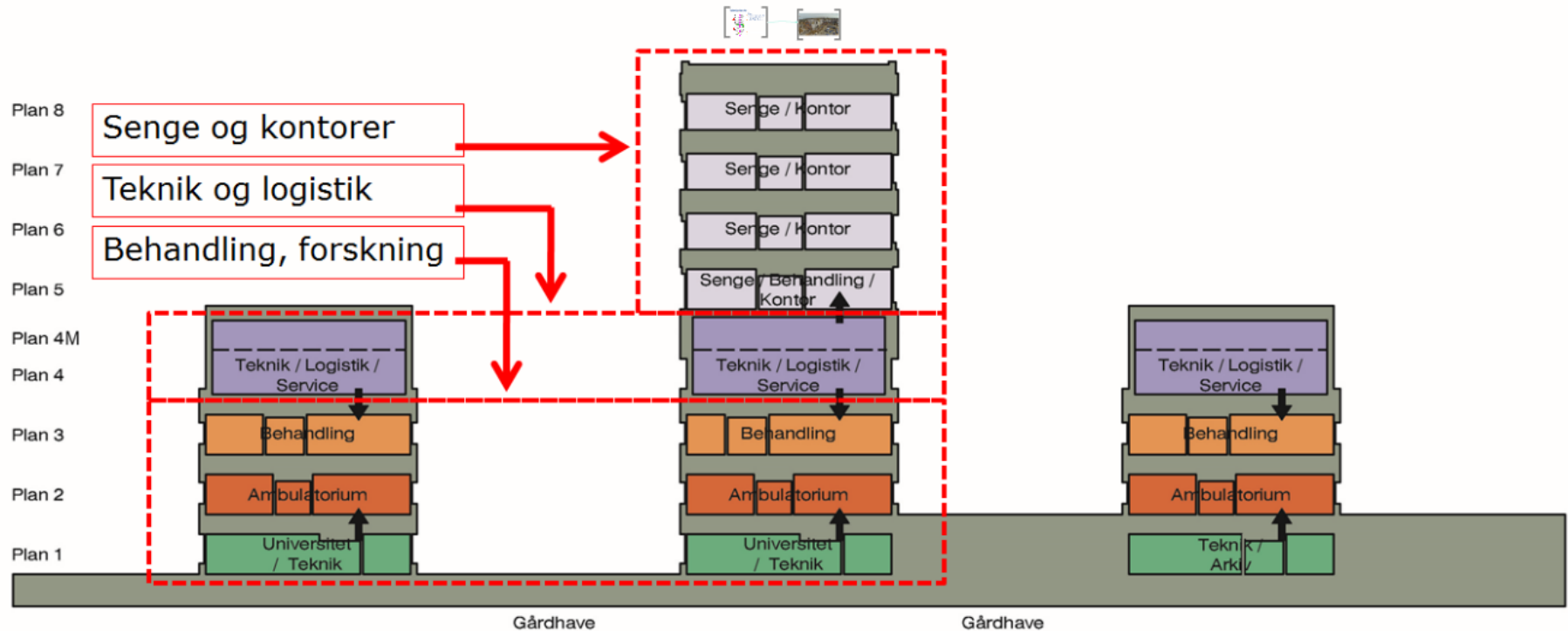
63.03-01

64.01-01

74.01-03

63.04-01

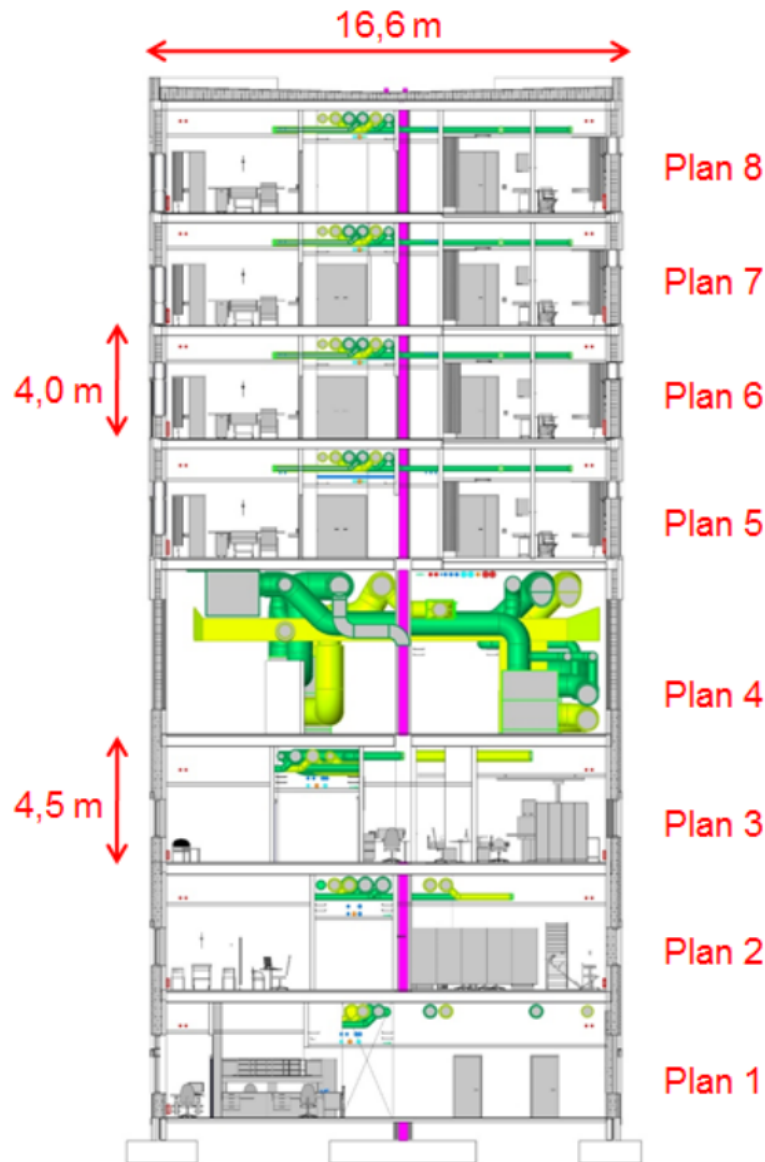
# Typiseret bygningsstruktur



**B** Behandlingsbygning med teknik- og logistiketage

**A** Senge- og kontorbygning over teknik- og logistiketage og behandlingsbygning

# Typiseret bygningsstruktur



## Råhus:

- Plan 8 • 3 bærelinjer, søjler c/c 7,2 m
- Plan 7 • Søjler og afstivende kerner som betonelementer
- Plan 6 • 36 cm in situ støbte dæk

Plan 5

Plan 4

Plan 3

Plan 2

Plan 1



Byggeriet N1 på 30.000 m<sup>2</sup>, behandlings- og sengebygningerne i 4. - 8. etage.

