Novafos A/S

Lillerød Renseanlæg
Nyt ristehus

A. Konstruktionsdokumentation
A1. Konstruktionsgrundlag

Maj 2022

Udarbejdet til:
Novafos

Udarbejdet af:
EnviDan A/S
Johannes Christoff Tuxen
E-mail: jct@envidan.dk
Direkte tlf.: 20311413
Projektnavn: Lillerød, nyt ristehus
Projektnr.: 1202119

EnviDan

Fuglebækvej 1A, 1. sal • DK-2770 Kastrup • Tlf.: +45 32 50 79 44 • www.envidan.dk • CVR 18 33 43 05

A. Konstruktionsdokumentation

Formål.
Målet med denne konstruktionsdokumentation er at skabe et ensartet og sikkert grundlag for projekteringen af de bærende konstruktioner herunder laster, statiske systemer, snitflader, ansvarsforhold, mv.

Dokumentet udarbejdes i en første version ved projekteringens begyndelse for at klarlægge alle nødvendige oplysninger til brug for bygværkets projektering og udførelse. Den første version vil ligeledes ligge til grund for ansøgning om byggetilladelse.
Er der behov for en løbende opdatering af dokumentet, i forhold til tilretninger, myndighedsforhold e.l. påhviler det den bygværksprojekterende at udføre denne.
I forbindelse med afslutning af byggeriet opdateres dokumentet ligeledes med evt. tilrettelser, og indsendes i sin endelige udgave til de relevante myndigheder i forbindelse med færdigmeldingen.

EnviDan er udpeget som bygværksprojekterende. Den bygværksprojekterende er både hovedansvarlig for projekteringsprocessen og for udarbejdelse af den statiske dokumentation.

Rev.: -
Rev. dato: -

	Navn	Firma	Dato	Underskrift
Udarbejdet af	Johannes Christoff Tuxen	EnviDan	29.03.2022	
Kontrolleret af	Christian Kappel Jeppesen	EnviDan	30.03.2022	
Godkendt af	Erkan Can	EnviDan	04.05.2022	

Indholdsfortegnelse

1. A1. Projektgrundlag Konstruktioner 5
1.1 Bygværket 5
1.1.1 Bygværkets art og anvendelse 5
1.1.2 Konstruktioners art og opbygning 6
1.1.3 Konstruktionsafsnit 6
1.1.4 Udførelse 6
1.1.5 Beskrivelser, modeller og tegninger 7
1.2 Grundlag 7
1.2.1 Normer og standarder 7
1.2.2 Konsekvens – og konstruktionsklasse 7
1.2.3 Sikkerhed 8
1.2.4 IKT-værktøjer 9
1.2.5 Referencer 9
1.3 Forundersøgelser 9
1.3.1 Grunden og lokale forhold 9
1.3.2 Geotekniske forhold 9
1.3.3 Klima og miljøtekniske forhold 9
1.3.4 Eksisterende konstruktioner 9
1.3.5 Tilstødende eksisterende bygværker 10
1.3.6 Tilstødende påtænkte bygværker 10
1.4 Konstruktioner 10
1.4.1 Statisk virkemåde 10
1.4.2 Anvendelseskrav 14
1.4.3 Funktionskrav 15
1.4.4 Robusthed 15
1.4.5 Levetid 15
1.4.6 Brand 15
1.4.7 Udførelse 15
1.4.8 Drift og vedligehold 15
1.4.9 Etc. 15
1.5 Konstruktionsmaterialer 15
1.5.1 Grund og Jord 15
1.5.2 Beton 17
1.5.3 Etc. 18
1.6 Laster 18

1.6.1 Lastkombinationer 19
1.6.2 Lasttilfælde 21
1.6.3 Permanente laster 21
1.6.4 Nyttelaster 22
1.6.5 Naturlaster 22
1.6.6 Geometriske imperfektioner.....28
1.6.7 Ulykkeslaster.....28
1.6.8 Seismisk last 28
1.6.9 Midlertidige laster.....28
1.7 Bilag.....28

1. A1. Projektgrundlag Konstruktioner

Denne konstruktionsdokumentation er opbygget efter principperne i SBI-anvisning 271, 3. udgave.

1.1 Bygværket

1.1.1 Bygværkets art og anvendelse

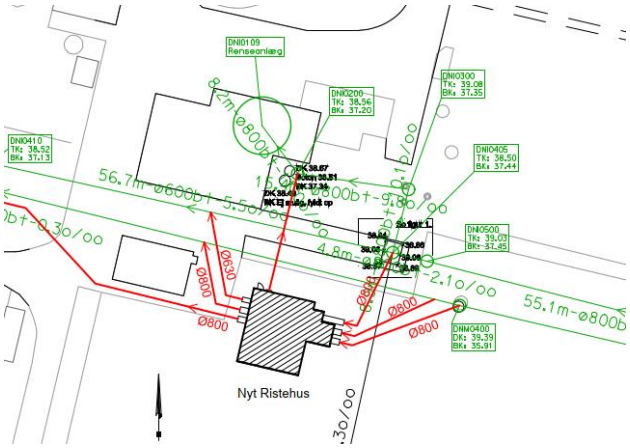
I forbindelse med udvidelsen af Lillerød Renseanlæg opføres en ny ristebygning.

Ristebygningen består af et ristehus over terræn (overbygning) opført i præfabrikerede betonelementer og en delvis kælderkonstruktion under bygningen udført i pladsstøbte betonkonstruktioner.

Grundplan ca. 100 m².

Bygværkets placering fremgår af nedenstående figurer.

Figur 1 Placering af Lillerød renseanlæg, markeret ved 1

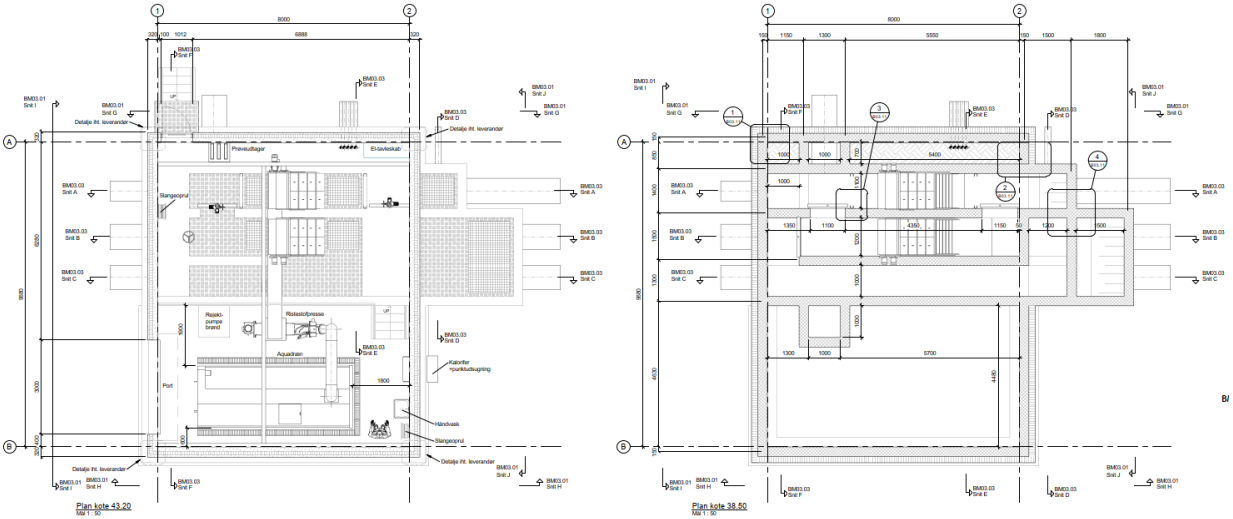


Figur 2 Ristebygningens placering.

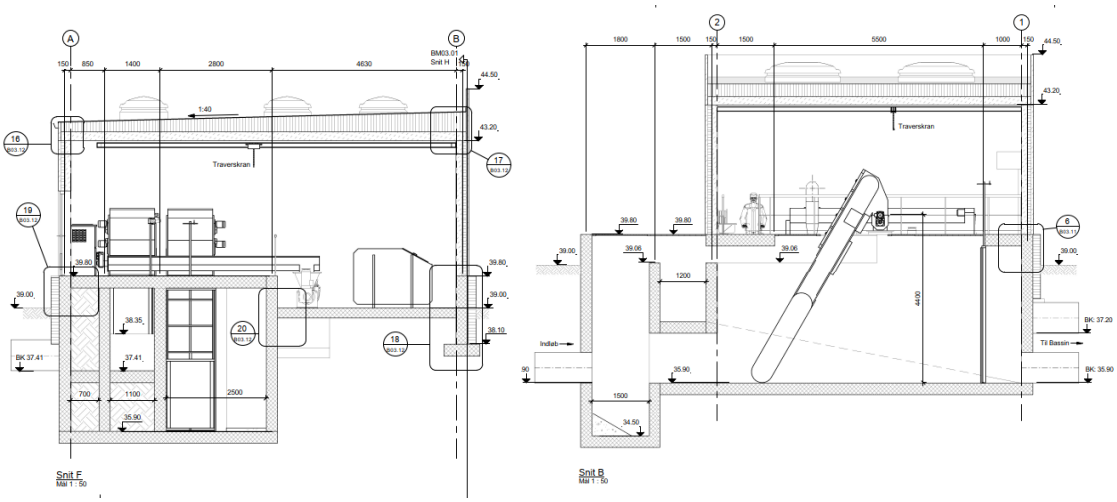
1.1.2 Konstruktioners art og opbygning

Ristehusets tag og vægge udføres i præfabrikerede betonelementer. Kælderen udføres i pladsstøbte betonkonstruktioner. Overbygningen hviler delvis på kælderkonstruktionen og delvis på fundamenter.

