



AALBORG UNIVERSITET
KØBENHAVN

Studenterrapport

Uddannelse:

Master i Bygningsfysik

Semester:

4. semester, F2024

Titel på projekt:

Forbedret tilstandsvurdering for ældre bygninger i forhold til klimaforandringer samt vurdering af renoveringsmuligheder for et fredet træbyggeri

Projektperiode:

Februar 2024 – Juni 2024

Vejledere:

Torben Valdbjørn Rasmussen

Jørgen Rose

Studerende:

Majbrith Langeland

Noor Al-Robaiee

Antal normalsider: 80 sider

Afleveringsdato: 6. juni 2024

Resumé:

Rapporten omhandler udvikling af en forbedret tilstandsvurdering, der vil fokusere på eksisterende og kommende klimaændringer. Der vil blive gennemgået tilstandsrapporter med energiscreeninger for ældre kommunale bygninger i Solrød Kommune. Der er foretaget en detaljeret analyse af disse bygninger i forhold til bygningsfysiske problemstillinger for at få viden om hvordan bygningerne kan gøres mere fugtrobust. Der udvælges 3 bygninger til en individuel specifikt forbedret tilstandsvurdering med fokus på viden om vandpåvirkninger, herunder vand fra oven, vand fra siden og vand fra jorden. Den specifikke tilstandsvurdering udarbejdes ved hjælp af datasider med relevant data, som geologi, hydrogeologi, vandafstrømning på overfladearealer og følsomhed over for skybrud. Derefter vil en bygning ud af de tre blive valgt til yderligere bearbejdning og undersøgelser, herunder radon, CO₂, VOC, temperatur og luftfugtighed samt måling af grundvandsniveauet på stedet. Som en del af analysen vil simulering af fugt, temperatur og varmestrømme blive analyseret for konstruktion i Heat2 og WUFI for at guide til valget af mulige løsninger. De mulige løsninger til renovering af de mest kritiske tilstande vil blive gennemgået ved at lave simulationer. De kritiske tilstande er høj grundvandsniveau, høje indendørstemperaturer og CO₂ samt mere isolering af blandt andet en trækonstruktion af ydervæggen.



AALBORG UNIVERSITET
KØBENHAVN

**Forbedret tilstandsvurdering for ældre bygninger i
forhold til klimaforandringer samt vurdering af
renoveringsmuligheder for et fredet træbyggeri.**

Indholdsfortegnelse

Forord	5
Resume in english.....	6
1. Indledning.....	7
1.1 Problemstilling	7
1.2 Afgrænsning	8
2. Baggrund og lovgivning.....	8
2.1 Byggeskik	8
2.2 Historisk baggrund for fredning og lovgivning.....	8
3. Teori	9
3.1 Varmeteori.....	9
3.2 Kuldebroer.....	10
3.2 Fugtteori - Fugtteknisk robusthed.....	12
3.3 Fugt i byggematerialer.....	18
3.4 Sommerkondens	21
3.5 Klimaforandringer	21
3.5.1 Globalopvarmning.....	21
3.5.2 Nutidens og fremtidens klimadata.....	23
3.5.3 Konsekvenser af klimaforandringer for bygninger.....	25
3.5.4 Vandindtrængning i bygninger.....	26
4. Beregningsværktøjer og målemetoder.....	27
4.4. Måleudstyr.....	28
4.4.1 Dataloggere.....	28
4.4.2 Radonmåling.....	28
5. Gennemgang af 37 tilstandsvurderinger af bygninger i Solrød Kommune	29
5.1 Analyse og vurdering af de gennemførte tilstandsvurderinger.....	31
5.2 Strategi for udvælgelse af 3 bygninger.....	34
5.3 Dybdegående analyse af de 3 udvalgte bygninger	38
5.3.1 Desktop studie for lokalitetnr. 2	39
5.3.2 Desktop studie for lokalitetnr. 4	62
5.3.3 Desktop studie for lokalitetnr 14	64
5.3.4 Dybdegående analyse af tilstandsvurderinger for 3 lokaliteter	66
5.4 Forbedret tilstandsvurdering for lokalitet 2, 4 og 14	72
5.4.1 Geologi og grundvandsforhold i lokalitet 2.....	73
5.4.2 Utæthed mod jord lokalitet 2	76
5.4.3 Miljøfremmede stoffer lokalitet 2.....	76

5.4.4 Miljøfremmede stoffer i jord, lokalitet 2	78
5.4.5 Geologi og grundvandsforhold i lokalitetnr 4	79
5.4.6 Utæt klimaskærm mod jord lokalitetnr 4.....	83
5.4.7 Miljøfremmede stoffer i lokalitetnr 4	84
5.4.8 Miljøfremmede stoffer i jord i lokalitet nr. 4.....	86
5.4.9 Geologi og grundvandsforhold lokalitetnr 14.....	87
5.4.10 Utæt klimaskærm mod jord lokalitetnr 14.....	93
5.4.11 Miljøfremmede stoffer lokalitetnr 14	95
5.4.12 Miljøfremmede stoffer i jord lokalitetnr 14.....	96
5.5 Deldiskussion - Bygningsdele og bygningsfysiske udfordringer	97
5.6 Delkonklusion for desktop studie	98
6. Casebygning TR25	100
6.1 Udvælgelse af en bygning til videre feltundersøgelser og analyse.....	100
6.2 Generelt om casebygningen TR25	100
6.2.1 Arkitektur og kulturhistoriske værdi	100
6.2.2 Konstruktioner	102
6.3 Resultat af forbedret tilstandsvurdering	104
6.4 Vurdering af bygningens eksisterende varme- og fugt transmission samt energiforhold	106
6.4.1 Varmetransmission – HEAT2	106
6.4.2 Fugttransport og risiko for skimmelvækst - WUFI –	111
6.4.3 Energiforhold - Be18	116
6.5 Målestrategi og program.....	117
7.1 Udførelse af feltmålinger.....	118
7.2 Analyse af målinger på bygninger, radon i jord og terrænnært grundvand	121
7.2.1 Målinger i terrænnært grundvand	121
7.2.2 Måling af radon i jord.....	122
7.2.3 Radon.....	123
7.2.4 Flygtige organiske forbindelser (VOC)	126
7.2.5 Kuldioxid CO ₂	127
7.2.6 Fugtmålinger/temperatur	129
7.3. Fremtidsscenarier	130
7.3.1 Nedbør	131
7.3.2 Årstemperatur og hedebløddage	131
7.3.3. Stormflod.....	132
7.3.4 Skybrud.....	132
7.3.5 Risiko for oversvømmelse i Solrød kommune	133

7.4 Deldiskussion af resultater.....	134
7.4.1 Udførte målinger	134
7.4.2 Fremtidsscenarier	134
7.5 Delkonklusion af resultater.....	134
8. Udvalgte forbedringer	135
8.1 Grundfugt – HEAT 2 - simuleringer kælderydervæg.....	135
8.2 Udvendig efterisolering af kælder/krybekælder – WUFI.....	140
8.3 Isolering af ydervægge - HEAT2	141
9.4 Efterisolering af ydervægge - WUFI	146
8.5 Overtemperatur og CO ₂	149
9. Diskussion af udvalgte forbedringer.....	149
10. Konklusion	151
11. Referenceliste	152
12. Bilagsliste	153

Forord

Nærværende masterprojekt er udarbejdet i forbindelse med afslutning på uddannelsen Master i Bygningsfysik, på Aalborg Universitet i København.

Rapporten er udarbejdet fra primo februar til primo juni 2024 og indeholder en teoretisk og praktisk del, der berører nogle af de emner uddannelsen omfatter. I dette projekt sættes der fokus på forbedring af tilstandsvurderinger af ældre bygninger for på sigt, at kunne beskytte bygningerne mod klimaforandringer. Ved brug af desktop studier af tilgængelige datamaterialer, målinger på stedet og med efterfølgende databehandling, samt analyser af resultaterne, at kunne identificere de væsentligste renoveringsforslag, som kan beskytte en fredet bygning mod klimaforandringer.

Projektet er tillige udarbejdet efter gode råd og vejledning, og i den forbindelse skal der lyde stor tak til Torben Valdbjørn Rasmussen som hovedvejleder, samt Jørgen Rose som bivejleder. Der skal også lyde en stor tak til Solrød Kommune og personalet i Ulegårdsskolen for brug af materialer, lokaler, forbrug af tidsressourcer til rundvisning og besvarelse af spørgsmål.

Projektet er udarbejdet af Majbrith Langeland, Teknisk chef ved Sweco A/S og Noor Al-Robaiee, byggesagsbehandler ved Solrød Kommune.

Resume in english

The report deals with the development of an improved condition assessment that will focus on existing and future climate changes. Condition reports with energy screenings for older municipal buildings in Solrød Municipality have been reviewed. A detailed analysis of these buildings has been conducted in relation to building physics issues to gain knowledge on how the buildings can be made more moisture-resistant. Three buildings will be selected for an individual specific improved condition assessment with a focus on knowledge about water impacts, including water from above, water from the side, and water from the ground. The specific condition assessment will be prepared using data sites with relevant data, such as geology, hydrogeology, surface water runoff, and sensitivity to heavy rain. Then, one building out of the three will be chosen for further processing and investigations, including radon, CO₂, VOC, temperature and humidity measurements, and measurement of the groundwater level on the site. As part of the analysis, simulations of moisture, temperature, and heat flows will be analyzed for construction in Heat2 and WUFI to guide the choice of possible solutions. Possible solutions for renovating the most critical conditions will be reviewed through simulations. The critical conditions are high groundwater levels, high indoor temperatures and CO₂, as well as more insulation of, among other things, a wooden exterior wall construction.

1. Indledning

Vores ældre bygninger fortæller om, hvordan vi i Danmark har bygget, arbejdet og levet gennem tiden. Historisk set er bygningerne i Danmark bygget efter traditioner, der ikke havde fokus på klimaforandringer, termiske komfort, varmetab og fugttekniske udfordringer. Klimaforandringer medfører ifølge Danmarks Meteorologiske Institut, at vi får mildere vintre, varmere somre, højere havvandstand, mere nedbør og mere blæst. Hvis vores ældre bygninger og kulturarv skal fortsætte med at være en synlig og aktiv del af vores kulturarv, skal de gøres mere robuste overfor fugttekniske ændringer som allerede er til stede, og som vil ændre sig med udviklingen i vores klima gennem de næste mange år. Det er nødvendigt at gennemføre fremtidssikrende tiltag, hvis bygningerne også fremadrettet skal være dette aktiv.

I denne rapport gennemgås udleverede tilstandsrapporter med energiscreeninger for kommunale bygninger i Solrød Kommune. Der undersøges tiltag som kan bidrage til at forbedre tilstandsvurderinger med henblik på fremtidssikre bygninger mod klimaforandringer som er indtruffet, og som forventes at udvikle sig gennem de næste 50 år. Der foretages undersøgelser og analyser, for at vurdere om renoveringstiltagene er fugttekniske robuste. Tilstandsvurderinger bør i fremtiden have mere fokus på klimapåvirkningerne af bygningen fra vand, både vand fra oven, vand fra siden og vand fra undergrund, og sikre at bygningerne står robuste i forhold til den forventet fremtid.

Der er set på 3 bygninger, for at kunne vurdere om det er muligt at indarbejde egentlige forbedringer af tilstandsvurderingerne, samt skabe et bedre overblik over om hvilke dele af bygningen, der skal forbedres pga. Vand fra oven, vand fra neden og vand fra siden.

Derefter udvælges TR25 som casebygning til videre bearbejdning, undersøgelser og opstilling af mulige løsningsforslag i forhold til renovering og med fokus på bygningens arkitektur, idet bygningen er fredet.

I forbindelse med undersøgelse af tiltag til renovering af casebygningen, vil der blive taget hensyn til Kultur- og Slotsstyrelsens krav om at bibeholde bygningens oprindelige materialer og eksisterende udtryk udvendigt.

Her kræves det:

- 1- At ombygningen ikke svækker bygningens fredningsværdier væsentligt. Der knytter sig fredningsværdier til bygningens oprindelige udtryk, over- og underordnede proportioner, dens materialitet og oprindelige elementer.
- 2- At gulvhøjde og overflademateriale og behandling bevares
- 3- At der ikke opsættes solceller på bygningens tag eller facader
- 4- At der ikke må nedrives, idet de oprindelige bygninger ønskes bevaret, så oprindelige som muligt.

1.1 Problemstilling

Rapporten vil afdække tiltag til udarbejdelse af en forbedret tilstandsvurdering, der har fokus på eksisterende og fremtidige klimaforandringer. Der gennemgås udleverede tilstandsvurderinger med energiscreeninger for ældre kommunale bygninger i Solrød Kommune. Der foretages én analyse af disse bygninger og der udvælges 3, hvor der udarbejdes en individuel konkret forbedret tilstandsvurdering med fokus på viden om fra påvirkninger fra vand, både vand fra oven, vand fra siden og vand fra undergrund. Derefter udvælges én bygning af de 3, til videre bearbejdning, undersøgelser og opstilling af mulige løsningsforslag ift. renovering af de mest kritiske forhold.

1.2 Afgrænsning

I rapporten arbejdes der udelukkende med undersøgelse og vurdering af muligheder for at forbedre tilstandsvurderinger for ældre bygninger i forhold til klimaforandringer samt renoveringsmuligheder i casebygningen i forhold til fugt- og varmetransmission. Rapporten begrænses til at omhandle de bygningsfysiske og tekniske problemstillinger i 3 udvalgte bygninger samt forslag til løsninger af de mest kritiske problemstillinger i casebygningen inden for de begrænsninger, der findes for bygningens fredningsstatus. Der er set bort fra energirenoveringers muligheder for casebygningen, anlægsøkonomiske beregninger og beregninger og analyse af de termiske forhold.

2. Baggrund og lovgivning

I dette afsnit beskrives de teoretiske oplysninger, som er nødvendige for bedre forståelse af rapporten, herunder byggeskik, lovgivning og historisk baggrund.

2.1 Byggeskik

Helt frem til slutningen af 1900-tallet kunne stort set alle almindelige bygninger overordnet set beskrives som bestående af 5 primære bygningsdele: yder- og indervægge, etageadskillelser, tage samt fundamenter. Krav i form af lovgivning til bygningers udførelse, materialevalg og konstruktion var i tiden før 1850 nøje forbundet med borgernes fælles interesse i at undgå at brande opstod og spredte sig.

Efter Frederiksberg i 1890 havde fået revideret sin byggelov, og igen - hvad de tekniske bestemmelser angår - med rod i Københavns byggelov af 1889, blev det med lov af 5. december 1894 tilladt købstæderne at udforme bestemmelser i bygningsvedtægter direkte efter "den frederiksbergske lov".

Byggeloven for købstæderne fra 1858 og de vedtægter der kom til, var gældende helt frem til 1960. Allerede i starten af 1930'erne var det tilfældet for mere end 60 af købstæderne og kun en halv snes var foruden. (Dansk byggeskik).

2.2 Historisk baggrund for fredning og lovgivning

Den 12. marts 1918 blev der indført bygningsfredningslov i Danmark. Bygninger skulle være 100 år gamle for at kunne komme i betragtning til at blive fredet og man afveg ikke reglen. Fredningsloven skelnede i starten mellem to typer fredninger, klasse A og klasse B. Ved klasse A-fredninger kræver byggearbejde en tilladelse fra myndighederne. Ved klasse B-fredninger skal byggearbejde blot anmeldes til myndighederne.

Den 1. juli 1966 blev der indført en ny bygningsfredningslov der stillede krav om, at facader på klasse B-fredninger nu skulle følge retningslinjerne for klasse A-fredninger, hvad angik bygningens udvendige fremtoning. De to fredningsklasser blev afskaffet d. 1. januar 1980 og erstattet af en ny fredningslov der stillede krav om at klasse-A-fredninger nu gjaldt for alle fredede bygninger. Der blev også åbnet op for at frede bygninger, der var yngre end 100 år, hvis særlige forhold talte for det. I 1997 blev Statens Bygningsfredningsfond nedlagt, da en ny bygningsfredningslov trådte i kraft 1. december. Her blev aldersgrænsen for automatisk fredning af bygninger nedsat således at, 50 år gamle bygninger nu kunne fredes. Ifølge planloven er det kommunerne, der står for udpegning af værdifulde og bevaringsværdige kulturmiljøer i både by- og landområder, herunder enkelte bygninger som er en del af vores bygningskulturarv. I de fleste kommuner har de registreret bygningers bevaringsværdi efter SAVE-metoden. SAVE står for 'Survey of Architectural Values in the Environment' og bygger på en vurdering af fem forskellige forhold ved en bygning som: Arkitektonisk værdi, kulturhistorisk værdi, miljømæssig værdi, originalitet og tilstand.

Som hovedregel vil den arkitektoniske og den kulturhistoriske værdi veje tungest. Efter SAVE registreringen regnes karaktererne 1-3 for en høj værdi, 4-6 for middel værdi og 7-9 for lav værdi. Bygninger med den højeste værdi 1 vil som oftest være fredede bygninger eller folkekirker, jf. Slots- og Kulturstyrelsen, 2023.

I Slots og Kulturstyrelsen publikation *Energiforbedringer af fredede og bevaringsværdige bygninger* (Søren Vadstrup A.) tolkes lovteksten ift. SAVE registreringen som følger:

For de bevaringsværdige bygninger, der er udpeget som enkeltbygninger med anvendelse af SAVE-systemet gælder det, at de kriterier, bygningen er udpeget efter, ikke må forringes teknisk, arkitektonisk eller visuelt, da de pågældende arbejder, i så fald vil være i strid med udpegningen.

Ved den arkitektoniske værdi forstås bl.a. husets proportioner, materialer og detaljer, herunder facadedetaljer og vinduer, og ved den kulturhistoriske værdi forstås bl.a. husets afspejling af lokale byggetraditioner og håndværksmetoder. Ved husets miljømæssige værdi forstås, hvordan det falder ind i omgivelserne, og ved originalitet forstås hvorvidt de originale bygningsdele som vinduer, døre, facader, overflader og tag er i behold.

I bygningsreglementet (BR18, 2024) oplistes en række krav til energioptimering af bygninger. Der gælder særlige fritagelsesbestemmelser fra energikravene for fredede og bevaringsværdige bygninger.

Bygningsreglementet fastsætter i §274-284, at ved ombygninger herunder renoveringer, skal energibesparelser gennemføres i det omfang, de er rentable, og ikke medfører risiko for fugtskader.

I §278 er beskrevet undtagelser for hhv. fredede og bevaringsværdige bygninger:

Stk. 2. Fredede bygninger er undtaget fra bestemmelserne i §§ 274- 282, såfremt overholdelse af energikravene i §§ 274-282, vil være i strid med den fredede bygnings arkitektoniske, kulturhistoriske eller miljømæssige værdier.

Som udgangspunkt kræver alle bygningsarbejder på en fredet bygning tilladelse fra Slots- og Kulturstyrelsen, hvis arbejderne går ud over almindelig vedligeholdelse. Vurderingen af, om energimæssige tiltag efter §§274-282 er i strid med den fredede bygnings arkitektoniske eller kulturhistoriske værdier, foretages af Slots- og Kulturstyrelsen jf. vejledning stk. 4.1.

3. Teori

I dette afsnit forklares de bygningsfysiske teorier og begreber samt grundlaget for beregninger som anvendes til at vurdere tiltag og fugtrobusthed af de udvalgte løsninger i forhold til renovering og klimasikring. De teorier som er anvendt i denne rapport, er kort præsenteret.

3.1 Varmeteori

Ved varmetransport forstås energiudveksling mellem legemer af forskellige temperatur. En bygnings klimaskærm har til formål at holde indeklima og udeklima adskilt. Den skærmer imod temperaturforskelle, vindpåvirkning samt nedbør. Varmestrømme igennem konstruktionen går altid fra varm mod kold, idet systemet altid prøver at opnå balance ved at udligne energiforholdene på hver side af konstruktionen. (Møller, 2012, SBi 240).

Varmetransporten kan ske ved:

- Varmeledning: Varme fra fast materiale til fast materiale.
- Konvektion: Varme fra fast materiale til luft eller fra luft til fast materiale.
- Stråling: Varme via elektromagnetiske bølger mellem to objekter.

I det følgende beskrives de mest relevante varmetransport mekanismer for denne rapport.

Varmeledning

Klimaskærmens evne til at sikre den termiske temperaturadskillelse mellem inde og ude afhænger af materialernes varmeledningsevne (lambda-værdi) og tæthed. Lambda-værdien for de enkelte materialer vil ofte variere i takt med, hvor opfugtet de pågældende materialer er. F.eks. vil en tør murstensvæg have et mindre transmissionstab end en opfugtet murstensvæg. Dette skyldes, at murstenens porer vil være mættede med vand frem for luft, og vandets varmeledningsevne (lambda) er 0,6 W/(m·K), hvor luft er ca. 0,025 W/(m·K), og derved stiger materialets varmeledningsevne med fugtindholdet. (Møller, 2012, SBI 240)

Konvektion

Konvektion som varmetransportform optræder som følge af et strømmende stof, der flytter energien med sig fra ét punkt til et andet. I bygningssammenhæng vil dette stof typisk være luft, der cirkulerer som følge af naturlig eller tvungen konvektion. (Pensum, Varmelære, 2022)

Isoleringsevne (U-værdi)

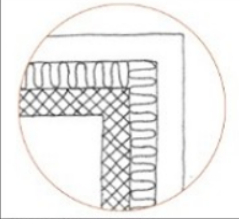
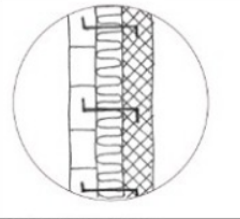
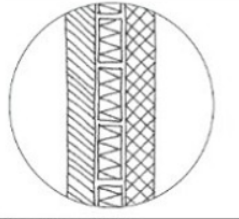
Isoleringsevnen af materialerne (U-værdien) angives i W/m²K og fortæller, hvor stor en varmestrøm målt i watt, der kan passere gennem 1 m² af konstruktionen, når temperaturforskellen mellem den indvendige og den udvendige flade er 1 °K / 1 °C. Når man skal beregne U-værdien på en sammensat konstruktion, skal man først beregne de enkelte lags modstand mod varmeledning, kaldet isolans. Isolans er lig med materialets tykkelse i meter divideret med materialets Lambda-værdi. Konstruktionens U-værdi er herefter 1 divideret med summen af lagenes isolans. (Møller, 2012, SBI 240)

3.2 Kuldebroer

Bygningsreglementets §335 stiller krav om, at kuldebroer i klimaskærmen ikke må medføre problemer med f.eks. kondensdannelse og skimmelvækst. En kuldebro er et område i en bygningskonstruktion, hvor isolansen fremstår ringere end i den resterende del af konstruktionen (Møller, 1. udgave 2016). Helt konkret opstår kuldebroen i bygningens konstruktion, hvor der enten er et brud i isoleringen eller mindre isolering. Kuldebroen medfører dermed en forringelse af isoleringsevnen lokalt i bygningsdelen, hvorved den indvendige overfladetemperatur reduceres lokalt ud for den pågældende kuldebro. Reduceringen af overfladetemperaturen kan således opleves som trækgener ved ophold tæt op af overfladen. Den lavere temperatur kan give anledning til højere fugtighed lokalt på overfladen med tilsmudsning eller fugtskader til følge. For bevaringsværdige og fredede huse, hvor bevaring af husets facadeudtryk er en forudsætning, begrænses tiltag for at minimere kuldebroer udefra. Ved indvendig efterisolering reduceres kuldebroer ikke i samme grad som udvendig efterisolering grundet geometriske forhold. Det er ofte bygningens konstruktioner med valg af materialer og den gængse byggeskik, der vil dette sætte begrænsninger i forhold til implementering af varmebesparende tiltag, grundet stor risiko for fugtophobning i konstruktionen. (Møller m.fl. Byg-Erfa, 2022).

Kuldebroer opdeles i de følgende fire overordnede grupper (figur 1):

- Geometriske kuldebroer (f.eks. hushjørner)
- Konstruktive kuldebroer (f.eks. samlinger mellem etagedæk og væg, inder- og ydervægge, tag og ydervæg)
- Systematiske kuldebroer (f.eks. murbindere)
- Konvektive kuldebroer (f.eks. luftspalter i isolering).

			
Geometrisk kuldebro Alle konstruktioner, hvor der er forskel på indvendige og udvendige mål, resulterer i geometriske kuldebroer. Typiske detaljer, hvor der opstår geometriske kuldebroer, er hjørnesamlinger, samlinger mellem vinduer/døre og ydervægge, ydervæggsfundamenter og murkroner. Årsagen er, at man benytter udvendige mål ved opgørelsen af ydervægs- og tagarealer. Opmålingsreglerne jf. DS418 figur 3.6.1 er derfor også afgørende for identificeringen af de geometriske kuldebroer.	Konstruktiv kuldebro De konstruktive kuldebroer optræder, hvor isoleringslag i konstruktioner helt eller delvist gennembrydes. Konstruktive kuldebroer kan derfor forekomme ved fx skillevæggsfundamenter, murfals ved vinduer/døre, gennembrydning ved altaner, etageadskillelser mv. Konstruktive kuldebroer kan optræde som både punkttab eller linjetab i de primære konstruktioner.	Systematisk kuldebro Systematiske kuldebroer er en type af konstruktive kuldebroer, som forekommer systematisk i konstruktionen. De enkelte kuldebroer er ofte af mindre betydning, men grundet omfanget kan de have en væsentlig indflydelse på varmetabet. Systematiske kuldebroer er eksempelvis murbindere, tyndpladeprofiler, træskelet, ribber, søjler mv.	Konvektiv kuldebro Konvektive kuldebroer er defineret ved utilsigtet konvektion eller luftstrømninger i konstruktionerne og kan blandt andet opstå ved luftspalter mellem isoleringsplader. Der tages sjældent højde for denne type kuldebro, idet bygninger generelt projekteres ud fra en forudsætning om at konstruktionerne udføres korrekt. Registreres væsentlige konvektive kuldebroer i forbindelse med tilsyn, bør konstruktionernes U-værdier korrigeres for dette, såfremt der ikke sker en udbedring.

Figur 1 - De forskellige typer kuldebroer (Kilde: <https://www.glasfakta.dk,2024>)

3.3. Transmissionstab fra konvektion

Konvektion er varmestrøm mellem et fast legeme og et fluid (væske eller luft). Varmestrømmen ved konvektion er en form for ledning, men med den forskel, at molekylerne i et fluid, som i modsætning til faste stoffer bevæger sig og transporterer den optagne varme væk. (Pensum, Varmelære, 2022).

At reducere energiforbrug til opvarmning af bygningen handler ikke kun om at forbedre klimaskærmens U-værdier ved efterisolering. Det drejer sig også om at begrænse luftskiftet til det nødvendige og forsvarlige. Hermed at begrænse transmissionstab gennem utilsigtede utætheder.

3.4 Tæthedsplan

Tæthedsplanet er det plan der omkranser en bygnings opvarmede indre og som forhindrer luften inde i bygningen i at trænge ukontrolleret ud i klimaskærmen.

I tæthedsplanet indgår således terrændæk, ydervægge, tagkonstruktion, døre og vinduer. For at planet bliver tæt skal alle bygningsdele der indgår i dette udføres af lufttætte materialer og alle samlinger mellem bygningsdele og ved gennemføringer skal udføres lufttætte.

Der skelnes imellem dampspærre og luftspærre i tæthedsplanet, hvor dampspærre skal være både dampdiffusionstæt og udføres lufttæt, skal luftspærre i konstruktionen ikke være dampdiffusionstæt. Bygningsreglementet stiller krav til at luftskiftet, gennem jævnt fordelte utætheder i klimaskærmen, ikke må overstige 1,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved prøvning med en trykforskel på 50 Pa over klimaskærmen (mellem ude og inde).

For alle materialer gælder, at de skal have en luftpermeabilitet mindre end 0,00005 l/(m²·s·Pa), og en høj ydeevne på en lang række områder. Materialerne skal desuden arbejde kontinuerligt sammen under varierende fugt- og temperaturforhold.

Tunge konstruktioner som f.eks. beton, murværk og letklinket beton, hvis densitet er større end 1.600 kg/m^3 og tykkelsen mindst 100 mm, kan i sig selv, betragtes som værende lufttætte. Det kræver dog, at materialerne ikke har gennemgående svindrevner, manglende fuger, mangelfulde samlinger og andre forhold, som kan give utæthed. Tæthed kan også opnås ved at malerbehandle med egnet produkt. (Rasmussen SBI 214, 2007).

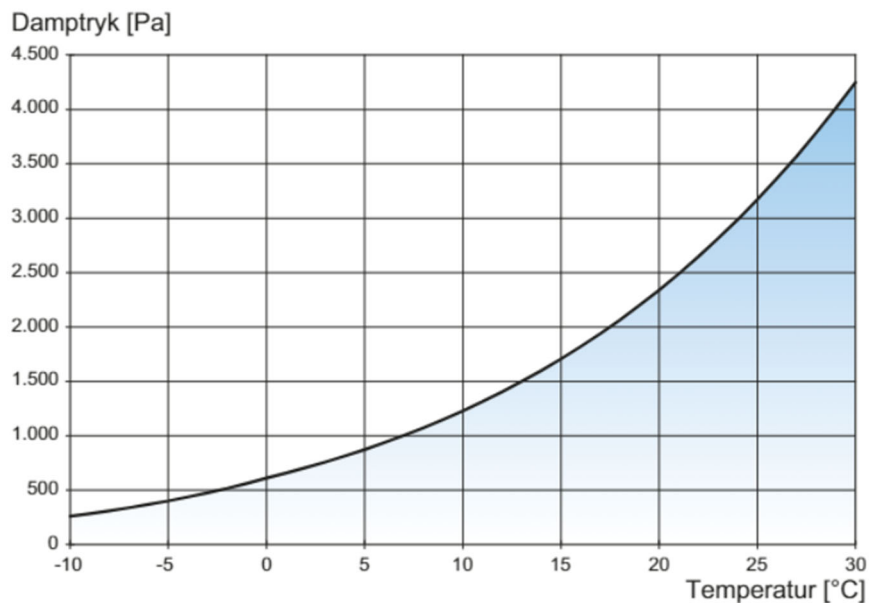
3.2 Fugtteori - Fugtteknisk robusthed

Fugt betragtes normalt for at være den væsentligste årsag til skader i vores bygninger. Når fugt optræder i store mængde, kan det blive til vandskader. Ligeledes når bygningsdele der udsættes for længere tids påvirkning af fugt over visse grænser, vil fugten forårsage skader som fx. deformation af komponenter, medvirke til nedbrydning af organiske materialer især i træbaserede materialer, som følge af råd og svamp samt skimmelsvampevækst på overflader. Fugt kan desuden også være en direkte eller medvirkende årsag til nedbrydende processer som frostsprængninger, saltudblomstringer, korrosion, svind og kvældning. Fugtophobning i porøse materialer vil også øge materialets varmeledningsevne, hvilket reducerer isoleringsevnen. Problemerne kan i vid udstrækning undgås, hvis konstruktionerne udføres under hensyn til de fugtbelastninger fra nedbør, relativ luftfugtighed, brugeradfærd etc., som de udsættes for. (Brandt 2023, SBI 227).

Fugt er ikke kun et problem der kan opstå i nybyggeri, men kan også ved renovering og ombygning give udfordringer. En konstruktions fugt kan ændres som følge af ændringer i materialesammensætningen. Det kan være svært at forudse påvirkningerne af de ændringer, der foretages ved en renovering, og det kræver grundige undersøgelser inden påbegyndelse (Teknologisk institut).