# Valget af pladsstøbte etagedæk

"Warum warum...?"





# Praktiske erfaringer ifm. brugen af 'selvudtørrende beton'

 Entydige udbudskrav



 Tidsplan og bæredygtighed



 Simulering af udtørringforløb - en balancegang



 Udfordringer ift. svind og planhed



## Fra ARB - beton DNU N1

### 3.5.5. Beton

Stk. 1. Anvendte betegnelser, symboler mv. er iht. DS2426.

Stk. 2. Beton skal overholde kravene i DS2426, og skal være dokumenteret som angivet i DS2426.

Stk. 3. Betons egenskaber skal være dokumenteret ved en betondeklaration, jf. anneks S i DS2426, uanset om der foreligger et produktcertifikat.

### 3.5.5. Beton

Betonstyrker og miljøklasser er angivet på den generelle beton note , såfremt der anvendes andre styrker eller miljøklasser er det angivet på de enkelte bygningsdelstegninger.

Der ønskes generelt anvendt beton af typen "selvdtørrende", altså beton der kun indeholde den fornødne mængde vand der tilgode ser den kemiske reaktion.

Der må ikke anvendes beton af typen "vibrationsfri" uden aftale med byggeledelsen.

## Fra ARB - beton DNU N2

### 3.5.5. Beton

Stk. 1. Anvendte betegnelser, symboler mv. er iht. DS2426.

Stk. 2. Beton skal overholde kravene i DS2426, og skal være dokumenteret som angivet i DS2426.

Stk. 3. Betons egenskaber skal være dokumenteret ved en betondeklaration, jf. anneks S i DS2426, uanset om der foreligger et produktcertifikat.

Stk. 4. Anvendte værdier for fck er cylinderstyrker iht. DS2426.

Stk. 5. Farven forudsættes grå.

Stk. 6. Produktion af beton skal være overvåget og certificeret som angivet i DS2426 kapitel 10.

Stk. 7. For mørtel, som defineret i DS/EN196-1, kan trykstyrken bestemt efter DS/EN196-1 regnes at svare til 0,9 fck, hvor fck er iht. stk. 4.

### 3.5.5. Beton

Betonstyrker og miljøklasser er angivet på den generelle betonnote. Såfremt der er foreskrevet andre beton styrker eller miljøklasser, er dette angivet på de enkelte bygningsdelstegninger. Der ønskes generelt anvendt beton af typen " selvdtørrende ", der af natur opnår en høj styrke. Krav til betonens trykstyrke er således alene at opfatte som absolutte minimumskrav.

Ved " selvdtørrende beton " forstås en beton, der under passende realistiske klimaforudsætninger og " af sig selv " kan tørre ud til 85% RF i 40% af sin tykkelse ( ved tosidig udtørring ) i løbet af perioden fra støbning til en slutdato fastsat efter tidspunktet for overdragelse til anden entreprenør, hvor bygningen skal være lukket.

Som redskab til tidsplanlægning og betonoptimering ( fastlæggelse af nødvendig v/c-forhold ), vil programmet TorkaS 3.2, 2012, der kan hentes og benyttes gratis via hjemmesiden [www.fuktcentrum.lth.se](http://www.fuktcentrum.lth.se), blive accepteret som grundlag / dokumentation.

Betonen må luftindblandes med det formål at opnå styrkereduktion. Luftindblandingen kan anses ikke at påvirke evnen til selvdtørring.

Der må ikke anvendes beton af typen vibrationsfri / selvkompakterende ( SCC ) uden aftale med byggeledelsen.