Konstruktionernes opbygning og geometri er vist på nedenstående figurer:



Figur 3 Konstruktionsplaner.



Figur 4 Konstruktionssnit.

1.1.3 Konstruktionsafsnit

Bygværket opdeles i følgende konstruktionsafsnit:

1. Kælderkonstruktion inkl. fundamenter og terrændæk i pladsstøbte betonkonstruktioner
2. Ristehus (overbygning) i præfabrikerede betonelementer

1.1.4 Udførelse

Der udgraves til undersiden af kælderkonstruktion og til bæredygtige lag. Der udgraves til terrændækket. Dernæst støbes kælderkonstruktionen og stribefundamenter for væggene.

Der afrettes og indbygges sand, inden der udlægges trykfast isolering og terrændækket støbes.

Der rejses vægelementer og der monteres tagelementer.

Vægge og tag beklædes med isolering og klimaskærm svarende til en frostfri konstruktion.

Tolerancer for byggeriet udføres iht. standard fra Dansk Byggeri: "Hvor går grænsen".

Byggeriet udføres i udførelsesklasse EXC1, jf. DK NA Tabel B5d.

1.1.5 Beskrivelser, modeller og tegninger

Konstruktionerne og kravene til disse, sammenfattes i et projektmateriale bestående af tegninger og arbejdsbeskrivelser.

1.2 Grundlag

1.2.1 Normer og standarder

Anvendte normer iht. Eurocode, som de fremgår af Dansk Standards hjemmeside:

Eurocode 0 – DS/EN 1990:2007 Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner
DK NA:2020

Eurocode 1 – DS/EN 1991-1-1:2007 Last på bærende konstruktioner – Generelle laster – densiteter, egenlast og nyttelast for bygninger
DK NA:2013

DS/EN 1991-1-3:2007 Last på bærende konstruktioner – Snelast
DK NA:2013
DS/EN 1991-1-4:2007 Last på bærende konstruktioner – Vindlast
DK NA:2015

Eurocode 2 – DS/EN 1992-1-1 + AC:2008 Betonkonstruktioner – Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner
DK NA:2021

DS/EN 1992-3:2009 Betonkonstruktioner til opbevaring af væsker og pulvere
DK NA:2010

Eurocode 7 – DS/EN 1997-1:2007 – Geoteknik: Generelle regler
DK NA:2020

1.2.2 Konsekvens - og konstruktionsklasse

Bygværkets overbygning har en højde på ca. 4,5 m over terræn, en bredde på ca. 8,7 m og en længde på ca. 10,3 m. Kælderkonstruktionen har overkant ca. 0,8 m over terræn og nederste underkant ca. 5 m under terræn.

Da bygværkets kælderkonstruktions overkant (loft) er mindre end 1,25 m over det omgivende terræn, medregnes kælderen ikke til bygværkets etageareal iht. nedenstående beskrivelse fra BR18, §455 og 458:

§ 455

Etageareal beregnes ved sammenlægning af bruttoarealerne af samtlige etager, herunder kældre og udnyttelige tagetager samt altanlukninger, udestuer, forbindelsesgange og lignende.

Stk. 2. Rum, der går gennem flere etager, medregnes kun til den etage, i hvilken gulvet er beliggende. Både udvendige og indvendige trapper, trapperum, altangange, installationsskakte og elevatorskakte medregnes dog for hver etage.

Stk. 3. Til etageareal medregnes ikke:

1. Den del af kælderen, hvor det omgivende terræn ligger mindre end 1,25 m under loftet i kælderen.

§ 458

Hver af bygningens etager inklusiv stueetage medregnes i etageantallet, sådan som det fremgår af BBR- registret. Til etageantallet medregnes derudover:

1. Udnyttelige tagetager.
2. Kældre, hvor loftet ligger mere end 1,25 m over terræn.

Da kælderkonstruktions underkant er beliggende mere end 3 m og mindre end 6 m under terræn, kan bygværket henføres til middel konsekvensklasse (CC2) iht. nedenstående beskrivelse fra DS/EN 1990 DK NA:2021 Tabel B1:

Bygningsanvendelse		Største konstruktions-spændvidde [m]			Største højde over/dybde under terræn [m]			Største antal etager over terræn [antal] [a]		
Nr.	Beskrivelse	CC1	CC2	CC3	CC1	CC2	CC3	CC1	CC2	CC3
11	Industri samt lager for varer og maskiner med ophold for mindre end 5 personer eller ubetydelige konsekvenser af svigt, fx landbrug, væksthuse, siloer eller bygninger med få arbejdspladser [e]	40	∞	∞	20/3	30/6	50/9	÷	÷	÷

Bygværket kan henføres til konstruktionsklasse 1 (KK1) iht. nedenstående beskrivelse fra BR18, §489, stk. 1f:

§ 489

Konstruktioner eller konstruktionsafsnit skal indplaceres i en af følgende konstruktionsklasser:

1. Konstruktionsklasse 1 (KK1), som omfatter:

f. Simple og traditionelle konstruktioner eller konstruktionsafsnit, der henregnes til middel konsekvensklasse (CC2), og som indgår i byggeri med et samlet etageareal på højest 150 m² i 1 etage med en spændvidde på højest 12 m. Byggeriet må højest være indrettet til 30 personer, hvor alle personer har mulighed for ved egen hjælp at bringe sig i sikkerhed

Konstruktionerne udføres i normal kontrolklasse.
For geoteknisk kategori henvises til afsnit 1.5.1.

1.2.3 Sikkerhed

Der indregnes ikke yderligere sikkerheder end hvad der er givet af konsekvensklassen, den geotekniske kategori og gældende normer.

1.2.4 IKT-værktøjer

Der er anvendt følgende EDB-programmer:

- Revit.
- Microsoft Office.
- Mathcad Prime 7.

1.2.5 Referencer

- SBI-anvisning 271 – dokumentation og kontrol af bærende konstruktioner.
- Teknisk Ståbi, 25. udgave.
- Betonkonstruktion efter DS/EN 1992-1-1 – lærebog.
- Lærebog i geoteknik.

1.3 Forundersøgelser

1.3.1 Grunden og lokale forhold

Ristebygningen udføres inde på det eksisterende renseanlæg. Ristebygningen udføres i et område mellem eksisterende bygninger. Renseanlægget er indhegnet for offentligheden.

1.3.2 Geotekniske forhold

Der er udført to geotekniske boringer med tilhørende geoteknisk undersøgelsesrapport (bilag 1). I forbindelse med udførelsen af byggeriet skal de forudsatte geotekniske parametre kontrolleres ved geoteknisk tilsyn.

For grundvandsspejl henvises til 1.3.3.

For geotekniske parametre henvises til geoteknisk undersøgelsesrapport udført juni 2021 af GEO, samt nærværende afsnit 1.6.

Bygværket funderes enten direkte på intakte aflejringer, eller på velkomprimeret friktionsjord.

1.3.3 Klima og miljøtekniske forhold

Der er konstateret et vandspejl beliggende 1,8 til 2,2 m under terræn.

Der er ikke registeret forhøjede PID-målinger og jorden kan klassificeres som uforurenet jord i forureningsklasse 0-1.

Da der er truffet vandførende sandlag, forventes det, at udgravningen skal tørholdes ved en grundvandssænkning med sugespidsanlæg. Der afventes en prøvepumpning og rapport (bilag 2) om omfanget af grundvandssænkningen.

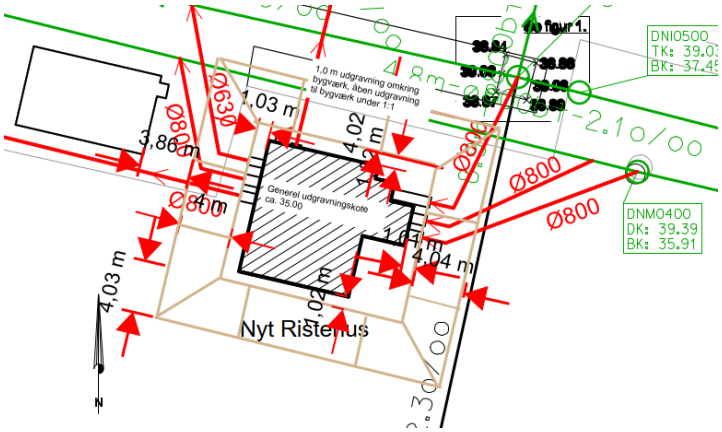
Grundvandssænkningen har også til formål at sikre udgravningen mod bundbrud og instabilitet.

Bygværket regnes med vandspejl i terræn i både opdriftstilstand, anvendelsestilstand (SLS) og brudtilstand (ULS).

1.3.4 Eksisterende konstruktioner

Ristebygningen opføres mellem omkringliggende bygninger og spildevandsledninger. Der skal tages højde for de eksisterende konstruktioner ved udgravning til bygværket.