3.2.1 Relativ luftfugtighed og damptryk

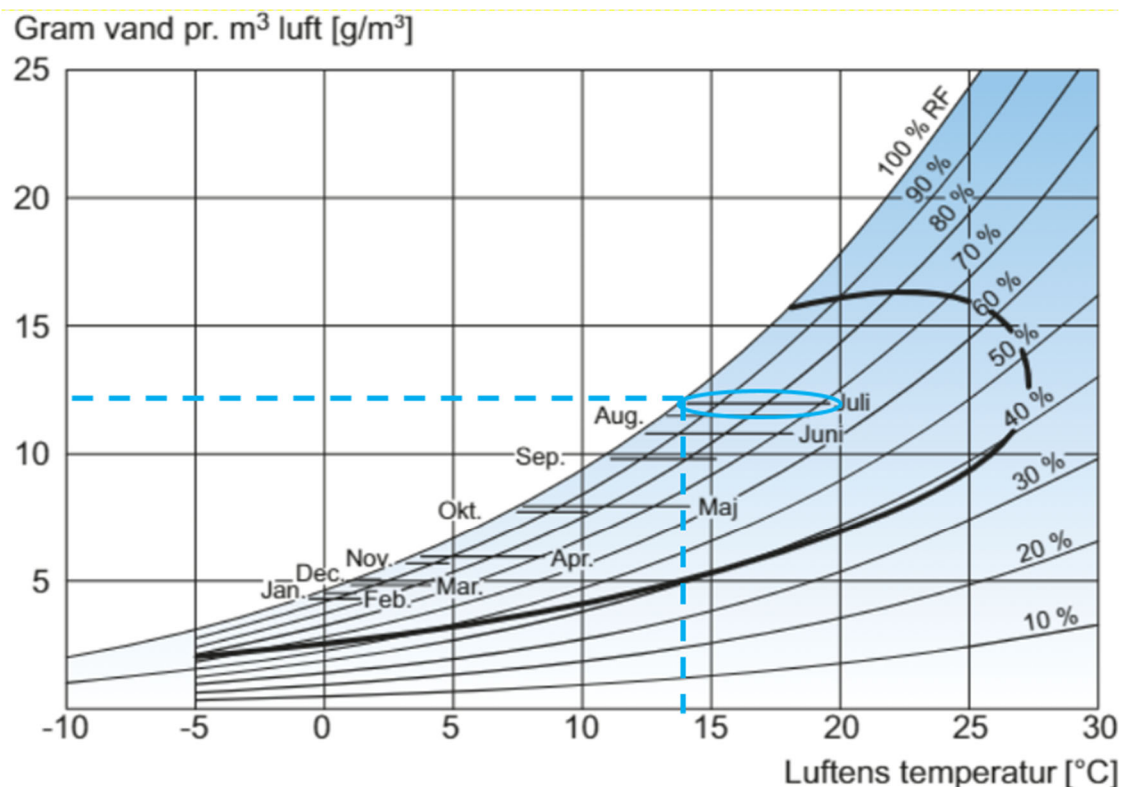
Luften indeholder altid en vis mængde fugt. Fugten i luften medfører, at der opstår et vanddamptryk. Størrelsen på vanddamptrykket afhænger af fugtmængden i luften og temperaturen. Der er normalt forskel på indholdet af fugt i luften udendørs og indendørs. Denne forskel resulterer i en fugttransport, idet fugten fra steder med højt vanddampindhold vil bevæge sig mod steder med lavt vanddampindhold. Der er en grænse for hvor meget vand luft kan indeholde før den er mættet. Dette kaldes for den relative luftfugtighed. Hvis luften er 100% fugtmættet kan vand ikke fordampe. Den mængde vand som luft har i sig kaldes for det absolutte vandindhold og opgøres i (g/m^3) luft. Relativ luftfugtighed (RF) er et udtryk for sammenhængen mellem det absolutte vandindhold og luftens temperatur og angives i procent. Luftens damptryk opgøres i Pascal (Pa), og afhænger af luftens temperatur og relative fugtighed, som det fremgår (Brandt, Bunch-Nielsen, Hansen, Nielsen, & Morelli, 2023) af figur 2.



Figur 2 - Det maksimale vanddampindhold i luft stiger kraftigt med temperaturen. Med højere vanddampindhold stiger også den mættede vanddamps partialtryk. (Brandt & m.fl., SBI anvisning 227: Fugt i Bygninger, 2019, fig. 1)

Ved fugttransport igennem konstruktioner kan vanddampindholdet blive så højt, at der bliver risiko for skimmelvækst eller nedbrydning af materialer. Er temperaturen i konstruktionen lav, vil der også være risiko for kondens og fugtophobning inde i konstruktionen. Når man måler fugtighed i materialer, er RF (%) at foretrække frem for vanddampindholdet (kg/m^3). Dette skyldes primært, at byggematerialers fugtindhold måles og bestemmes i forhold til relativ fugtighed normalt. Hvis temperaturen i luften stiger, vil RF falde. Afkøles luften, vil RF stige. Dette kan f.eks. ses ved en kuldebro pga. en dårligt isoleret rude i en klimaskærm, eller en kold ydervæg. Hvis afkøling fortsætter, stiger RF indtil den når 100 %, og kaldes dugpunktet (kondens). (Brandt 2023, SBI 227).

Om sommeren indeholder udeklimaet et større vanddampindhold end om vinteren. På figur 3 ses det område som udeklimaet normalt varierer i løbet af et år, under normale omstændigheder samt de gennemsnitlige variationer inden for et døgn i hver af årets måneder. Hvis man kigger på juli måned, ses det at når temperaturen falder i løbet af natten, vil RF stige. Her vil udeluften indeholde $12 \text{ g vanddamp pr. m}^3$ og temperaturen falder til 14°C , og der vil dannes dug eller tåge, da RF ofte når op til 100 % om natten.



Figur 3 - Udeluftens temperatur, vanddampindhold og relativ fugtighed, RF, varierer gennem året inden for det område, som er begrænset af den øverste kurve i vanddampdiagrammet og den kraftigt optrukne kurve. Diagrammet er udarbejdet på basis af meteorologiske data (Brandt, & Morelli, 2023, SBi 227, fig.28)

I forhold til indeklimaet varierer RF anderledes end udeluften. Det skyldes et samspil mellem udeluftens fugtindhold, fugtproduktion (fugttilskud) i bygningen, ventilations størrelse samt bygningens volumen. Mennesker og dyr, tilfører indeluften store mængder fugt gennem udånding og sved. Indendørs aktiviteter som tøjtørring, badning, madlavning, mm. tilfører også indeklimaet fugt, da luften i opvarmet rum indeholder mere vanddamp. Fugttilskud til indeluften, i g/m^3 , afhænger af udeluftens månedsmiddeltemperatur i henhold til DS/EN ISO13788. I Danmark er månedsmiddeltemperaturen for udeluften lavere end månedsmiddeltemperaturen for indeluften. Fugtproduktionen, der tilføres bygningen kategoriseres i fugtbelastningsklasser 1-5, afhængigt af bygningens anvendelse. Fugtbelastningsklasser beskriver hvordan fugtproduktionen indendørs og luftskiftet påvirker vanddampkoncentrationen i indeluften. Fugtbelastningsklasser benyttes ifm. vurdering af risiko for kondens på kuldebroer og den deraf følgende risiko for skimmelvækst og angreb af trænedbrydende svampe, tabel 1 og 2.

Tabel 1 - Eksempler på rum i fugtbelastningsklasserne i henhold til DS/EN ISO 13788 (Dansk Standard, 2013) modificeret i overensstemmelse med danske erfaringer, Brandt & Morrelli 2023, SBI 227, tabel 3)

Fugtbelastningsklasse	
1	Ubenyttede bygninger, tørre lagerhaller, idrætshaller uden tilskuere, industribygninger uden fugtproduktion
2	Kontorer, forretninger, boliger med normal beboelsestæthed og ventilation ¹
3	Boliger med ukendt beboelsestæthed, ² idrætshaller med mange tilskuere ³
4	Storkøkkener, kantiner, bade- og omklædningsrum
5	Specielle bygninger, fx vaskerier, bryggerier, svømmehaller

I Danmark anses en bolig for at have normal ventilation, hvis bygningsreglementets krav om ventilation er opfyldt. 2. Boliger uden mekanisk ventilation og mere end 2 personer pr. beboelsesrum. 3. I Danmark henregnes idrætshaller med mange tilskuere til fugtbelastningsklasse 3.

Tabel 2 - Fugtbelastningsklassegrænser (% RF) iht. DS/EN ISO 13788 og udeklima iht. DRY 2013, SBI 227, tabel 4)

Måned	Luft-temperatur	RFude	Inde-temperatur	Øvre fugtbelastningsklassegrænser			
	DRY	DRY		% RF			
	°C	%	°C	1	2	3	4
Januar	0,7	89	20	36	47	58	69
Februar	0,4	91	20	36	47	59	70
Marts	-0,7	87	20	33	44	56	68
April	7,1	76	20	42	49	57	64
Maj	11,5	76	20	51	56	61	66
Juni	14,2	80	22	55	58	61	63
Juli	17,8	77	23	60	61	62	63
August	17,9	74	23	58	59	60	61
September	14,5	78	22	55	57	60	63
Oktober	9,8	88	20	53	59	65	71
November	3,4	91	20	41	50	60	69
December	0,7	93	20	37	48	59	70

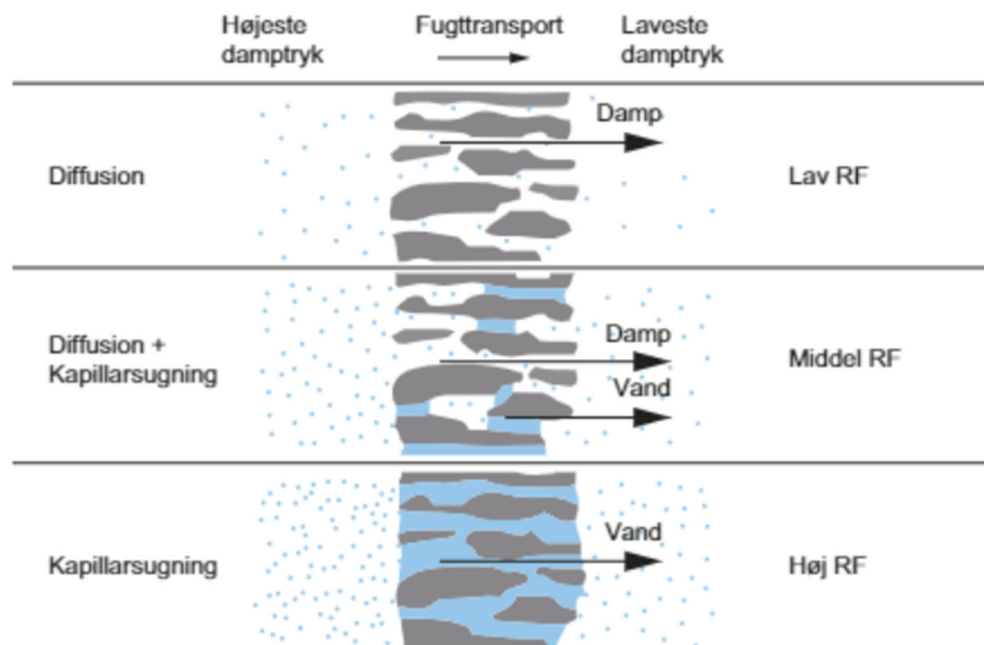
3.2.2 Fugttransport

Fugten transporteres både i væskeform og dampform, der har lighed med varmetransport. Fugttransport sker altid som følge af en potentialeforskel, som driver fugten i bevægelsesretningen. Potentialeforskelle er en forudsætning for, at der sker en transport. Fugttransport kan potentialt være vanddamptryk, vanddampindhold, vandtryk m.v. Hvis fx vanddamptrykket indendørs er højere end udendørs, vil forskellen i vanddamptryk over klimaskærmen medføre en fugttransport indefra og ud, ligesom ved varmetabet. (Brandt 2023, SBI 227).

Ved fugttransport igennem konstruktioner kan vanddampindholdet blive så højt, at der bliver risiko for skimmelvækst eller nedbrydning af materialer. Er temperaturen i konstruktionen lav, er der også risiko for kondens og fugtophobning inde i konstruktionen.

Som det fremgår af figur 4 bevæger fugt sig i materialer som:

- Konvektion: transport i dampform som luftstrømningerne der opstår som følge af temperaturforskelle, som giver termisk opdrift, lufttryk fra bygningens ventilationssystem (via åbninger eller utætheder i klimaskærmen) eller være forårsaget af udvendigt vindtryk.
- Diffusion: transport i dampform gennem materialer, afhænger af materialets diffusionsmodstand og forskellen i damptryk mellem de to sider.
- Kapillarsugning: transport i væskeform, som opstår i porøse materialer, der har en porestruktur og fordeling, der tillader fugt i at trænge ind i materialet grundet konstant vandtryk, eller direkte kontakt med et kraftigt opfugtet materiale.



Figur 4 - Fugttransport i materialer afhængig af damptrykforskelle og relativ fugtighed (SBI 227, fig. 24)

3.2.3 Fugtkilder

Der kan være mange årsager til fugt i byggeriet. Bygninger påvirkes af fugt, både udefra og indefra. Fugtpåvirkningerne afhænger af bygningens art, placering og brug. De fugtpåvirkninger, der normalt regnes med som grundlag i byggeriet, er: grundfugt, overfladevand, luftfugtighed, nedbør, byggefugt samt vand fra installationer.

I det følgende beskrives de fugtpåvirkninger som vurderes at være de mest relevante for denne rapport:

Nedbør og overfladevand

Som udgangspunkt bør alle bygninger udformes efter 6 V-princippet: Vis Vand Væk – Vand Volder Vanskeligheder. Udtrykket hentyder til, at regnvand og overfladevand skal ledes væk fra bygningen hurtigst muligt, så det ikke resulterer i unødigt opfugtning. Klimaskærmen skal derfor udformes, så mindst mulig vand udefra kan trænge ind i konstruktionerne. Desuden skal vand, som er trængt ind, ledes ud igen. (Brandt, 2013, SBI 224)

Nedbør i form af regn, sne eller hagl, der falder lodret på bygningsdele, altså uden påvirkning af vind, skal udføres vandtæt og med fald, så vand kan ledes væk, så der ikke sker fugtskader. Hvis nedbør påvirkes af vind, vil nedbøren falde vandret og udsætte bygningsdelene for slagregn. Slagregnsmængde, der rammer en flade/facade, afhænger ikke alene af vindstyrken, men også af den lokale topografi, bygningens placering i forhold til omgivelserne, fladens orientering og hældning, bygningens geometri og regndråbernes størrelse. I Danmark er den mest udsatte facade for slagregn vendt mod sydvest.

Trykforskelle omkring en bygning kan presse slagregn ind i revner og sprækker. Særligt udsat er taget, hjørner og vandrette kanter. Efter regnen har ramt især høje facader, vil vandmængden på facaden grundet tyngdekraften blive større på den nederste del af bygningen. Ved store nedbørsmængder kan der opstå en vandfilm på facaden, som i kombination med vandtrykket kan medføre et decideret vandtryk ind på facaden. Nedbør i form af små, faste snekrystaller under samtidig påvirkning af vind betegnes fygesne der ved kraftig vind kan bevæge sig i alle retninger, også opad. Fygesne kan trænge ind mellem tagsten, gennem ventilationsåbninger mv. (Brandt 2023, SBI 227, s. 67).

I forhold til overfladevand som stammer fra nedbør, kan det give stor vandpåvirkning på bygninger, både i terrænniveau og ved nedsivning langs bygningen. Bygninger kan beskyttes ved at udføre tilstrækkeligt fald på terræn væk fra bygningen, så der ikke står vand langs fundamentet.

Grundfugt

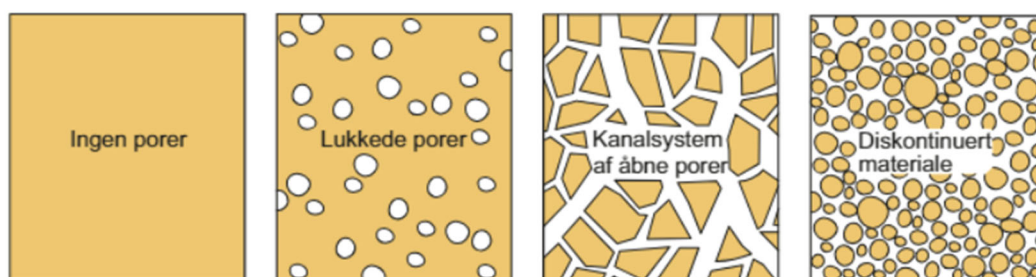
Grundvandsspejlet eller grundvandsstanden er det niveau, hvor (porevand) trykket svarer til atmosfærens tryk. Under grundvandsspejlet stiger vandtrykket proportionalt med dybden. Bygningsdele, som er under grundvandsspejlet, udsættes derfor for vandtryk. Grundvandsstanden varierer naturligt hen over året, normalt med maks. omkring april måned og min. omkring oktober. Der kan være betragtelige variationer fra år til år som følge af nedbørsforskelle. Jordens permeabilitet har betydning for, hvor hurtigt vand kan trænge væk fra jorden eller om der opstår vandtryk på fundamentet. Vand i jorden kan pga. kapillareffekt suges op i konstruktionerne. Kapillarbrydende lag, omfangsdræn og afstand til terræn kan medvirke til at sikre mod opstigende grundfugt.

3.3 Fugt i byggematerialer

Bygningsreglementet 2018 stiller krav om, at byggematerialer og konstruktioner ikke må have et fugtindhold der ved indflytning kan medføre risiko for skimmelvækst, jf. §336.

Byggematerialer, som kommer i kontakt med fugt i damp- eller væskeform (diffusion, konvektion eller kapillarsugning), vil normalt optage fugt. Fugtoptagelsen er afhængig af materialets porestruktur samt omgivelsernes randbetingelser. De fleste byggematerialer er porøse, dvs. de indeholder porer eller hulrum af forskellig karakter, fx gipsplader, beton, mursten, papir, pap, cement, ubehandlet træ osv. (Hygroskopske materialer). Undtaget herfra er metaller, glas og andre materialer, som er helt tætte, så der ikke kan trænge vand eller vanddamp ind i dem. (Brandt 2023, SBi 227)

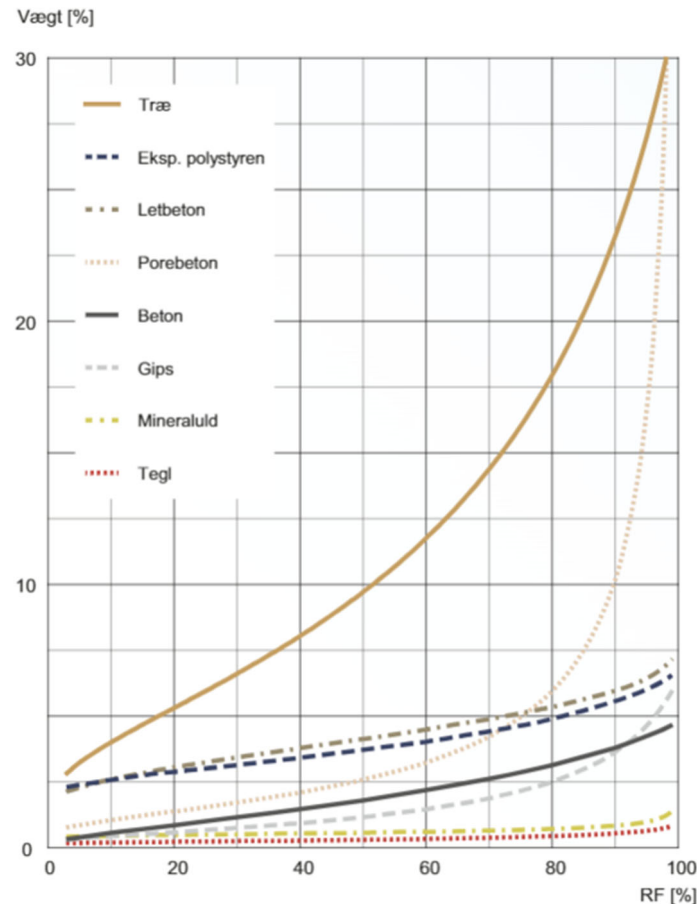
Hygroskopske materialer som vises på figur 5, vil optage eller afgive fugt, indtil de når en ligevægtstilstand med det omgivende miljøes fugtindhold. Fugten kan være tilført ved produktion af materialerne, fra fugt i omgivende luft, ved direkte vandpåvirkning eller fra fugt i tilstødende materialer.



Figur 5 - Kategorier af materialestrukturer (Brandt, 2013) 1. Ingen porer: Metal, glas, etc. 2. Lukkede porer: Celleglas, Ekstruderet polystyren, ekspanderet polyuretan, nogle typer letklinker, etc. 3. Kanalsystem af åbne porer: Træ, beton, letbeton, tegl, etc. 4. Diskontinuert materiale: Grus, mineraluld, etc

Hvis den relative luftfugtighed (RF) ændres, vil der ske en vægtændring af materialet som følge af, at der fjernes eller tilføres fugt fra porenes overflader. Sammenhængen mellem RF og fugtindhold i materialet afhænger i høj grad af materialetypen. Eksempelvis indeholder træ ved en given RF mere vand end fx tegl og beton. Det skyldes, at tegl og beton i overvejende grad har grove porer, mens træ både har mange grove porer (cellernes vægge) og utallige fine porer i cellernes vægge, hvilket alt i alt giver en meget stor indre overflade, som fugten kan bindes (adsorberes) til. Materialers evne til at optage og afgive fugt kan ses i de specifikke sorptionskurver på figur 6 for de specifikke materialer. Kurverne kan variere meget indenfor samme materialegruppe. Hvis materialet indeholder salte, vil det medføre variationer i sorptionskurver.

De kurver, der beskriver opfugtning kaldes absorption; de kurver der beskriver udtørring kaldes desorptionskurver. Kurvens afvigelse fra hinanden kaldes hysteres. Når et materiale delvis bliver udsat for opfugtning og udtørring, vil fugtindholdet bevæge sig imellem de to kurver. I praksis anvendes en sorptionskurve, som er en fugtligevægtskurve mellem absorption og desorption. I figur 6 vises et udsnit af de mest anvendte materialers sorptionskurver.



Figur 6 - Skematiske sorptionskurver (fugtligevægtskurver) for almindelige byggematerialer. Sorptionskurverne afhænger i høj grad af materialets porestørrelse og -fordeling, så der er stor forskel på materialer med grove porer, fx tegl, og materialer med mange fine porer, fx træ eller træbaserede materialer. Sorptionskurverne afhænger altså ikke alene af, hvilken type materiale der er tale om, men også af materialets sammensætning, så sorptionskurven er afhængig af det aktuelle materiale, fx træarten eller den anvendte betonblanding. Den øverste kurve viser, at i luft med 50 % RF vil træ få et fugtindhold på ca. 10 %, fx svarende til træ indendørs om sommeren. Om vinteren vil RF i opvarmede rum ofte falde, fx til 30 %. Kurven viser, at træ i ligevægt med RF på 30 % får et vandindhold på ca. 7 %. En samling af sorptionskurver sammen med en matematisk model/formel – findes i (Hansen, 1986) (Brandt 2023, SBI 227, figur 12).

Det er derfor vigtigt, at konstruktioner sammensættes af materialer på en måde, så det sikres at konstruktionen er fugtteknisk robust.

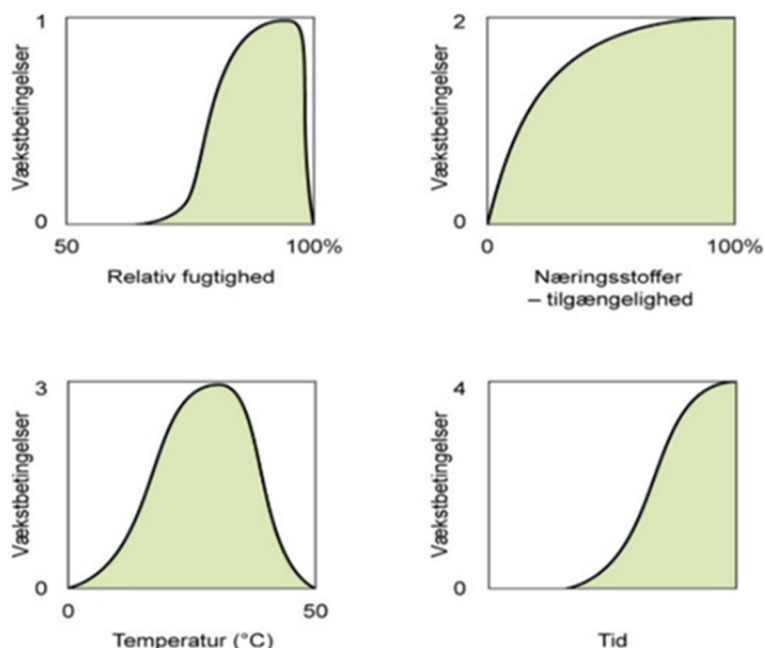
3.3.1 Vækstbetingelser for skimmelsvamp

For højt fugtindhold i materialer og konstruktioner kan medføre skader ved efterfølgende arbejder, fx opbuling af gulve eller manglende vedhæftning af maling. Også i den færdige bygning kan for højt fugtindhold give problemer, fx skimmelvækst på fugtige overflader

Skimmelsvamp og skimmelsvampesporer findes overalt i naturen, i bygninger, på madvarer, osv. Sporer af skimmelsvamp forekommer normalt i fugtramte og vandskadede bygninger, og i tørre bygninger giver de ikke problemer. Skimmelsvampe vokser som regel på materialernes overflade, uden at nedbryde dem, men kan dog på særligt porøse materialer brede sig lidt ind i materialet. Skimmelsvampe er meget effektive og behøver ikke lys, og kan næres ved støv der sidder på overfladen af uorganiske materialer. Skimmelsvamp vokser bedst på organiske materialer såsom træ- og træbaserede materialer, og mindre på uorganiske materiale, fx beton. Når de rette betingelser er til stede, kan en skimmelspore spire og udstikke hyfer, som tilsammen kaldes for mycelium. Der er fundet over 50 forskellige arter skimmel i bygninger, som har

forskellige præferencer i forhold til vækstbetingelser, men fælles for alle skimmelararter er, at spiring af sporer, og vækst af mycelium afhænger af 4 betingelser, som alle skal være til stede. (Skimmel-viden-helbred,cbgroup).

De 4 vækstbetingelser for skimmelvækst er: næring, temperatur, luftfugtighed, og tid, som det fremgår af figur 7.



Figur 7- Skimmelvækst afhænger af en række faktorer. (Kilde: Brandt, 2023, SBI 227)

Som det fremgår af figuren, er vækstbetingelserne bedst ved temperaturer mellem 20°C og 30°C. Ved temperaturer derunder går væksten langsommere. Normalt vil væksten helt ophøre over ca. 50°C og under ca. 0°C.

På tabel 3 ses det, at grænsen for skimmelvækst på organiske materialer, ligger ved 75-80 % RF, og ca. 90-95 % RF for vækst på uorganiske materialer.

Tabel 3 - Eksempler på eksperimentel bestemt kritisk relativ fugtighed for skimmelvækst på overfladen af byggematerialer (Johansson et al., 2005). Værdierne dækker lang tids påvirkning ved 20 °C.

Materiale	Kritisk RF for skimmelvækst, %
Træ og træbaserede materialer	75-80
Karton på gipskartonplader	80-85
Mineraluld	90-95
Ekspanderet polystyren (EPS)	90-95
Beton	90-95
Forurenede materialer, fx forurenede med jord eller støv	75

Det er derfor vigtigt at holde materialeoverfalden f.eks. på træ, under den kritiske relative fugtighed (RF) 75 % for at undgå skimmelsvampevækst. Den primære metode for at fjerne fugten fra indeklimaet er gennem ventilation, enten som naturlig ventilation, dvs. ved at udlufte kortvarigt, mekanisk- eller hybrid ventilation. Skimmelsvamp kan være generende for mennesker, både når skimmelsvampene vokser og udskiller svampesporer, afgiver flygtige stoffer og når svampen dør og tørre ud. De aktive stoffer som svampene udskiller, kan trænge gennem nogle bygningsdele, hvorimod svampedele og –sporer, transporteres med luften. Skimmelsvampe kan derfor godt være til gene, når svampen vokser i lukkede bygningsdele (Byg-erfa).

3.4 Sommerkondens

Sommerkondens er betegnelsen for kondens, der opstår på den udvendige side af dampspærren (mod isoleringen) ved kraftig solpåvirkning. Sommerkondens kan fx opleves som dryp fra lofter, våde kældervægge som følge af, at den kondenserede fugt er trængt ind gennem samlinger og tilslutninger i dampspærren. Hvis en konstruktion bliver opfugtet udvendigt, fx af slagregn, medfører det et højt damptryk i konstruktionens ydre dele, hvis den efterfølgende opvarmes kraftigt ved solpåvirkning.

Diffusionstætte isoleringsløsninger etableres for at hindre den fugtige varme luft indefra i at trænge ud i konstruktionen og kondensere på muren på skillefladen. Diffusionstæthed kan opnås ved placere et dampspærre eller diffusionstæt isoleringsmateriale, men dette kan dog være en ulempe om sommeren, idet solens opvarmning af facaden kan drive fugten ind i konstruktionen og evt. ind i isoleringen, hvor den kondenserer på den udvendige side af dampspærren. En sådan situation kan opstå ved kraftig slagregn og efterfølgende solpåvirkning. (Møller m.fl. Byg-Erfa, 2022).

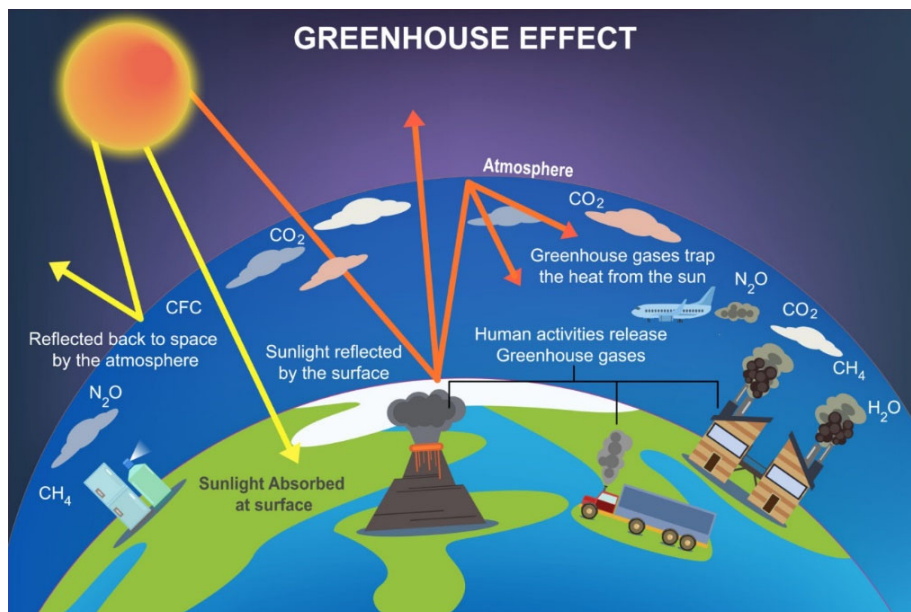
3.5 Klimaforandringer

Vores klima er under forandring og i Danmark oplever vi højere temperaturer, voldsomme skybrud og lange tørkeperioder. Det presser vores eksisterende bygninger og nybyggeri, og vi skal derfor tage højde for fremtidige klimaforandringer, når vi bygger og renoverer. En stor del af værdien af samfundets infrastruktur er bundet i bygninger, veje og kloakker. Bygninger er sårbare over for ændringer i klimaet, der kan medføre flere storm-, sne- og sætningsskader, vandindtrængning, dårligere indeklima samt kortere levetid af bygningskonstruktioner. Effekterne strækker sig fra udgifter til udbedring efter vand- og stormskader til øgede driftsomkostninger eller tab af bygningernes værdi, sundhedsskadeligt indeklima og væsentligere sundhedsproblemer. Det er ofte væsentligt dyrere at forbedre en bygning end at indbygge den tilsvarende ydeevne fra start i et nybyggeri. (Klimatilpasning.dk)

3.5.1 Globalopvarmning

Klimaet og jordens temperaturer påvirkes af afbrænding af fossile brændstoffer, øget husdyravl, brug af gødning, skovfældning og os mennesker, idet vi tilføjer store mængder drivhusgasser til dem der findes naturligt i atmosfæren, hvilket øger drivhuseffekten og den globale opvarmning. Global opvarmning som jorden er ramt af, sker som resultat af ophobning af nogle luftarter, der kaldes drivhusgasser, der absorberer infrarød stråling fra jorden i atmosfæren og sender det retur mod jorden. Dette fænomen kaldes drivhuseffekten som også er nødvendig for, at der er liv på jorden, se figur 8. (Illustreret videnskab, illvid.dk)

Drivhuseffekten (figur 8) forårsages af drivhusgasser f.eks. såsom CO₂ og metan i det nederste 15-20 km af atmosfæren. Der findes flere drivhusgasser udover CO₂, såsom metan (CH₄), kvælestoffer (NO_x) og lattergas (N₂O), men for at kunne direkte sammenligne, hvor meget de enkelte gasser bidrager med, omregnes udledning af forskellige drivhusgasser til CO₂-ækvivalenter, hvilket er et udtryk for hvad udledningen svarer til i CO₂.

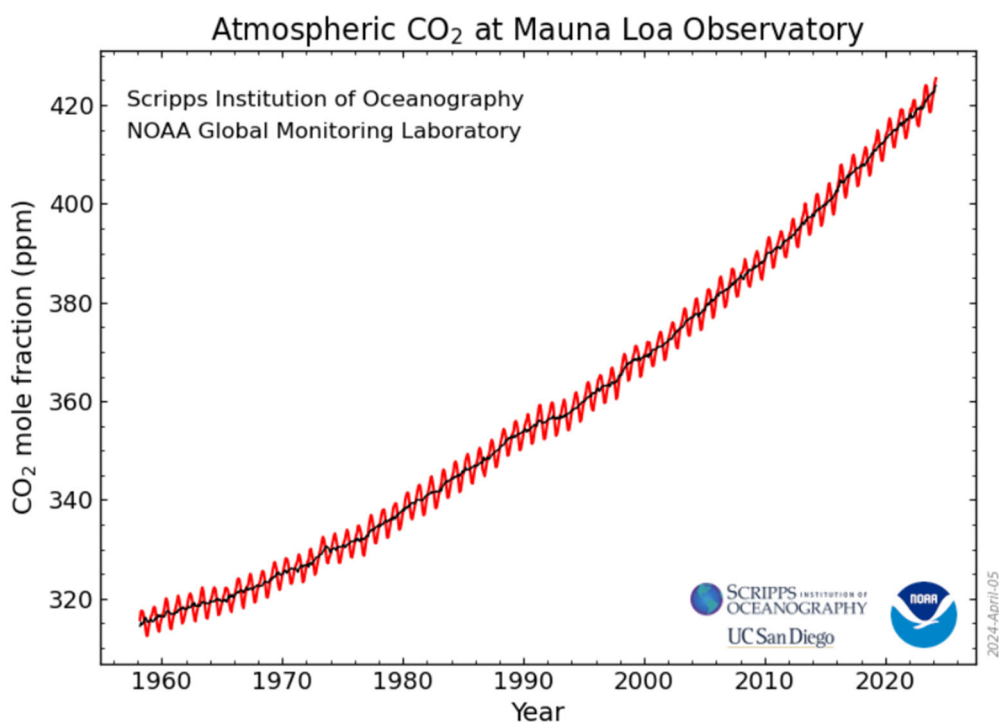


Figur 8 – Drivhuseffekten er forårsaget af drivhusgasser

Koncentrationen af både kuldioxid og metan er nu langt over de naturlige værdier, der har været gennem de sidste 650.000 år. (Illustreret videnskab, illvid.dk).