# Praktiske erfaringer ifm. brugen af 'selvudtørrende beton'

 Entydige udbudskrav



 Tidsplan og bæredygtighed

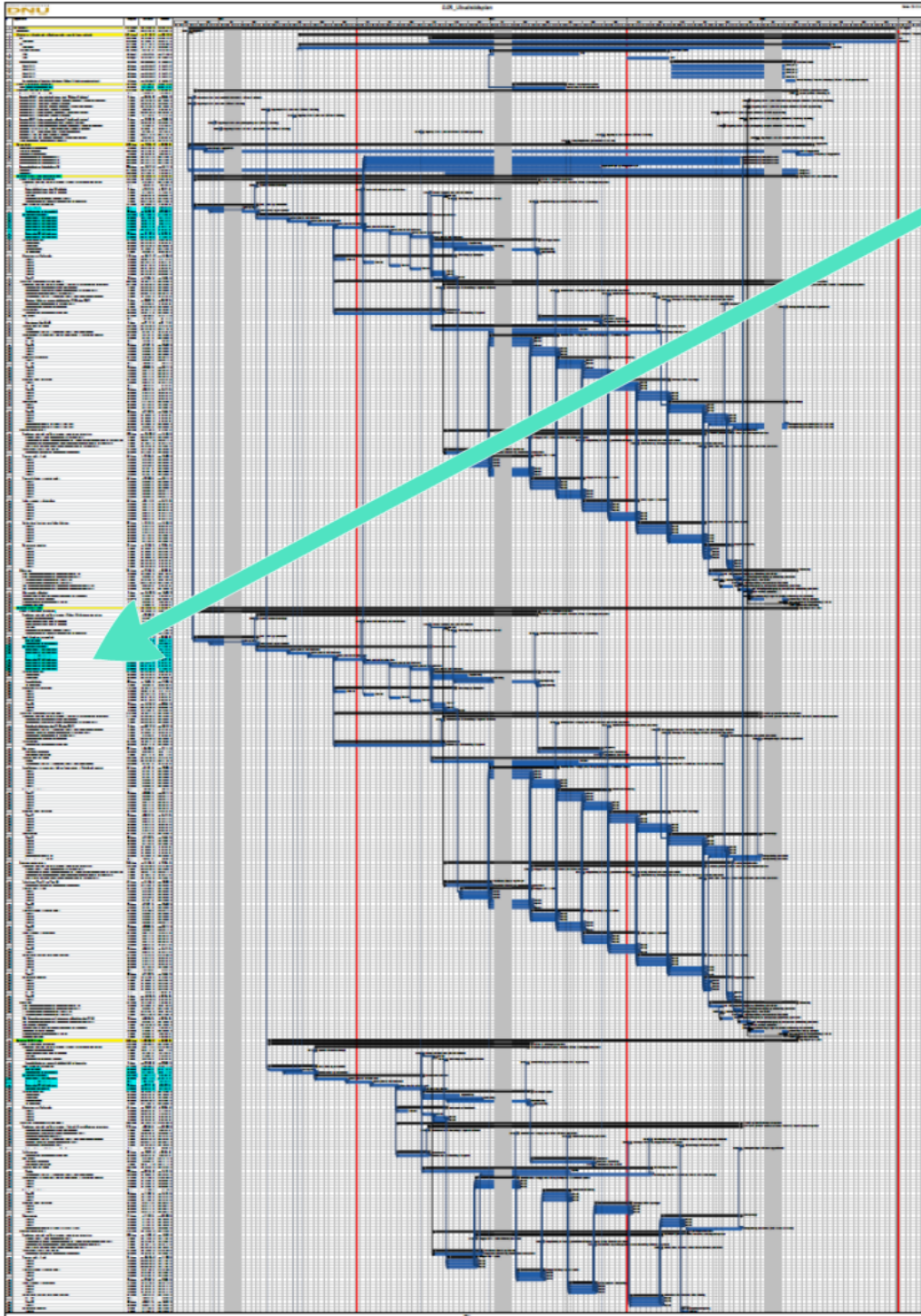


 Simulering af udtørringforløb - en balancegang



 Udfordringer ift. svind og planhed





## Eks.:

- Udstøbning af dæk d. 14/3-2014
- Gulvbelægn. d. 16/1-2015
- 44 ugers tidsforskel

# Praktiske erfaringer ifm. brugen af 'selvudtørrende beton'

📌 Entydige udbudskrav



📌 Tidsplan og bæredygtighed



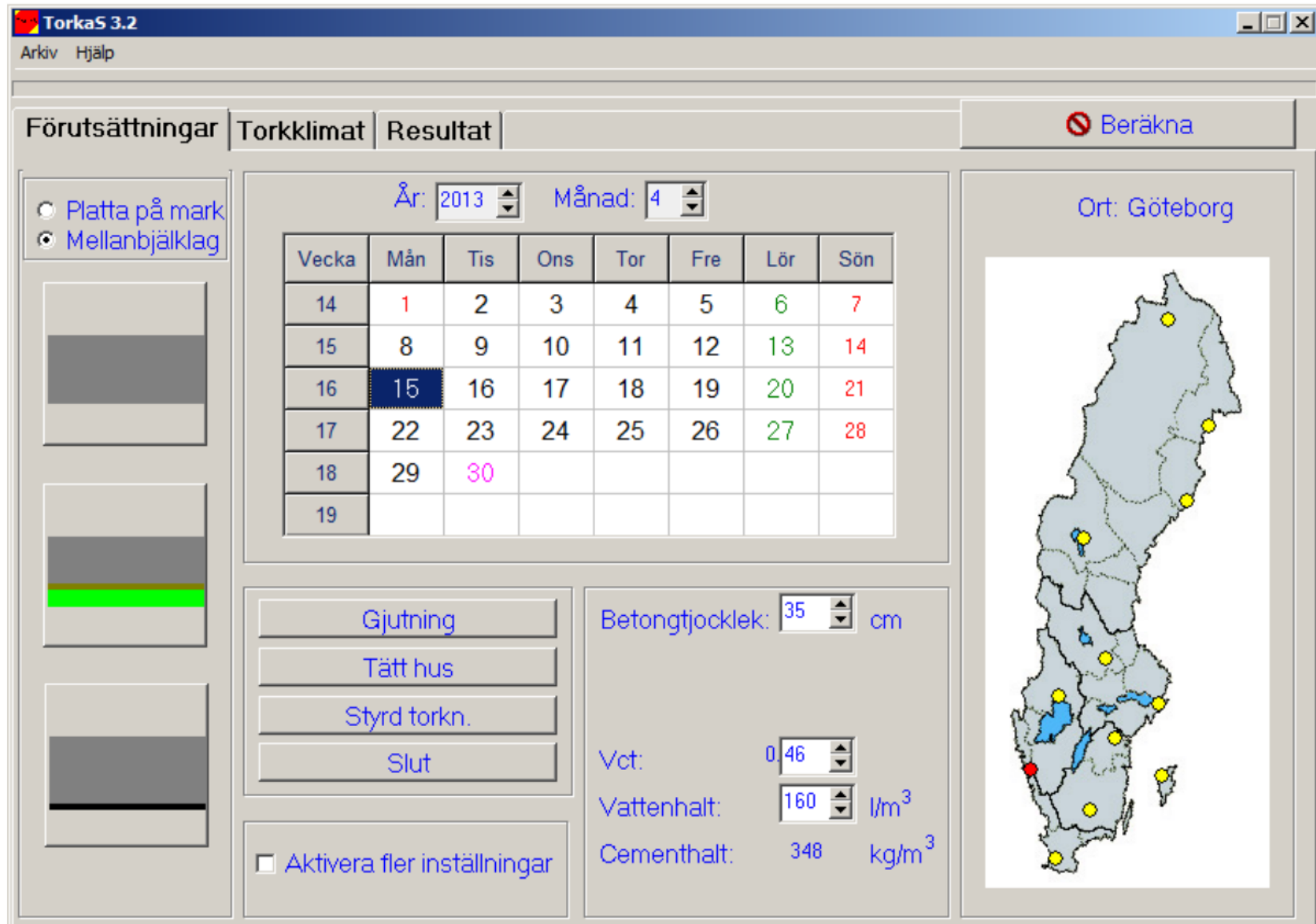
📌 Simulering af udtørringforløb - en balancegang



📌 Udfordringer ift. svind og planhed



## Brug af simuleringsprogrammet Torkas 3.2:



The screenshot shows the Torkas 3.2 software interface. The window title is "Torkas 3.2" and it has a menu bar with "Arkiv" and "Hjälp". The main interface is divided into several sections:

- Förutsättningar** (Assumptions): Includes radio buttons for "Platta på mark" (selected) and "Mellanbjälklag" (unselected).
- Torkklimat** (Drying Climate): Shows "År: 2013" and "Månad: 4". Below is a calendar table with days of the week (Vecka, Mån, Tis, Ons, Tor, Fre, Lör, Sön) and dates from 14 to 19. The date 15 is highlighted.
- Resultat** (Results): Includes a "Beräkna" (Calculate) button.
- Ort: Göteborg** (Location): Shows a map of Sweden with a red dot indicating Göteborg.
- Buttons**: "Gjutning" (Casting), "Tätt hus" (Tight house), "Styrd torkn." (Controlled drying), and "Slut" (End).
- Parameters**: "Betongtjocklek: 35 cm", "Vct: 0,46", "Vattenhalt: 160 l/m<sup>3</sup>", and "Cementhalt: 348 kg/m<sup>3</sup>".
- Options**: A checkbox for "Aktivera fler inställningar" (Activate more settings).