Udgravningens forventede profil er vist på nedenstående figur:



Figur 5 Princip af udgravning

Der forventes en åben udgravning omkring bygværket med et anlæg som ikke forventes at underminere de omkringliggende bygninger og ledninger.

1.3.5 Tilstødende eksisterende bygværker

Se punkt 1.3.4.

1.3.6 Tilstødende påtænkte bygværker

Ikke aktuel.

1.4 Konstruktioner

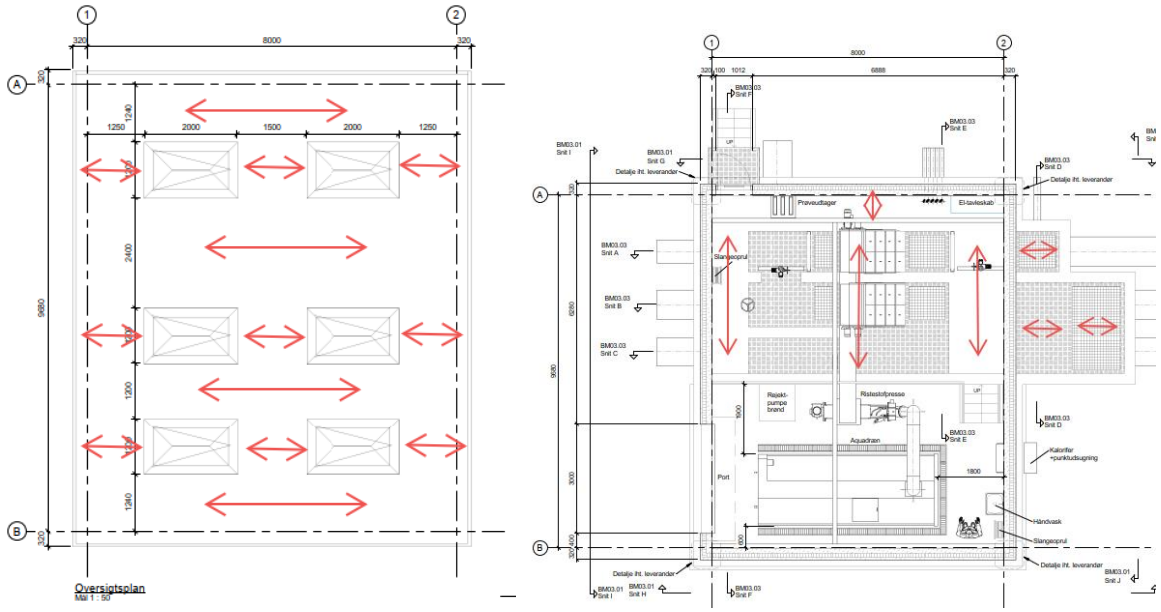
1.4.1 Statisk virkemåde

Lodret lastgang.
Lodrette laster på overbygningen føres via tageelementer til vægelementer, som fører lasterne til fundamenter og til kælderkonstruktionen. Vægelementerne hviler delvist på kælderkonstruktionen og delvist på fundamenter, som føres til frostfri dybde. Lasterne føres dernæst til bundpladen og bæredygtig bund.

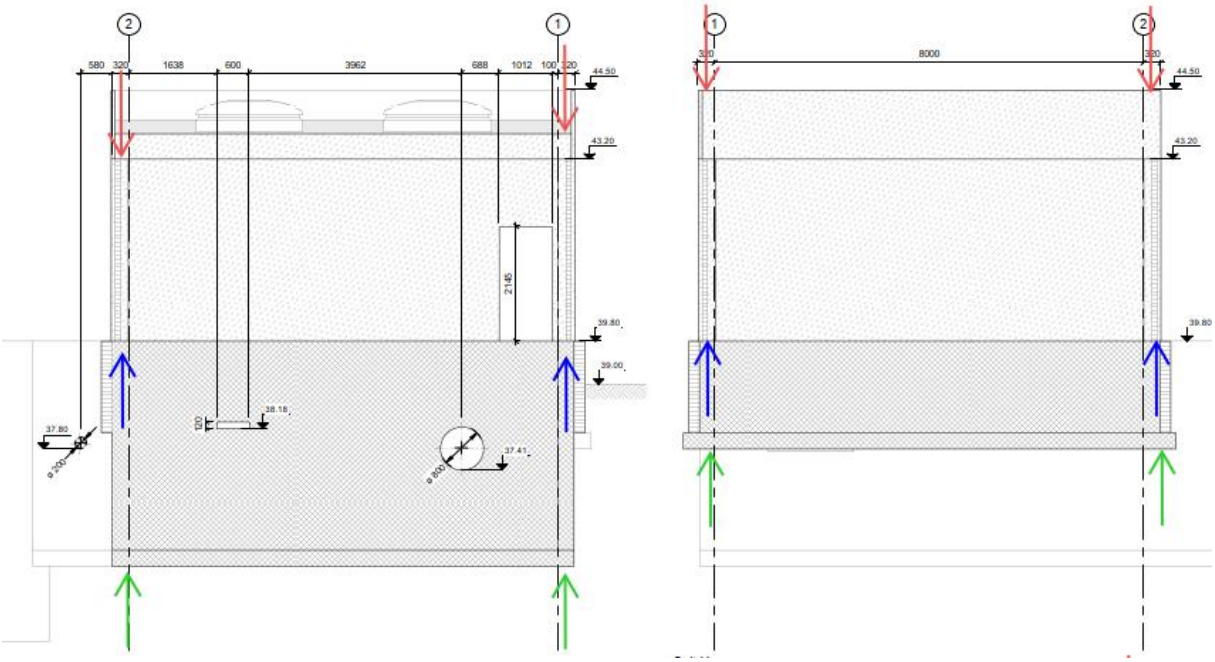
Lodret last på dæk i kote 39.80 (over kælderen) føres via gitterriste og kælderdæk til de indre vægge i kælderkonstruktionen og videre til bundpladen.

Pilenes retning indikerer spændretning. På de lodrette elementer indikerer pilenes retning aktion og reaktion.

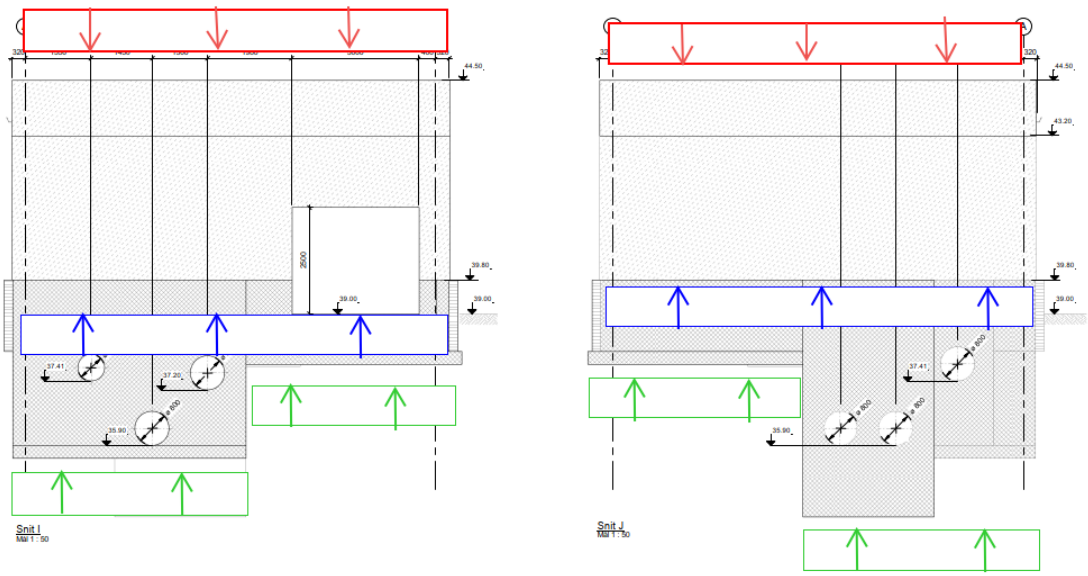
Nedenstående figurer viser lastgangen fra overbygningen og ned til kælderkonstruktionen:



Figur 6 Lastgang – tagelementer og dæk i kote 39.80



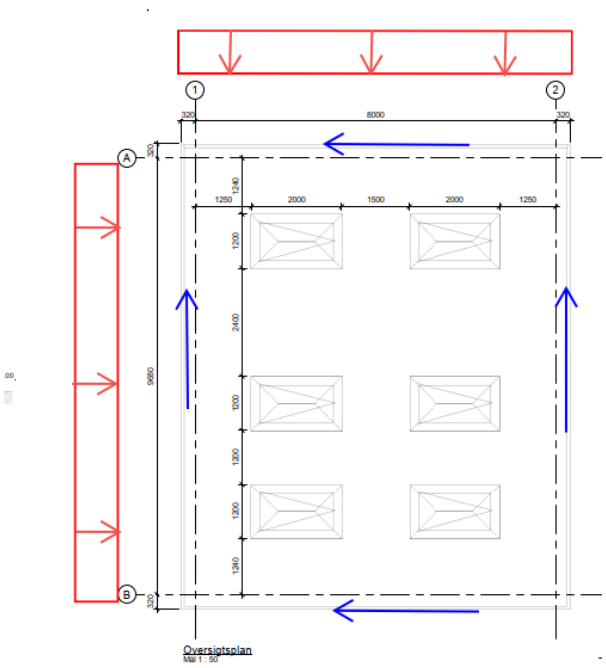
Figur 7 Lastgang – vægelementer – kældervægge – bundplade