I 2023 var CO₂-koncentrationen i atmosfæren steget til 421 ppm siden det førindustrielle niveau (inden 1750) og forventes at stige til 450 ppm i år 2040, se figur 9. (DMI).

Den globale gennemsnitstemperatur var oppe på 1,1 °C i 2019, og ifølge IPCC vil den fortsætte med at stige. Det forventes at den globale opvarmning vil overstige både 1,5 °C og 2 °C, medmindre der sker betydelig reduktion i CO₂ og andre drivhusgasudledninger hurtigst muligt.



Figur 9 – Keeling- kurve over atmosfærens CO₂-indhold fra år 1958 til 2020 af NOAA Global Monitoring Laboratory (Kilde: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>)

På grund af manglende aftaler internationalt om reduktion af CO₂ og de økonomiske interesser i fossile brændstoffer, omlægning af forbrug og omlægning af industri for at kunne reducere CO₂ udledningen, så er det vanskeligt at forudsige, hvordan den øgede CO₂ udledning vil påvirke vores klima, og dermed hvordan vi skal konstruere vores bygninger, for at de er sikret mod mere regn, flere storme, flere skybrud og højere temperatur. Det kræver derfor en fortsat strategisk tilgang til klimapåvirkninger og en fremadrettet tilpasning af krav og rådgivning ift. eksisterende bygninger, idet det er den enkelte bygningsejer, som skal navigere igennem endnu ukendte klimaforandringer og gennemføre sikring og vedligeholdelse ad hoc. (Rasmussen, 2022, Strategic approach For Existing Buildings To Withstand Climate Change).

3.5.2 Nutidens og fremtidens klimadata

For det meste byggeri antages det, at hovedkonstruktionen har en levetid på mindst 100 år. Det betyder, at fremtidens klima er afgørende for den ydeevne, der skal opfyldes i nutidens byggeri. Kendskab til fremtidens klima og de enkelte klimaparametres betydning for bygningernes funktioner er derfor afgørende for at kunne efterleve krav fra (bygherrer), projektere (rådgivere) og udføre (håndværkere) byggeri, som er tilpasset fremtidens behov. (Pensum)

For de ældre bygninger, heriblandt bevaringsværdige og fredede bygningsdele, har hovedkonstruktionerne allerede stået i 50 til 100 år eller mere. Nogle hovedkonstruktioner har derfor allerede gennemgået en større renovering, mens andre allerede nu eller inden for en kortere årrække står over for en større renovering. Disse bygningsdele omfatter blandt andet tag, ydervægge, fundamenter, etagedæk og terrændæk, altså bygningsdele der udgør bygningens udseende og rummer de primære bevaringsværdier.

Mulighederne for klimasikring af den type bygninger er afhængige af bygningens materialer, tilstand, lokale forhold som geologi, geografisk beliggenhed, landskabet og kommunens lokalplaner. (Rasmussen m.fl., 2014, Klimatilpasning af ældre almene etagebebyggelser).

Nutidens klimadata

Forandringerne i det danske- og globale klima vil medføre udfordringer for mange bygninger, der ikke er designet til et klima under konstant forandring og vil, uden den fornødne klimatilpasning med tiden være utidssvarende, få skader og udgøre en sikkerhed- og sundhedsmæssig risiko for brugerne.

Siden 2015 stiller bygningsreglementet krav til hvilke klimadata der skal anvendes, for at sikre at projekterende i Danmark anvender de samme klimadata, og at klimaet dermed ikke bliver et konkurrenceparameter ved udbud. I bygningsreglementet 2018, kap. 19 stilles der krav til at der anvendes Design Reference Year (DRY) 2013 for simulering med nutidens klimadata. DRY 2013 er det danske klima reference-år. Det er baseret på vejrmålinger gennemført af DMI i perioden 2001-2010. DRY 2013 defineres som nutidens designmæssige klima, og ikke det faktisk nuværende klima. (Brandt, 2023, SBI 227).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) og International Energy Agency (IEA) har udarbejdet fremskrivningsmodeller for temperatur frem til år 2100.

IPCC klimarapport - Fremskrivningsmodel for temperatur

IPCC er FN's internationale klimapanel der blev etableret i 1988 og udgiver hver 7. år en klimarapport, der beskriver mulige scenarier for fremtidens globale klima. Der er hidtil udgivet 6 hovedrapporter (i 1990, 1995, 2001, 2007, 2014 og 2023). Den seneste hovedrapport, AR6 (Assessment Report 6) udkom i marts 2023 og beskriver 5 forskellige udviklingsscenarier, som afhænger af hvilken socioøkonomisk retning vi som mennesker går i. De fem scenarier benævnes SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2- 4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5. SSP som er en forkortelse for Shared Socioeconomic Pathways, læs mere i bilag 1.

IPCC's 6. hovedrapport fastslår, at temperaturstigningen forbliver stigende på 1,5°C - 2°C frem mod år 2100. ([Klimatilpasning.dk](https://www.klimatilpasning.dk), FN's Scenarier)

Temperaturstigningerne for de ovennævnte 5 SSP-scenarier fremgår af tabel 4 der viser de forudsete fremtidige temperaturer med tre tidsintervaller som hver rækker over 2 dekader.

Tabellen viser, at den gennemsnitlige temperatur for eksempelvis 2021-2041 er 1,52°C. For 2041-2061: 1,96°C og for 2081-2100: 2,78°C

Tabel 4 - SPP-scenarier for globale temperaturstigninger frem mod år 2100 ifl. IPCC-rapport 6 (Klimatilpasning.dk, 2023).

Scenarie	Beskrivelse	Temperaturstigning siden industrialiseringen. I parentes: 90% konfidensintervallet.		
		2021-2040	2041-2060	2081-2100
SSP1-1.9	Lavt udledningsscenarie. Holder sig under 1,5°C.	1,5 °C (1,2-1,7 °C)	1,6 °C (1,2-2,0 °C)	1,4 °C (1,0-1,8 °C)
SSP1-2.6	Lav udledning. Holder sig under 2°C.	1,5 °C (1,2-1,8 °C)	1,7 °C (1,3-2,2 °C)	1,8 °C (1,3-2,4 °C)
SSP2-4.5	Mellemhøjt udledningsscenarie	1,5 °C (1,2-1,8 °C)	2,0 °C (1,6-2,5 °C)	2,7 °C (2,1-3,5 °C)
SSP3-7.0	Højt udledningsscenarie. Indhold af CO ₂ i år 2100 er ca. dobbelt af i dag.	1,5 °C (1,2-1,8 °C)	2,1 °C (1,7-2,6 °C)	3,6 °C (2,8-4,6 °C)
SSP5-8.5	Meget højt udledningsscenarie.	1,6 °C (1,3-1,9 °C)	2,4 °C (1,9-3,0 °C)	4,4 °C (3,3-5,7 °C)

IEA - Fremskrivningsmodel for temperatur

Der er også udarbejdet to fremskrivninger af klimadata for 2050'erne og 2090'erne som typiske meteorologiske år TMY (Typical Meteorological Year). Dataene er udvalgt fra timedata i en længere periode på normalt 10 år eller mere. TMY2050s og TMY2090s bygger på fremskrevne klimadata fra IEA EBC Annex 80 Resilient Cooling of Buildings CORDEX projekt, som er bias korrigeret (Cannon 2018), i forhold til historiske klimadata for den målestation, som de fremtidige data skal repræsentere, (Wittchen, Kim B m.fl., 2021, Vejrdata til fremtidens byggeri). Fremskrevne klimadata for TMY2050s og TMY2090s viser at det bliver varmere i 2050'erne, og endnu varmere i 2090'erne, se tabeller i bilag 1

I bilag 1, Tabel 1.B, viser, at månedsmiddeltemperaturen i 2050'erne vil stige til 9,7°C, og i bilag 1, tabel 1.C viser, at månedsmiddeltemperaturen i 2090'erne vil stige til 11,3°C (Kim B. Wittchen, 2021).

Fremtidens klima i Danmark

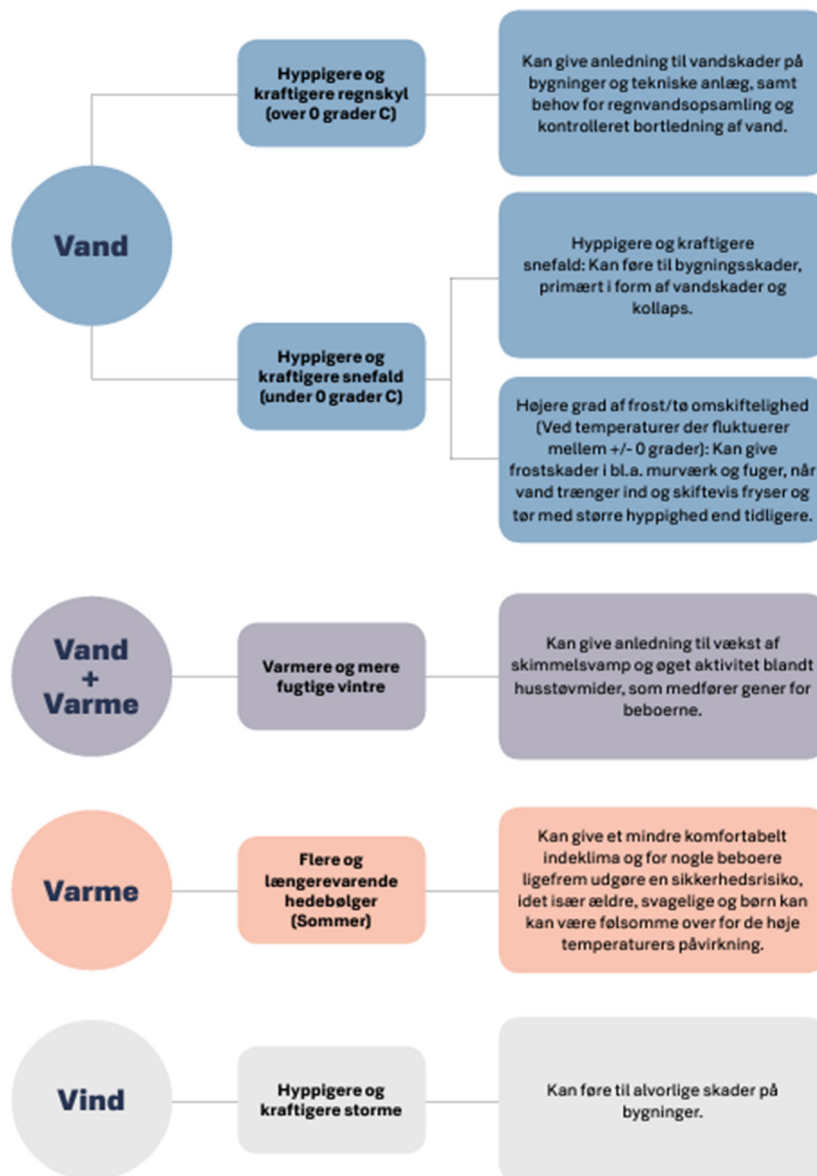
FN's klimapanel, IPCC har i såvel hovedrapporter som i andre rapporter benyttet scenarier som et fælles grundlag for at vurdere en usikker fremtid. Klimascenarierne er udarbejdede som antagelse om de fremtidige udledninger af drivhusgasser og andre stoffer, som direkte eller indirekte påvirker klimaet. Scenarierne betegnes A1, A2, B1 og B2, læs mere i bilag 1.

Vejret ændrer sig hele tiden, og der hersker derfor stor usikkerhed om hvilket klima, der på længere sigt vil være i Danmark. Som fælles grundlag for beslutninger anbefales det at følge Miljøstyrelsens klimatilpasningsstrategi, hvilket indebærer benyttelse af data fra FN's klimapanel, IPCC, med DMI's viderebearbejdning for danske forhold. Disse data er usikre, hvilket man må tage i betragtning i forbindelse med større investeringer baseret på disse data. (klimabyggeri.dk)

3.5.3 Konsekvenser af klimaforandringer for bygninger

Vores bygninger er sårbare over for ændringer i klimaeffekter som kan medføre storm-, sne- og sætningsskader, vandindtrængning, dårligt indeklima samt kortere levetid af konstruktioner.

Der er ofte størst fokus på konsekvenserne ved hyppige og kraftige regnskyl, da disse kan medføre vandskader eller beskadige tekniske anlæg, men også andre klimaforandringer kan have stor betydning for bygninger som: flere og længerevarende hedeølger, varmere og mere fugtige vintre, kraftigere storme, mere sne/større snelast. Af figur 10 fremgår de nævnte klimaforandringer og de konsekvenser som de medfører for bygninger.



figur 10 - Oversigt over klimaforandringer og deres konsekvenser for bygninger (Kilde: Rapport om klimatilpasning af ældre boliger)

3.5.4 Vandindtrængning i bygninger

Kloaknettet i Danmark er mange steder i dårlig stand (Retsinformation.dk) og klimaforandringernes kraftigere regnskyl og skybrud kan betyde enorme vandmasser, der overbelaster kloak- og afløbssystemet, med risiko for store skader i bygningen. Under et kraftigt regnskyl kan bygninger blive påvirket af vand fra tre fronter: Vand fra oven, vand fra siderne og vand nedefra. Vand kommer ind i bygningen via gennemføringer af installationer som el, gas, varmerør, spildevand, vand installationer og utætte afløbsrør. Der kan derfor være risiko for vandindtrængning i bygningen via indførsingsområdet for installationen. Der kan ligeledes være risiko for svigt på grund af stigende tryk af vand, fra siden og fra neden. De store vandmængder kan forårsage vandskader og dermed risiko for fugt og skimmelvækst i bygningen. I ældre ejendomme med kældre opstår fugt problemer typisk i kældervægge, fundamenter og vægge i stueetagen, da ydervægge og gulv udsættes for fugtpåvirkning både inde- og udefra. Problemerne skyldes ofte opslugning af grundfugt. Grundfugt findes, især i ældre kældre med grundmurede konstruktioner grundet manglende fugtspærre og tidligere anvendelse af kapillarsugende materialer som tegl.

Det kræver derfor, at der fremtidigt er fokus på at sikre bygningerne tilstrækkeligt f.eks. ved indføringer af installationer, for at forhindre vand i at trænge ind i bygningerne og undgå fugtskader samt at bortlede vandet på en effektiv og kontrolleret måde.

I dette afsnit beskrives de forskellige opmærksomhedspunkter indvendigt i bygningen, der skal tages i betragtning, og hvilke tiltag der kan udføres på bygningen, for at sikre mod vandindtrængning fra oven, fra siden og fra neden samt fugtproblemer.

Afløbsledninger

Gulvafløbet i kælderen kan være forbundet med risiko for tilbageløb og opstigende vand, især hvis afløbet er lavtliggende i forhold til det øvrige kloaksystem. Det kan ske ved skybrud, at kloakkerne bliver fyldte med regnvand, og i de tilfælde kan der ske en overbelastning og oversvømmelse af hele kloaksystemet. Som følge af oversvømmelsen, kan kloaksystemet ikke bortlede vandet og der kan stå kloakvand op af gulvafløbet. En løsning af dette kunne være, at der kan installeres et højvandslukke i gulvafløbet, som vil lukke af til kloakken, hvis kloakvand løber retur. Det kan dog sætte naboers og nærtliggende gulvafløb under endnu højere pres, så det bør være en koordineret løsning. Alternativt kan der etableres en udsparring i kældergulvet, hvor der placeres en grundvandspumpe.

Kældervægge

Kældervægge er særlige udsatte, da vand kan sive ned i tilbagefyldsmaterialet ved kældervæggen. Når der falder store regnmængder, hæves vandtrykket på udvendig side af kældervæggen. Vandet vil forsøge at trænge ind igennem konstruktionen og kan give anledning til opfugtning af kældervæggen med synlige fugtskjolder. Opfugtningen kan give fugtskader og risiko for skimmelvækst.

Hvis vandet ikke kan ledes tilstrækkeligt væk med fald i terræn, kan der etableres omfangsdræn. Et omfangsdræn etableres langs med facaderne hele vejen rundt om bygningen. Formålet med et omfangsdræn er at effektivt at mindske vandtrykket på udvendig side af kældervæggen. I kombination med drænarbejdet, kan der etableres fugtsikring i form af grundmursplade og/eller udvendig efterisolering. Drænet bør sikres med en pumpebrønd, så tilbageløb i drænet kan afværges.

Tryk fra vandmættet jord

Ud over vandtryk på kældervægge kan samme situation opstå under kældergulvet. Trykket fra vandet kan her blive så højt, at gulvkonstruktionen kan give efter og blive presset op. Der er også risiko for, at vand vil komme op af kældergulvet igennem revner og sprækker, ved gennemføringer i gulv eller omkring gulvafløb. Det indtrængende vand kan give fugtskader og risiko for skimmelvækst.

En del af løsningen kan være omfangsdræn, som beskrevet under kældervægge. Dog kan omfangsdrænet have begrænset effekt, hvis gulvarealerne i kælderen er store. Alternativt kan der etableres en grundvandsbrønd eller en grav, hvor siderne i brønden eller graven tillader vandet at sive ind. På den måde lettes trykket fra gulvkonstruktionen og vand pumpes bort med en grundvandspumpe placeret i brønden.

Tætning omkring rør og kabler

Bygningens tæthedsplanel brydes ved indføring af rør som fjernvarme, gas, og el-rør og kabler igennem konstruktionen. Når gennemføringer er utætte, er der risiko for at vand kan trænge ind i konstruktionen og kælderen. Det kan medføre vandskade og kan resultere i fugtophobning og skimmelvækst. Det er derfor nødvendigt at være opmærksom på tætningen omkring gennemføringer. Især i kældre kan gennemføringer være problematiske, da disse ofte ligger under terrænniveauet.

Utætte gennemføringer skal tætnes. Tætning kan udføres ved anvendelse af fuger eller tætningsmanchetter. (Klimatilpasning.dk).

4. Beregningsværktøjer og målemetoder

Til at undersøge og vurdere forskellige problemområder i rapporten, anvendes beregningsprogrammerne HEAT2, WUFI, Be18 samt måleinstrumenter til at gennemføre forskellige målinger af radonindhold i bygning og i jord, fugt og temperatur, CO₂ og VOC i indeluften samt terrænnært grundvandsniveau.

4.1 WUFI 6.7

For at undersøge betydning af de eksisterende forhold og forslag til efterisolering, vil der blive foretaget simuleringer af fugtforholdene i fugtberegningsprogrammet WUFI (Fraunhofer IBP). Programmet er udviklet af Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) i Tyskland, og benyttes til at beregne realistiske varme- og fugttransport for en flerlags bygningskonstruktion, og arbejder med dynamiske randbetingelser. WUFI kan også benytte forskellige materialeparametre i forhold til materialers fugtindhold. Programmet kan beregne fugttransporten i konstruktionerne både ved dampdiffusion og kapillarsugning. Derudover kan programmet lave beregning ud fra vejrdato med sol og slagregn, hvilket gør resultatet mere realistisk. WUFI 6.7 er en 1-dimensional version og velegnet til at beregne og vurdere følgende:

- risiko for kondensation
- udtørrestid for konstruktioner
- indflydelse af konstruktionsændringer
- vandabsorption som følge af slagregn
- fugtforholds indflydelse på isoleringsevnen
- fugtforhold ved kuldebroer
- følsomhed af konstruktion ift. skimmelvækst og nedbrydning. (Brandt. m.fl. SBI 277, 2023).

Fugtforholdene i konstruktionen kan bedst ses ved at foretage simuleringer over en længere periode f.eks. 3-5 år, så der med sikkerhed kan konkluderes, at fugtniveauet i konstruktionen er stabiliseret. Simuleringerne i WUFI giver samtidigt et samlet billede af fugttilstanden i konstruktionen.

4.2 HEAT2

HEAT2 er et anerkendt beregningsprogram, som anvendes internationalt til simulering af varmetransmission gennem materialer og konstruktioner. Programmet kan beregne U og PSI værdier og give grundlag for analyse af kuldebroer og vurdering af temperaturer igennem konstruktioner, og på overflader. Programmet har en rekorder funktion, som kan simulere en konstruktion igennem året. Data kan herfra viderebehandles i Excel, hvor der kan optegnes temperaturkurver. Ved simulering af varmetransmission gennem bygningens mest kritiske punkter i klimaskærmen kan temperaturen på indvendig- og udvendig overflade beregnes, samt

temperaturen gennem konstruktionen. Temperaturen kan bruges til at vurdere om der er risiko for kuldebroer og for fugt.

4.3 Be18

Be18 er et beregningsprogram, som anvendes til at beregne og dokumentere at bygnings nuværende energibehov og som omfatter leveret energi til ejendommen til opvarmning, ventilation, varmt vand, køling og eventuel belysning, multipliceret med den relevante energifaktor for hver energibærer” (Bolig- og Planstyrelsen, BR18). Energirammeberegningen kan anvendes til at eftervise overholdelse af krav til energirammen i bygningsreglementet 2018. Programmet kan ikke dimensionere installationer og anlæg, men beregner og simulerer en bygnings energibehov ud fra de data, som indtastes. Programmet giver også resulterende data til dokumentation for BR18 § 264 transmissionsrammen, samt BR18 §385-386 en simulering af termisk indeklima i form af overtemperatur for boliger.

4.4. Måleudstyr

4.4.1 Dataloggere

Der er gennemført datalogninger med Airthings Wave Plus og dosimetre, som logger indholdet af radon, CO₂, VOC og fugt, temperatur og lufttryk. Loggerne er placeret på steder, hvor der kan forventes at være varierende forhold, og hvor det forventes at de varierende forhold kan være problematiske for bygningens indeklima. Målingerne anvendes, hvor det er relevant til vurdering af kvaliteten af indeluften i opholdsrum ift. radon, CO₂ og VOC. Fugt og temperaturlogningerne giver mulighed for at foretage en vurdering af forholdene i bygningen i forbindelse med brug.

4.4.2 Radonmåling

Radon er en radioaktiv luftart, som hverken kan lugtes, ses eller smages. Radon bliver dannet ved henfald af grundstoffet radium (Ra 226). Radium findes overalt i jorden, hvorfra den kan trænge ind i indeklimaet. Derfor vil de højeste koncentrationer af radon kunne findes i kældre- og stueetager, særligt hvis der er utætheder eller fejl i fundamentet. Radon har en halveringstid på 3,8 døgn, og det er primært radon-222, som findes i indeklimaet. Eurofins. Radonmålingen kan anvendes til vurdering af om bygningen har tilstrækkeligt tæthedsplan mod jord, idet forhøjede radonmålinger i en ventileret bygning giver viden om utætheder i lufttæthedsplanet, som kan være spredningsveje for radon.

Der findes mange forskellige målemetoder til påvisning af radon kan eksempelvis, være elektroniske målere, forskellige instrumenter til korttidsmåling for udsøgning af indtrængningspunkter, som RaD7, AirThings, Canary, Ramon2,2. Anvendelse af elektroniske målere til radonmåling kan desuden måle radonindholdet i indeluften for at få indikativ målinger eller bidrage til vurdering af, hvor der er utætheder i klimaskærmen eller andre bidrag til indeluften, f.eks. fra utætte kloakker. Målinger opnået med elektroniske målere kan ikke anvendes til beregning af årsmiddelværdien.

Elektroniske radonmålere giver dermed indikation af, om der er radonindtrængning og om det er sandsynligt, at arealdækkende langtidsmålinger vil vise en overskridelse af 100 bq/m³ kriteriet, og dermed om der er radonindtrængningen i bygningen. (Rasmussen m.fl., 2018, SBi 270).

En korrekt radonmåling foretages, når bygningen er i anvendelse, specielt i forhold til normalt luftskifte og stuetemperatur, idet intensionen er at få den mest retvisende gennemsnitskoncentration for radon over min. 60 dages måleperiode. Radonmålingen foretages i fyringssæsonen fra 1. oktober til 30. april og der anvendes passive dosimetre med film som registrer antal counts. (Rasmussen m.fl., 2018, SBi 270).

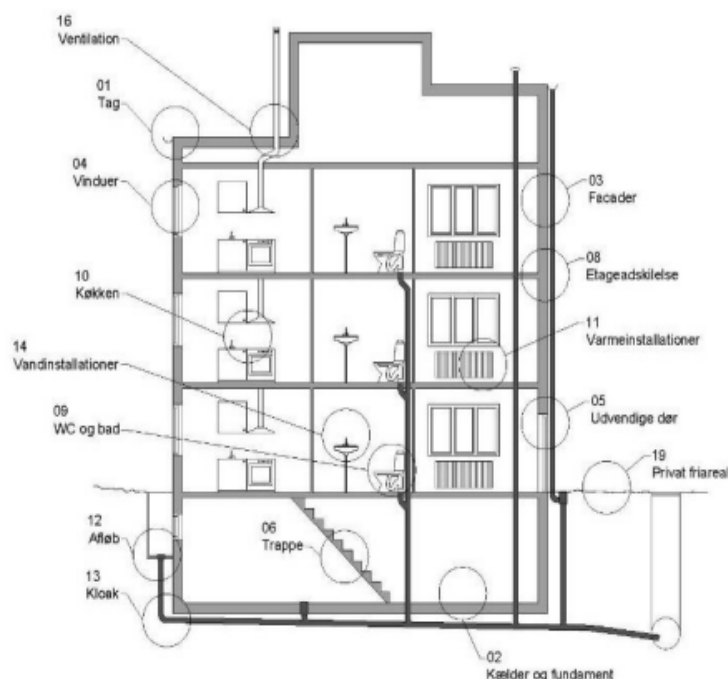
Derudover anvendes måling af radon til:

- At vurdere om radonindholdet i indeluften skal reduceres,
- At undersøge effekten af et radonreducerende tiltag
- At finde radons indtrængningsveje, i kontakten mod jord fx i kælderrum, (Rasmussen, Torben Valdbjørn;. (2019). Efterlevelse af byggelovens bestemmelser om radonsikring. SBI forelag SBI 2019:07 1. udg.).

5. Gennemgang af 37 tilstandsvurderinger af bygninger i Solrød Kommune

Der er taget udgangspunkt i en serie af tilstandsvurderinger bestilt og udført af Solrød Kommune i november 2022 med tilhørende energimærkninger udført i 2009. Solrød Kommunes formål med at gennemføre en gennemgang af bygningerne i form af en tilstandsvurdering, er at opnå et beslutningsgrundlag for den fremtidige drift, istandsættelses- og vedligeholdelsesarbejder på ejendommene. Ud over beskrivelse af tilstanden af bygningerne indeholder rapporterne også en vurdering af hvilke vedligeholdelses arbejder som skal udføres inden for en kort tidshorisont på 1-2 år, og hvilke arbejder der bør planlægges udført inden for en længere tidshorisont. Formålet er at sikre, at der kan foretages en prioriteret beslutning om, hvilke vedligeholdelsesarbejder eller fornyelser der skal idriftsættes straks og hvilke der kan planlægges over en tidshorisont på 5 år.

Det fremgår af nedenstående figur 11, hvilke bygningsdele og tekniske installationer, der er vurderet i tilstandsrapporterne for de besigtigede bygninger

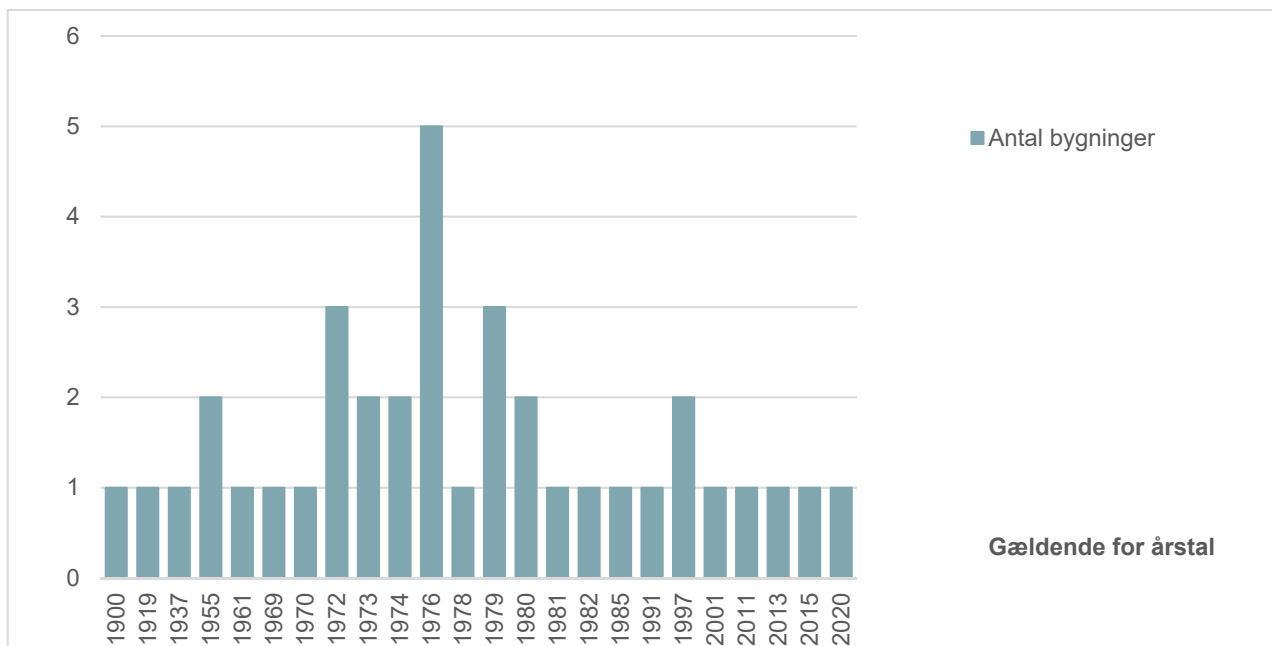


Figur 11 - Bygningsdele der er foretaget tilstandsvurdering for i rapporter udleveret af Solrød kommune.

Der er foretaget tilstandsvurdering og besigtigelse af i alt 37 bygninger ejet af Solrød Kommune. I bilag 2 ses liste med summering af tilstandsvurderinger, de korrekte adresser og anvendelser af bygninger er neutraliseret. Der er i stedet angivet et lokalitetsnummer i henhold til byggeår, som anvendes som reference for de fremadrettede beskrivelser af tilstandsvurderingerne.

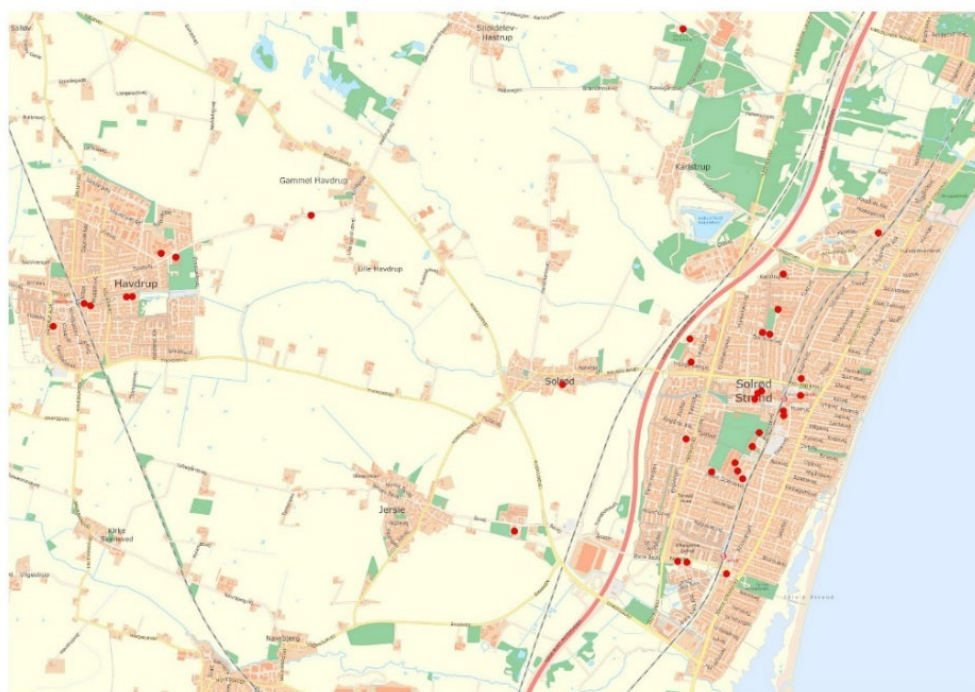
Der er primært tale om bygninger som anvendes til institution, aktivitetscenter eller til skoleformål.