Brug af Torkas er yderligere beskrevet i publikationen: "Selvudtørrende beton til gavn for byggeriet" [Fabriksbetongruppen, 2013]

# Brug af simuleringsprogrammet Torkas 3.2 (resultater):

## Resultat från uttorkningsberäkning med Torkas

Namn: Anders V/C=0,46 Företag: MT Højgaard A/S

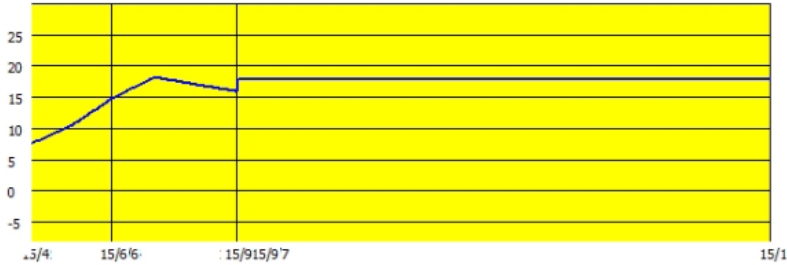
### Förutsättningar

Mellanbjälklag öppet både uppåt och nedåt

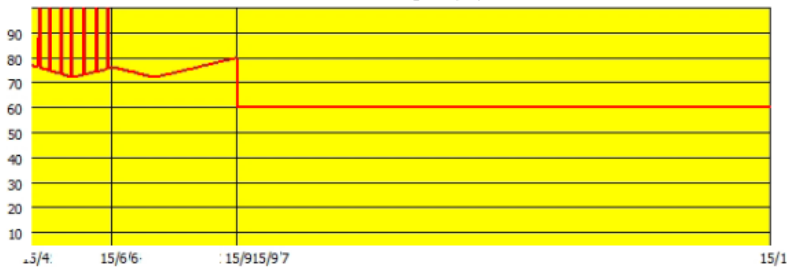
Gjutning: 15/4 2013  
Tätt hus: 15/6 2013  
Torkstart: 15/9 2013  
Slutdatum: 15/10 2014  
Ort: Lund

Tjocklek: 35cm  
Vct: 0,46  
Vattenhalt: 160  
Cementhalt: 348kg/m3

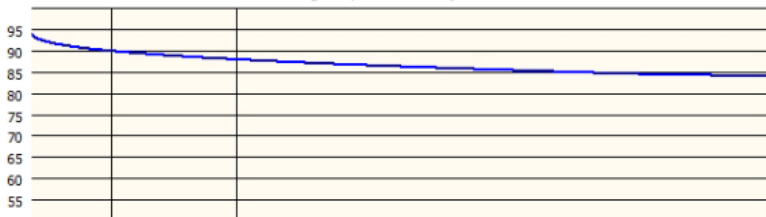
### Torkklimat Temperatur



### Relativ fuktighet (%)



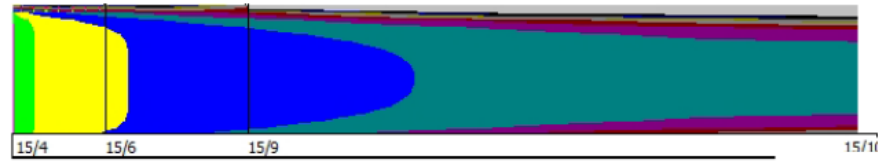
### Resultat från beräkning Relativ fuktighet på 20% av tjockleken



Namn: Anders V/C=0,46

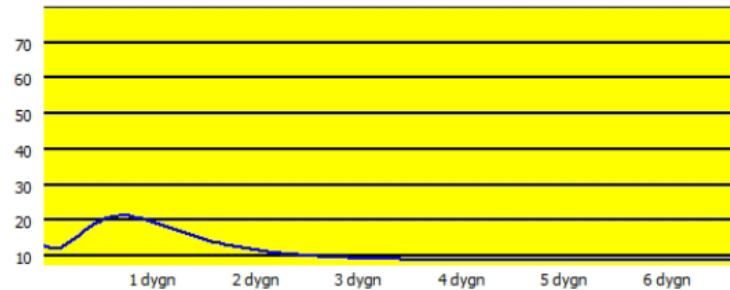
Företag: MT Højgaard A/S

### Relativ fuktighet i betongplattan



100-97,5	97,5-95,0	95,0-92,5	92,5-90,0	90,0-87,5	87,5-85,0
85,0-82,5	82,5-80,0	80,0-77,5	77,5-75,0	75,0-72,5	72,5-70,0
70,0-50,0					