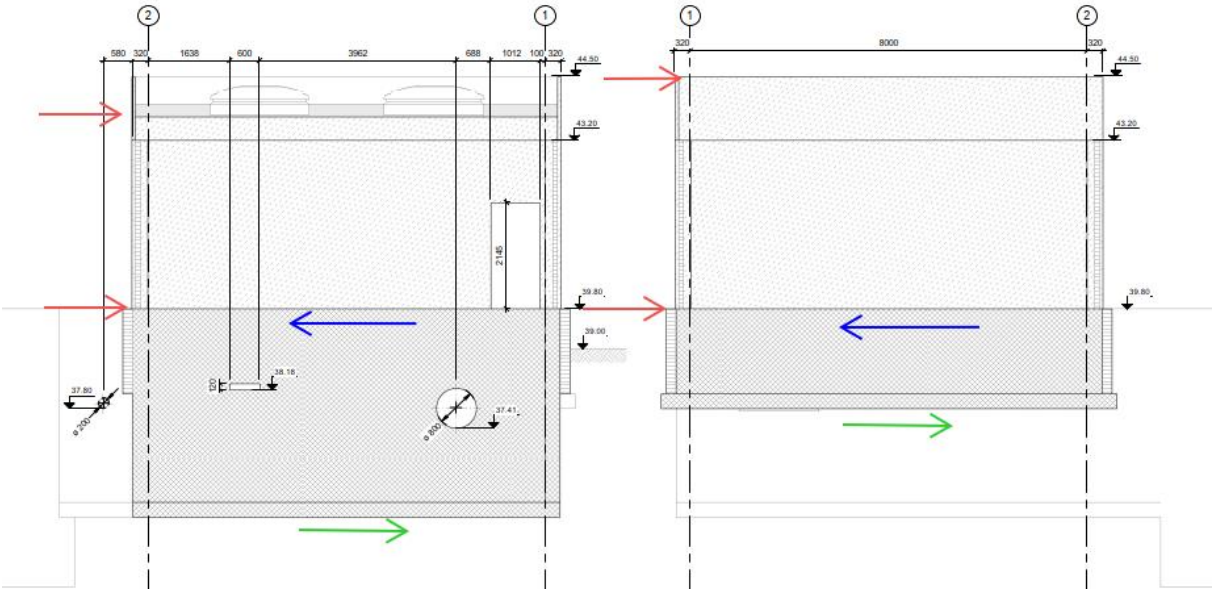
Figur 8 Lastgang - vægelementer - kældervægge - bundplade

Vandret lastgang.
Vandrette laster på overbygningen føres via vægelementer til henholdsvis tagelementer, til terrændæk og til kælderkonstruktionen. Lasten optages som skivevirkning, hvor den føres til de stabiliserende vægelementer og til fundamenter via væggene i kælderkonstruktionen. Vægelementer spænder mellem terrændæk/kælderkonstruktion og tagelementer.

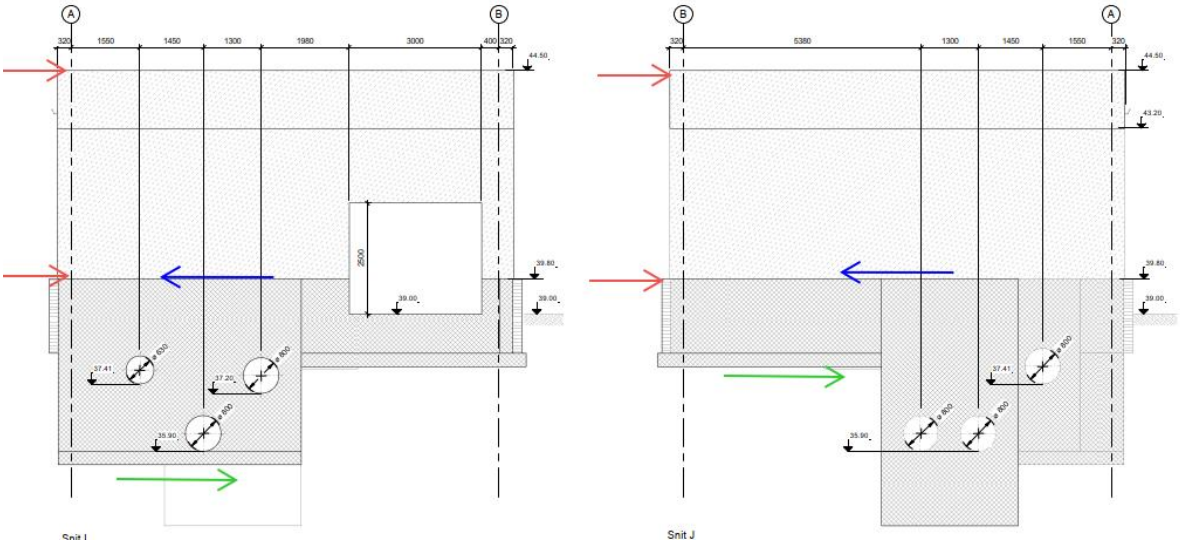
Vandret last på dæk i kote +39.80 (over kælderen) føres via kælderdækket som skivevirkning til de stabiliserende vægge i kælderkonstruktionen.



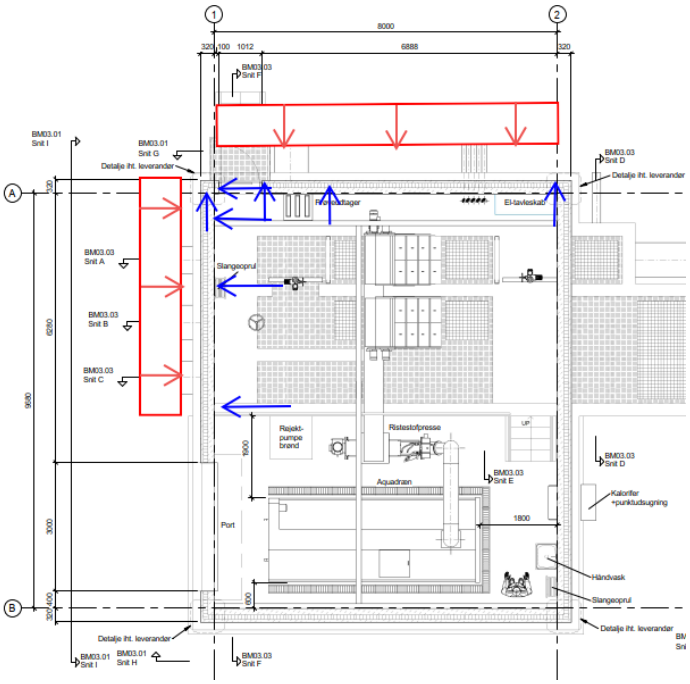
Figur 9 Lastgang på tværs og langs - tagelementer



Figur 10 Lastgang på tværs – vægelementer – kældervægge - bundplade



Figur 11 Lastgang på langs – vægelementer – kældervægge - bundplade



Figur 12 Lastgang på tværs og langs – kælderdæk i kote +39,80

1.4.2 Anvendelseskrav

Stivhedskrav.
Alle nedbøjningsvurderinger undersøges for relevante lastkombinationer.
De maksimale nedbøjninger kan accepteres, hvis de er mindre end de nedenfor angivne.

- Dækkonstruktioner påvirket af kvasipermanente laster, udbøjning < L/250.
- Vægge påvirket af jord og vandtryk, udbøjning < L/400.

Tilladelig nedbøjning af tag – og vægelementer fastsættes af elementleverandør.

Revnevidder.
Nedenstående krav af hhv. æstetiske årsager og korrosionsfare ved store og utilsigtede revner i betonkonstruktioner:

- Æstetiske krav <= 0,3 mm.
- Slap armering.
    - Moderat miljø <= 0,4 mm måsk
    - Aggressivt miljø <= 0,3 mm
    - Ekstra aggressivt <= 0,2 mm

Tilladelige revnevidder for tag – og vægelementer fastsættes af elementleverandør.

Kælderkonstruktionens vægge og dæk regnes med en minimumarmering svarende til en revnevidde på 0,2 mm, da der er risiko for dannelse af svovlbrinte i kælderen.
For vandtætte konstruktioner ilægges i kælderkonstruktionen generelt en minimumarmering for et armeringsforhold iht. DS/EN 1992-1-1 DK NA: 2021 og svarende til:

$$\rho = \sqrt{\frac{\phi f_{ct,eff}}{4E_{sk}kw_k}}$$

1.4.3 Funktionskrav

Der stilles ikke specielle krav til konstruktionerne foruden kravene stillet i afsnit 1.4.2.

1.4.4 Robusthed

Bygværket vurderes at være en robust konstruktion med mindre risiko for svigt og kollaps af både overbygning og kælderkonstruktion. Alle konstruktionselementer sammenbygges efter traditionelle metoder med armerede mekaniske forbindelser med høj styrke og stivhed.