Bygningerne er opført i 1900 frem til 2021. De tre yngste bygninger er tilbygninger opført i 2017, 2020 og 2021. Alle har en primær bygning som er opført i henholdsvis 1970, 2011 og 1972, se figur 12.



Figur 12 - Fordelingen af 37 bygninger i Solrød Kommune, hvor der udarbejdet en tilstandsvurdering fordelt jf. byggeår for første opførte bygning på adressen.

Den ældste bygning ud af de 37 bygninger er opført i år 1900. Som det fremgår af figur 12 ift. byggeår, så er 11 bygninger opført efter 1980. Ses der på de ældste bygninger, så er der 6 bygninger som er opført før 1961, hvor det første bygningsreglement for købstæder og landet træder i kraft, se afsnit 2.1. (Historiske bygningsreglementer, Social- og boligstyrelsen). Ud af de 6 bygninger fra før 1961, er 3 bygninger opført hhv. i år 1900, 1919 og 1937.



Figur 13 - viser geografiske placering af kommunens bygninger, hvor der er foretaget tilstandsvurdering.

På figur 13 er den geografiske placering af kommunens bygninger, hvor der er foretaget tilstandsvurderinger.

5.1 Analyse og vurdering af de gennemførte tilstandsvurderinger

Tilstandsvurderinger udarbejdes normalt eller ofte i forbindelse med køb/salg eller for at få mulighed for at prioritere udgifter til vedligeholdelse eller som forundersøgelser, forud for renoveringer eller energioptimeringer af bygninger. Det betyder, at det er væsentligt at tydeliggøre observationer, som kan få betydende økonomiske konsekvenser ved en af ovennævnte aktiviteter.

Hovedparten af bygningerne er bygget mellem 1955 frem til 2001. 3 bygninger er fra perioden 1900 - 1955 og 4 bygninger er fra 2011 - 2020.

Der er generelt tale om systematiske tilstandsvurdering ift. bygningsdele som tag, facade, døre udvendigt, vinduer, trapper udvendig og indvendig, etageadskiller, ventilation, og hvis der er tale om mekanisk ventilation, og porte. Der er generelt tale om strukturerede og ensartede formuleringer. Konklusioner fra tilstandsvurderingerne er summeret i en samlet tabel for de 37 bygninger som kan læses i sin helhed i bilag 2 i A3-format.

Det er indledningsvist vurderet, om der er emner som tilstandsvurderingerne ikke medtager. Kun i et enkelt tilfælde ud af de 37 er det beskrevet, at der kan være risiko for asbest i bygningen. Det sætter fokus på, at der ikke er foretaget en vurdering af om bygningsdelene kan indeholde miljøfremmede stoffer som kan afdampe eller afgives til indeklimaet, eller om der er anvendt malinger o. lign. med indhold af miljøfremmede stoffer, som kan fordyre og vanskeliggøre almindelig drift og vedligehold.

Der er generelt ikke foretaget en vurdering af om klimaskærmen mod jord er tæt. Hvis der er påvist revner utætte rørindføringer eller svigt i konstruktioner mod jord kan det betyde øget risiko for radonindtrængning i bygningen eller øget risiko for vandindtrængning f.eks. gennem rørindføringer som ikke er tætnet.

I disse tilstandsvurderinger er der generelt tilknyttet kommentaren "acceptabel, midlertidigt", hvis det ikke har været muligt at vurdere tilstanden af bygningsdelen, som følge af manglende adgang til bygningsdelen eller som følge af manglende dokumentation, f.eks. i form af TV-inspektion, eller manglende viden om bygningens tilstand ved større regn hændelser. Der er generelt tale om manglende vurderinger ift. fundering, sokler og kloakker. Som eksempel er der angivet "Kloak kan ikke vurderes, uden at der foretages en TV-inspektion". Denne kommentar er angivet i samtlige 37 tilstandsvurderinger. Til denne vurdering er tilknyttet kommentaren "acceptabel, midlertidigt", hvilket gør at afledning af vand fra bygningerne fra kloakker får mindre betydning i de budgetter som er tilknyttet tilstandsvurderingerne efterfølgende.

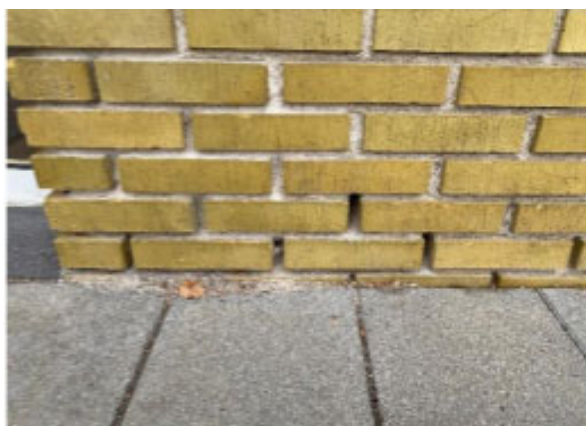
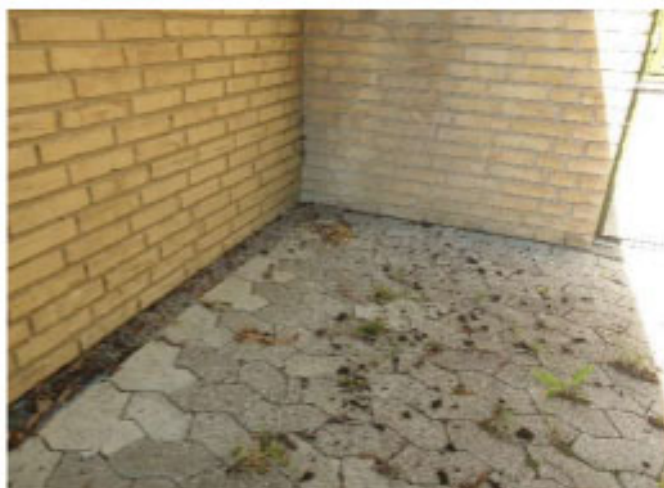
Der er i 20 tilfælde af disse, ikke foretaget en vurdering af kloakkernes levetid, ud fra f.eks. Miljøstyrelsens vurdering om levetid på kloakker op til 60 år. (Miljøprojekt nr. 1065, år 2006. Afløbssystem- levetid og renovering. Tabel 4-1). Ingeniørfirmaet der udarbejdede tilstandsvurderingerne, vurderede i nogle rapporter at kloakker/afløbssystemer har en levetid på 50 år.

I 15 tilfælde er der mindre end 10 års restlevetid af kloakker, idet bygningerne er opført før 1974. Kun i et tilfælde er der angivet en kommentar, men tilstanden er generelt fastsat som "acceptabel, midlertidigt". Der er i alt 3 tilfælde ud af 37 foretaget en vurdering af kloakkernes levetid, set i forhold til bygningens alder. Gulvafløb indstøbt og ikke mulig at inspicere er angivet for 20 ud af 37 lokaliteter.

På 12 lokaliteter ud af 37 lokaliteter er fundering ikke vurderet.

På 8 lokaliteter ud af 37 lokaliteter er sokkel ikke vurderet.

Ingen sokkel på 3 ud af 37 bygninger. De er opført i perioden 1976-1981 og den nuværende tilstand viser, at der ikke er sokkel på bygningerne før overgang til tegl, sandsynligvis som følge af senere belægningsarbejder, hvor terrænet er hævet.



Figur 14 viser bygninger opført uden sokkel, med udskylninger for lokalitetsnr. 18,19 og 27.

Tilstandsvurderingerne er generelt vanskelige at vurdere ift. opstigende grundfugt, belastning med overfladevand og risiko for udvikling af skimmel. Minimum 7 lokaliteter ud af 37, vurderes der at være fugt som følge af belastning med overfladevand eller grundfugt.

Minimum 10 lokaliteter, vurderes der at være bygningskader i form af fugt i bygningsdele som følge af grundfugt.

På 8 lokaliteter er der dokumentation for fugt i tagkonstruktionen. I 2 ud af disse 8 vurderes der at være tale om mindre vedligeholdelsesarbejder. For de øvrige 6 vurderes tag som værende nedslidt og der er behov for vedligeholdelse eller udskiftning.

For at få en vurdering af de 37 tilstandsvurderinger med udgangspunkt i vurdering af bygningsfysiske problemstillinger, er der foretaget en analyse af tilstandsvurderingerne ud fra byggetekniske problemstillinger ift. fugt.

Nedenfor i tabel 5 er vist et uddrag af en tabel, hvor alle 37 tilstandsvurderinger er beskrevet og samlet samt analyseret i forhold til vand fra oven, vand fra siden og vand fra neden. Hvis der er et grøn felt i skemaet, så vurderes det, at bygningsdelen er påvirket af fugt også selv om f.eks. tilstanden er angivet som acceptabel. Hvis der i tilstandsvurderingen alene er skrevet skimmel eller jordslået, så er der i tabellen foretaget en vurdering af at der er fugt til stede og er derfor farvet grønt.

Tabel 5 - Uddrag af tabel fra bilag 2, der samler viden fra 37 tilstandsvurderinger, under hver bygningsdele er overordnede konklusioner fra tilstandsvurderingen beskrevet. I denne tabel er det valgt at vise dele af analysen for lokalitet 1, 3, 4, 5 og 14. Hvis feltet er farvet med grønt, er der viden om påvirkning af bygningsdelen med grundfugt, vand fra oven vand fra overfladevand eller vand fra afledning.

Lok. nr	Byggeår	Tag	Facade	sokkel
1	1900	Dårlig stand: Inddækninger - Ligger ikke optimalt, risiko for fygesne, udtjent levetid. Tagrender og nedløb - Umiddelbart tætte, nedløb manglet enkelte steder, opbrugt levetid for tagrender. Ringte til dårlig stand: Eternitplade tag - Nedbrydning, ligger ujævnt, krakelering og afskalning af overflader, huller i taget. Spær og lægter - Umiddelbart uden råd og sætningsskader, angrebet af insekter. Ringte stand: Loftrummet - Isolering ikke jævnt fordelt og placeret ud for ventilationsspalten i tagfoden, ventilation kun igennem tagplader, mus/rotter på loftet, tidligere hvepsebo. Skorstene - Puds er eroderet væk, sten og mørtel slipper.	Ringte til acceptabel stand: Bindingsværket - Renoveret flere steder, mangler malervedligehold, bindingsværk fremstår med sætninger og udbredt råd i træværket. Dårlig stand: Murværk - Revner og sætninger i både øverste del af faderne på langsiden af huset. Ringte stand: Ydervæggene - Kraftig lugt af skimmel i huset, kan skyldes forkert efterisolering af bindingsværk. Gavltrekan mod have - Flere revner i bræddeteklædning, afskallende maling og udbredt råd.	Sokkel ikke vurderet.
3	1937	Acceptabel stand: Bølgeeternitpladerne på hovedbygningen - Intakte, begroninger/mos, asbest. Bølgeeternitpladerne på annekset - Intakte, skiftet i 2013. Vindskeder og udhængsbrædder - Jævnlig malervedligehold Skorstene i annekset - Tilbagetrukket fuger ift. murværket, skorsten uden defekte og forvitrede fuger. Taghætter - Antaget udskiftet i 2013, nyere, ingen utætheder. Inddækninger på hovedbygningen - Uden synlige skader og utætheder, zinkinddækninger har udtjent deres tekniske levetid. Skotrende på hovedbygningen i zink - Ingen utætheder. Tagrender og nedløb på hovedbygningen - Tilstrækkeligt fald og uden synlige skader. Tagrender og nedløb - Tilstrækkeligt fald og uden synlige skader. Ovenlysvinduer på hovedbygningen - Utætheder. Dårlig stand: Skorstene i hovedbygningen - Defekte og forvitrede. Tilstand kan ikke konstateres pga. ikke mulig besigtigelse: Det var ikke muligt at besigtige spær og lægter. Det var ikke muligt at besigtige isoleringen i hovedbygningen eller annekset.	Acceptabel stand: Facaderne af murværk i hovedbygningen - Uden revner, misfarvninger og skader, tynde "musetrapper" i hovedbygning, forvitring ved fugerne i ruleskiftet samt defekt puds på indgangspartiet. Facaderne af murværk i annekset - Uden revner, misfarvninger og skade, diffusionstæt maling forhindrer fugt i at diffundere.	Acceptabel stand: Soklen i hovedbygningen - Ingen revner og forvitring i betonsoklen. Soklen i annekset - Ingen revner - Fugtpåvirket enkelte steder, højest sandsynlig pga. anvendelsen af diffusionstæt maling.
4	1955	Acceptabel stand: Spær og lægter - Uden råd og skader. Isolering - Ligger pænt i besigtiget område. Kvisten - Ingen tegn på revner og forvitring. Vindskeder - Jævnlig malervedligehold. Taghætter - Intakte og ingen tegn på utætheder. Skotrende i zink - Ingen tegn på utætheder. Ovenlysvinduer - Ingen skader Dårlig til acceptabel stand: Bølgeeternitplader - Mangler alger og begroninger. Dårlig stand: Tagrender og nedløb - Tilstrækkeligt fald, tilstoppet og fyldt med planer og bevoksning, udtjent levetid. Tagpap/betontaget - Uden inddækninger og tagrender, problem ved afledning af regnvand.	Dårlig stand: Facaderne af murværk - Revner, misfarvninger, "musetrapper", defekte ståltegl, fugtigt både indvendigt og udvendigt. Nederste del af facade har forvitrede og manglende fuger.	Dårlig stand: Soklen - Misfarvninger, revner i soklen og med tydelig fugtpåvirkning.
5	1955	Acceptabel stand: Tegltaget på bygning 1 og 4 - Intakt, mindre alge- og lavbegrøning. Spær og loftrum på bygning 1 - Ingen skader eller angreb af råd, ujævn fordeling af isolering. Inddækninger og skotrender på bygning 1 og 4 - Uden skader og utætheder, kan indeholde bly. Tagrender og nedløb på bygning 1 - Ingen større defekter eller tæring. Ovenlyskupler på bygning 2 - Ikke besigtiget udefra. Tagpaptaget på bygning 3 - Lavbegrøet, intakt. Dårlig til acceptabel stand: Skorstene på bygning 1 - Defekte og forvitrede fuger, revner og manglende fuger. Tagpaptaget på bygning 2 - Både af ældre og nyere dato, utæthed ved opgang 31. Tagrender og nedløb på bygning 4 - Af ældre dato, rustplamager på rendejern, ingen utætheder. Dårlig stand: Understrygningen på bygning 1 - Partielt understrøget, utætheder i understrygning. Understrygningen på bygning 4 - Varierende alder, partielt understrøget. Spær og loftrum på bygning 4 - Ujævn fordeling af isolering, mange spær fremstår med defekter, huller og nedbrudt træ efter borebiller/svamp. Skorstene på bygning 4 - Defekte og forvitrede fuger, revner og manglende fuger.	Acceptabel stand: Gadefacaden på bygning 1 - Ensartet, slid og ælde, uden store revner og skader. Facadeplader på bygning 2 og 3 - Intakt. Facader af murværk på bygning 2 og 3 - Ensartet, slid og ælde, uden store revner og skader. Dårlig til acceptabel stand: Gårdfacaderne på bygning 1 - Ensartet, slid og ælde, enkelte revner og manglende fuger i terrænniveau, reparation af murværk. Murværk på bygning 4 - Slid og ælde, manglende fuger, udtræk af salpeter i større omfang i terrænniveau, defekte fuger, fugt i murværk.	Sokkel ikke vurderet.
14	1974	Acceptabel stand: Taghætter - Intakte og uden utætheder, Ventilationshætter fremstår med tæring. Skotrende af tagpap - Udtjent teknisk levetid, risiko for utætheder. Ovenlyskupler - Utætheder, ingen indvendige fugtæftninger. Rytterlys - Ingen skader, udtjent levetid for tætningslister og fuger. Dårlig til acceptabel stand: Løst tagpap - Uden større skader, overflade nedslidt til trådlag, utætheder på flade tage, lavbegrøning under et større træ, mindre lunger i flade tage. Inddækninger - Løse og med manglende inddækninger på hælvede tage. Tag afløb og nedløb - Tagnedløb i plast er ført uden på facaden inde i pyntekasser og rør af zink, Tagnedløb i zink fra skotrender syrer tærede og utætte. Løst tagpap - Uden eller med lav hældning for opsamling og føring af regnvand, fugtphobninger og skader i undertaget af brædder.	Acceptabel stand: Facadeplader over vinduer af eternitplader - Ingen defekter. Malede konstruktioner - Konstruktionstræ malerbehandlet, ingen defekter. Vinduespartier, der udgør en del af facaden. Dårlig til acceptabel stand: Facaderne af træbeklædning - Partielt udskiftning i 2021, ældre bræddeteklædning er af forvitret træ og med algebegrøninger, manglende og løse profilbrædder under flere rytterlys.	Acceptabel stand: Soklen - Ingen defekter.

Tabellen viser stor variation ift. observationer om fugt i bygningerne. Det er nødvendigt at nærlæse tilstandsvurderingerne grundigt for at finde ud af, om der er udfordringer med

- grundfugt
- overfladevand
- konsekvenser ved slagregn
- skybrud
- utætheder i væsentlige dele af klimaskærmen

I alle 37 tilstandsvurderinger er det let at finde informationer om fugt i en bygningsdel, hvis det vedrører egentligt svigt eller at bygningsdelen er slidt op.

Det er derimod vanskeligt at finde en vurdering af, om der er tale om grundfugtsopstigning og/eller konsekvenser fra manglende bortledning af overfladevand og/eller slagregn og/eller mangelfuld afledning af spildevand eller regnvand.

Der er et eksempel på, at hele bygningen lugter af f.eks. jordslåethed. Denne oplysning er indsat og rapporteret i tilstandsvurderingen under emnet trapper. Det er først ved nærlæsning af tilstandsvurderingen, det går op for læseren, at hele bygningen er fugtbelastet som følge af betydende grundfugtsopstigning, samt periodisk svigt af utæt tag. Bygningen er ikke undersøgt for skimmel, men med baggrund i oplysningen om generel lugt af jordslåethed, så vurderes det at bygningen har, en ikke uvæsentlig påvirkning af skimmel og er uegnet som institutionsbygning.

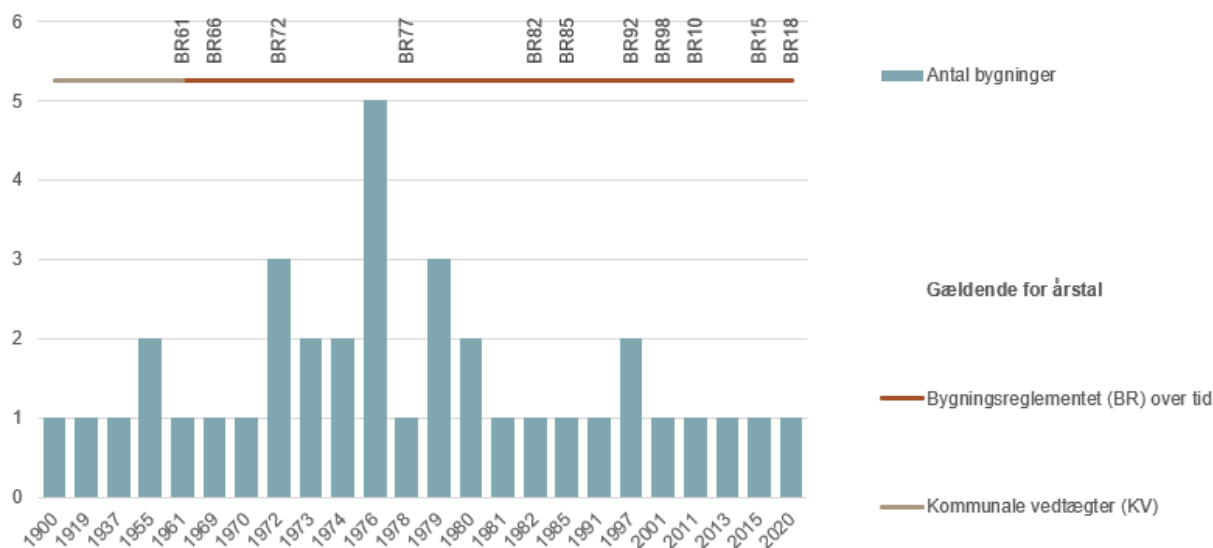
For den mindre trænede læser, kunne der med fordel udarbejdes et samlet afsnit i tilstandsvurderingen, som samler informationer om fugt, fugtindtrængning og risiko for øget fugt og dermed eventuelt også øget risiko for skimmelvækst, i en del konklusion.

Ud af 37 tilstandsvurderinger, er der i 34 tilstandsvurderinger nævnt fugt fra grundfugt, overfladevand eller indtrængning gennem klimaskærmen. Der er kun omtalt risiko for skimmel eller tilstedeværelse af skimmel i 7 af tilstandsvurderingerne. Det betyder, at det er sandsynligt at overse, at bygningen har udfordringer med et sundt indeklima, eller at der er bygningsdele som burde renoveres, ombygges eller udskiftes som ikke får den rigtige opmærksomhed ved beslutninger om tildeling af budget til forbedring af bygningen.

5.2 Strategi for udvælgelse af 3 bygninger

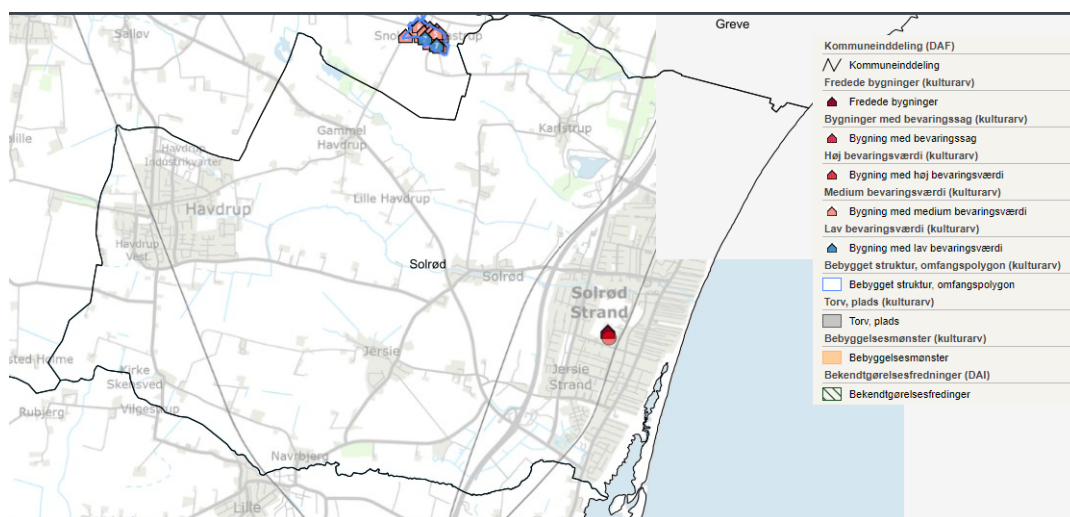
Som det fremgår af analysen af de gennemførte tilstandsvurderinger og redegørelsen om solide tilstandsvurderinger, hvor der dog vurderes at være en række behov for at synliggøre bygningsfysiske konsekvenser af de klimamæssige forandringer. Der er i langt højere grad konsekvenser for bygninger, der er bygget efter historiske bygningsreglementer eller som er bygget ud fra branchens kutymer og kommunale vedtægter før der eksisterede bygningsreglementer, altså før 1961. Der er set på hvilken byggeskik, de tidligste bygninger er opført efter og om der var et gældende bygningsreglement for byggeriet på opførelstidspunktet.

I nedenstående figur 15 er vist fordeling af de 37 lokaliteter, og hvilke bygningsvedtægter de formodentligt er opført efter, samt fordeling ift. byggeår.



Figur 15 viser bygninger byggeår og fordeling – samt gældende vedtægt/byggelov eller bygningsreglement på opførelstidspunktet.

Som vist på figuren, er der 5 bygninger som er opført før det første bygningsreglement i 1961, og som kan betegnes som ældre bygninger. Hovedparten af bygninger er opført i mellem 1961-2001 i alt 28 lokaliteter, hvilket er i god overensstemmelse med at udbygningen af Solrød kommune tog fart efter kommunen blev dannet af to halve sognekommuner, som bestod af de fem kirkesogne Havdrup, Jersie, Karlstrup, Kirke Skensved, og Solrød, og blev samlet til én kommune med 9.001 borgere. Fra 2001 er der kun 4 kommunale bygninger af de 37 som er repræsenteret i de udarbejdede tilstandsvurderinger. Det er endvidere undersøgt om Solrød kommune har bevaringsværdige bygninger i kommunalt eje eller om der er fredede bygninger. Det viser sig, at lokalitet nr. 14 er den eneste fredet bygning i kommunen, jf. SAVE-metoden (figur 16).



Figur 16 - Bevaringsværdige og fredet bygninger i Solrød kommune.

For at få repræsenteret forskellige typer af bygninger i vurderingen er der udtaget 5 bygninger, se figur 17. Der er med udgangspunkt i tilstandsvurderingerne, samt bygningernes alder (før BR1961) og udfordringer i tilstandsvurderingerne, udvalgt 2 bygninger.



Figur 17 -viser 5 ældre bygninger fra før 1961.

Ud fra ovennævnte vurderinger, er der udvalgt 3 bygninger til videre undersøgelse for særlige bygningsfysiske problemstillinger, og om det er muligt at foretage forbedringer af tilstandsvurderingerne ved at anvende tilgængeligt materiale samt dataplatforme, som er offentligt tilgængelige.

Bygningerne som er valgt, er lokalitet 2 og lokalitet 4 og lokalitet 14 og fremgår af figur 18.

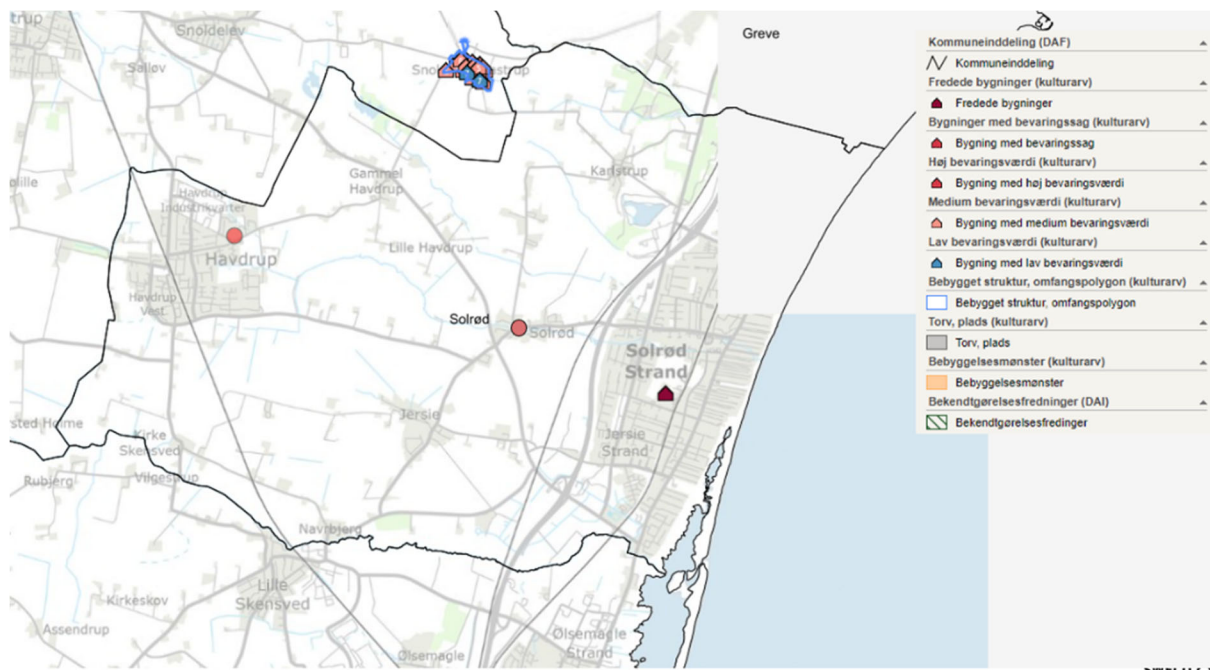
Lokalitet 1 på figur 17, som er kommunes ældste bygning er fravalgt, idet bygningen skal nedrives som følge af fugt, råd og skadedyr, som har skadet bygningen. Det er ikke økonomisk forsvarligt at foretage bygningsforbedringer.

For at tilgodese formålet med dette afgangsprojekt om det er muligt at forbedre tilstandsvurderinger, så der bliver bedre fokus på vand fra oven, vand fra neden og vand fra siden og de klimaforandringer som bygningerne udsættes for, så er det valgt at se på følgende 3 bygninger:

Lok. Nr	Byggeår	Byggelov/BR	Areal	Foto af bygning	Bevaringsværdi
2	1919	Kommunale vedtægter og Byggeloven for købstæderne fra 1858	641		Nej
4	1955	Normal "bygningsreglement" for landkommuner i 1951.	418		Nej
14	1974	Bygningsreglement 1972	10.302		Fredet

Figur 18 - Udvalgte ældre bygninger og én fredet bygning ud af 37 tilstandsvurderede opført i henholdsvis 1919, 1955 og 1974.

Disse bygninger er valgt som følge af forskellig byggestil, bygningsfysiske udfordringer samt geografisk placering i Solrød kommune. Den geografiske placering har betydning i forhold til vurdering af grundfugt, vurdering af overfladevand, samt nærhed til kystområderne, se figur 19.



Figur 19 - Den geografiske placering for de 3 udvalgte ældre bygninger

5.3 Dybdegående analyse af de 3 udvalgte bygninger

Som beskrevet i tidligere afsnit, er ældre bygninger mindre fugtrobuste pga. tidligere byggesystemer og byggetraditioner. I dette afsnit er der undersøgt de 3 udvalgte bygninger i Solrød Kommune, for at afklare, hvilke bygningsfysiske udfordringer bygningerne er udsat for pga. klimaforandringerne.

Til analysen er hovedsageligt brugt følgende materialer og kilder:

- Solrød Kommunes digitale byggesagsarkiv: For vurdering af bygningsdetaljer - www.weblager.dk
- Dansk byggeskik - Byggeskik fra opførelstidspunkt: For vurdering af bygningsdetaljer, som er relevante ifht. bygningsfysik <https://danskbyggeskik.dk/> & Danske Bygningsmodeller <https://www.danskebyggningsmodeller.dk/>
- Energimærkerapport fra 2009: For vurdering af det samlede byggesystem - <https://boligejer.dk/>
- Historiske energimærkningshåndbøger, for vurdering af bygningsdetaljer - www.ens.dk
- Historiske bygningstegninger, for beskrivelse og vurdering af kuldebroer, og detaljer i konstruktioner.
- Hvis der er anvendt andre kilder end ovenstående, så er det angivet i den dybdegående analyse i teksten i bilag 3, hvor det er relevant.

Med udgangspunkt i det tilgængelige materiale, er der fortaget et ”desk-study” af den enkelte bygning og dens mulige forventede bygningsfysiske udfordringer, se bilag 3.

I bilag 3 vises den dybdegående analyse i sin helhed, suppleret med fotos, udklip af detaljer fra tegninger og suppleret med viden fra energimærke eller energimærkningshåndbogen. Endvidere er anvendt viden fra afsnit 3.5.4 ift. vandindtrængning i bygninger.

[illegible]

Bybdegående analyses resultat er samlet i tabel 6, hvor der samtidigt er angivet om den bygningsfysiske problemstilling vedrører simpel vedligeholdelse, datidens byggeskik, forurening i indeklima eller på byggsdele, eller der er tale om en bygningsfysisk problemstilling som skyldes klimaet.