### Temperaturutveckling i betongplattan de första dagarna



### Förutsättningar för temperaturberäkning

Form: Ingen

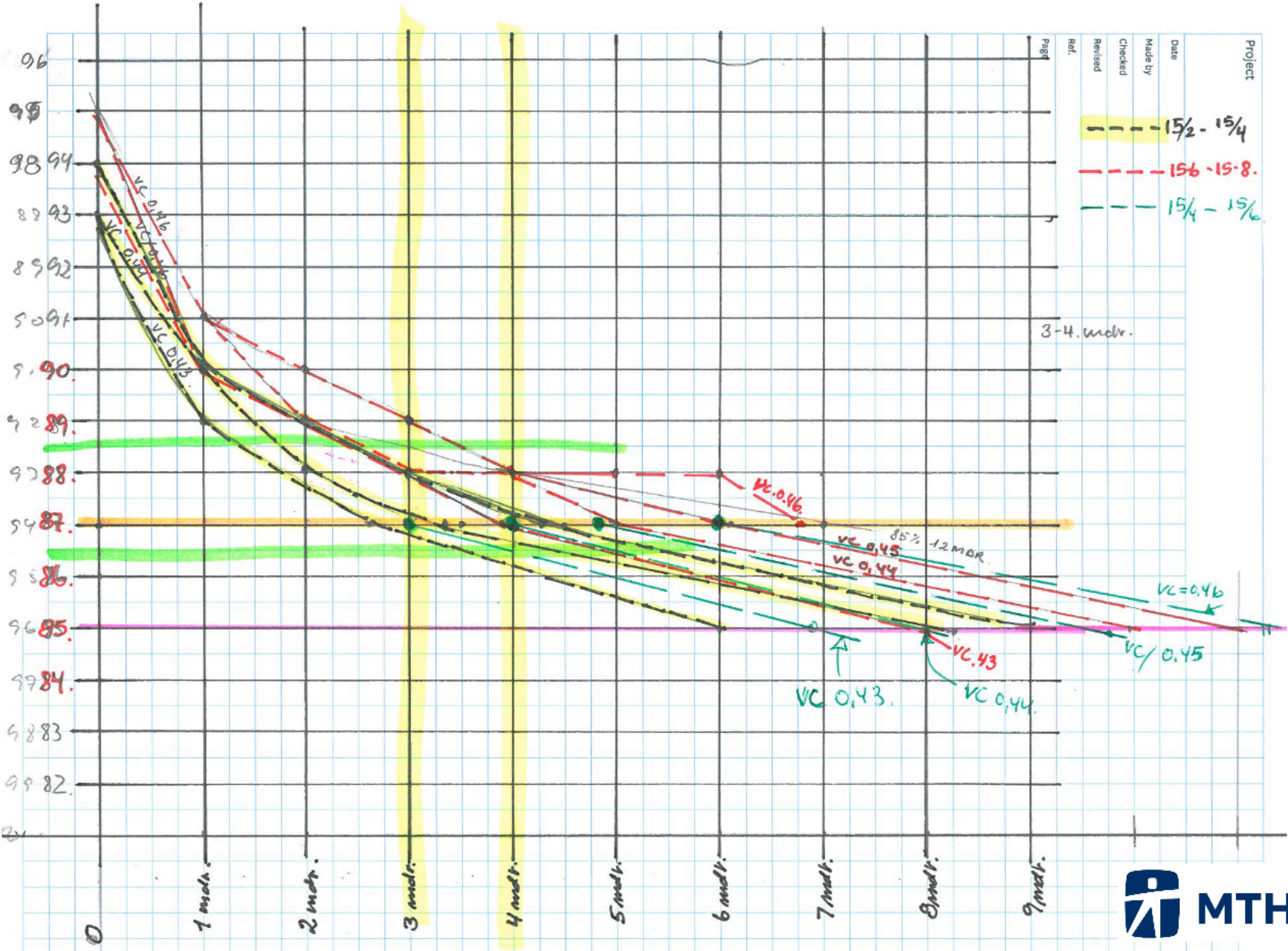
Vindstyrka:

Namn: Anders V/C=0,46 Företag: MT Højgaard A/S

### Relativ fuktighet på 20% av tjockleken

Dag	RF	Dag	RF	Dag	RF	Dag	RF	Dag	RF	Dag	RF
16/4	94	21/6	90	26/8	88	31/10	87	5/1	86	12/3	86
17/4	94	22/6	90	27/8	88	1/11	87	6/1	86	13/3	86
18/4	93	23/6	90	28/8	88	2/11	87	7/1	86	14/3	86
19/4	93	24/6	90	29/8	88	3/11	87	8/1	86	15/3	86
20/4	93	25/6	90	30/8	88	4/11	87	9/1	86	16/3	86
21/4	93	26/6	90	31/8	88	5/11	87	10/1	86	17/3	86
22/4	93	27/6	90	1/9	88	6/11	87	11/1	86	18/3	86
23/4	93	28/6	90	2/9	88	7/11	87	12/1	86	19/3	86
24/4	92	29/6	89	3/9	88	8/11	87	13/1	86	20/3	86
25/4	92	30/6	89	4/9	88	9/11	87	14/1	86	21/3	86
26/4	92	1/7	89	5/9	88	10/11	87	15/1	86	22/3	86
27/4	92	2/7	89	6/9	88	11/11	87	16/1	86	23/3	86
28/4	92	3/7	89	7/9	88	12/11	87	17/1	86	24/3	86
29/4	92	4/7	89	8/9	88	13/11	87	18/1	86	25/3	85
30/4	92	5/7	89	9/9	88	14/11	87	19/1	86	26/3	85
1/5	92	6/7	89	10/9	88	15/11	87	20/1	86	27/3	85
2/5	92	7/7	89	11/9	88	16/11	87	21/1	86	28/3	85
3/5	92	8/7	89	12/9	88	17/11	87	22/1	86	29/3	85
4/5	92	9/7	89	13/9	88	18/11	87	23/1	86	30/3	85
5/5	92	10/7	89	14/9	88	19/11	87	24/1	86	31/3	85
6/5	91	11/7	89	15/9	88	20/11	87	25/1	86	1/4	85
7/5	91	12/7	89	16/9	88	21/11	87	26/1	86	2/4	85
8/5	91	13/7	89	17/9	88	22/11	87	27/1	86	3/4	85
9/5	91	14/7	89	18/9	88	23/11	87	28/1	86	4/4	85
10/5	91	15/7	89	19/9	88	24/11	87	29/1	86	5/4	85
11/5	91	16/7	89	20/9	88	25/11	87	30/1	86	6/4	85
12/5	91	17/7	89	21/9	88	26/11	87	31/1	86	7/4	85
13/5	91	18/7	89	22/9	88	27/11	87	1/2	86	8/4	85
14/5	91	19/7	89	23/9	88	28/11	87	2/2	86	9/4	85
15/5	91	20/7	89	24/9	88	29/11	87	3/2	86	10/4	85
16/5	91	21/7	89	25/9	88	30/11	87	4/2	86	11/4	85
17/5	91	22/7	89	26/9	88	1/12	87	5/2	86	12/4	85
18/5	91	23/7	89	27/9	88	2/12	87	6/2	86	13/4	85
19/5	91	24/7	89	28/9	88	3/12	87	7/2	86	14/4	85
20/5	91	25/7	89	29/9	88	4/12	87	8/2	86	15/4	85
21/5	91	26/7	89	30/9	88	5/12	87	9/2	86	16/4	85
22/5	91	27/7	89	1/10	88	6/12	87	10/2	86	17/4	85
23/5	91	28/7	89	2/10	88	7/12	87	11/2	86	18/4	85
24/5	91	29/7	89	3/10	88	8/12	87	12/2	86	19/4	85
25/5	91	30/7	89	4/10	88	9/12	87	13/2	86	20/4	85
26/5	91	31/7	89	5/10	88	10/12	87	14/2	86	21/4	85
27/5	90	1/8	89	6/10	88	11/12	87	15/2	86	22/4	85
28/5	90	2/8	89	7/10	88	12/12	87	16/2	86	23/4	85
29/5	90	3/8	89	8/10	88	13/12	87	17/2	86	24/4	85
30/5	90	4/8	89	9/10	88	14/12	87	18/2	86	25/4	85
31/5	90	5/8	89	10/10	88	15/12	87	19/2	86	26/4	85
1/6	90	6/8	89	11/10	87	16/12	87	20/2	86	27/4	85
2/6	90	7/8	89	12/10	87	17/12	87	21/2	86	28/4	85
3/6	90	8/8	89	13/10	87	18/12	87	22/2	86	29/4	85
4/6	90	9/8	89	14/10	87	19/12	87	23/2	86	30/4	85
5/6	90	10/8	89	15/10	87	20/12	87	24/2	86	1/5	85
6/6	90	11/8	89	16/10	87	21/12	87	25/2	86	2/5	85
7/6	90	12/8	89	17/10	87	22/12	87	26/2	86	3/5	85
8/6	90	13/8	89	18/10	87	23/12	87	27/2	86	4/5	85
9/6	90	14/8	89	19/10	87	24/12	86	28/2	86	5/5	85
10/6	90	15/8	89	20/10	87	25/12	86	1/3	86	6/5	85
11/6	90	16/8	89	21/10	87	26/12	86	2/3	86	7/5	85
12/6	90	17/8	89	22/10	87	27/12	86	3/3	86	8/5	85
13/6	90	18/8	89	23/10	87	28/12	86	4/3	86	9/5	85
14/6	90	19/8	89	24/10	87	29/12	86	5/3	86	10/5	85
15/6	90	20/8	89	25/10	87	30/12	86	6/3	86	11/5	85
16/6	90	21/8	89	26/10	87	31/12	86	7/3	86	12/5	85
17/6	90	22/8	89	27/10	87	1/1	86	8/3	86	13/5	85
18/6	90	23/8	89	28/10	87	2/1	86	9/3	86	14/5	85
19/6	90	24/8	89	29/10	87	3/1	86	10/3	86	15/5	85
20/6	90	25/8	89	30/10	87	4/1	86	11/3	86	16/5	85