1.4.5 Levetid

Der forventes en levetid for konstruktionen på 50 år, jf. udgangspunkt i normerne.

1.4.6 Brand

Der henvises til bilag 3 for en brandteknisk vurdering.

1.4.7 Udførelse

Der henvises til afsnit 1.1.4.

1.4.8 Drift og vedligehold

I forbindelse med færdigmelding af byggeriet udføres en drift- og vedligeholdelsesmanual for projektet.

1.4.9 Etc.

Ikke aktuel.

1.5 Konstruktionsmaterialer

1.5.1 Grund og Jord

De geotekniske forhold og materialeparametre er beskrevet under punkt 1.4.

Der forudsættes at projektet gennemføres i geoteknisk kategori 2.

De relevante jordparametre fra den geotekniske rapport er indklippet herunder:

Der kan ved dimensioneringen påregnes følgende karakteristiske styrkeparametre, idet bæreevneberegningen skal gennemføres for begge sæt parametre:

- Drænet brud i sand: $\varphi_{pl;k} = 38°$
- Udrænet brud i ler: $c_{u;k} = 130$ kN/m²

For fylden kan der anvendes den effektive rumvægt $\gamma/\gamma' = 16/8$ kN/m³, mens der i de glaciale lag kan regnes med $\gamma/\gamma' = 19/9$ kN/m³ henholdsvis over og under det ved dræn fastholdte grundvandsspejl.

Partialkoefficienter til eftervisning af hhv. ligevægtsgrænsetilstande og brudgrænsetilstande fremgår af de nedenstående udklip fra DS/EN 1997 DK NA: 2020.

A.2 Partialkoefficienter til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstande (EQU)

(1)P Partialkoefficienter (γ) og konsekvensfaktorer (K_{FI}) er angivet i tabel A.2-1 NA.

(2)P Til eftervisning af ligevægtsgrænsetilstanden (EQU) skal anvendes de i tabel A.2-1 NA angivne partialkoefficienter for last (γ_F) og for jordparametre (γ_M).

Tabel A.2-1 NA Partialkoefficienter for EQU-dimensionering

Partialkoefficienter for last			γ_F	
Permanent last	Tyngde, generelt [1]	Ugunstig	$\gamma_{G;dst}$	$1{,}1 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner [2]	Ugunstig	$\gamma_{G;dst}$	$1{,}1 \cdot K_{FI}$
		Gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1{,}5 \cdot K_{FI}$
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1{,}5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
Trafik-last Broer[3]	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	$1{,}4 \cdot K_{FI}$[5]
	Ikke-dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	$1{,}4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$
Partialkoefficienter for jordparametre			γ_M	
Friktionsvinkel [7]			γ_φ	1,2
Effektiv kohæsion			$\gamma_{c'}$	1,2
Udrænet forskydningsstyrke			γ_{cu}	1,8
Simpel trykstyrke			γ_q	1,8
Rumvægt			γ_γ	1,0

1) Konstruktionslast, der omfatter alle former for permanent egenlast, se 2.1 i DS/EN 1991-1-1
2) Last fra tyngde af jord og (grund)vand, der påvirker den geotekniske konstruktion som geoteknisk last, se 1.5.2.1 i DS/EN 1997-1 og A.3.1(2)P, NOTE i DS/EN 1997-1 DK NA:2019
3) For trafiklast på anlægskonstruktioner (fx bane- og vejdæmninger, kajer m.m.) gælder samme partialkoefficienter som for broer
5) For tunge særtransporter på spor (SW/2): $1{,}2 \cdot K_{FI}$ hhv. 1,2
7) Den angivne partialkoefficient gælder for tan φ

Tabel A.3-1 NA Partialkoefficienter for STR/GEO-dimensionering: Direkte fundering, jordtryk og stabilitet

Dimensioneringsmetode				**3**				
Grænsetilstand				**STR/GEO**				**STR**
Lastkombination				**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Partialkoefficienter for last ref. ligning (2.6a) [8]			γ_F	**A1* eller A2†**				
Permanent last [6]	Tyngde, generelt [1]	Ugunstig	$\gamma_{G,sup}$	$1{,}2 \cdot K_{FI}$ [4]	$1{,}0 \cdot K_{FI}$	$1{,}2$ [4]	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G,inf}$	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
	Tyngde af jord og (grund)vand, geotekniske konstruktioner [2]	Ugunstig	$\gamma_{G,sup}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Gunstig	$\gamma_{G,inf}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1{,}5 \cdot K_{FI}$	0	1,5	0
	Øvrige	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1{,}5 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1{,}5 \cdot \psi_0$	0
Trafik last Broer [3]	Dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,1}$	0	$1{,}4 \cdot K_{FI}$ [5]	0	1,4 [5]	0
	Ikke-dominerende	Ugunstig	$\gamma_{Q,i}$	0	$1{,}4 \cdot \psi_0 \cdot K_{FI}$	0	$1{,}4 \cdot \psi_0$	0
Partialkoefficienter for jordparametre ref. ligning (2.7a)			γ_M [9]	**M2**				
Friktionsvinkel [7]			γ_φ	1,2		$1{,}2 \cdot K_{FI}$		1,0
Effektiv kohæsion			$\gamma_{c'}$	1,2		$1{,}2 \cdot K_{FI}$		1,0
Udrænet forskydningsstyrke			γ_{cu}	1,8		$1{,}8 \cdot K_{FI}$		1,0
Simpel trykstyrke			γ_q	1,8		$1{,}8 \cdot K_{FI}$		1,0
Rumvægt			γ_γ	1,0		1,0		1,0
Partialkoefficienter for modstandsevne ref. ligning (2.7b)			γ_R [9]	**R3**				
Direkte fundering			γ_b	-		-		-
Jordtryk og stabilitet			$\gamma_{R,e}$	-		-		-
Faktor på partialkoefficient for styrkeparametre og bæreevne for konstruktionsmaterialer jf. DS/EN 1992 – DS/EN 1996 og DS/EN 1999			γ_0	1,0	1,0	K_{FI}	K_{FI}	$1{,}2 \cdot K_{FI}$ [4]

1) Konstruktionslast, der omfatter alle former for permanent egenlast, se 2.1 i DS/EN 1991-1-1
2) Last fra tyngde af jord og (grund)vand, der påvirker den geotekniske konstruktion som geoteknisk last, se 1.5.2.1 i DS/EN 1997-1 og A.3.1(2)P, NOTE i DS/EN 1997-1 DK NA:2019
3) For trafiklast på anlægskonstruktioner (fx bane- og vejdæmninger, kajer m.m.) gælder samme partialkoefficienter som for broer

Side 17 af 41 DS EN 1997-1 DK NA 2020_ver_2020-06-01

1.5.2 Beton

Der anvendes beton- og armeringstyper iht. DS/EN 1992-1-1 NA: 2021.

Der anvendes nedenstående partialkoefficienter i forbindelse med brudgrænsetilstande: (udklip fra DS/EN 1992-1-1 DK NA:2021).

Tabel 2.1Na NA - Partialkoefficienter for materialer i brudgrænsetilstande ved vedvarende og midlertidige dimensioneringstilstande

Konstruktioner, alment	
Betons trykstyrke og E-modul i armeret beton	$\gamma_c = 1{,}45\ \gamma_0\ \gamma_3$
Betons trykstyrke og E-modul i uarmeret beton[3)]	$\gamma_c = 1{,}60\ \gamma_0\ \gamma_3$
Betons trækstyrke[4)]	$\gamma_c = 1{,}70\ \gamma_0\ \gamma_3$
Slap armerings styrke	$\gamma_s = 1{,}20\ \gamma_0\ \gamma_3$
Spændarmerings styrke	$\gamma_s = 1{,}20\ \gamma_0\ \gamma_3$
Præfabrikerede elementer, beregning[1)]	
Betons trykstyrke og E-modul i armeret beton	$\gamma_c = 1{,}40\ \gamma_0\ \gamma_3$
Betons trykstyrke og E-modul i uarmeret beton[3)]	$\gamma_c = 1{,}55\ \gamma_0\ \gamma_3$
Betons trækstyrke[4]	$\gamma_c = 1{,}60\ \gamma_0\ \gamma_3$
Slap armerings styrke	$\gamma_s = 1{,}20\ \gamma_0\ \gamma_3$
Spændarmerings styrke	$\gamma_s = 1{,}20\ \gamma_0\ \gamma_3$
Præfabrikerede elementer, funktionsprøvning[1)]	
Funktionsprøvning med sejt brud[2)]	$\gamma_M = 1{,}20\ \gamma_0\ \gamma_3$
Funktionsprøvning med skørt brud	$\gamma_M = 1{,}40\ \gamma_0\ \gamma_3$

Betonkonstruktioner henføres til følgende miljøpåvirkninger:
Fundamenter: Moderat miljøpåvirkning.
Terrændæk og kælderkonstruktion: Aggressiv miljøpåvirkning.
Betonelementer: Moderat miljøpåvirkning.

Konstruktionerne henføres til normal kontrolklasse (γ_3 = 1,0).