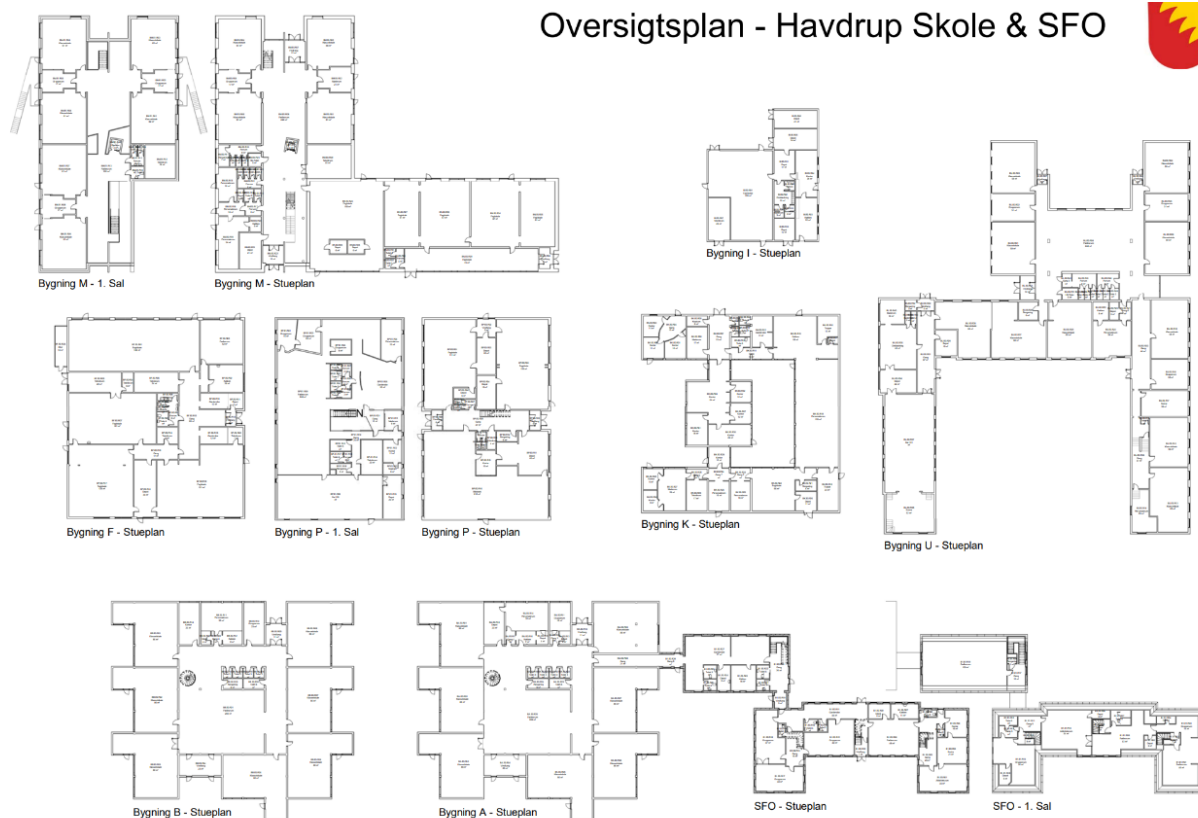
5.3.1 Desktop studie for lokalitetnr. 2

Opførelses år	1961, 1970, 1973, 1977, 2003, 2011, 2018
Varmeforsyning	Fjernvarme
Bygningsareal inkl. tag og kælder	10.044 m ²
Erhvervsareal	9355 m ²
Energimærke	3 bygninger er energimærket D, 2 har F, en har E og en har G
Fredningsstatus	Ingen



39

Oversigtsplan - Havdrup Skole & SFO



Figur 22 – Plantegning over bygninger på lokalitetnr. 2

5.3.2 Desktop studie for lokalitetnr. 4

Bygningen anvendes til flygtninge boliger og delvist til materiale oplag for Solrød Kommune. Den ældste bygning på grunden er opført i 1955 og ombygget i 1973. Bygningen er opført med rød tegl og eternittag. Bygningen er bygget på et niveauspring i terræn, figur 23. (Tilstandsrapport 2022)

Opførelses år	1955, ombygget i 1973
Varmeforsyning	Naturgas, via gaskedel i lukket vandbaseret anlæg
Erhvervsareal	718 m ²
Opvarmet bygningsareal	418m ²
Heraf kælderetage opvarmet	0 m ²
Uisoleret etageadskillelse mod jord	418 m ²
Energimærke	Bygning 1 energimærke E. Det aktuelle energimærke er forældet. Bygning 2 har energimærke C og Bygning 6 har energimærke E. Begge bygninger er energimærkerne gældende til 2027.
Fredningsstatus	Ingen

Bygningen har været brugt til mange forskellige ting, en del af den som materielgård for kommunen, noget som børnehave, fritidsklub, Beredskabsforbundet og ældrecenter, dog ikke samtidig. Den er opført i et stueplan og en 1. sal, og delvis kælder. Tagetagen er uudnyttet.

Anvendelse i stueplan: Undervisning, kantine, lærerværelser, grupperum, diverse kontorer etc.

Anvendelse i 1. sal: 2 depotrum, mindre kontor, et disponibelt rum.



Figur 23- Lokalitetnr. 4

Af billeder fra tilstandsvurderingen og besigtigelse fremgår nogle særlige detaljer for bygningen. Bla. De karakteristiske høje sokler, udvendige brandtrapper og tag med tagrender. Facader og indretning som ses på figurerne 24 og 25 herunder.



Figur 24 - Facader, sokler og tilstand af tagrender og tag. (Kilde: tilstandsrapport.)



Figur 25 - oversigtsplan med indretning af bygning, facader.

For yderligere oversigtstegninger af bygningen, se bilag 3

5.3.3 Desktop studie for lokalitetnr 14

Bygningen er en folkeskole beliggende i Uglegård i Solrød Strand, der er opført i årene 1972-1974, figur 26. Bygningen er opført helt i træ og har en kanal på ca. 200 meter der løber gennem hele grunden. Bygningen er beliggende på en forhøjning i terræn. Der er generelt krybekældre og kældere under bygningerne. Betonen er insitu-støbt. Bygningen står på pæle.

Opførelses år	1974
Varmeforsyning	Fjernvarme
Samlet bebygget areal	10.302 m ²
Erhvervsareal	3.669 m ²
Opvarmet bygningsareal	4.251 m ²
Heraf kælderetage opvarmet	568 m ²
Uisoleret etageadskillelse mod krybekælder og kældere	3.669 m ²
Energimærke	Det kan nævnes, at bygningerne i 2009 er energimærket E for 4 stk., samt G og F for andre 4 stk. bygninger. Den yngste bygning fra 2004 har opnået energimærket D . Det bemærkes, at alle bygningerne er større end 250 m ² , og derfor skal de have et gældende energimærke. De aktuelle energimærker er forældede
Fredningsstatus	Bygningen og dens umiddelbare omgivelser

Bygningen er opført i et plan som består af følgende:

Kælder: Primært tekniske installationer og opbevaring

Krybekælder: Tekniske installationer

Stue: Undervisning, kantine, lærerværelser, diverse kontorer, tekniske installationer (særskilt bygning)

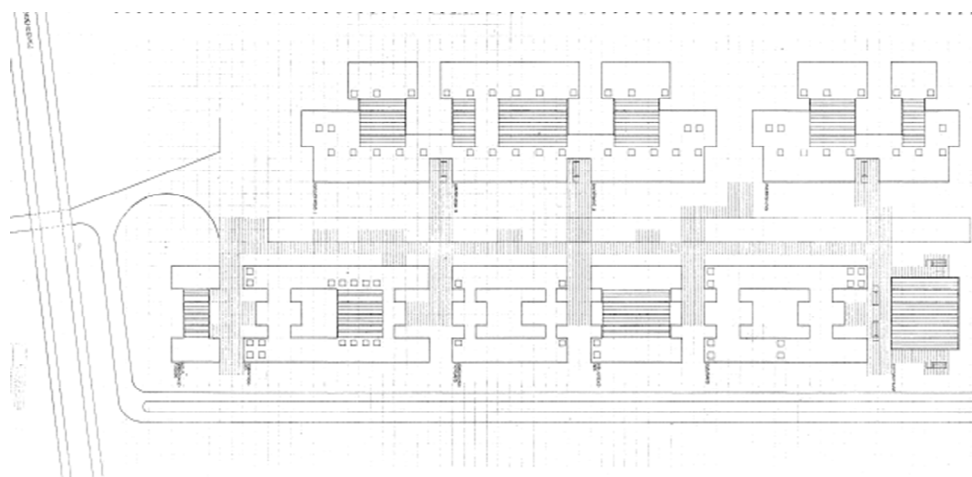


Figur 26 – Lokalitetnr. 14

Af billeder fra tilstandsvurderingen og besigtigelse fremgår nogle særlige detaljer for bygningen, bla de karakteristiske pergolaer og kanalerne som er gennemgående mellem de to rækker af bygninger som ses på figurerne 27 og 28 herunder.



Figur 27 - Facade mod vej og detaljer af tagstruktur, facader med skodder. (Kilde: tilstandsrapport og fredningsafgørelse).



Figur 28 - Oversigtsplan med betonkanaler mellem bygninger, fra oprindelig byggesag. De svagt skraverede områder er pergolaer, de kraftigt skraverede områder er de særlige tagrejsninger.

For yderligere oversigtstegninger af bygningen, se bilag 3

5.3.4 Dybdegående analyse af tilstandsvurderinger for 3 lokaliteter

I nedenstående summerende tabel 6 er resultatet af gennemgangen af tilstandsvurderingen og de andre kilder beskrevet i afsnit 5.3.

Analysen har meget konkret afdækket de bygningsfysiske problemstillinger for de 3 bygninger.

Tabel 6 - Bygningsfysiske problemstillinger for 3 bygninger med baggrund i desktop studie. Der er anvendt farver i tabellen til identifikation af hvad den bygningsfysiske problemstilling vedrører. Lilla: miljøfremmede stoffer, grøn: manglende vedligeholdelse, blå: byggeskik for byggeår, rød: klimaforandringer jf. Bilag 3.

Bygningsfysiske problemstillinger			
Tag	Lokalitetnr 2	Lokalitetnr 4	Lokalitetnr 14
	Risiko for asbeststøv fra det oprindelige tag. Det formodes, at dette er håndteret på nogle af bygningerne ved ombygninger i 2010 - 2019. Utætheder ved ovenlysvinduer, kan forårsage vandindtrængning i loft, fugt og skimmel og eventuelt råd. Defekte tagplader giver risiko for vandindtrængning fugtskader og skimmel i konstruktionen. Utætte tagnedløb og tagrender kan belaste vandpåvirksomheden på kældervæg og facade og dermed forårsage fugtskader da regnvandet ikke bliver ledt væk fra bygningen eller ned i kloakken.	Risiko for asbeststøv fra det oprindelige tag. Det formodes at dette er håndteres ved ombygninger i 2016. Der er risiko for op stuvning af vand pga. manglende vedligeholdelse af tagrender som er fyldt med formløst materialer. Et mindre fladt tag vurderes at være i dårlig stand og give risiko for utætheder, pga. manglende inddækninger og tagrender. Risiko for fugt i ydervæg pga. Manglende afledning af vand fra tag Der er risiko for kuldebroer som følge af datidens byggeskik	Der er risiko for vandindtrængning ved løs inddækninger, utætheder ved ovenlysvinduer og ved de store lunger i tagfladerne. Der er risiko for øget fugt og råd i de hvælvede dele af taget, idet der mangler inddækning. Begrænset ventilation i tagrum kan lede til forøget fugtpåvirkning af tagkonstruktion, og dermed fugt og skimmelvækst i sidste ende råd ved langvarig påvirkning. Risiko for vandindtrængning ved vandophobninger på tag og ved dårlige samlinger.
Ydervæg	Risiko for fugt og energitab i ydervægge pga. minimum isolering. Risiko for kuldebroer pga. udmuring omkring døre og vinduer samt energitab. Revnedannelse pga. sætningsskader med risiko for vandindtrængen og frostspringer.	Risiko for fugt i ydervægge pga. minimum isolering. Risiko for kuldebroer ved vinduer og døre Risiko for fugtindtrængning ved vinduer og døre. Risiko for vandindtrængning ved slagregn p.g.a. de opslidte teglsten i ydervægge.	Ydervægge med dårlig isoleringsevne kan føre til lav indvendig overfladetemperatur. Dette kan både medføre termisk ubehag i form af kuldenedfald, og afhængig af fugt og ventilationsforhold kan der opstå risiko for skimmel. Der er pga. sætninger i terræn risiko for, at der kan indtrænge fugt mellem

	Nedbrydning af mørtelfuger pga. langtids fugtpåvirkning – særligt udsatte er murværk i kontakt med eller tæt på terræn. Afskalning af puds eller maling pga. saltindhold i væggen fra opstigende grundfugt eller tøsalt. Armeret beton udsat for chlorider (salte) kan føre til korrosion af armeringen. Dårlige samlinger mellem sandwichelementer kan føre til utætheder i klimaskærmen. Fejl i støbning kan føre til, at isoleringen presses sammen og ikke sidder hvor den skal, ved eks. vinduesåbninger. Det kan føre til kuldebroer og kondensdannelse	Der er risiko for opstuvning af vand pga. manglende i område ved manglende sokkel. Der er risiko for fugt og skimmel bag fortsatsvægge og som følge af defekter i ydervægge.	fundament og sokkel, idet sætningerne er under pudslaget for sokkel. Der er risiko for fugt indtrængning gennem ydervægge, pga. manglende vedligeholdelse og deraf følgende udtørring.
Vinduer og døre	Kuldebroer giver risiko for fugt og eventuelt skimmel og råd ved vinduer og yderdøre. Defekt malingslag kan nedsætte levetiden og øger risiko for fugt- og rådkader. Utætte yderdøre giver dårligt indeklima som trækgener, vandindtrængning og dermed fugt i konstruktionen. Sålbænke uden tilstrækkeligt fald er uhensigtsmæssige ift. at lede ikke	Kuldebro og begrænset isolering af ydervægge betyder risiko for fugt og eventuelt skimmel ved ydervægge. Defekt malingslag kan nedsætte levetiden og øger risiko for fugt og rådkader. Sålbænkens stand øger risikoen for fugt i det underliggende murværk og derved risiko for frostsprængninger og skader.	Det fremgår af fotodetaljerne, at der er eternitplader i vinduespartierne. Der ses en del nedbrydning og udtørring som følge af manglende vedligeholdelse. Farverne er rød og grøn umbra. Der er dokumentation for løse, manglende og rådne bundlister, glaslister. Hovedparten af vinduerne er to-lags termoruder og originale. Der er dog udskiftet løbende, så nogle vinduer vil være udenfor PCB-perioden. Miljøfarlige stoffer

	regnvandet væk fra konstruktionen. Såløbænkens stand øger risikoen for fugt i det underliggende murværk og derved risiko for frostsprængninger og rådskader. Risiko for fugtskader i kælderen, da regnvandet ikke bliver ledt væk fra bygningen eller ned i kloakken. PCB i fugerne ved vinduer og døre.		Vinduer og døre må forventes at være behandlet med maling som indeholder tungmetaller, primært maling med bly, cadmium eller arsen. Det vurderes, at der kan være asbest i de malede eternitplader over vinduespartierne. Hvis der er tale om oprindelige vinduer og døre, så kan termoruderne indeholde PCB i glas og tætningslister. Der kan være anvendt elastiske fugematerialer i form fuge, limer og klæber, som kan indeholde PCB idet bygningerne er opført i PCB perioden 1950-1977 (termoruder 1980) De originale to lags vinduer er successivt udskiftet efter behov. Dette kan både medføre termisk ubehag i form af kuldenedfald, og afhængig af fugt og ventilationsforhold kan der opstå risiko for skimmel. Der vil altså ske et væsentligt varmetab fra vinduer og døre og der kan være en oplevelse af kuldenedfald.
Sokkel/ Fundament	Der er risiko for fugtindtrængning gennem sokkel, da isoleringen er udført forkert. Defekte fuger i murværket giver risiko for fugtindtrængning i murværket og dette kan give anledning til frostskader og	Soklen har revner og forvitringsskader hvilket betyder, at der er risiko for vandindtrængning ved slagregn og ved skybrud, med større afvanding af overfladearealerne omkring bygninger.	Der er tale om pælefundering og med randfundamenter til kælderdybden, enkelte bærende vægge. Fundamenter er lavet af insitu støbt beton med en god materialetykkelse. Det betyder, at der kan være en forventning

	dermed nedsætte den tekniske levetid af konstruktionen. Sokkelrenden kan forårsage skimmelsvamp pga. mangler. Sokler udført i flerematerialer Det forventes, at der er manglende fugtspærre. Med baggrund i ændrede klimatilstand, så forventes der er at være et stigende grundvandsspejl omkring bygningen og dermed en forventning om opstigende grundfugt. Der var i datidens byggeri ikke fokus på tæthedsplanet i bygningerne, hvorfor der kan forventes at være mulig radonindtrængning i bygningen fra terrænplanet. Defekte tagrender og nedløb kan give risiko for vand- eller fugtskaderne i kælderen, da vandet ikke bliver ledt ned i kloakken. Reparation med gaffatape. Salt udtrædninger på kældervægge er tegn på påvirkning af overfladevand og eventuelt grundfugtsopstigning Det høje fugtniveau i kælderen kan give risiko for vækst af skimmel.	Tydelig grundfugtsopstigning i sokkel mod nord og øst. .	om at der er indtrængning af fugt fra jord og eventuelt grundvand. Det er ikke beskrivelse af kapillærstandende lag f.eks. murpap. Det forventes, at der er kan være manglende fugtspærre ved overgang til materialer. Ændring i klimatilstanden betyder, at der forventes at have været en stigning i grundvandsspejlets beliggenhed omkring bygningen, hvilket kan betyde opstigende grundfugt. Der var i datidens byggeri ikke samme fokus på tæthedsplanet i bygningerne, hvorfor der kan forventes at være mulighed for radonindtrængning i bygningen fra terrænplanet. Materialetype og tykkelser er væsentlige for de eventuelt forventede byggetekniske udfordringer.
--	---	--	---

Etageskillemure	Uisoleret letbetondæk giver risiko for kuldebroer og kan give kondensdannelse ved samlinger	Uisoleret letbetondæk giver risiko for kuldebroer og kan give kondensdannelse ved samlinger	Der kan være tendens til kondensdannelse ved bjælke ender
Ventilation, varme	Anvendelse af naturlig ventilation, kan give risiko for fugtophobning ved anvendelse af bygningen. Specielt, hvis der ikke foretages supplerende udluftning ved brug af bygningen.	Anvendelse af naturlig ventilation, kan give risiko for fugtophobning ved anvendelse af bygningen. Specielt, hvis der ikke foretages supplerende udluftning ved brug af bygningen. Risiko for rørbrud, idet systemet generelt vurderes at være etableret i 1955 og ved ombygning i 1973.	Afhængig af implementerings tidspunkt kan varmfordelingen være mangelfuld med stor risiko for kolde områder og kuldenedfald. Øget fugtpåvirkning i kantineområdet. Kantine/ køkken er i højere en fugtbelastningsklasse, og fugtpåvirkningen på tilstødende bygningsdele må formodes at have større fugtpåvirkning, som kan lede til fugtrelaterede udfordringer. Anlæggene vurderes at være utidssvarende i forhold til el- og varmekonsum. Anlæggene vurderes at have svært ved at opretholde et fornuftigt indeklima i fællesområder og omkringliggende lokaler.

5.4 Forbedret tilstandsvurdering for lokalitet 2, 4 og 14

Med baggrund i resultatet af den dybdegående analyse, så er det vurderet at tilstandsvurderingerne ville kunne forbedres, vis der var mere viden om nedsivningsforhold, beliggenhed af terrænnære grundvand i forhold til eksisterende konstruktioner og forventet bortledning af overfladevand i området.

Derudover har det betydning om der er risiko for radonindtrængning i bygningen, når der afdækkes utætheder i klimaskærmen, ved f.eks. rørindføringer i bygningerne.

Ved fremtidige renoveringer er viden om miljøfremmede stoffer i bygninger og i jord, af væsentlig betydning for vurdering af det nødvendige budget til opgaven, bedømmelse af arbejdsmiljø, og vurdering af bygningens påvirkning af dem som er brugere af bygningen.

Med baggrund i eksisterende og fremtidige klimaforandringer, er det altså nødvendigt, at der i tilstandsvurderinger, også tages stilling til følgende:

- Geologi i området
- Terrænnært grundvandsniveau
- Bortledning af overfladevand i terræn
- Utætheder i klimaskærmen
- Miljøfremmede stoffer i bygning og jord

Det er undersøgt om det er muligt at beskrive nedenstående forhold ved at anvende tilgængelige dataplatforme:

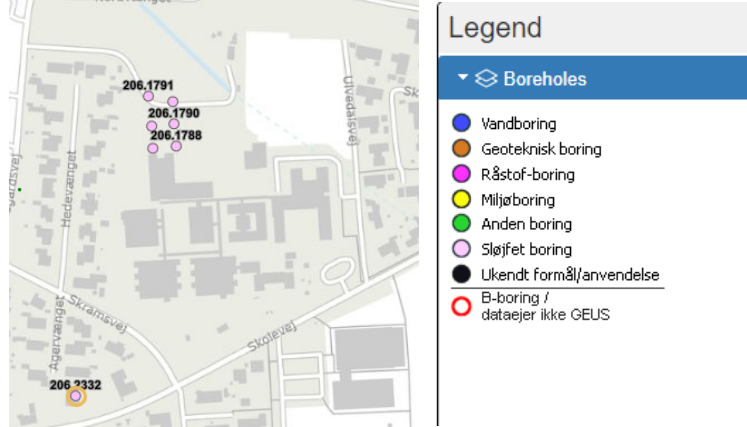
- Geologiske forhold i området, hvor bygningen er opført,
- Viden om terrænnært grundvand,
- Viden om bortledning af overfladevand, lokalt og via tilgængelige dataplatforme,
- Eventuelt viden om kloakforhold, dræn og lokal afvanding.
- Utætheder mod jord ift. radonindtrængning i bygning
- Miljøfremmede stoffer i bygning og i jord

5.4.1 Geologi og grundvandsforhold i lokalitet 2

Nedenfor i tabel 7 er der via desktop studier foretaget undersøgelse af ovenstående.

Tabel 7 - Undersøgelse af geologiske- og grundvandsforhold

På www.dingeo.dk oplyses det, at der kan være risiko for oversvømmelse ved kraftig regn og/eller regulære skybrud på ejendommen lokalitetnr. 2. Ejendommen ligger ikke i en lavning, men overfladevand har svært ved at sive ned i jorden, da befæstelsesgraden er høj og den hydrauliske ledningsevne er dårlig. Den gennemsnitlige grundvandsdybde er 1,3 meter på adressen. Dybden er baseret på data fra hele perioden 1991-2020 i vinterhalvåret. Medtages usikkerhed/datavariation ligger, den gennemsnitlige grundvandsdybde i intervallet 0,7 - 2 meter. Selvom grundvandsspejlet sandsynligvis ligger 1,3 meter under terræn, så kan det ikke afvises, at den sande dybde kun er 0,7 meter. For perioder med meget nedbør kan grundvandsspejlet derfor, muligvis, gøre det svært/umuligt for overfladevand at trænge ned i den allerede vandmættede jord.	Grundet byggeskikken omkring 1960, hvor hovedbygningen på ejendommen er opført, må det formodes, at der ingen fugtspærre er i fundament/kælderdæk i bygninger fra før 1987, da krav til fugtspærre kom først i BR78, og derved kan der opstå problemer med opstigende grundfugt. Udover opstigende grundfugt fra terrænnært grundvand kan der være tilførsel af fugt af overfladevand, som følge af vanskelige nedsivningsforhold, terrænhældning eller manglende bortledning af overfladevand. Der er ligeledes mulighed for, at afløbssystemer som regnvand og spildevandsledninger er utilstrækkelige eller har svigt, hvorved der kan være risiko for tilførsel af større mængder vand fra udsivning eller overfyldning af f.eks. defekte nedløbsbrønde eller lign. Der har ikke været foretaget renovering af det samlede afløbssystem, så vurderes det muligt at der kan være tale om udtjente afløbssystemer i bygningen. Hovedbygningen er blevet
--	--

	opført i 1961, hvorfor dele af afløbssystemerne vurderes at være mere end 63 år gamle. Indenfor få år vil der være behov for vurdering af afløbssystemets tilstand.
Grundfugt/ opstigende fugt i parterre kælder og sokkel: Forventet geologi i nærområdet via www. Jupiter.dk, er det muligt at indhente geologiske oplysninger fra boringer i nær oplandet. I de terrænnære jordlag viser boringsoplysninger primært fyld til 0,5 m u t. herunder træffes moræneler med sandet til ca. 6,8 m u.t. Derefter træffes silt til boringens bund ca. 8,1 m u.t. Terrænnært grundvand er truffet 2,2 -2,34 m u.t. Boringsoplysninger er fra 2016.  The map displays a residential area with several boreholes marked by colored dots. A legend titled 'Boreholes' lists the following categories: Vandboring (blue dot), Geoteknisk boring (orange dot), Råstof-boring (pink dot), Miljøboring (yellow dot), Anden boring (green dot), Sløjfet boring (purple dot), Ukendt formål/ anvendelse (black dot), and B-boring / dataejer ikke GEUS (red circle). The map shows streets like Hederøvej, Skovvej, and Skovvej, and borehole numbers 206.1791, 206.1790, 206.1788, and 206.2332. <i>Figur 29 - Boringsdata (kilde: jupiter.dk)</i>	Den forventede geologi i området indikerer, at de påviste terrænnære jordlag af sandet moræneler, ikke giver gode muligheder for nedsivning af overfladevand. Der er tale om boringsoplysninger fra nærområdet, og disse oplysninger kan variere meget lokalt. Den lokale variation er ikke afklaret, der foreligger ikke geotekniske rapporter i jupiter.dk, og der er ikke på byggesagen oplysninger om geologiske variationer eller detaljeret geotekniske rapporter fra 1955. Nord for lokaliteten er der et vandløb, hvorfor det forventes at grundvandsstrømningen er mod nord eller nordøst. Det vurderes, at der lokalt kan være begrænsede nedsivningsmuligheder omkring bygningen, og dette dermed kan påvirke opstigende grundfugt til bygningen. Ved datidens byggeri, var det normalt at genanvende opgravede materialer til tilbagefyldning. Det betyder, at der ofte ses en dårlig kvalitet for fyldmaterialer, der er anvendt tæt på fundamenterne. Det betyder at fundamenter opfugtes yderligere
Grundfugt og terrænnært grundvand: Som det fremgår af figur 30 på oversigtskort fra KAMP, må det forventes at der er grundvand op til 1 m ut. i området.	Med baggrund i generelle oplysninger må det formodes, at der er forhøjet grundvandsspejl i det terrænnære grundvand, en del af året. Modellens data er begrænset i området omkring bygningerne, idet der ikke er nogle boringsoplysninger i området ved bygningen.



Signaturforklaring

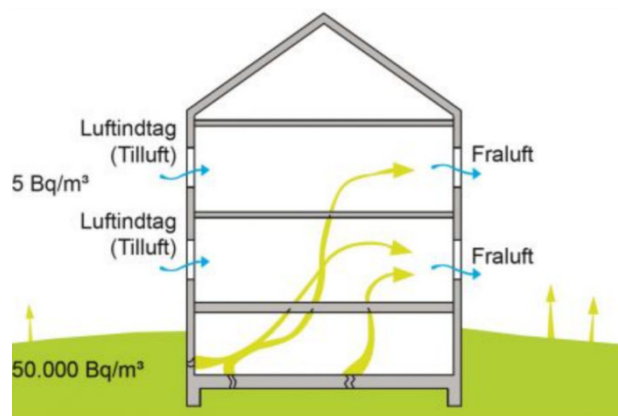
- 0 - 37 dage per år
- 37 - 91 dage per år
- 91 - 183 dage per år
- 183 - 210 dage per år
- 219 - 256 dage per år
- 256 - 292 dage per år
- 292 - 329 dage per år
- 329 - 365 dage per år

Figur 30 - kort over områder, der er viser hvor mange dage grundvandet stå højt i dag
(www.kamp.dk)

5.4.2 Utæthed mod jord lokalitet 2

Bygningen har parterre kælder, ellers terrændæk mod jord.

Der er en række rørgennemføringer gennem terrændæk og parterre kældervægge. Der er udstøbninger omkring de etablerede rørføringer, men der er ikke konstateret anvendelse af supplerende tætninger som f.eks. manchetter eller lignende.



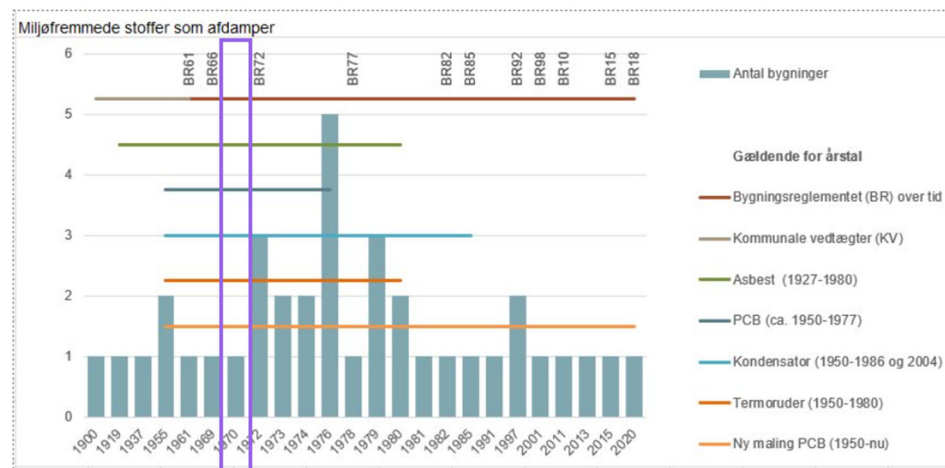
Figur 31 - Radonindtrængning i bygninger (Radonguiden). Viser spredningsvej i bygning med og uden kælder/krybekælder og terrændæk til indeklimaet. (Byg-erfablad)

Der formodes at være forhøjet radonindtrængning i bygningen. Dels pga. geologien i området som forventes at være terrænnært moræneler, pga. byggeår, byggeskik og at bygningen har parterrekældre, hvor der ikke har været fokus på tæthedsplanet i bygningen. Bygningen vurderes at være i radonrisiko – radonklasse 2, iflg. (dingeo.dk, u.d.)

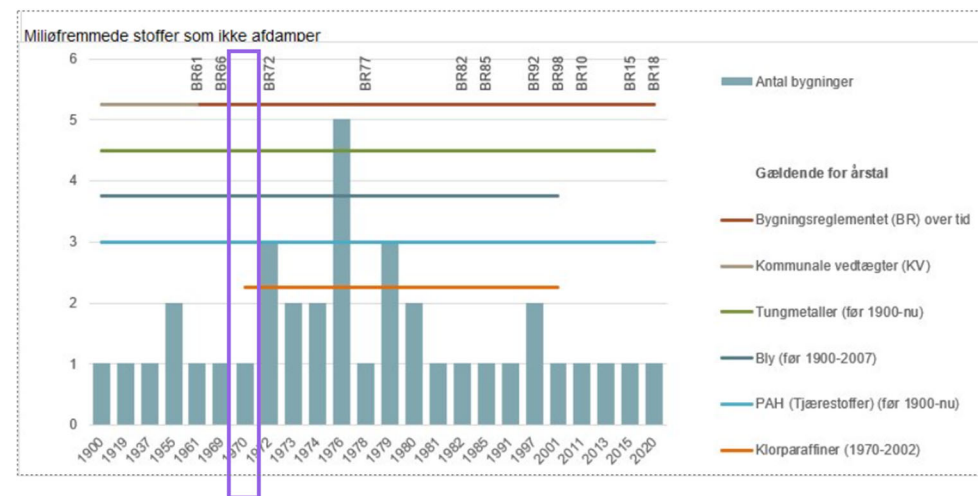
5.4.3 Miljøfremmede stoffer lokalitet 2

Beskrivelse	Forventet mulige bygningsfysiske udfordringer
For miljøfremmede stoffer kan der normalt på dingeo.dk fås en vurdering af risikoen for sundhedsskadelige stoffer i bygningerne på adressen. Der er dog ikke angivet nogle for denne adresse.	For denne bygning forventes der primært risiko for indhold af tungmetaller i oprindelige malinger, PCB, asbest og i mindre omfang PAH'er. Pga. ombygningen i 1973 vurderes det ligeledes, at det er muligt at kunne påvise klorparafiner i bygningen. Der vurderes at være risiko for asbest, f.eks. i klæber, kanaler. Det vurderes at rørbøjninger kan indeholde asbest. Der er risiko for asbest i tagkonstruktion, Der er anvendt

Der er foretaget en vurdering af sandsynligheden for sundhedsskadelige stoffer som kan knyttet til bygningsmaterialer og miljøfremmede stoffer som kan forventes at kun afdampe. figurene 32 og 33.



Figur 32- Tilstandsvurderede bygningers byggeår sat i forhold til forventet indhold af miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialer som ikke afdamper til indeklimaet.



tagmaterialer med asbest. Asbest kan forekomme i aftrækskanaler og klæber under gulvbelægninger, samt klæber under flisebelægninger.

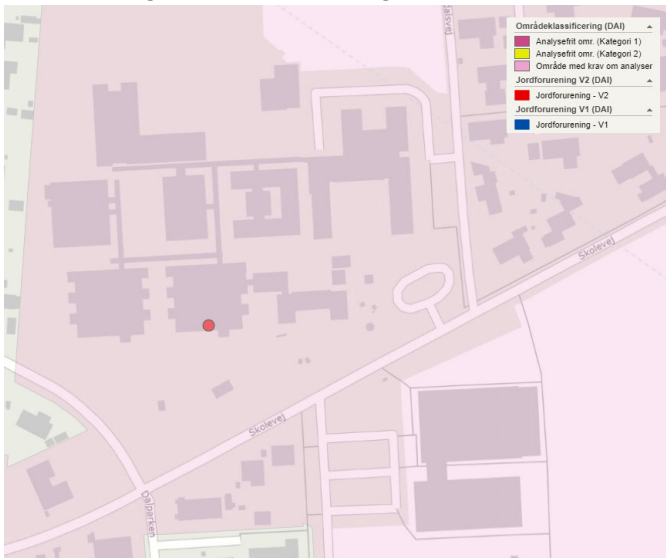
Der vurderes at være risiko for indhold af PCB og asbest i indeklimaet.

Forekomsten af asbest, tungmetaller og PCB skal undersøges før forudgående renoveringsarbejder.