# Brug af simuleringsprogrammet Torkas 3.2 (sammenligning af resultater):





# Praktiske erfaringer ifm. brugen af 'selvudtørrende beton'

📌 Entydige udbudskrav



📌 Tidsplan og bæredygtighed

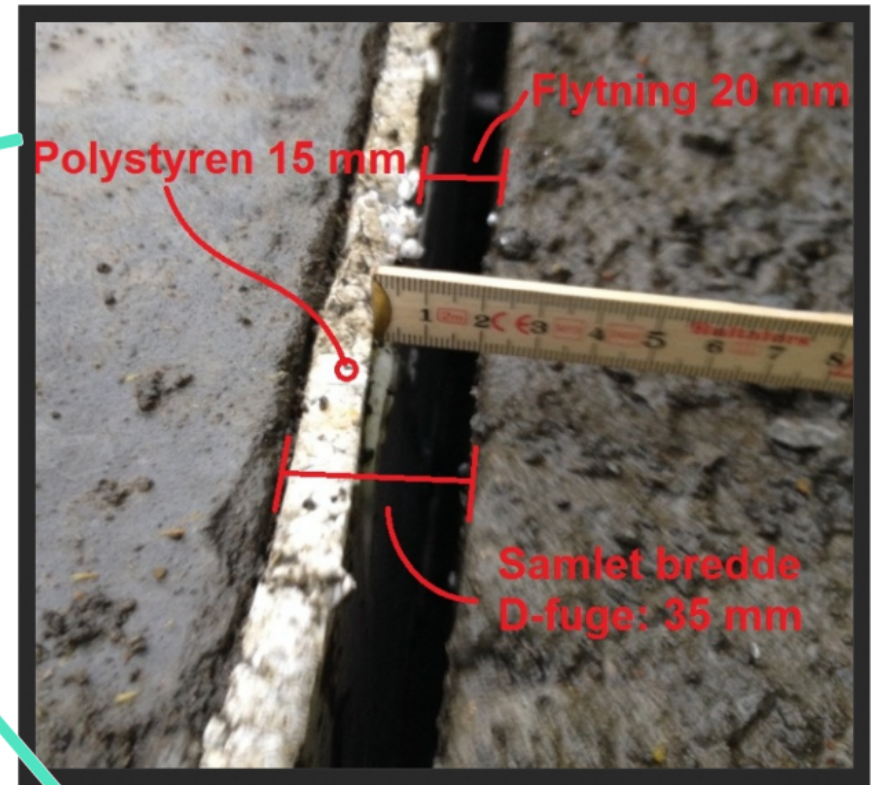
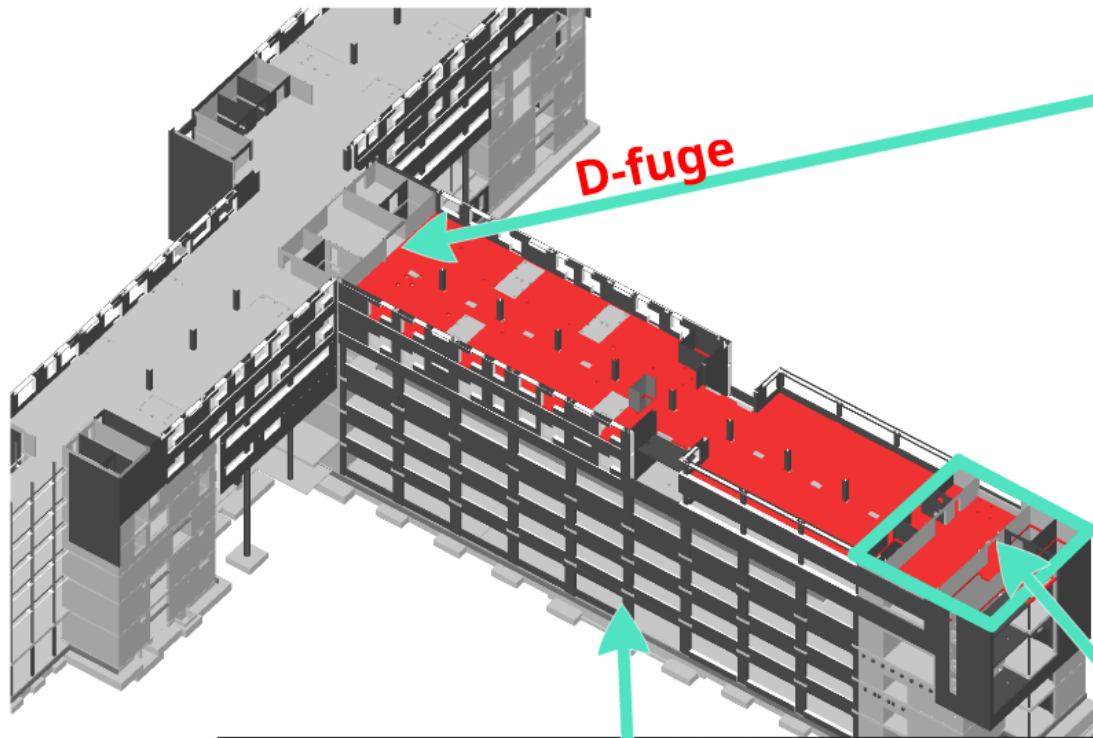