Miljøpåvirkninger og mindste dæklag henføres til Tabel 4.4N i DS/EN 1992-1-1 DK NA 2021:

Tabel 4.4N NA – Krav til minimumdæklag, $c_{min,dur}$, med hensyn til holdbarhed af slapt armeringsstål i overensstemmelse med DS/EN 10080

Eksponeringsklasser	Minimumdæklag mm
XD2, XD3, XS3 (ekstra aggressiv miljøpåvirkning)	40 mm
XD1, XS1, XS2 (aggressiv miljøpåvirkning)	30 mm
XC2, XC3, XC4 (moderat miljøpåvirkning)	20 mm
X0, XC1 (passiv miljøpåvirkning)	10 mm

Armering udføres som ribbestål "Y-stål" klasse B550:

- Flydespænding: f_{yk} = 550 MPa.

Armering og beton i betonelementer fastsættes og projekteres af elementleverandør.

1.5.3 Etc.

Ikke aktuel.

1.6 Laster

Alle laster er karakteristiske og i henhold til DS/EN 1991, samt nationalt anneks.

1.6.1 Lastkombinationer

Brudgrænsetilstand (STR/GEO), EQU og UPL:
Lastkombinationer jf. DS/EN 1990 DK NA, tabel A1.2(A)

Grænsetil-stand			EQU / UPL	UPL
Lastkombina-tion			**(6.10) -1**	***(6.10) -2**
Permanent last	Permanent egenlast	Ugunstig	*1,1 x K_{fi}*	*1,0 x K_{fi}*
		Gunstig	0,9	1,0
	Tyngde af jord og (grund) vand, geotekniske konstruk-tioner	Ugunstig	*1,1 x K_{fi}*	*1,05 x K_{fi}*
		Gunstig	*0,9*	*1,0*
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	*1,5 x K_{fi}*	*1,5 x K_{fi}*
	Øvrige	Ugunstig	*1,5* x ψ_0 x K_{fi}	*1,5* x ψ_0 x K_{fi}
Kommentar:			Max opdrift	Max opdrift

*(6.10) -2 anvendes kun hvor et vandtryk er sikret ved overløbsarrangement.

Lastkombinationer jf. DS/EN 1990 DK NA, tabel A1.2(B+C)

Grænsetilstand			STR / GEO		STR
Lastkombination			**(6.10a)**	**(6.10b) -2**	**(6.10a) -5**
Permanent last	Permanent egen-last	Ugunstig	*1,2 x K_{fi}*	*1,0 x K_{fi}*	*1,0*
		Gunstig	*1,0*	*0,9*	*1,0*
	Tyngde af jord og (grund) vand, geotekniske kon-struktioner	Ugunstig	*1,0*	*1,0*	*1,0*
		Gunstig	*1,0*	*1,0*	*1,0*
Variabel last	Dominerende	Ugunstig	*0*	*1,5 x K_{fi}*	*0*
	Øvrige	Ugunstig	*0*	*1,5 x ψ_0 x K_{fi}*	*0*
Konstruktions-materialer			*1,0*	*K_{fi}*	*1,2 x K_{fi}*
Jordparametre			*1,0*	*K_{fi}*	*1,0*
Kommentar:			Domine-rende egenlast	Domine-rende varia-bel last	Dominerende jord – og vandtryk for geoteknis-ke konstruktioner

Bygværket gennemregnes for dominerende variabel last for hhv. dominerende nyttelast, snelast og vindlast i lastkombination 2 (6.10b) samt gældende for kælderkonstruktion som en geoteknisk konstruktion med γ_0 = 1,2 x K_{fi} i lastkombination 5 (6.10a).

Lastkombinationerne er vist i nedenstående tabel:

	Ugunstig permanent last G_k	*Gunstig permanent last G_k*	*Vindlast v_k*	*Snelast s_k*	*Nyttelast 1 $Q_{k,1}$*	*Nyttelast 2 $Q_{k,2}$*	*Kommentar*
STR/GEO							
(6.10b) -2V	*1,0 K_{fi}*	*0,9*	*1,5 K_{fi}*	*0*	*1,5xψ_o K_{fi}*	*1,5xψ_o K_{fi}*	***max V***
(6.10b) -2S	*1,0 K_{fi}*	*0,9*	*1,5x0,3 K_{fi}*	*1,5 K_{fi}*	*1,5xψ_o K_{fi}*	*1,5xψ_o K_{fi}*	***max S***
(6.10b) -2Q	*1,0 K_{fi}*	*0,9*	*1,5x0,3 K_{fi}*	*1,5x0,3 K_{fi}*	*1,5x$a_{n,1}$ K_{fi}*	*1,5x$a_{n,2}$ K_{fi}*	***max Q***
(6.10b) -2V1	*1,0 K_{fi}*	*0,9*	*1,5 K_{fi}*	*0*	*1,5xψ_o K_{fi}*	*1,5xψ_o K_{fi}*	***max V, min G***
(6.10a) -5	*1,0*	*1,0*	*0*	*0*	*0*	*0*	***Jord - og vandtryk***

Tilhørende ψ-værdier fremgår af nedenstående:

Last	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nyttelast i bygninger, se DS/EN 1991-1-1			
Kategori A: arealer til boligformål	0,5	0,3	0,2
Kategori B: kontorarealer	0,6	0,4	0,2
Kategori C: større forsamlingsarealer	0,6	0,6	0,5
Kategori D: butiksarealer	0,6	0,6	0,5
Kategori E: erhverv og lagerarealer	0,8	0,8	0,7
Kategori F: trafikarealer, bruttovægt ≤ 30 kN	0,6	0,6	0,5
Kategori G: trafikarealer, 30 kN < bruttovægt ≤ 160 kN	0,6	0,4	0,2
Kategori H: tage	0	0	0
Snelast			
Ved kombination med dominerende nyttelast kategori E eller med dominerende temperaturlast	0,6	0,2	0
Ved kombination med dominerende vindlast	0	0	0
ellers	0,3	0,2	0
Vindlast			
Ved kombination med dominerende nyttelast kategori E	0,6	0,2	0
ellers	0,3	0,2	0
Temperaturlast	0,6	0,5	0

Anvendelsesgrænsetilstande:

	Egenlast G_k	*Vindlast v_k*	*Snelast s_k*	*Nytte-last 1 $Q_{k,1}$*	*Nyttelast 2 $Q_{k,2}$*	*Kommentar*
(6.14b) V	*1,0*	*1,0*	*ψ_o*	*ψ_o*	*ψ_o*	***max V***
(6.14b) S	*1,0*	*ψ_o*	*1,0*	*ψ_o*	*ψ_o*	***max S***
(6.14b) Q	*1,0*	*ψ_o*	*ψ_o*	*1,0*	*ψ_o*	***max Q***

1.6.2 Lasttilfælde

Herunder angives relevante lastkombinationer for hver konstruktionsdel. Kritiske angivet med fed.

	Lastkombination
Kælderkonstruktion	***(6.10b) -2V, (6.10b) -2Q, (6.10a) -5***
Fundamenter	***(6.10b) -2V, (6.10b) -2Q, (6.10a) -5***
Terrændæk	***(6.10b) -2Q***
Tag - og vægelementer	***(6.10b) -2V, (6.10b) -2Q***
Hovedstabilitet	***(6.10b) -2V, (6.10b) -2Q, (6.10a) -5***

1.6.3 Permanente laster

Egenlast: Alle nedenstående laster er langtidslaster og optræder statisk:

Konstruktionsdel	Beskrivelse	Fri	Bun den	Karakteri-stisk last [kN/m²]	Sum [kN/m²]	Note
Tagelementer (Anslåede tykkelser og egenvægt)	220 mm betonelement		X	3,8	**5,8**	
	Tagdækning (isolering og tagpap)		X	0,5		
	Ovenlys		X	0,5		
	Indvendig loftbeklæd-ning		X	0,5		
	Installationer	X		0,5		
Vægelementer (Anslåede tykkelser og egenvægt)	150 mm betonelement		X	3,6	**5,4**	
	200 mm Isolering		X	0,3		
	70 mm klimaskærm		X	1,7		

Kælderkonstruktion	300 mm betonvægge, betondæk og beton-bundplader		X	7,2	**7,2**	
Terrændæk	250 mm betondæk		X	6,0	**6,0**	

1.6.4 Nyttelaster

Der regnes med nedenstående nyttelaster:

- Nyttelast på terrændæk 7,5 kN/m^2
- Nyttelast på riste og dæk over kælderkonstruktion 7,5 kN/m^2
- Nyttelast på terræn 10 kN/m^2
- *Nyttelast fra traverskrav 20 kN

*Traverskran monteres i dækelementer med skinnesystem. Dækelementer skal regnes med en punktlast på 28 kN per ophæng vilkårligt placeret i dækelementerne.