Det vurderes ud fra besigtigelsen, at forekomsten af PCB er en begrænset risiko i denne bygning, i modsætning til den generelle vurdering, ud fra byggeår. Dette skyldes at bygningen er ombygget både i 1973 og igen i 2016.

Figur 33 - Tilstandsvurderede bygningers byggeår sat i forhold til forventet indhold af miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialer som kan afdampe til indeklimaet

5.4.4 Miljøfremmede stoffer i jord, lokalitet 2

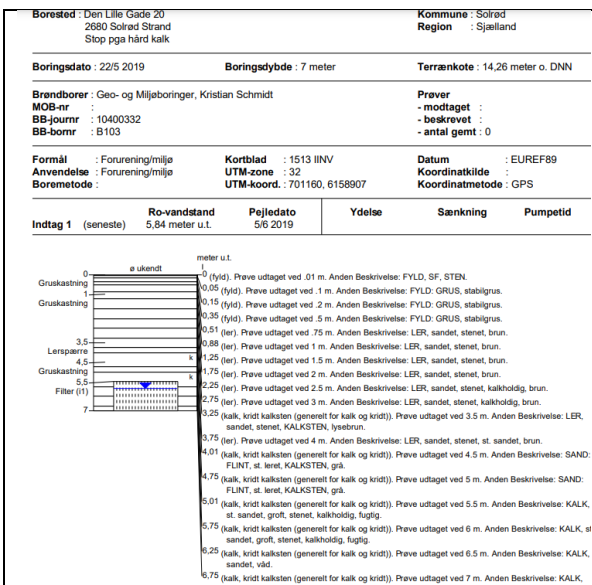
Beskrivelser	Forventet mulige bygningsfysiske udfordringer
Arealet er klassificeret, idet hele skolens arealet er områdeklassificeret. Der er ikke gennemført undersøgelser.  Figur 34- Klassificering af området ved SV51i forhold til jordforurening. Miljøportalen.dk	Hele skolens areal er områdeklassificeret.

5.4.5 Geologi og grundvandsforhold i lokalitetnr 4

Nedenfor i tabel 8 er der via desktop studier foretaget undersøgelse af følgende:

Tabel 8 - Undersøgelse af geologiske- og grundvandsforhold

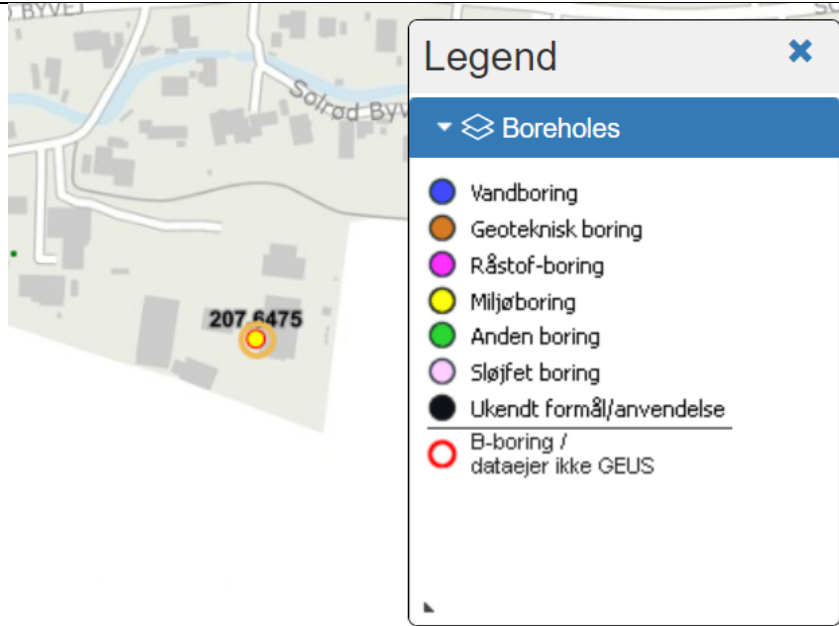
Der på www.dingeo.dk findes oplysninger om grundvand, hvor der oplyses at den gennemsnitlige grundvandsdybde er 1,9 meter baseret på data fra perioden 1991-2020. Dog skal usikkerheder i data medtages, således bliver grundvandsdybden i intervallet 0,7 til 2,7 meter under terræn og det vurderes, at grundvandsspejlet i det terrænnære grundvand kan være beliggende i dette niveau.	Grundet byggeskikken omkring 1955 må det formodes, at der ingen fugtspærre er i fundament/kælderdæk, og derved kan der opstå problemer med opstigende grundfugt. Udover opstigende grundfugt fra terrænnært grundvand kan der være tilførsel af fugt af overfladevand, enten som følge af vanskelige nedsivningsforhold, terrænhældning eller manglende bortledning af overfladevand. Der er ligeledes mulighed for, at afløbssystemer som regnvand og spildevandsledninger er utilstrækkelige eller har svigt, hvorved der kan være risiko for tilførsel af større mængder vand fra udsivning eller overfyldning af f.eks. defekte nedløbsbrønde eller lignende. Der har ikke været foretaget renovering af det samlede afløbssystem, så vurderes det muligt at der kan være tale om udtjente afløbssystemer i bygningen. Bygningen er blevet opført i 1955, hvorfor dele af afløbssystemerne vurderes at være mere end 69 år gamle. Indenfor en årrække vil der være behov for vurdering af afløbssystemets tilstand.
<u>Grundfugt/ opstigende fugt i parterre kælder og sokkel:</u> Forventet geologi i nærområdet via www.jupiter.dk, er det muligt at indhente geologiske oplysninger fra boringer i nær oplandet. I de terrænnære jordlag viser boringsoplysninger primært fyld til 0,5 m u t. herunder træffes ler med sand og grus til ca. 3,25 m u.t. dette underlejres af kalk til boringens bund ca. 6,75 m u.t.	Den forventede geologi i området indikerer, at de påviste terrænnære jordlag af sandet og gruset ler giver mulighed for nedsivning af overfladevand. Der er tale om boringsoplysninger fra nærområdet, og disse oplysninger kan variere meget lokalt. Den lokale variation er ikke afklaret, der foreligger ikke geotekniske rapporter, og der er ikke på byggesagen oplysninger om geologiske variationer eller detaljeret geotekniske rapporter fra 1955. Nord for lokaliteten er der et vandløb, hvorfor det forventes at grundvandsstrømningen er mod nord eller nordøst.

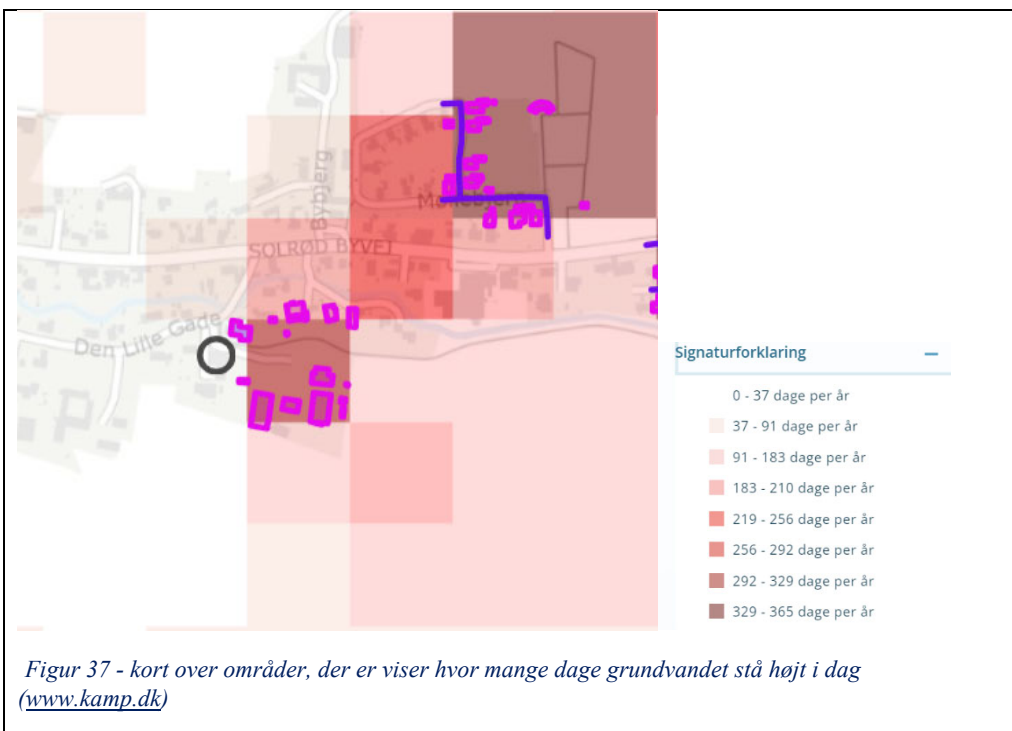


Figur 35 – boringsdata (Kilde: jupiter.dk)

Det vurderes, at der lokalt kan være begrænsede nedsivningsmuligheder omkring bygningen og dette dermed kan påvirke opstigende grundfugt til bygningen.

Ved datidens byggeri, var det normalt at genanvende opgravede materialer til tilbagefyldning. Det betyder, at der ofte ses en dårlig kvalitet for fyldmaterialer, der er anvendt tæt på fundamenterne.

 Figur 36 – boringsdata (Kilde: jupiter.dk)	
Grundfugt og terrænnært grundvand: Som det fremgår af oversigtskort fra KAMP, så må det forventes at der er grundvand op til 1 m ut. i området.	Med baggrund i generelle oplysninger må det formodes, at der er forhøjet grundvandsspejl i det terrænnære grundvand, en del af året. Modellens data er begrænset i området omkring bygningerne, idet der ikke er nogle boringsoplysninger i området ved bygningen.



Figur 37 - kort over områder, der er viser hvor mange dage grundvandet stå højt i dag
(www.kamp.dk)

5.4.6 Utæt klimaskærm mod jord lokalitetnr 4

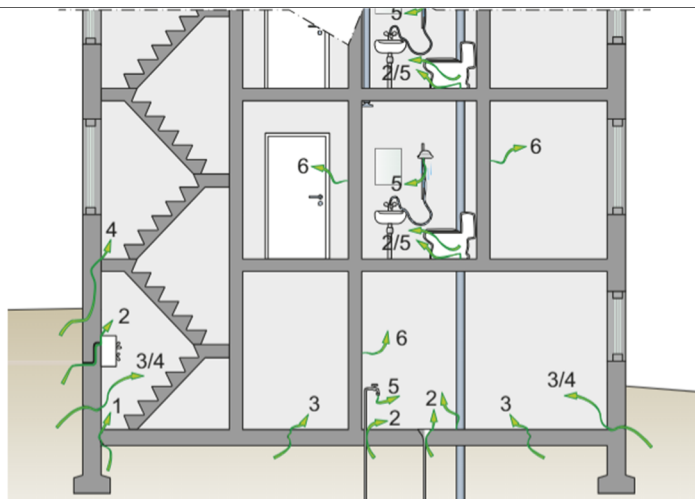
Bygningen har parterre kælder ellers terrændæk mod jord se bilag 3

Der er en række rørgennemføringer gennem terrændæk og parterre kældervægge. Der er ud støbninger omkring de etablerede rørføringer, men der er ikke konstateret anvendelse af supplerende tætninger som f.eks. manchetter eller lignende.



Figur 38 - Oprindelige gennemføringer i parterrekælder (Kilde: tilstandsrapport)

Der formodes at være forhøjet radonindtrængning i bygningen. Geologien i området som forventes at være terrænnært moræneler, pga. byggeår, byggeskik og at bygningen har parterrekældre, hvor der ikke har været fokus på tæthedsplanet i bygningen. Bygningen vurderes at være i radonrisiko – radonklasse 2 jf. (dingeo.dk, u.d.)



Figur 3. Radon i indeluften stammer primært fra jorden under bygningen. Følgende faktorer kan bidrage til radon i indeluften:

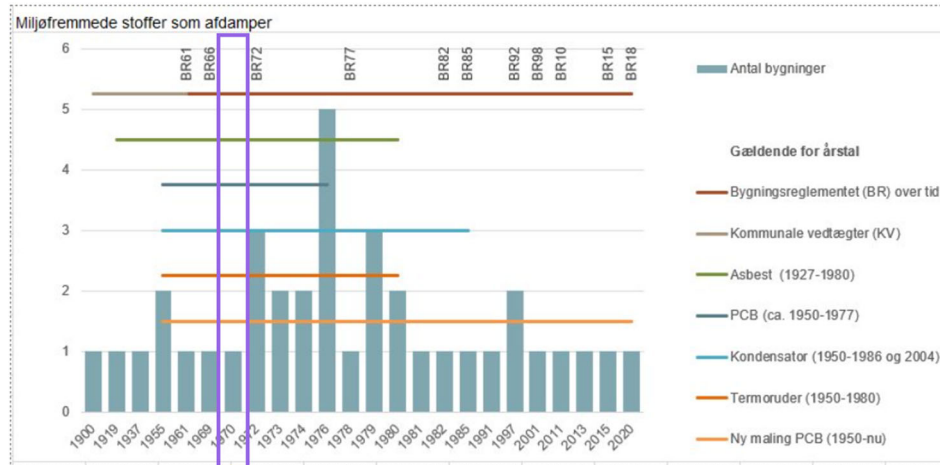
1. Samling mellem gulvplade og væg.
2. Utætheder ved gennemføringer i gulv, fundament og kældervæg, fx vand- og afløbsinstallationer, rensebrønde, kabler samt gas- eller fjernvarmeinstallationer.
3. Revner og sprækker i gulvplade og vægge forårsaget af sætninger eller materialesvind, fx udtørningsvind.
4. Luftstrømninger gennem porøse byggematerialer, fx betonhulsten og letklinkerblokke eller murede fundamenter med revnet puds. Ofte er der ikke udvendig puds på grundmur under terræn.
5. Radon fra vand.
6. Radon fra byggematerialer.

Figur 39 - Radonindtrængning i bygninger (Radonguiden). Viser spredningsvej i bygning med og uden kælder/krybekælder og terrændæk til indeklimaet. (Kilde: SBI anvisning nr.247 2. udgave.)

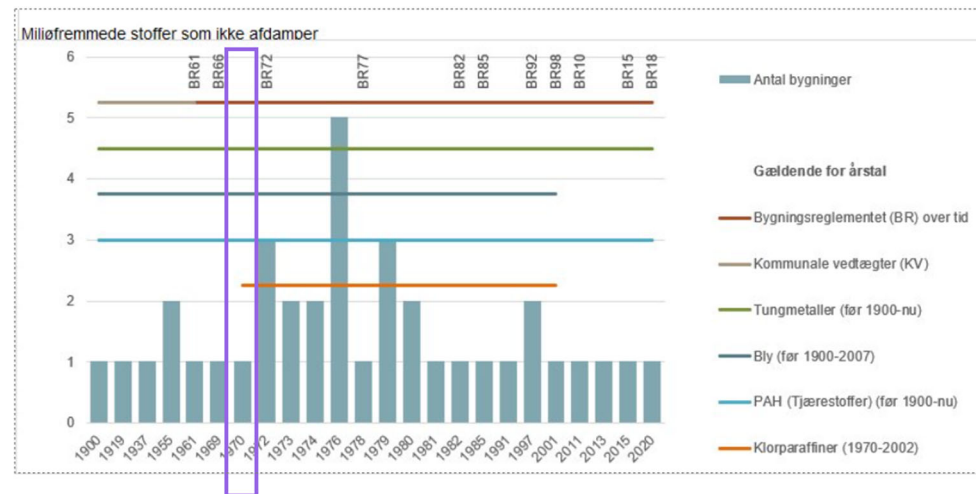
5.4.7 Miljøfremmede stoffer i lokalitetnr 4

Beskrivelse	Forventet mulige bygningsfysiske udfordringer
For miljøfremmede stoffer kan der normalt på dingeo.dk fås en vurdering af risikoen for sundhedsskadelige stoffer i bygningerne på adresse. Der er dog ikke angivet nogle for denne adresse.	For denne bygning forventes der primært risiko for indhold af tungmetaller i oprindelige malinger, PCB, asbest og i mindre omfang PAH'er. Pga. ombygningen i 1973 vurderes det ligeledes, at det er muligt at kunne påvise klorparafiner i

Der er foretaget en vurdering af sandsynligheden for sundhedsskadelige stoffer som kan er knyttet til bygningsmaterialer og miljøfremmede stoffer som kan forventes at kun afdampe. figurerne 40 og 41.



Figur 40 - Tilstandsvurderede bygningers byggeår sat i forhold til forventet indhold af miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialer som ikke afdamper til indeklimaet.



bygningen. Der vurderes at være risiko for asbest, f.eks. i klæber, kanaler. Det vurderes at rørbøjninger kan indeholde asbest. Der er risiko for asbest i tagkonstruktion, Der er anvendt tagmaterialer med asbest. Asbest kan forekomme i aftrækskanaler og klæber under gulvbelægninger, samt klæber under flisebelægninger.

Der vurderes at være risiko for indhold af PCB og asbest i indeklimaet.

Forekomsten af asbest, tungmetaller og PCB skal undersøges før forudgående renoveringsarbejder.

Det vurderes ud fra besigtigelsen, at forekomsten af PCB er en begrænset risiko i denne bygning, i modsætning til den generelle vurdering, ud fra byggeår. Dette skyldes at bygningen er ombygget både i 1973 og igen i 2016.

Figur 41 -Tilstandsvurderede bygningers byggeår sat i forhold til forventet indhold af miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialer som kan afdampe til indeklimaet

5.4.8 Miljøfremmede stoffer i jord i lokalitet nr. 4

Beskrivelser	Forventet mulige bygningsfysiske udfordringer
Arealet er delvist klassificeret, idet dele af arealet er kortlagt på videnniveau 2. Der er gennemført undersøgelser i perioden 2019 til 2020 af Region Hovedstaden.  Figur 42 - Klassificering af området ved DLG20 i forhold til jordforurening. Miljøportalen.dk	Der er ved de gennemførte undersøgelser påvist cyanid i jord og grundvand, samt olieforureninger øst for de vurderede bygninger. Der vurderes ikke at være risiko for påvirkning af indeklimaet i bygningen mod vest. De påviste forureninger giver dermed ikke en risiko for påvirkning af indeklimaet med miljøfremmede stoffer i form af f.eks. afdampning af stoffer fra grundvandet til indeklimaet i bygninger. Der er ikke foretaget undersøgelser ved de vestligste bygninger.

5.4.9 Geologi og grundvandsforhold lokalitetnr 14

Nedenfor i tabel 9 er der via desktop studier foretaget undersøgelse af følgende:

Tabel 9 - Undersøgelse af geologiske- og grundvandsforhold

Der på www.dingeo.dk findes oplysninger om grundvand, hvor der oplyses at den gennemsnitlige grundvandsdybde er 1,8 meter baseret på data fra perioden 1991-2020 Dog skal usikkerheder i data medtages, således bliver grundvandsdybden i intervallet 0,8 til 2,4 meter under terræn og det vurderes, at grundvandsspejlet i det terrænnære grundvand kan være beliggende i dette niveau.	Grundet byggeskikken omkring 1974 må det formodes, at der ingen fugtspærre er i fundament/kælderdek, og derved kan der opstå problemer med opstigende grundfugt. Udover opstigende grundfugt fra terrænnært grundvand kan der være tilførsel af fugt af overfladevand, enten som følge af vanskelige nedsivningsforhold, terrænhældning eller manglende bortledning af overfladevand. Der er ligeledes mulighed for, at afløbssystemer som regnvand og spildevandsledninger er utilstrækkelige eller har svigt, hvorved der kan være risiko for tilførsel af større mængder vand fra udsivning eller overfyldning af f.eks. defekte nedløbsbrønde eller lignende. Med baggrund i nuværende viden om renovering af det samlede afløbssystem, så vurderes det muligt at der kan være tale om udtjente afløbssystemer for denne bygning. Bygningen er blevet opført i 1974, hvorfor afløbssystemerne er 50 år gamle. Indenfor en årrække vil der være behov for vurdering af afløbssystemets tilstand.
<u>Grundfugt/ opstigende fugt i kælder:</u>	Den forventede geologi i området indikerer, at de påviste terrænnære jordlag af sand og grus giver mulighed for

Forventet geologi i nærområdet via www.jupiter.dk, er det muligt at indhente geologiske oplysninger fra boringer i nær oplandet. I de terrænnære jordlag viser boringsoplysninger primært sand og grus til ca. 8,2 m u.t. dette underlejres af ler til ca. 14,5 m u.t. Fra 14,5- 15,5 m ut. træffes der blåler, og i dybden træffes der kalkaflejringer med flint i stor mængde til boringens bund ca. 58 m u.t.

Indsendes til **Indført**

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Tranegårdsvej 20 · Hellerup
Helrup 1490

Rentognet

Modtaget d. 7/11-68 Arkiv nr. 207 1857
Prøver modtaget d. 7/11-68 Bevare d.

Meddelelse om boring *5 prøver*

Boringen foretaget for	Navn <u>Solrød Strands Vandværk</u>		
	Adresse <u>V. Grootsevej 2</u>		
i tiden.....	fra dato <u>20.5.68</u>	til dato <u>28.5.68</u>	Boredrømmens navn <u>N.P. CHRISTIANSENS SØNNER I/S</u>
	Ejendommens navn <u>Birkelunden V. Grootsevej Solrød</u>		
Nærmere beskrivelse af boretstedets beliggenhed.....	Matr. nr. <u>20 D</u>		
	Enten angivelse af Geodætisk Instituts kortblad-nr., samt afstanden fra kortkanten til boretstedet i m Eller angivelse af beliggenhed i forhold til vej, gade, gård, kirke o.l. Eller vedlagt kort eller skitse der anføres retur..... ☐ (sæt X) der ikke ønskes retur.....		
Terrænhøjde	niveauet, m ☐ afslut på målebåndet <u>M 3328</u>	Boringens formål <u>Vandforsyning</u>	Boremålede <u>Rotationsboring</u>
Dybder i m	Beskrivelse af jordlagenes beskaffenhed, farve, vandføring m. v.		Oplysninger vedr. boremålede Boredrømmens siltning ved prøvetagningen Dybde for prøvetagning Prøve nr.
fra	til		
0.0	8.2	Sand og Grus	<u>24953</u>
8.2	14.5	Stenet Grus med Lerrevler	<u>24954</u>
14.5	15.5	Blåler	<u>24955</u>
15.5	58.0	Kalk og Flint	<u>24956</u>

nedsivning af overfladevand, idet der først træffes ler ca. 8,2 m u.t. Der er tale om boringsoplysninger fra nærområdet, og disse oplysninger kan variere meget lokalt. Den lokale variation er ikke afklaret på byggetidspunkt, der foreligger ikke geotekniske rapporter og der er ikke på byggesagen oplysninger om geologiske variationer eller detaljeret geotekniske rapporter fra 1974.

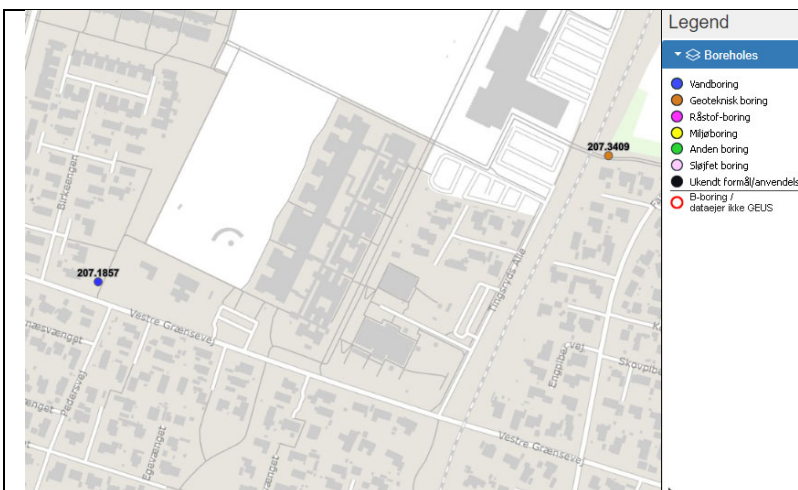
Der er lokalt gennemført undersøgelser i 2012, som viser at der træffes ler terrænnært som vurderes som fyld og ca. 3,5 m ut. tørv, hvorunder der træffes ler.

De lokale ler forekomster, terrænnært indikere at det er vanskeligt at nedsive overfladevand vandspejlet i 2012 står 2,8 -3,0 m u.t. i april 2012.

Der er etableret en ny terrænnær boring viser at vandspejlet er beliggende mellem 1,64-1,71 m u t. Svarende til en vandspejlsstigning på mellem 1,1 -1,3 m i forhold til gennemførte målinger i 2012. Det vil sige, at vandspejlet står min. 1 meter højere i det terrænnære grundvand på en tidsperiode på 12 år.

Det vurderes, at der lokalt kan være begrænsede nedsivningsmuligheder omkring bygningen og dette dermed kan påvirke opstigende grundfugt til bygningen.

Ved datidens byggeri, var det normalt at genanvende opgravede materialer til tilbagefyldning. Det betyder, at der ofte ses en dårlig kvalitet for fyldmaterialer, der er anvendt



Figur 43 – Boringsdata (Kilde: jupiter.dk)

5. Grundvandsforhold

Ved borearbejdets afslutning er der konstateret et frit vandspejl i borerne, som vist i skema:

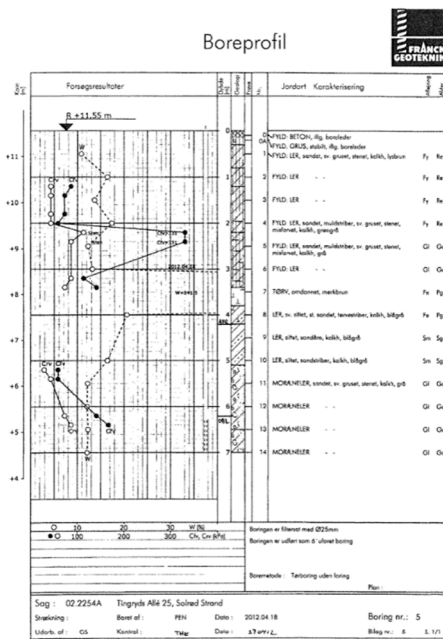
Boring nr.	Terræn-kote	Vandspejls-kote	Dybde u. terræn
4	11,60	8,80	2,80 m
5	11,55	8,55	3,00 m

Figur 44 - Vandspejlsbeliggenhed i 2012 (kilde: geoteknisk rapport 2012)

Der er gennemført geotekniske undersøgelser på arealet i 2012, jf. geotekniske rapport udleveret af Solrød kommune. Boringerne er markeret i gråt område. Den røde markering angiver boring udført i 2024. Grundvandspejlet er pejlet til henholdsvis 1,64 m.u.t 28. februar 2024 og 1,71 m u.t. 20.april 2024.

tæt på fundamenterne. Dette er også indikeret i den geotekniske rapport fra 2012. Da der kan konstateres omgravet ler i form af formodentligt tilbagefyldt ler tæt ved galv af oprindeligt byggeri.





Figur 46 - viser geotekniske boringer fra 2012, Solrød kommune.

Grundfugt og terrænnært grundvand:

Som det fremgår af oversigtskort fra KAMP, så må det forventes at der er grundvand op til 1 m ut. i området.

Med baggrund i generelle oplysninger må det formodes, at der er forhøjet grundvandsspejl i det terrænnære grundvand, største del af året. Oplysningerne fra KAMP viser også at der generelt mangler oplysninger omkring skolens areal. Dette skyldes at de udførte boringer ikke er blevet indberettet til GEUS.



5.4.10 Utæt klimaskærm mod jord lokalitetnr 14

Bygningen har krybekælder og kælder se bilag 3

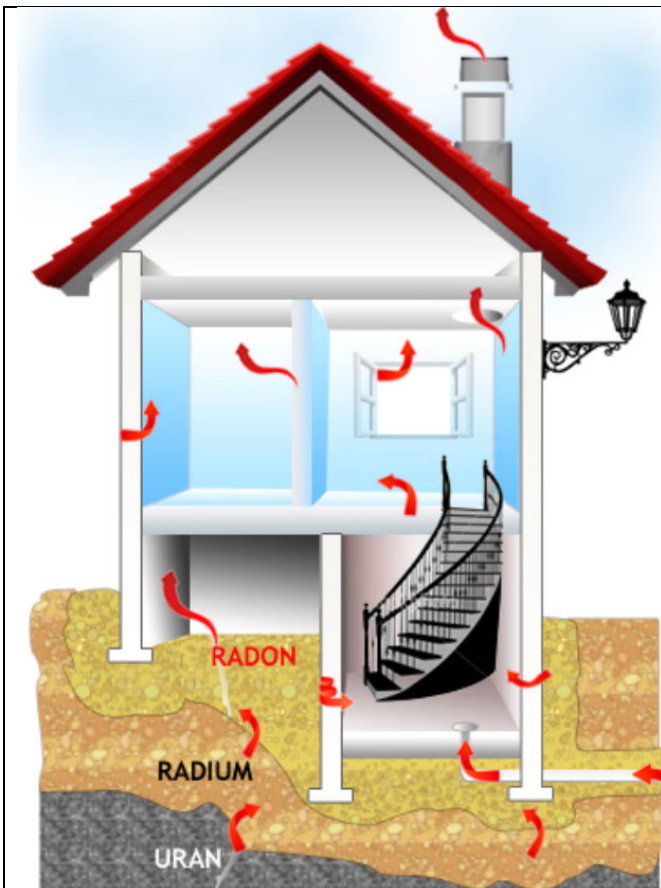
Ud fra tegningsmaterialet og byggeskik samt tilstandsvurdering, så er der et lag beton som tæthedplan mod jord og insitu støbte vægge i krybekælder og kælder.

Der er en række rørgennemføringer gennem terrændæk og krybekældre og kældervægge. Der er udstøbninger omkring de etablerede rørføringer, men der er ikke konstateret anvendelse af supplerende tætninger som f.eks. manchetter eller lignende.



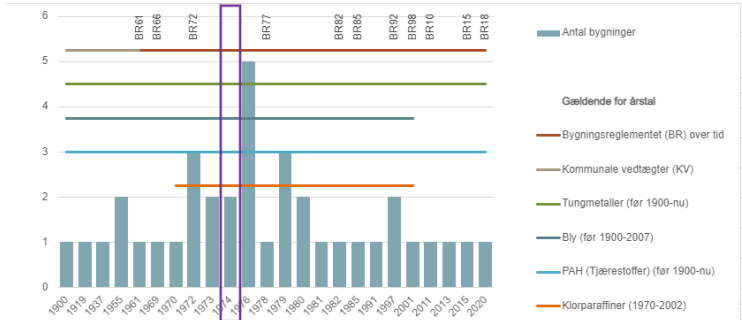
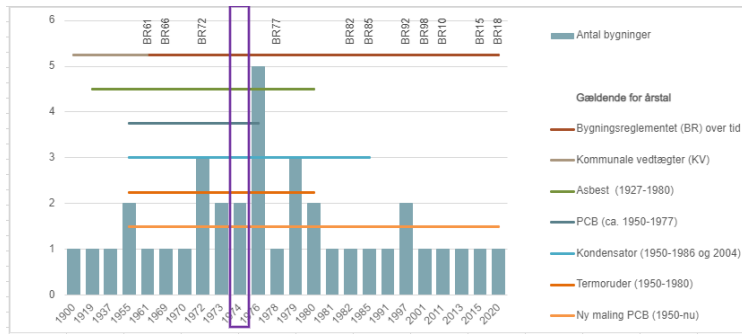
Figur 48- krybekælder med nedsunket terrændæk ved fundament/ydervæg ved varmekælder i bygning 6. (Kilde: tilstandsrapport)

Der formodes at være forhøjet radonindtrængning i bygningen. Dels pga. geologien i området som forventes at være terrænnært moræneler, pga. byggeår, byggeskik og at bygningen har kældre, hvor der ikke har været fokus på tæthedsplanet i bygningen. Bygningen vurderes at være imellem radonrisiko – radonklasse 2 jf. (dingeo.dk, u.d.)