📌 Simulering af udtørringforløb - en balancegang



📌 Udfordringer ift. svind og planhed












**Stabiliserende kerne**

# Tid og byggeproces på DNU

- Udbudstidsplan inkl. betonelementer: 

	<b>Betonkonstruktioner</b>	<b>165 dage</b>	<b>on 21-08-13</b>	<b>fr 11-04-14</b>
	Beton plan 01 inkl dæk over	30 dage	on 21-08-13	ti 01-10-13
	Beton plan 02 inkl dæk over	20 dage	on 02-10-13	ti 29-10-13
	Beton plan 03 inkl dæk over	25 dage	on 30-10-13	ti 03-12-13
	Beton plan 04 inkl dæk over	25 dage	on 04-12-13	fr 10-01-14
	Beton plan 05 inkl dæk over	25 dage	ma 13-01-14	fr 14-02-14
	Beton plan 06 inkl dæk over	20 dage	ma 17-02-14	fr 14-03-14
	Beton plan 07 inkl dæk over	20 dage	ma 17-03-14	fr 11-04-14

- Optimering af:  
forskallings-, armerings- og støbearbejder 
- Diverse proces-fremmende tiltag :

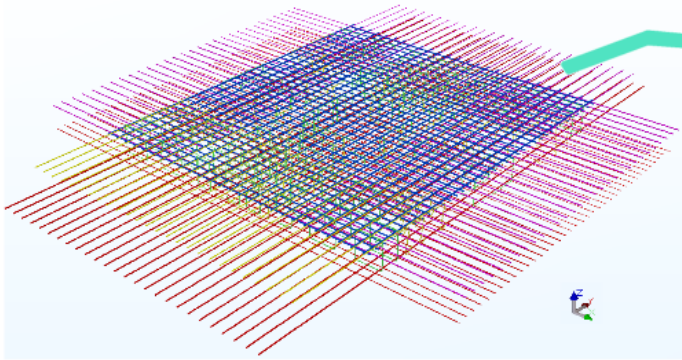


## Forskallingsystem med formborde (større dækflader):



# "Præ"-fabrikerede armeringskurve:

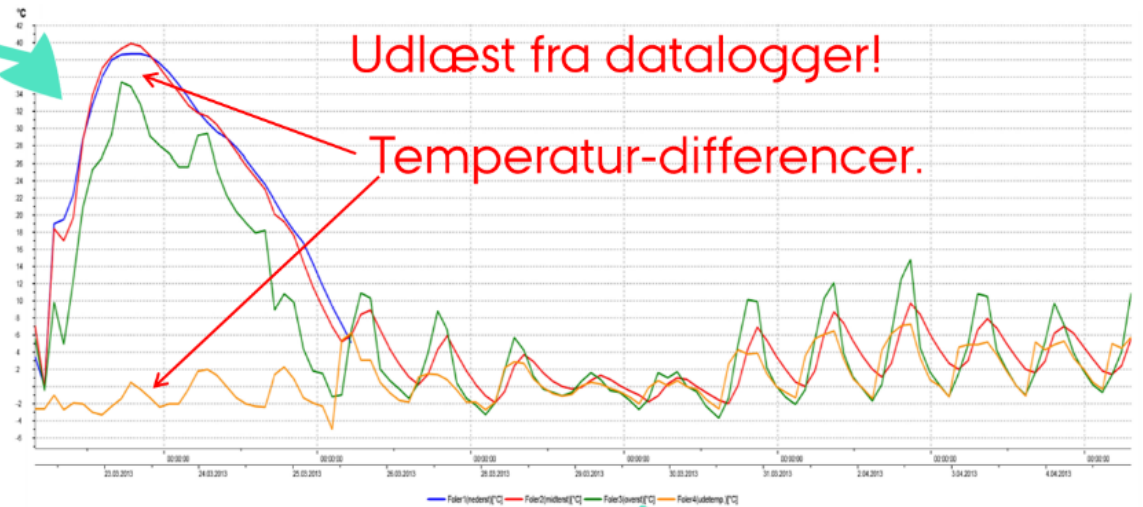
3D-armering af kurve:



# Afforskalling - hurtigst muligt:



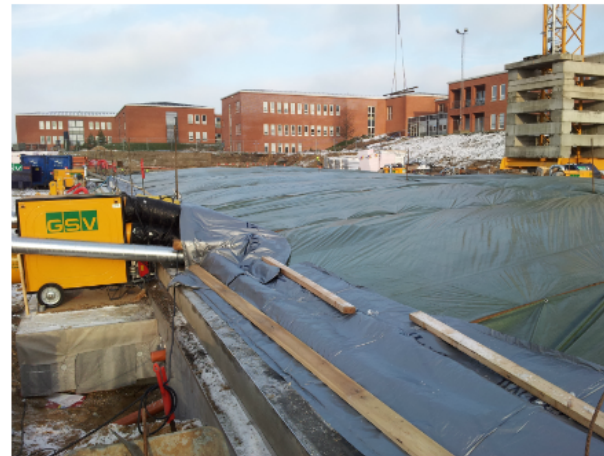
Apparatnavn: BetonmålerID3		05-04-2013 15:34:05		Side	1/1
Starttid: 22-03-2013 07:37:47		Minimum	Maksimum	Middelværdi	Grænseværdier
Sluttid: 05-04-2013 14:37:47	Foler1(nederst) [°C]	0,00	38,70	24,88	-20,0/70,0
Målekanaler: 4	Foler2(midterst) [°C]	-2,00	39,90	9,24	-20,0/70,0
Måleværdier: 115	Foler3(overst) [°C]	-3,70	35,40	6,98	-20,0/70,0
KI: SN 40703208	Foler4(udetemp.) [°C]	-5,00	7,30	0,89	-20,0/70,0



Modenhedsberegning										
Gældende for betonen: M30VC046										
Receptnr.: M30R--EM16LNKN046										
Dato / KI.	Temperatur Bund °C	Temperatur Midte °C	Temperatur Top °C	Gns. Temperatur °C	Gns. temperatur °C	Antal timer Δt	Hærdefaktor H	H × Δt	Sum timer Mz0	Styrke Udvikling Mpa
22-03-2013 07:37:47	3,50	7,10	5,60	6,233				0,0	0,0	-
22-03-2013 10:37:47	0,00	-0,20	-0,50	-0,217	3,0	3	0,23	0,7	0,7	0,00
22-03-2013 13:37:47	19,00	18,40	9,80	17,04	8,4	3	0,43	1,3	2,0	0,11
22-03-2013 16:37:47	19,50	17,00	4,90	15,368	16,2	3	0,81	2,4	4,4	1,17
22-03-2013 19:37:47	22,40	19,70	12,40	18,918	17,1	3	0,86	2,6	7,0	2,93
22-03-2013 22:37:47	28,80	28,60	20,90	27,325	23,1	3	1,16	3,5	10,4	5,42
23-03-2013 01:37:47	32,80	33,90	25,30	32,251	29,8	3	1,56	4,7	15,1	8,46
23-03-2013 04:37:47	36,00	37,00	26,70	35,079	33,7	3	1,85	5,5	20,7	11,44
23-03-2013 07:37:47	38,00	38,40	29,30	36,785	35,9	3	2,03	6,1	26,7	14,12
23-03-2013 10:37:47	38,60	39,30	35,40	38,518	37,7	3	2,18	6,6	33,3	16,46
23-03-2013 13:37:47	38,70	39,90	34,90	38,846	38,7	3	2,28	6,8	40,1	18,47
23-03-2013 16:37:47	38,70	39,60	32,80	38,291	38,6	3	2,27	6,8	47,0	20,14
23-03-2013 19:37:47	38,40	38,50	29,10	36,885	37,6	3	2,18	6,5	53,5	21,52
23-03-2013 22:37:47	37,60	37,10	28,00	35,638	36,3	3	2,06	6,2	59,7	22,66
24-03-2013 01:37:47	36,50	35,60	27,10	34,308	35,0	3	1,95	5,9	65,5	23,61
24-03-2013 04:37:47	35,10	34,20	25,60	32,891	33,6	3	1,84	5,5	71,0	24,43
24-03-2013 07:37:47	33,60	32,70	25,60	31,616	32,2	2	1,74	5,2	76,2	25,13

20 MPa 😊

**"På trods af høj sol, sne og slud,  
så skal betonen støbes ud"**



## Valget af pladsstøbte etagedæk

"Warum warum...?"



1

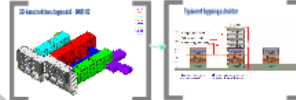
## Fakta om DNU Det Nye Universitetshospital i Aarhus

### Etape N1

- Etageareal: 30.317 m<sup>2</sup>
- In situ beton: 10.314 m<sup>3</sup>
- Søjler: 509 stk.
- Elementvægge: 22.865 m<sup>2</sup>
- Armering/stål: 1.832 tons
- Vinduer: 1.224 m<sup>2</sup>
- Arbejdstimer: 155.400 mh

### Etape N2

- Etageareal: 33.666 m<sup>2</sup>
- In situ beton: 14.443 m<sup>3</sup>
- Søjler: 636 stk.
- Elementvægge: 26.276 m<sup>2</sup>
- Armering/stål: 2.321 tons
- Vinduer: 2.165 m<sup>2</sup>
- Arbejdstimer: 202.020 mh



4

"På trods af høj sol, sne og slud,  
så skal betonen støbes ud"



3

## Praktiske erfaringer ifm. brugen af 'selvdtørrende beton'

- Entydige udbudskrav
- Tidsplan og bæredygtighed
- Simulering af udtørringsforløb - en balancegang
- Udfordringer ift. svind og planhed



2

## Tid og byggeproces på DNU

- Udbudstidsplan inkl. betonelementer:

Betonelementer	165 dage	on 21-08-13	fr 11-04-14
Beton plan 01 inkl dæk over	30 dage	on 21-08-13	il 01-10-13
Beton plan 02 inkl dæk over	20 dage	on 02-10-13	il 29-10-13
Beton plan 03 inkl dæk over	25 dage	on 30-10-13	il 03-12-13
Beton plan 04 inkl dæk over	25 dage	on 04-12-13	fr 10-01-14
Beton plan 05 inkl dæk over	25 dage	ma 13-01-14	fr 14-02-14
Beton plan 06 inkl dæk over	20 dage	ma 17-02-14	fr 14-03-14
Beton plan 07 inkl dæk over	20 dage	ma 17-05-14	fr 11-06-14

- Optimering af:  
forskallings-, armerings- og støbearbejder

- Diverse proces-fremmende tiltag:





# DANSK BETONDAG 2014

Den 18. september 2014, Odense

## Et supersygehus med fremtidssikrede betonkonstruktioner - erfaringer med pladsstøbte etagedæk

v. Produktionsleder  
Anders Ejsing