1.6.5 Naturlaster

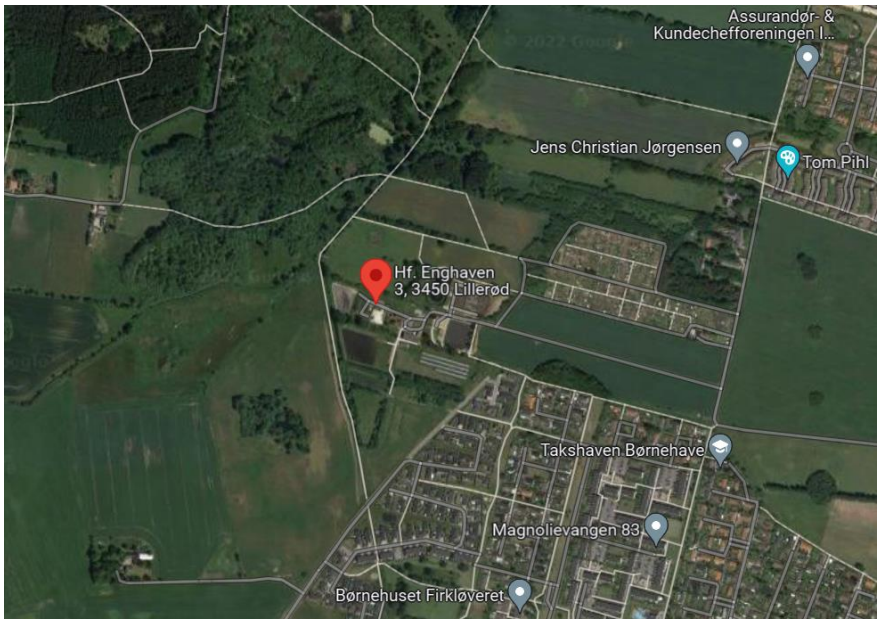
Vindlaster.

Vindlast regnes som bunden, statisk last.

Basisvindhastighed v_b = 24 m/s.

Retningsfaktor og årstidsfaktorer regnes begge lig 1,0.

Landskabet omkring bygværket fremgår af nedenstående figur:



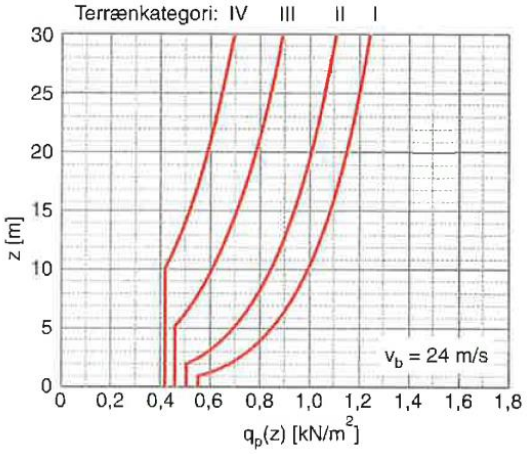
Figur 13 Landskabet omkring bygværket

Mod syd og øst består landskabet hovedsagelig af tæt bebyggelse og en blanding af bebyggelse og åbne arealer. Mod vest og nord består landskabet hovedsagelig af åbne arealer med skov og marker. Bygværket henføres til den overvejende og mest kritiske landsskabsform svarende til terrænkategori II.

Terrænkategori II, z_0 = 0,05 m, z_{min} = 2 m.

Bygværkets højde over terræn, h = 4,5 m.

For fladt terræn kan hastighedstrykket aflæses på nedenstående figur:



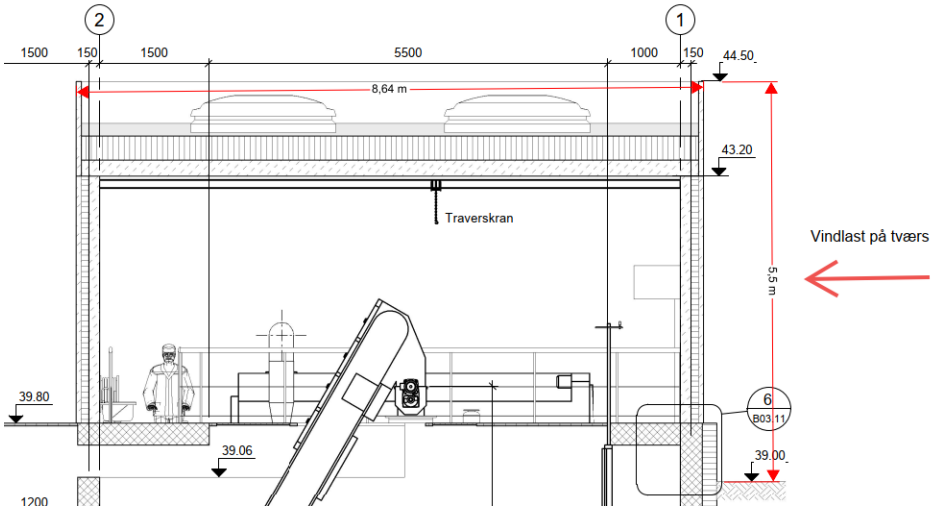
Figur 14 Kurver for aflæsning af peak hastighedstryk fra DS/EN 1991-1-4

Peakhastighedstryk q_p = <u>0,70 kN/m^2</u>

<u>Indvendigt vindtryk.</u>
Da åbningsarealet af siden med den største åbning (port), er ca. 2 gange åbningsarealet for resten (en dør) iht. EC1-4 7.2.9.(5), er denne den dominerende side, hvorfor der regnes med indvendigt vindtryk og - sug på hhv.

$c_{pi.tryk}$ = 0,75 x +0,8 = +0,6
$c_{pi.sug}$ = 0,75 x -0,5 = -0,4

Vindlast på tværs.



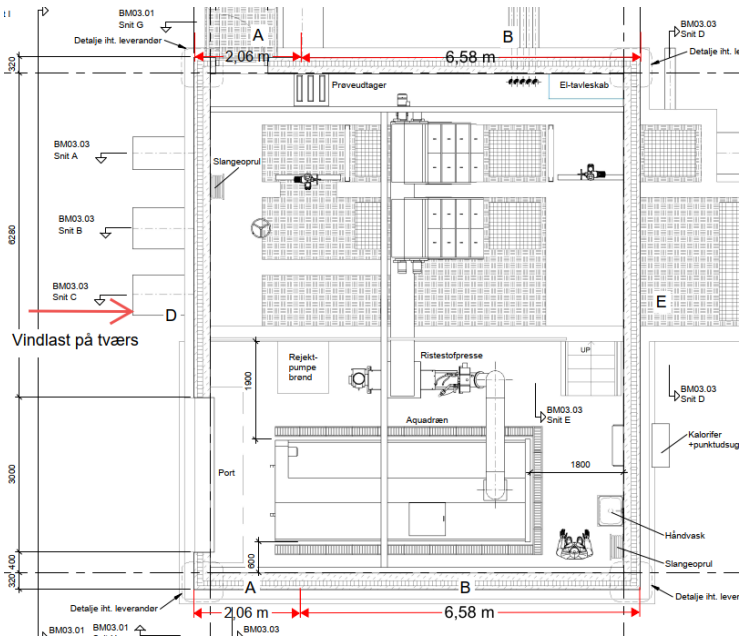
h/d = 5,5 m/8,64 m = 0,64.
e = 10,32 m. b = 10,32 m. e > d

Formfaktorer for facader:

$C_{pe10,A}$ = -1,2
$C_{pe10,B}$ = - 0,8
$C_{pe10,C}$ = - 0,5
$C_{pe10,D}$ = + 0,8
$C_{pe10,E}$ = - 0,5

Korrelationsfaktor σ = 0,85

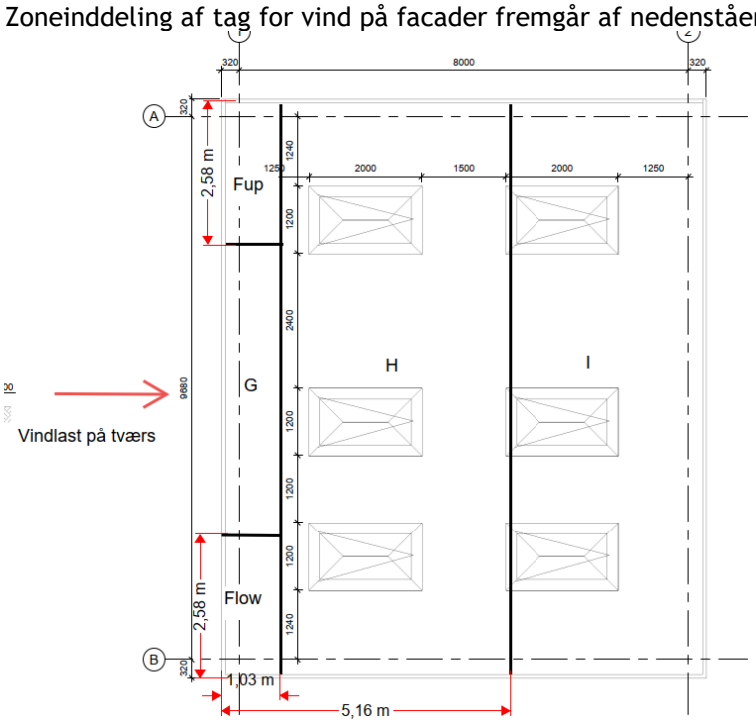
Zoneinddeling af vægge for vind på facader fremgår af nedenstående:



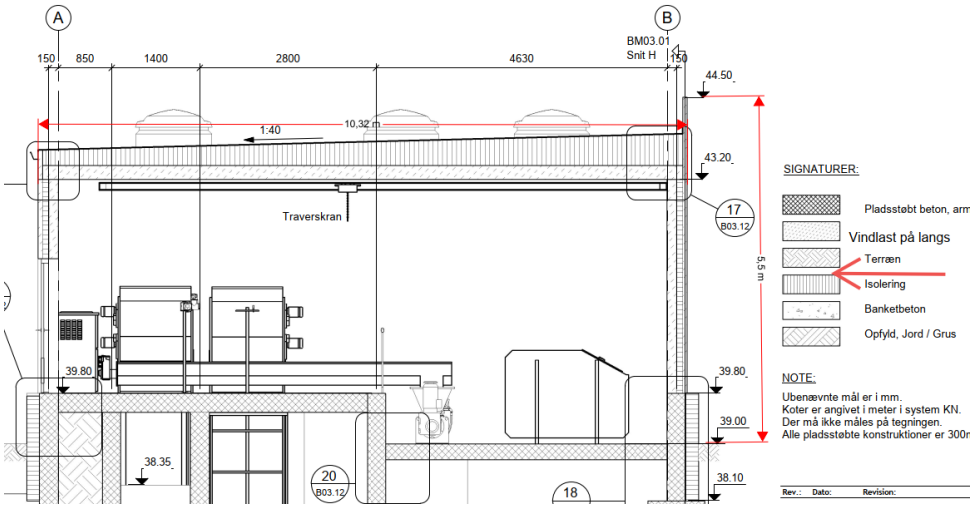
Formfaktorer for tag (pulttag 1:40 med brystning):
e = 10,32 m.

$C_{pe10,UP}$ = - 2,1
$C_{pe10,LOW}$ = - 2,1
$C_{pe10,G}$ = - 1,8
$C_{pe10,H}$ = - 0,6
$C_{pe10,I}$ = - 0,5

Zoneinddeling af tag for vind på facader fremgår af nedenstående:



<u>Vindlast på langs.</u>



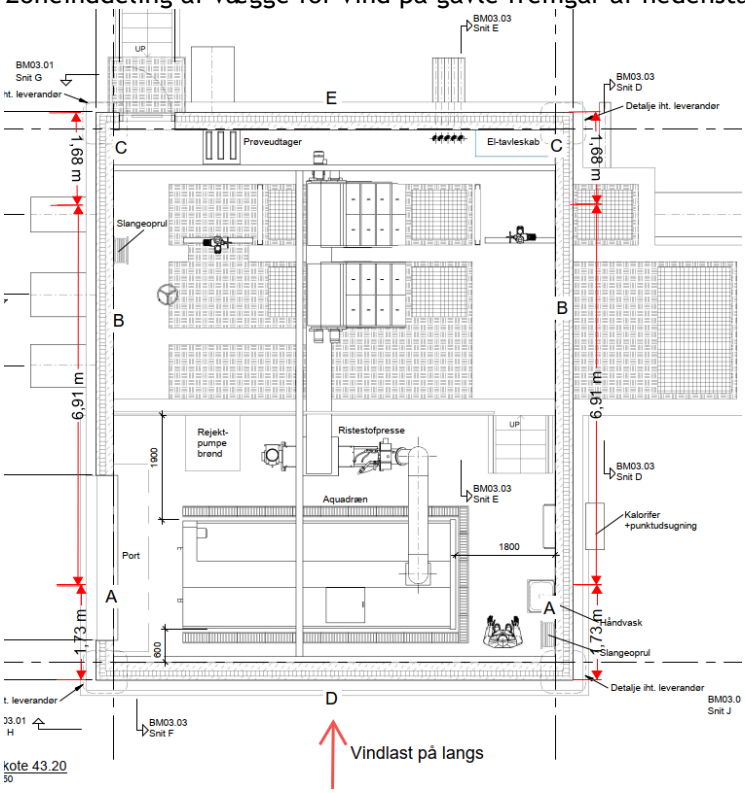
h/d = 5,5/10,32 = 0,54.
e = 8,64 m. b = 8,64 m. e < d.

Formfaktorer for facader:

$C_{pe10,A}$ = -1,2
$C_{pe10,B}$ = -0,8
$C_{pe10,C}$ = -0,5
$C_{pe10,D}$ = +0,8
$C_{pe10,E}$ = -0,5

Korrelationsfaktor σ = 0,85

Zoneinddeling af vægge for vind på gavle fremgår af nedenstående:



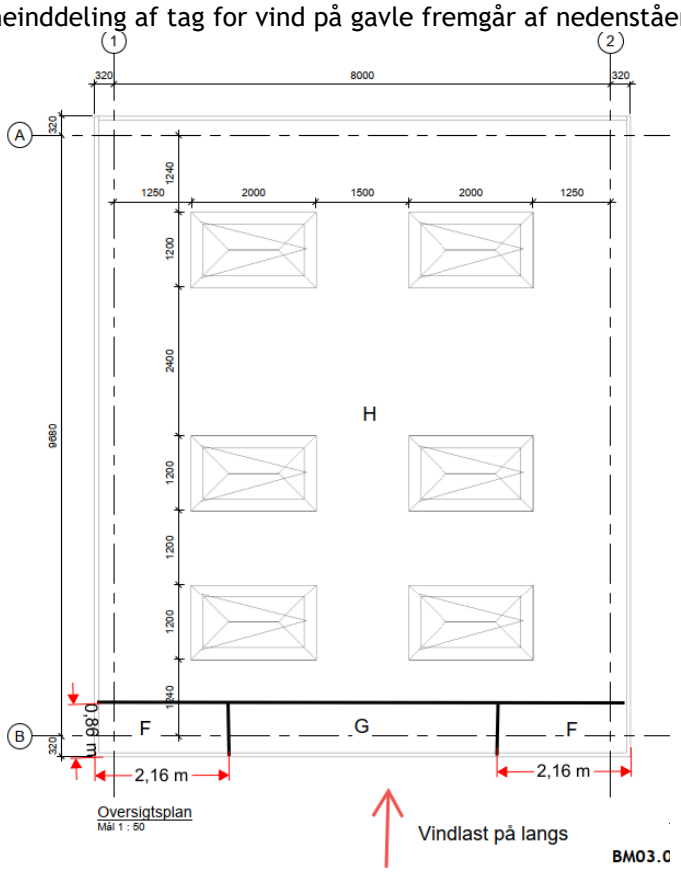
Formfaktorer for tag (pulttag 1:40 med brystning):
e = 8,64 m
Vind mod lav kant

$C_{pe10,F}$ = - 1,7
$C_{pe10,G}$ = - 1,2
$C_{pe10,H}$ = - 0,6

Vind mod høj kant

$C_{pe10,F}$ = - 2,3
$C_{pe10,G}$ = - 1,3
$C_{pe10,H}$ = - 0,8

Zoneinddeling af tag for vind på gavle fremgår af nedenstående:



Stabilitet.
For hovedstabiltet af bygværket for vindlast på tværs og på langs regnes med en samlet form-faktor på C_{pe10} = 1,2 for henholdsvis $C_{pe10,D}$ = +0,8 og $C_{pe10,E}$ = -0,5.

Snelaster.
Snelast regnes som variabel bunden last.

Terrænværdi s_k = 1,0 kN/m²

C_{top} = 1,0 for normal topografi.

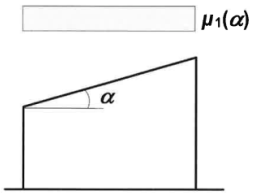
C_t = 1,0.

C_s = 1,0, da 2 x h (10,0 m) < l_1 (10,32 m) og l_2 (8,64 m) < 10 x h.

Formfaktor 0° <= α <=30° μ_1 = 0,8

Der regnes derfor generelt med snelast på tag: s_k = <u>0,8 kN/m²</u>

Lastmodel:



1.6.6 Geometriske imperfektioner

For bygværket regnes de geometriske imperfektioner iht. DS/EN 1992 stk. 5.2 (9) og generelt som en forenklet metode for vægge og søjler i afstivende systemer med en excentricitet på

$e = l_0/400$ under normale udførelsestolerancer.

For bygværkets kælderkonstruktion har dette mindre betydning, da vægge er massive dobbelt armerede konstruktioner som er sammenstøbte og fastholdt via dæk og bundplader.

1.6.7 Ulykkeslaster

Der regnes ikke med påkørselslaster, da der ved kritiske punkter monteres pullerter.

1.6.8 Seismisk last

Den vandrette seismiske last angriber bygværkets tyngdepunkt, med en værdi svarende til den vandrette masselast.

Den seismiske last bestemmes efter nedenstående formel jf. DS/EN 1998-1 DK NA: 2020 rev. 2020-04-29:

$$F_{\text{seis}} = \left(\sum G_{\text{kj}} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i} \right) \frac{a_{\text{seis}}}{\text{g}}$$

Den vandrette last regnes som bunden last, og kun virkende samtidig med den lodrette last.

Der regnes ikke med seismisk last samvirkende med vindlast.

1.6.9 Midlertidige laster

Ikke aktuel.

1.7 Bilag

Bilag 1:	Geoteknisk undersøgelsesrapport, GEO, juni 2021
Bilag 2:	Geoteknisk undersøgelsesrapport, GEO 2022 - afventer
Bilag 3:	Brandteknisk notat. Dateret april 2022
Bilag 4:	Bygværkstegninger dateret xx.xx.2022
Bilag 5:	Eksisterende tegning af gasledning - afventer