Figur 49 - Radonindtrængning i bygninger (Radonguiden). Viser spredningsvej i bygning med og uden kælder/krybekælder og terrændæk til indeklimaet (Kilde: testdinbolig.dk)

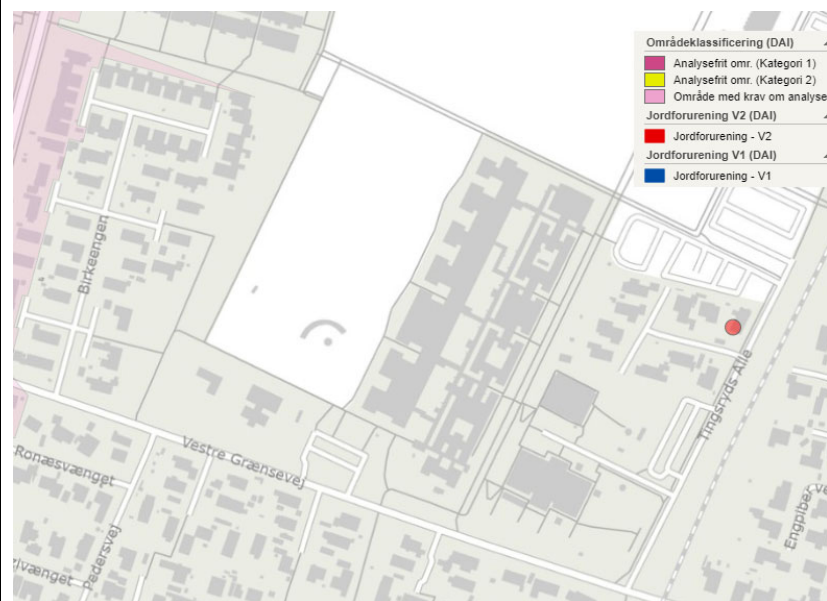
5.4.11 Miljøfremmede stoffer lokalitetnr 14

Beskrivelse	Forventet mulige bygningsfysiske udfordringer
Miljøfremmede stoffer normal kan der på dingeo.dk fås en vurdering af risikoen for sundhedsskadelige stoffer i bygningerne på adresse. Der er dog ikke angivet nogle for denne adresse. Der er foretaget en vurdering af sandsynligheden for sundhedsskadelige stoffer som kan er knyttet til bygningsmaterialer og miljøfremmede stoffer som kan forventes at kun afdampe.  <i>Figur 50 - Tilstandsvurderede bygningers byggeår sat i forhold til forventet indhold af miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialer. til indeklimaet</i>  <i>Figur 51 -Tilstandsvurderede bygningers byggeår sat i forhold til forventet indhold af miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialer som kan afdampe til indeklimaet</i>	For denne bygning forventes der primært risiko for indhold af tungmetaller i oprindelige malinger. Der vurderes efter besigtigelsen primært at være risiko for asbest, f.eks. i klæber, kanaler og udvendige eternitplader. Det vurderes at rørbøjninger ved installationer er renoverede. Der er begrænset risiko for asbest i tagkonstruktion, idet denne risiko primært ville stamme fra ventilationskanaler i skjulte konstruktioner. Der kan have været anvendt tagmaterialer af asbest. Der vurderes at være risiko for skadelig virkning af PCB og asbest i indeklimaet. Forekomsten af asbest, tungmetaller og PCB skal undersøges før forudgående renoveringsarbejder. Det vurderes ud fra besigtigelsen, at forekomsten af PCB er en begrænset risiko i denne bygning, i modsætning til den generelle vurdering ud fra byggeår. Bygningen er et træbyggeri og der kan være en problemstilling ifht. formaldehyd. Bygningens alder på mere end 50 år betyder, at der ikke vurderes at være en risiko for afgivelse af formaldehyd til indeklimaet i betydende koncentration.

Formaldehyd er kræftfremkaldende. Kilder til formaldehyd i indeluften er træ og lim materialer, tekstiler og rygning. (patienthåndbogen.dk).

5.4.12 Miljøfremmede stoffer i jord lokalitetnr 14

Arealet er ikke klassificeret



Figur 52 - Der er ikke klassificering af området ved TR25 i forhold til jordforurening. (Kilde Miljøportalen.dk)

5.5 Deldiskussion - Bygningsdele og bygningsfysiske udfordringer

Der er foretaget en systematisk gennemgang af 3 udvalgte lokaliteter, der er bygget henholdsvis 1919, 1955 og 1974.

Den detaljerede gennemgang viser med udgangspunkt i gennemførte tilstandsvurderinger og energimærkninger og andre kilder, at alle udvalgte bygninger har en del mindre skader og svigt som skyldes manglende vedligeholdelse, som bør udbedres straks.

Generelt alle bygninger har mindre skader på bygningsdelen tag, i form af utætheder ved ovenlysvinduer, forvittringer på tagdele, skader på overfladen af tagmaterialet. Alle skader er dog i et omfang som gør det muligt at udbedre, hvis bygningsdelen skal have øget levetid. Alle skader kan dog også udvikle sig til større problemstillinger som råd og skimmel.

To af tre bygninger har udfordringer ift. skader på ydervægge af tegl eller råd i udvendig trækonstruktion.

Alle bygninger vurderes at være belastet af grundfugtsopstigning. På to lokaliteter har soklen revner eller frostsprængninger. En enkelt bygning har ikke nogen sokkel, idet der er indfyldt materialer på oprindeligt terræn, hvilket har givet åbninger i ydervæggen, som følge af udvaskning af bygningens mørtelfuger.

To af tre bygninger har kælder og vurderes at være belastet af grundfugtsopstigning i fundamenter og sokkel.

Alle bygninger vurderes at være påvirket af nedslidte kloakker og dermed manglende afledning af regnvand eller opstuvning af regnvand på overfalden pga. dårlige afstrømning via kloakker.

Der er endvidere foretaget en vurdering af det terrænnære grundvand på de tre lokaliteter for at finde ud af om det er muligt at vurdere terrænnære grundvands beliggenhed uden at foretage egentlige målinger, men alene baseret på en analyse af lokalområdets geologi via tilgængelige databaser samt vurdering af det terrænnære grundvands beliggenhed baseret på tilgængelige modeller, som KAMP og oplysninger fra Danmarks nationale boringsdatabase, Jupiter.dk.

Det vurderes, at det har været muligt med database opslag at bestemme beliggenheden af det terrænnære grundvand, samt vurdere de geologiske lagserier ift. evnen til at nedsive overfladevand.

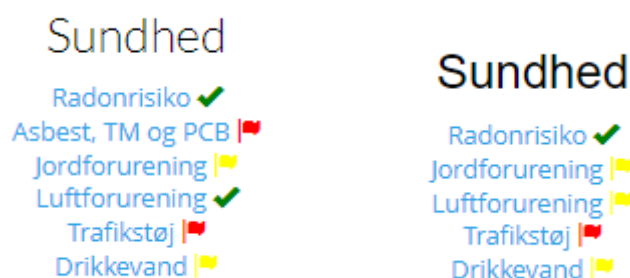
Det vurderes, at der på alle tre lokaliteter er et skøn for beliggenheden af det terrænnære grundvand, som kan bidrage til vurderingen af om det sandsynligt, at der er grundfugtsopstigning ift. bygningernes kældre eller fundamenter og sokler.

Det vurderes at være muligt, at der foretages indledende vurdering ift. radon indtrængning, idet lokaliteternes radonklasse har kunne fastlægges ved anvendelse af data fra dingeo.dk, som henter datamateriale fra Risø, Statens Institut for Strålehygiejne, januar 2001.

For alle lokaliteter har det ligeledes været muligt at vurdere eventuelt omfang af miljøfremmede stoffer, som kan have været anvendt i byggematerialer for de respektive byggeår. De miljøfremmede stoffer som er vurderet, er henholdsvis ”ikke afdampende miljøfremmede stoffer” og ”miljøfremmede stoffer som afdamper”.

Normalt vil der på www.dingeo.dk være angivet en risikovurdering som vist på figuren 53 nedenfor.

Denne risikovurdering er ikke medtaget i dingeo.dk for de tre kommunalt ejede bygninger, som vi har foretaget vurdering af. Forskellen mellem lokaliteter, hvor risikovurderingen er angivet og lokaliteter hvor risikoen ikke er angivet ses nedenfor.



Figur 53 - viser forskellen mellem om der angives en risiko for miljøfremmede stoffer eller ej, i dingeo.dk.

Der er derfor anvendt en anden risikovurdering i forhold til miljøfremmede stoffer i de gennemførte analyser af tilstandsvurderingerne for de tre udvalgte lokaliteter, se f.eks. afsnit 5.4.3.

Der er for alle lokaliteter foretaget en vurdering af miljøfremmede stoffer i jord ved anvendelse af Danmarks arealinformation. Omfanget af forureningen i jord er betydende, ved f.eks. indtrængning af terrænnært grundvand i bygningen, hvis dette kan være forurenet som følge af forekomst af forurening i det omgivne terræn. De klimaforandringer der er indtruffet, (se afsnit 3.5) kan allerede nu dokumenteres for de tre undersøgte bygninger. Hvis de indtrufne klimaforandringer allerede nu kan dokumenteres, er det væsentligt at klimapåvirkningen medtages i tilstandsvurderinger, for at have den rigtige renoverings strategi.

5.6 Delkonklusion for desktop studie

Summeringen af de bygningsfysiske konsekvenser fra de 3 tilstandsvurderinger på tabel 10.

Helt generelt afdækker tilstandsvurderingerne for de tre bygninger de bygningsfysiske problemstillinger i forhold til vand fra oven, vand fra siden og vand fra neden. Tilstandsvurderingerne er alle baseret på, det visuelt synlige i bygningerne og har afdækket væsentligt problemstillinger i forhold til emner som manglende vedligeholdelse, svigt i bygningsdele i klimaskærmen og gennemgang af bygningerne i forhold til at være robuste over for slagregn, bortledning af vand både fra terræn og fra klimaskærmens flader.

På tværs af de tre bygninger er der en bred vifte af tilførsel af vand eller fugt til bygningerne, som forkorter levetiden af bygningsdelene eller giver risiko for råd, skimmel eller nedbrydning af bygningsdelen. Nogle af de beskrevne problemstillinger skyldes datidens byggeskik, og noget er opstået i forbindelse med om- og tilbygning eller ændringer i af bygningernes klimaskærme, hvor der ikke har været tilstrækkelig opmærksomhed på nye sammenføjninger, inddækninger etc.

For alle de udvalgte bygninger er der ikke foretaget en vurdering af afløbssystemet for regn og spildevand, idet der ikke er foretaget TV-inspektion. Der er for alle 3 bygninger indikation på, at der kan være tale om svigt i regn-og spildevandsafledningen, som følge af de visuelle problemstillinger der kan ses i bygningerne. Afløbssystemerne er mellem 50-75 år gamle og levetiden vurderes at være begrænset.

I dette tilfælde skal tilstandsvurderingerne anvendes til fastlæggelse af vedligeholdelse med høj prioritet, hvorfor gennemførelse af f.eks. TV-inspektion vurderes at være nødvendig for at fastlægge de tiltag, der skal til at sikre f.eks. kældre mod fugtindtrængning.

Helt generelt er der tale om solide tilstandsvurderinger.

Desktop studiet har endvidere set på om det var muligt at foretage vurdering af nedsivningsforholdene på lokaliteterne ud fra tilgængelig viden ved opslag i offentlige databaser. Det har været muligt for alle tre lokaliteter at beskrive de mulige nedsivningsforhold på ejendommene, ved beskrivelse af den terrænnære geologi. Det har været muligt at vurdere, det terrænnære grundvandsspejls beliggenhed ved opslag i

tilgængelige databaser, og det har været muligt at i to af tre sager, at give konkret beskrivelse af geologien i området samt en beliggenhed af det terrænnære grundvandsspejl, med baggrund i boringer fra arealerne.

Ved at supplere oplysninger med data fra weblageret og lokaliteternes byggesagsarkiv, har det været muligt at beskrive ændringerne i beliggenheden af terrænnært grundvand fra byggetidspunktet frem til vurdering af forholdene i dag via tilgængelige data. Det vurderes, at tilstandsvurderingerne ville kunne blive mere robuste i forhold til vurdering af grundfugtsopstigning ved at indhente tilgængelige data om den nuværende beliggenhed af terrænnært grundvand. Det samme gør sig gældende med terrænhældninger og lokale forhold umiddelbart omkring bygningerne ved at se på f.eks. højdekurver. Utætte samlinger, terrændæk og rørføringer kan ligeledes bidrage til tilførsel af nedsivende vand fra overfladen, utætte afløbsledninger etc., hvorfor f.eks. beskrivelser af denne type mangler i bygningernes tilstand vil være betydende i forhold til robusthed for vand og fugt.

Tilstandsvurderingerne har kun sporadisk givet viden om miljøfremmede stoffer i bygningerne. Der er i enkelte tilfælde nævnt f.eks. asbest og PCB. Ved brug af bygningernes alder og tilgængelig viden om, hvilke miljøfremmede stoffer, der har været anvendt igennem de seneste årtier, så har det været muligt at beskrive hvilke miljøfremmede stoffer, der må forventes at være i bygningerne. For en af bygningerne har der været konkrete undersøgelser tilgængelige på byggesagsarkiv, som kunne have været medtaget i tilstandsvurderingen.

Tilstandsvurderingerne har ikke vurderet risikoen for radon indtrængning i bygningerne, som følge af byggeår, byggeskik og den visuelle tætning af rørgennemføringer samt revner i f.eks. gulv etc. Det har været muligt at vurdere risiko for radonindtrængning i bygningerne, med baggrund i data fra dingeo.dk, men også med baggrund i bygningernes byggeår ved anvendelse af eksisterende viden, samlet i diagrammer fra Sundere almene boliger.

De gennemførte tilstandsvurderinger har generelt en systematisk håndtering af de gennemførte besigtigelser og observationer, men der vurderes at være behov for mere systematisk håndtering af emnerne; vand fra oven, vand fra siden, vand fra neden, altså skybrud, slagregn, grundfugt, både set ift. svigt som følge af byggeskik, eller mangler fra opførelsestidspunktet. Tilstandsvurderingerne skal kunne anvendes til blandt andet at fastlægge f.eks. fremtidige behov for vedligeholdelse af bygningerne og/eller hvornår en bygningsdel skal udskiftes. Dette er vanskeligt, hvis der f.eks. ikke er taget stilling til om der på vurderingstidspunktet er risiko for grundfugt, som følge af det terrænnære grundvand er beliggende tæt ved eller på niveau med f.eks. fundamenter eller kælderfundamenter.

Ved gennemgang af de 37 tilstandsvurdering tegner der sig et behov for tydeliggørelse af konsekvenserne af de klimaforandringer der er indtruffet, siden bygningerne blev opført f.eks. højere beliggenhed af terrænnært grundvand, større behov for afledning af overfladevand.

Tilstandsvurderinger skal vurdere den nuværende tilstand, levetid, kvalitet og beskrivelse af det der ses på besigtigelsestidspunktet. For at tydeliggøre, hvordan den klimaforandring som er indtruffet, fra bygningen blev bygget til besigtigelsestidspunktet, kan betydende forhold som terrænniveauer mhp. afstrømning af overfladevand, beliggenhed af terrænnært grundvand, risiko for oversvømmelser ved skybrud, belyses i tilstandsvurderingerne for at kunne angive, om der eventuelt er en indflydelse på bygningen fra den klimaforandring, der er indtruffet.

Det vurderes at være muligt at belyse den tilstand, som grundvandet vurderes at have, forventninger til nedbør og forventet oversvømmelse ved særlige regnvandshændelser m.v. med baggrund i desktop analyser af data som er til rådighed.

6. Casebygning TR25

Alle bygningerne er brugbare som "Casebygning" for gennemførelse af feltmålinger, idet alle har bygningsfysiske problemstillinger som er relevante for gennemførelse af yderligere undersøgelser i form af beregninger og bygningstekniske målinger.

6.1 Udvælgelse af en bygning til videre feltundersøgelser og analyse

Byggeteknisk den mest interessante konstruktion er lokalitet nr. 14, som fremadrettet kaldes casebygning eller TR25. TR25 er en trækonstruktion pælefunderet med kældre og krybekælder. I lyset af, at der i disse år arbejdes meget med biogene materialer, så vurderes det interessant og relevant at tage udgangspunkt i TR25. Dette er for at få en vurdering af funktionen af en trækonstruktion, som er bygget og konstrueret for mere end 50 år siden.

TR25 er endvidere fredet af Slots og kulturstyrelsen, hvilket vil fremhæve problemstillinger om det er muligt at udbedre de bygningstekniske problemstillinger for bygningen samt vurdering af bygningens robusthed i forhold til fugt og klimaforandringer.

6.2 Generelt om casebygningen TR25

6.2.1 Arkitektur og kulturhistoriske værdi

Bygningen, der blev undersøgt, er en folkeskole beliggende i Uglegård i Solrød Strand, der er opført i årene 1972-1974. Den er tegnet af arkitekterne Halldor Gunnløgsson og Jørn Nielsen og er den første folkeskole i Solrød Kommune, med 1200 elever og 150 ansatte i dag. Bygningen er opført helt i træ og har en kanal på ca. 200 meter der løber gennem hele grunden og et stort grønt område med fodboldbaner og træer.

Bygningens arkitektoniske værdi knytter sig til det enkle og stærke koncept med de to bygningsbånd, den gennemgående kanal, de tværgående broer, overdækningerne og pergolaerne, der binder skolens forskellige rum sammen til et poetisk og sansemættet hele af bygning, have og karakterfuldt vandspejl. Til den nære forbindelse mellem ude og inde, den robuste og karakterfulde materialebrug, den prunkløse aptering og enkle detaljering samt den tydelige differentiering mellem det bærende og det bårne, der bevidst udnyttes til at skabe karakterfulde og velproportionerede rumforløb med differentierede højder og tagformer. Bygningens arkitektoniske værdi knytter sig også til måden, hvorpå anlægget via den nære forbindelse mellem ude og inde, de synlige konstruktioner, planløsningen, rumfordelingen, materialeholdningen og farvesætningen balancerer mellem skolen som et fornuftigt og robust offentligt rum til læring og som et rum med varme, intimitet og sanselighed. Bygningen blev fredet af Slots- og Kulturstyrelsen i 2016, idet styrelsen finder bygningens fremragende arkitektoniske og kulturhistoriske værdier, som hovedårsag til fredning af et bygningsværk der er under 50 år gammelt. Fredningsforslaget omfatter skolebygningen og haveanlægget af Halldor Gunnløgsson og Jørn Nielsen med tilbygninger, beliggende på det forhøjede areal mellem Vestre Grænsevej, Mosestien og Kærstien samt mod øst afgrænset af stien mellem skolebygningen og det åbne sports- og legeareal (figur 54 og 55).

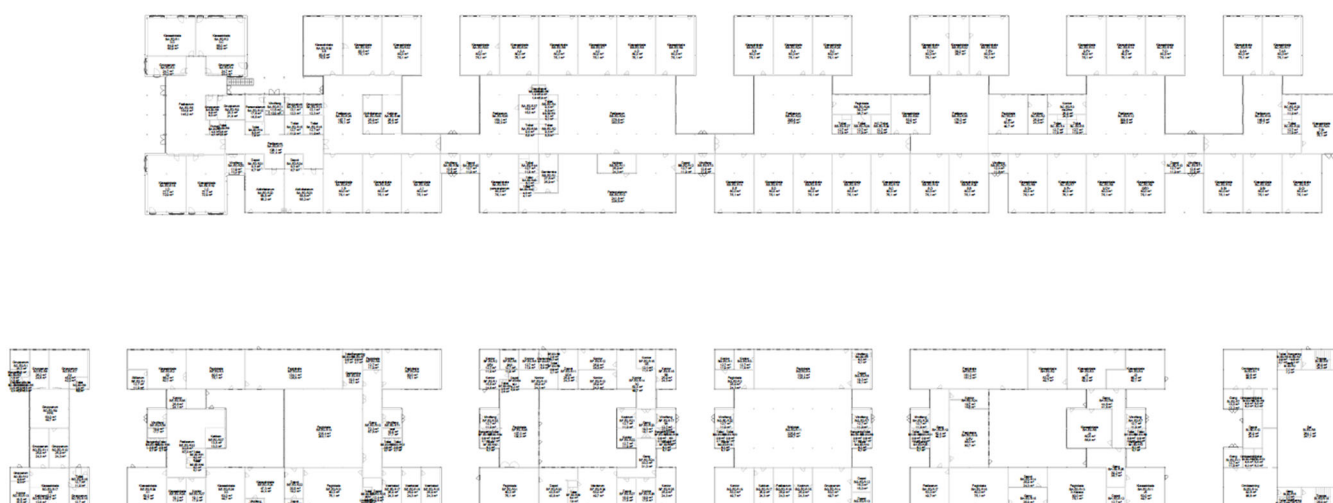


Figur 54 – TR25



Figur 55 – Kanaler og pergola (Kilde: Dingeo.dk)

Den kulturhistoriske værdi knytter sig desuden til skolen som en materialisering af 1970'ernes tanker om et åbent, demokratisk samfund, af datidens bæredygtige og ressourcebevidste tankegang samt af en antiautoritær, eksperimenterende og fællesskabsorienteret pædagogik. Hertil kommer den tidstypiske farvesætning samt påvirkningen fra traditionel japansk byggeskik. En model af bygningen er blevet udstillet på museet "The Museum Of Modern Art" i New York. (Wikipedia) og (vedligeholdelsesmanuel 2022)



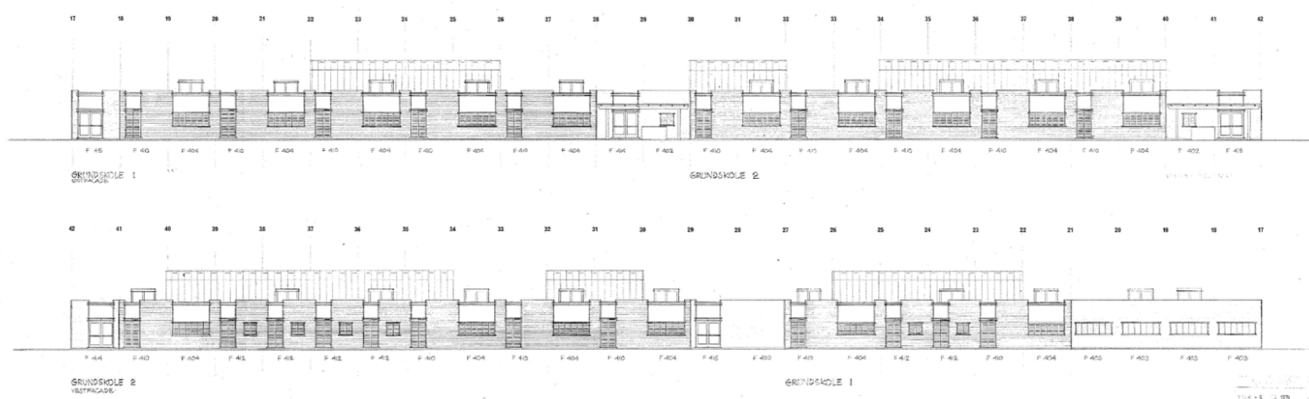
Figur 56 - Tegning over indretning

6.2.2 Konstruktioner

Oprindeligt skulle skolen opføres i beton, men det viste sig at blive for dyrt. Derfor valgte man i stedet at bygge i træ og andre enkle og billige, dagligdags materialer. Det vestlige bygningsbånd rummer almenklasser, lærerværelse og større fællesområder (storklasserum), mens det østlige bygningsbånd blandt andet rummer faglokaler, bibliotek, gymnastiksal og administration. (arkitekturbilleder.dk)

Som beskrevet i afsnit 5.3.3, er bygningen opført i én stueplan og består af 8 fritstående bygninger, hvoraf bygningerne delvist er med kældre. Bygningerne 1-8 er fra 1974. Til bygning 2 er der opført en tilbygning i 2015 i samme materialer og udformning som de øvrige bygninger. Facaderne er udført i let konstruktion med træbeklædning. I kældrene findes bl.a. varmecentral, teknikrum, træningsrum, gymnastiksal samt opbevaringsrum.

Bygningens vinduer og døre er i træ og delvist med træskodder for vinduer og døre. Tage er udført både som fladt tag med tagbelægning af tagpap, og hvælvede tage i buer med tagbelægning af tagpap og med indbyggede rytterlys i toppe. I tagene er der monteret ovenlysvinduer, se figurerne nedenfor. (Tilstandsrapport 2022).



Figur 57 – Facadetegninger over bygningens udformning jf. byggesagen

6.3 Resultat af forbedret tilstandsvurdering

Bygningen fremstår velholdt, trods sin alder på 50 år er der generelt tale om en sund bygning. Analysen af bygningen har dog påvist en del bygningsfysiske udfordringer, tabel 10.

På baggrund af ovenstående observationer og analyser vurderes bygnings tilstand ud fra 3 kriterier:

1. Kritisk tilstand: Der er overvejende fare for bygningsskader med konsekvenser, som kan være uoprettelige eller meget omkostningstunge at genoprette.
2. Alvorlig tilstand: Der er bygningsfysiske svagheder, som hvis de ikke adresseres, kan udvikle sig til kritiske skader på bygning eller mennesker.
3. Bekymret tilstand: Bygningsfysiske svagheder, der ikke entydigt kan vurderes at kunne udvikle sig til varige skader og /eller kræver yderligere analyser. Andre forhold som varetagelse af et sundt indeklima i forhold til radon og eventuelt afdampning fra miljøfremmede stoffer til indeklimaet.

Tabel 10 - Oversigt og prioritering af bygningsfysiske udfordringer

Kategori	Forhold	Beskrivelse
1. Kritiske forhold	Fugt i kælder ydervæg	Analysen har vist, at det terrænnære grundvandsspejl har et niveau svarende til op til midt på kælderydervæg. Fugt i kælder ydervæg, kan give anledning til korrosion af armeringen i betonvæggene. Der vurderes, at det er sandsynligt, at der er utætte afløbsledninger. Udover ændringen i grundvandsspejlet beliggenhed, skal der være fokus på at defekter i afløbsledninger bidrager til fugtproblematikken i bygningen fundamenter.
	Fugt i krybekælder ydervæg	Fugt i krybekælder ydervæg, kan give anledning til korrosion af armeringen i betonvæggene. Væg i krybekælder er fugtig, som følge af defekt tagednløb.
	Fugt og vandindtrængning fra sætningsskade på gulvplade i kælder	Der er nogle sætningsskader på det in-situ støbte gulv. Sætningsskaden er ikke undersøgt. Der kan være tale om udskylning af materialer som følge af utætte afløbsledninger eller særlige geologiske forhold lokalt, med sætningsgivende jordlag. De store synlige sætningsskader mellem kældergulv og væg giver risiko for vand, fugt og radon indtrængning.
	Mulig fugtindtrængning fra utæt regnvandsafledning	Der er påvist defekte regnvandsafledning fra tag. Udledning af vand ved sokkeloverkant giver risiko for vand og fugtindtrængning samt risiko for skimmelvækst i områderne med kraftig vandtilførsel.
	Mulig fugtindtrængning tag	Der er enkelte ovenlysvinduer, som har synlige utætheder. Det kan forårsage råd, svamp og skimmel som følge af fugt i træværk i tagkonstruktionen.
2. Alvorlig tilstand	Ventilationsforhold i bygningen	Det er kortlagt at der er et større antal udsugninger i bygningen. Afkastluften fordeles i kældre og krybekældre, således der tilføres opvarmet luft til kælderarealerne. Opholdsarealer som klasseværelser og lærerværelser er sandsynligvis ikke tilstrækkeligt ventileret i forhold til at holde indholdet af CO ₂ og temperaturer.
	Termiske forhold i klasselokaler	Det forventes, at bygningen vil vise store temperatursvingninger i opholdsarealerne.
3. Bekymret tilstand	Energitab fra klimaskærm	Analysen har vist, at ydervægge ikke er tilstrækkeligt isoleret, og dermed bidrager væsentligt til energispild. Særligt originale vinduer og skydedøre bidrager til energitab
	Radon	Bygningens alder samt beliggenhed i radon klasse 2, giver indikation af at der kan være høje koncentrationer af radon. Specielt som følge af at der er påvist sætninger af gulvpladen i kælder niveau og der er tale om in situ støbte konstruktioner af kældre og krybekældre.
	Miljøfremmede stoffer i maling m.m.	Da flere malede flader fremstår originale er der risiko for miljøfremmede stoffer i bygningsmaterialerne. Der er gennemført undersøgelser alene for facademaling for indholdet af tungmetaller og PCB. Der er påvist PCB på lavt niveau 0,23 mg/kg og der er påvist indhold af tungmetaller primært Chrom, Kobber og Arsen på hhv. 1600 mg/kg Cr, 1300 mg/kg Cu og 2600 mg/kg As svarende til farligt affald. Det er uafklaret om der findes miljøfremmede stoffer som Asbest og PCB i andre bygningsmaterialer

Som det fremgår af ovenstående tabel 10, vurderes der i denne bygning at være problemstillinger omkring fugt og temperatur, manglende isolering og dermed energitab eller overtemperaturer. Der vurderes at være behov for yderligere ventilering for at sikre at der ikke er et usundt indeklima f.eks. i form af forhøjet CO₂,

forhøjet radon eller overtemperatur. Der kan være risiko for indtrængning af radon som følge af de geologiske forhold i området.

6.4 Vurdering af bygningens eksisterende varme- og fugt transmission samt energiforhold

6.4.1 Varmetransmission – HEAT2

HEAT2 er anvendt til at undersøge varmetransmissionen i casebygningen ved at simulere på eksisterende kuldebroer i klimaskærmen. På TR25 er de største kuldebroer primært er ved samlinger mellem tunge materialer, som f.eks. samlingen mellem betonkælderbjælke og ydervæg, betonkrybekælder og områder hvor beton er udstøbt direkte på terræn. Simuleringer er gentaget efter gennemførsel af renoveringstiltag.

I opgaven er der arbejdet med en model som viser varmetransmissionssimuleringer ved samlinger mellem ydervæg, etagedæk og fundament i kælder og krybekælder, samt samling ved terrændæk og ydervæg. Modellen er opbygget med eksisterende konstruktion jf. DS418, anneks D.

Der er generelt anvendt stationær beregning. Anneks D foreskriver dynamiske beregninger, men formålet med beregningerne har alene været at undersøge ændringen i varmetransmissionen, hvis der f.eks. foretages udvendig isolering. Der er ikke tale om undersøgelser for at opnå energioptimering og korrekt beskrivelse af linjetabet mellem fundament og træydervæggen.

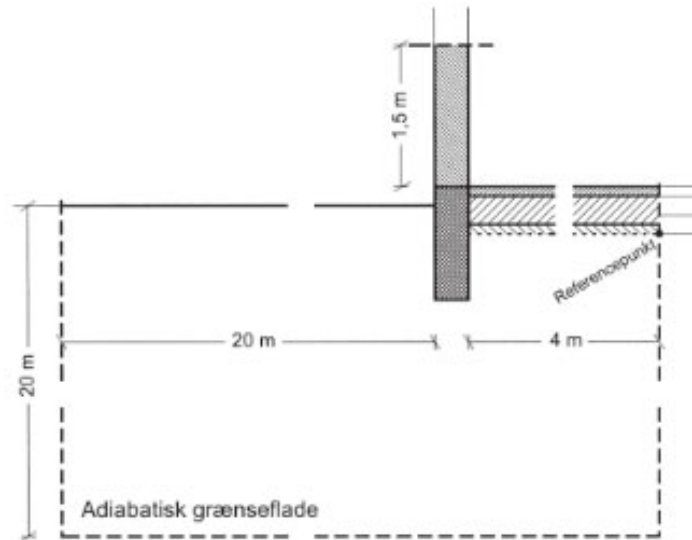
Beregningerne er gennemført efter nedenstående randbetingelser som angivet i tabel 11. Temperaturen er i DS418 angivet til -12°C . Der er gennemført en beregning som sammenligner varmetransmissionen gennem ydervæg, kælder med randbetingelser på henholdsvis -12°C for udetemperatur og en udetemperatur på -0.6°C , idet beregning med -12°C er væsentligt anderledes end middeltemperaturen i Danmark. Det er derfor valgt at gennemføre beregningerne ved anvendelse af middeltemperaturen for februar-til april, som er -0.6°C .

Tabel 11 – Randbetingelser iht. DS418, Anneks D, (Dansk Standard 2020)

	Ydervægge	Kælderydervæg/kælderdæk
Indetemperatur	20°C	20°C
Udetemperatur	-0.6°C	-0.6°C
Indvendig overgangsisolans		$0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
Udvendig overgangsisolans		$0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$
Udvendig overgangsisolans mod jord (fundament og dæk)		$0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

Der er endvidere i beregningerne foretaget tilpasning af beregningsnettet, således at der er fokus på de væsentligste kuldebroer mellem ydervæg, og overgang bjælke, in-situstøbt fundament af kælder eller af krybekælder.

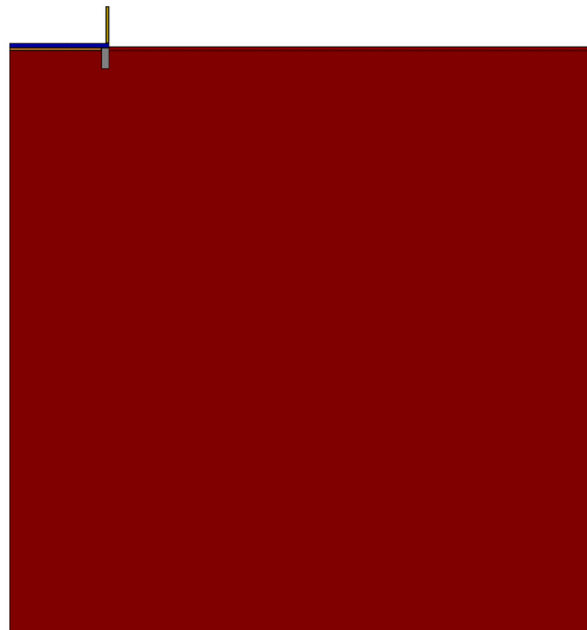
Eksempel på rapportererne for modellerne er vedlagt i bilag 4. Princippet for opbygning af modellerne er angivet i nedenstående figur 61 fra DS418, Anneks D. Alternativ for afstanden til fundament af terrændæk er 2,5 gange bygningens bredde. I de gennemførte beregninger er anvendt en afstand på 4 m jf. figuren.



Figur 61- Beregningsmodel som er anvendt i Heat. DS418, Anneks D.

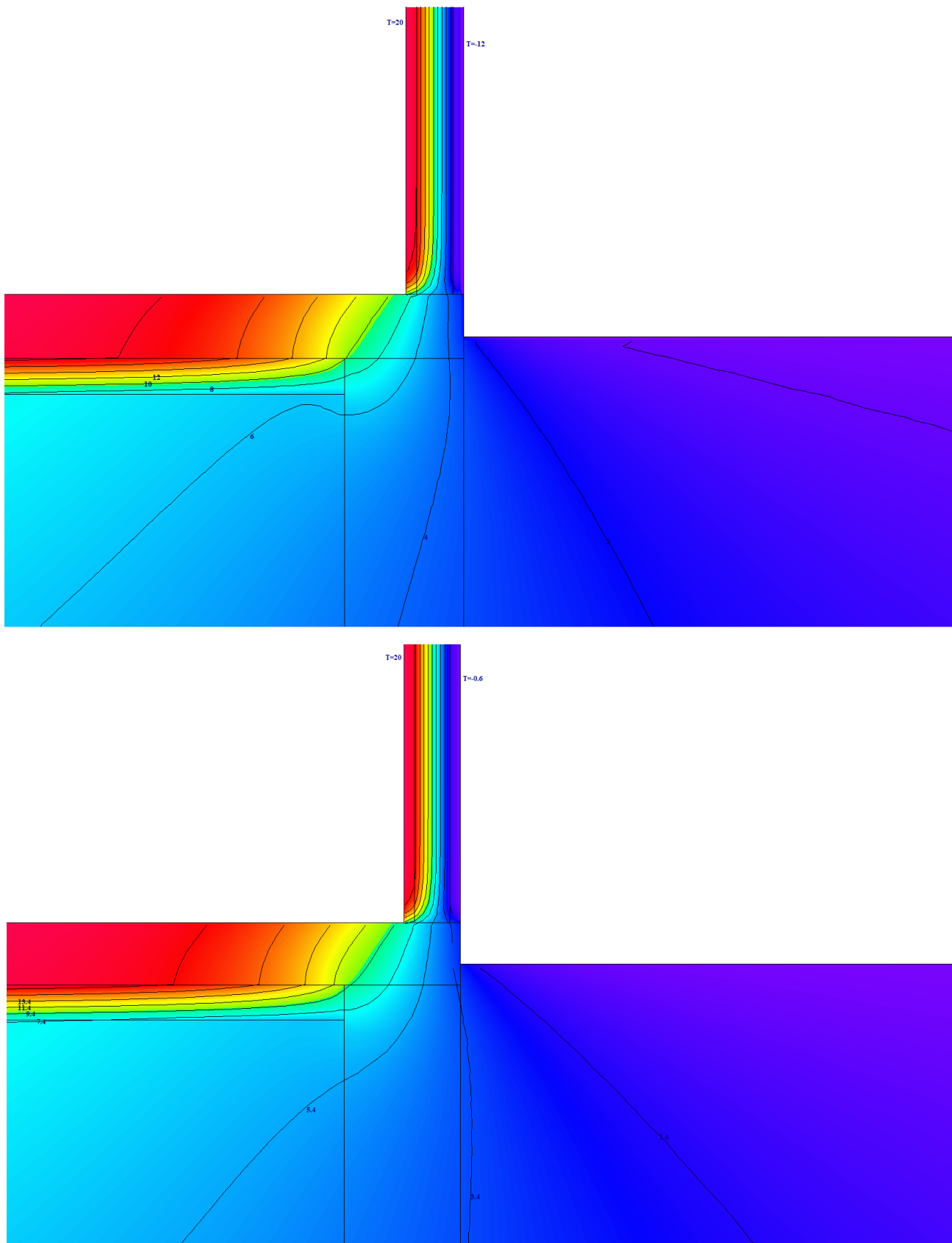
Ydervæggen består af 25 mm brædder, 30 mm ventileret hulrum, isoleret med 100 mm mineraluld (rockwool), dampspærren er af alucraft og indvendig beklædning med 25 mm brædder jf. tilstandsrapporten.

Tykkelsen på kælderydervæg under jord er opgivet til 30 cm. Tykkelsen på kældergulv er angivet til 20 cm. Isolering under terrændæk er angivet til 100 mm. iht. senest energimærke fra 2009. Der er ikke dokumentation for en kuldebrosafbrydelse mellem ydervæg og terrændæk, som fugtspærre.



Figur 62 – Randbetingelser iht. DS418, Anneks D, (Dansk Standard 2020, fundament ses oppe i venstre hjørne, det brune område er angivelse af jord, se også bilag 4.

Beregning på forskellige udetemperatur kan ses i bilag 4. Nedenstående figur 63 viser beregning af isotermerne i terrændæk og ydervæg ved udetemperatur på henholdsvis $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

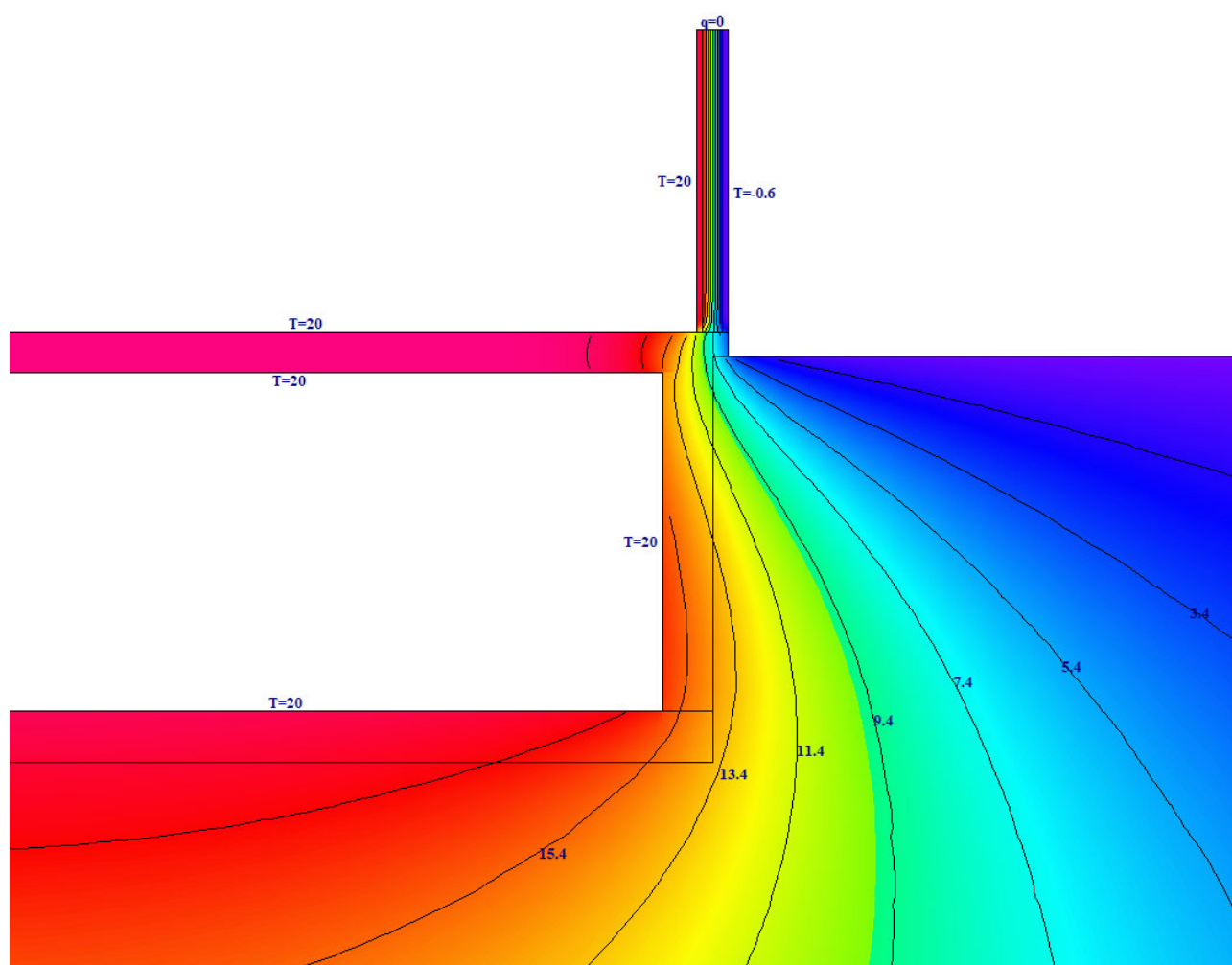


Figur 63 - Terrændæk og ydervæg for TR25, med udetemperatur på henholdsvis $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$

På de to figurer kan ses temperaturkurverne igennem konstruktionen. På den øverste figur ovenfor er temperaturen 10°C ved en udetemperatur på -12°C. Og på den nederste figur ovenfor, er temperaturen på 9,4°C ved en udetemperatur på -0,6°C. Det betyder, at overfladerne er kolde og at der er en kuldebro ved gulv/væg stød mellem ydervæggen og betongulvet.

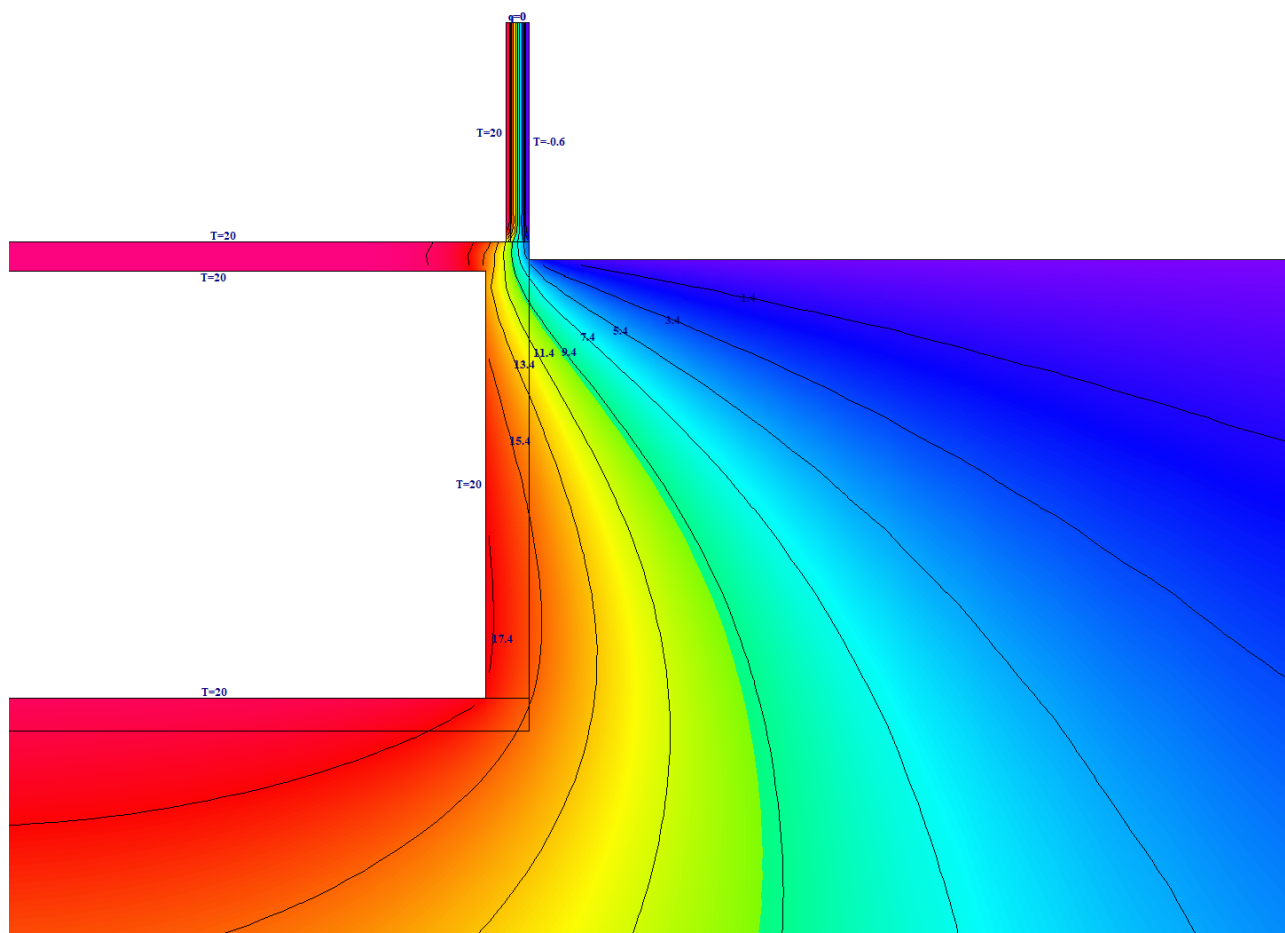
Figurerne viser, at der er ca. 0,6 °C's forskel på f.eks. den isotherm, der optegnes umiddelbart bag indvendig trævæg ved gulv/vægstød mellem terrændæk og ydervæg.

I bilag 4 findes eksempel på HEAT2 rapporter. I nedenstående 3 figurer 64 ses simulering for krybekælder, og kælder for TR25.



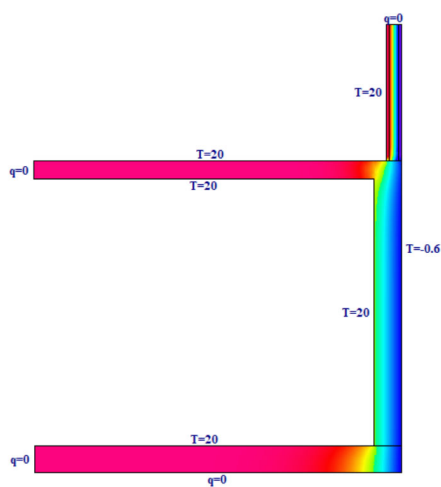
Figur 64 – Ydervæg, terrændæk og krybekælder på TR25, med udetemperatur på henholdsvis - 0,6 °C og fortsat kuldebro ved ydervæg/betongulv.

I krybekælder er der fortsat kuldebro ved gulv/vægstød, men tilstedeværelsen af det varmere luftvolumen i krybekælder gør, at temperaturen ved den indvendige trævæg er på 11,4 °C, det vil sige højere end, hvor der kun er tale om terrændæk.

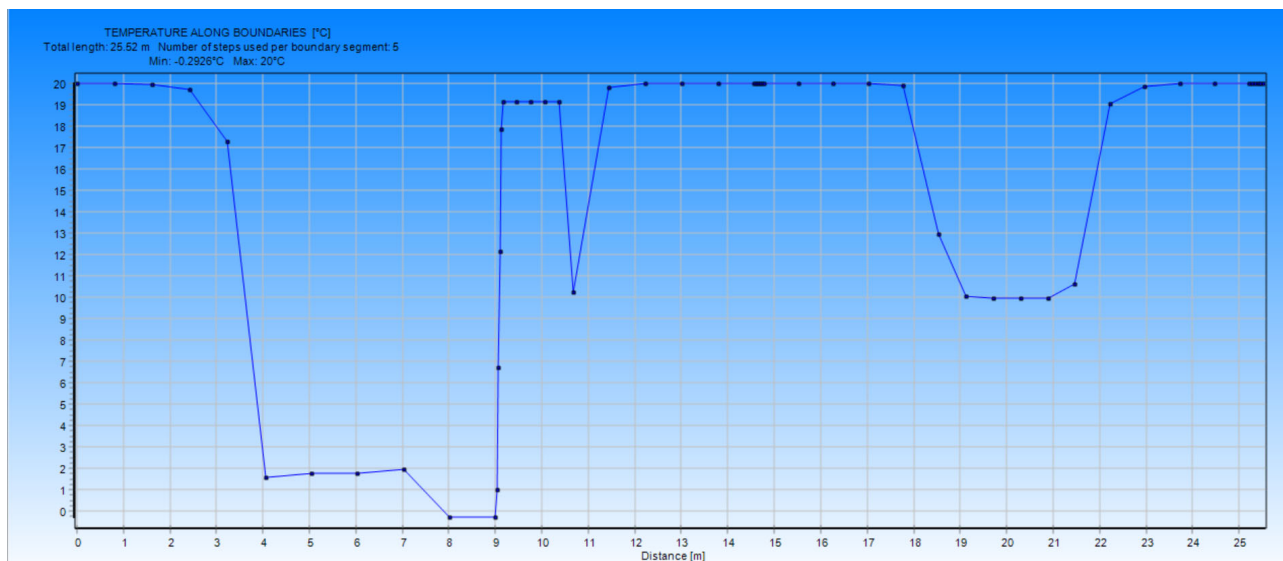


Figur 65 – Ydervæg, terrændæk og kælder på TR25, med udetemperatur på henholdsvis $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ og fortsat kuldebro ved ydervæg/betongulv.

I kælderen er der fortsat kuldebro ved gulv/vægstød, men tilstedeværelsen af det varmere luftvolumen i kælder gør, at temperaturen ved den indvendige trævæg er på $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, det vil sige højere end, hvor der kun er tale om terrændæk.



Figur 66 – Ydervæg, terrændæk og kælder på TR25, med udetemperatur på henholdsvis $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, kun konstruktionen.



Figur 67– Beregning af temperatur ved overfladen af konstruktionen, kun konstruktion.

På figur 67 ovenfor ses to kuldebroer ved samling af gulv/vægstød både i terrænniveau og ved kældergulvet.

De præsenterede modeller anvendes i det videre forløb til vurdering af henholdsvis udvendig og indvendig isolering af konstruktionen.

6.4.2 Fugttransport og risiko for skimmelvækst - WUFI –

Der er foretaget simuleringer med WUFI for at undersøge fugtindholdet i konstruktionen og eventuel risiko for skimmelvækst i de eksisterende ydervægge, og kældervægge støbt direkte mod jord.

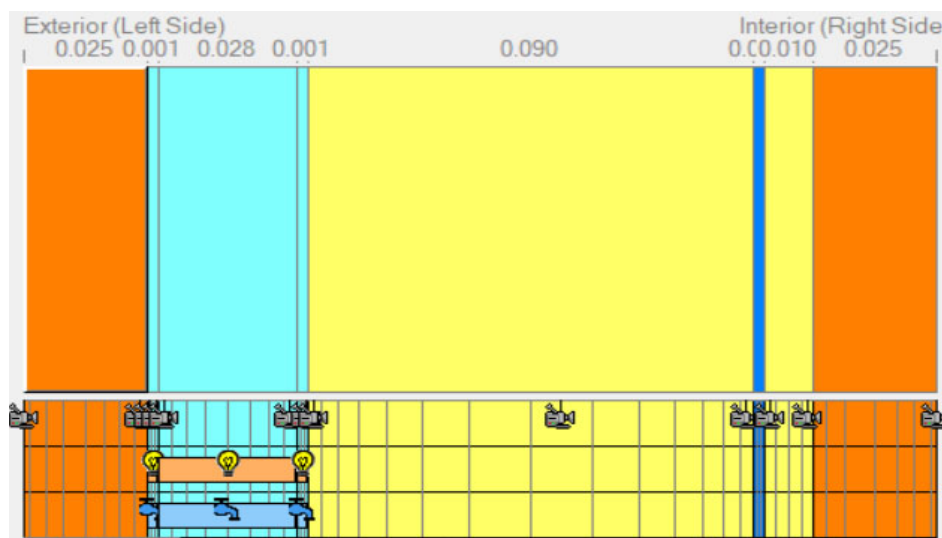
Beregningsforudsætningerne i WUFI fremgår af tabel 12.

Tabel 12 – beregningsforudsætninger

Orientering	Øst
Hældning	90 °
Bygningshøjde	Lav bygning indtil 10 m højde, R1=0, R2=0,07
Udeklima	Sjælsmark
Indeklima	Fugtbelastningsklasse 2 iht. DS/EN 13788, da der ikke simuleres i kantine-område og som svarer til fugtbelastning i boliger med normal beboelsetæthed og ventilation jf. (Brandt, 2023)
Luftskifte 1/h (ydervæg)	10 (ventileret hulrum)
Simuleringsperiode	Over 5 år, fra den 28. februar 2024 til 30. april 2029

Ydervæg

Ifølge tilstandsrapporten består ydervæggen af 25 mm brædder, 30 mm ventileret hulrum, isoleret med 100 mm mineraluld (rockwool), dampspærren er af alucraft og indvendig beklædning med 25 mm brædder som fremgår af figur 68 nedenfor. Der er ikke oplyst om at der er vindspærre.



Figur 68 – Ydervægsopbygning i WUFI

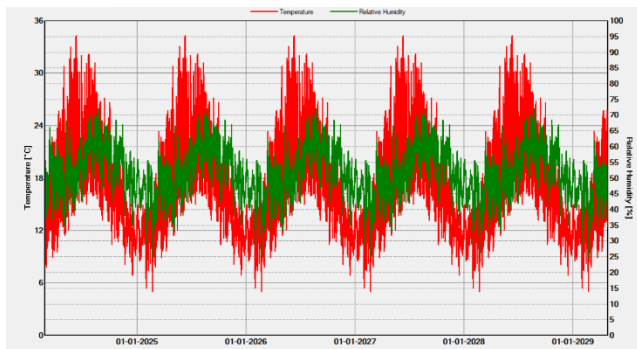
Af figur 69 fremgår de materialer der er valgt til opbygning af modellen.

No.	Material Layer	Thickn. [m]	Water Content [kg/m³]
1	Spruce, radial	0.025	80,0
2	Air Layer 30 mm	0.001	1,88
3	Air Layer 30 mm; without additional moisture capacity	0.028	0,01
4	Air Layer 30 mm	0.001	1,88
5	ROCKWOOL Masterrock NB (without lamination)	0.090	1,01
6	vapour retarder (sd=5m)	0.001	0,0
7	ROCKWOOL Masterrock NB (without lamination)	0.010	1,01
8	Spruce, radial	0.025	80,0

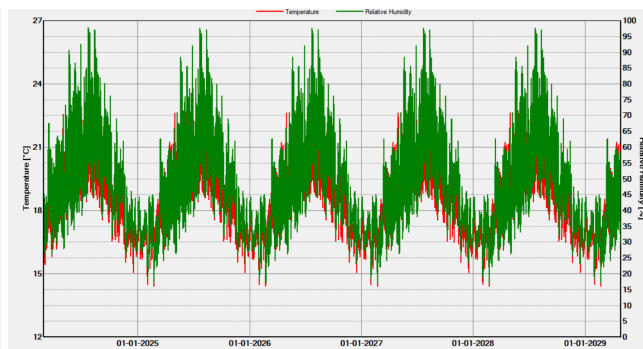
Figur 69 – Materialevalg i WUFI

I simuleringer med tæt dampspærre er der anvendt alucraft (aluminiumsfolie) dampspærre jf. bygningens energimærke fra 2009 som har en vanddampdiffusionsmodstand på 5000 GPa s m²/kg. (Dampspærre.praxis.dk).

Målpunkter vælges de steder, hvor der kan forventes at varm og fugtig luft rammer mere afkølede overflader og resulterer i, at den relative fugtighed stiger. Nedenunder vises temperatur og luftfugtigheds grafer for det første målepunkt, som er placeret på den udvendige side af dampspærren.

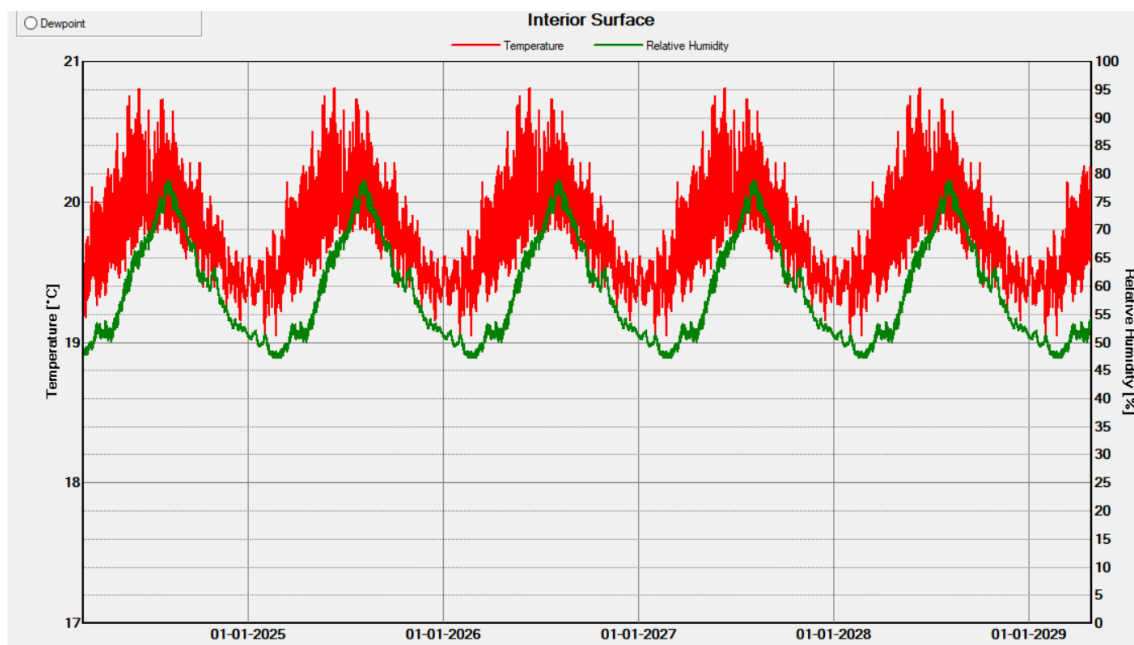


Figur 70 – RF i yderst isoleringslag på den udv. side af dampspærre



Figur 71– RF i inderste isoleringslag på den udvendige side af dampspærre

På figur 70 ses det, at den relative fugtighed yderst på isoleringslaget på den udvendige side af dampspærren, ikke overstiger RF 75% om sommeren, hvor temperaturen ligger på mellem 20°C - 25°C. Der er derfor ikke risiko for skimmelsvampsvækst. Som det fremgår af figur 71, kan det ses, at den relative luftfugtighed overstiger 75% inderste på isoleringslaget på den udvendige side af dampspærren, og at der er risiko for både skimmelvækst og kondens i sommerperioder.

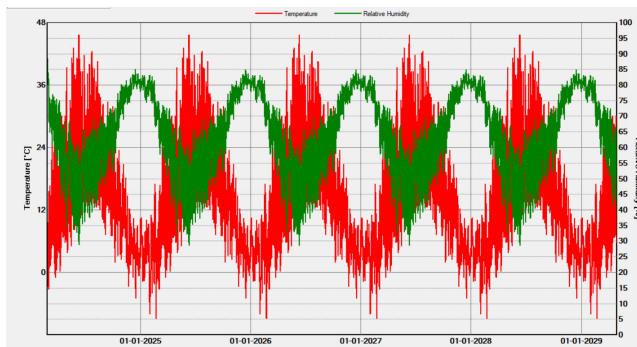


Figur 72 – Temperatur og relativ fugtighed i eksisterende konstruktion indvendigt

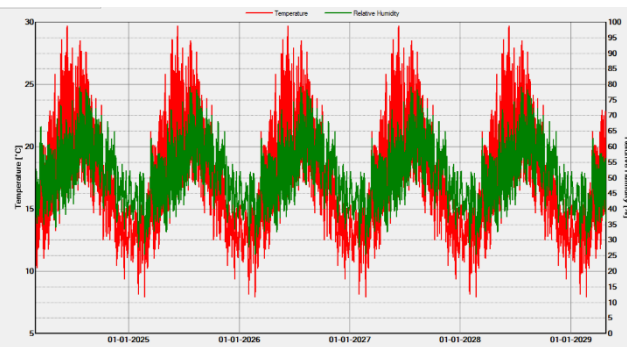
Figuren ovenfor viser, at den relative fugtighed for hele konstruktionen overstiger RF 75% i korte perioder om sommeren, hvor temperaturen ligger på 20°C. Der er derfor kun begrænset risiko for skimmelvækst, dog er det i en ret kort periode, hvor betingelserne for vækst er opfyldt. På figuren kan man også se, at der ikke opstår kondens i konstruktionen, da niveauet for relativ fugtighed ikke bliver 100%.

Utæt ydervæg – Infiltration

Til at vurdere hvilken betydning utætheder i dampspærren har for fugtforholdene i ydervæggen, simuleres med en utæt konstruktion, hvor luftskiftet under den udvendige krydsfinér lag er den samme, men hvor der tilføres et lag ved krydsfineren som skal simulere infiltration fra den utætte dampspærre. Fugtkilden er tilføjet i det lag, hvor der forventes kondens, hvilket er valgt til den indvendige side af krydsfineren.



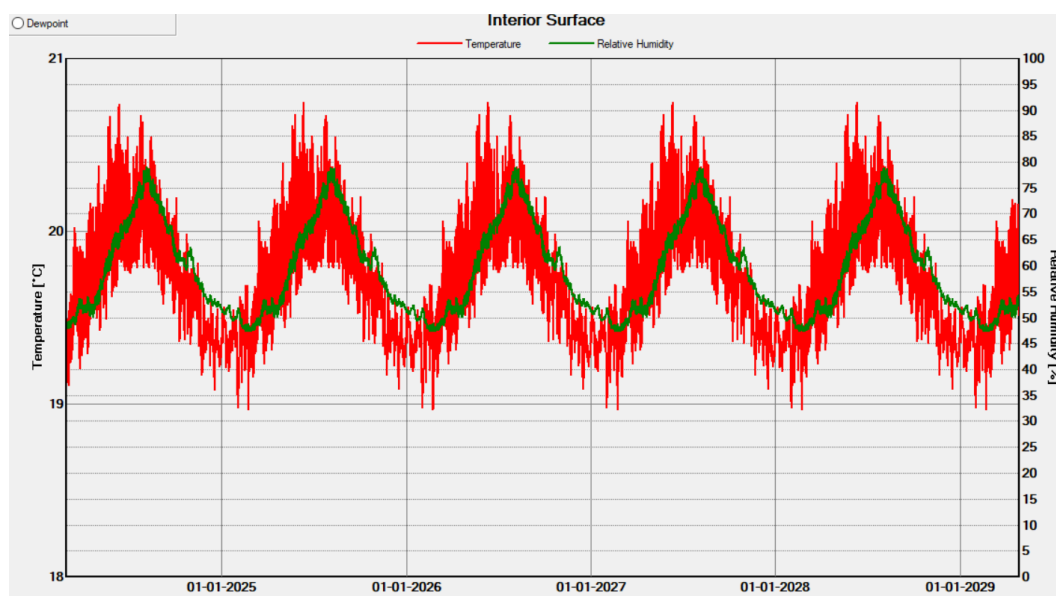
Figur 73 – RF i krydsfinerlaget med utæt dampspærre



Figur 74 – RF i inderste isoleringslag på den udvendige side af utæt dampspærre

Som det fremgår af figur 73, kan det ses, at den relative luftfugtighed overstiger 75% og er på 84% RF i krydsfinerlaget. Der er derfor risiko for skimmelvækst i vinterperioder.

På figur 74 ses det, at den relative fugtighed inderst på isoleringslaget på den udvendige side af dampspærren overstiger RF 75% om sommeren, hvor temperaturen ligger på mellem 20 °C - 24 °C. Der er derfor risiko for skimmelsvampsvækst i sommerperioder.



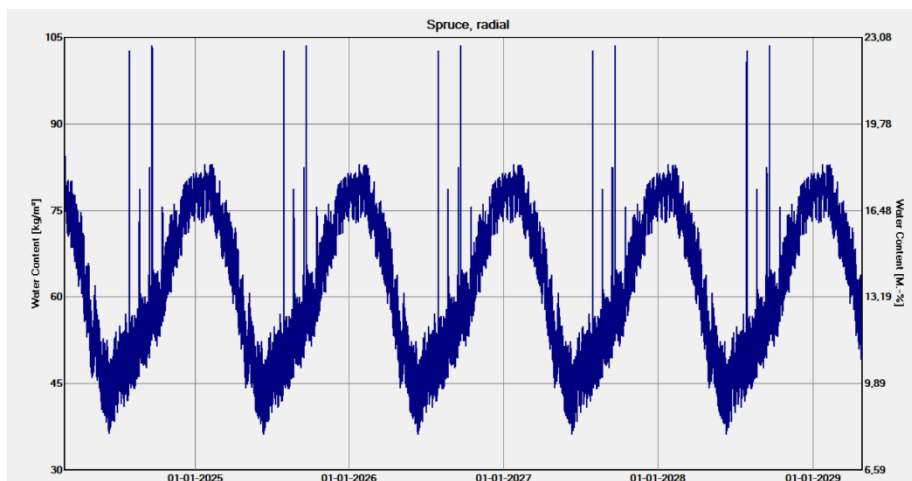
Figur 75 – Temperatur og relativ fugtighed i eksisterende konstruktion indvendigt

Figuren ovenfor viser, at den relative fugtighed for hele den utætte konstruktionen overstiger RF 75% i korte perioder om sommeren, hvor temperaturen ligger på 20°C. Der er derfor begrænset risiko for skimmelvækst, dog er det i en ret kort periode, hvor betingelserne for vækst er opfyldt. På figuren kan man også se, at der ikke opstår kondens i konstruktionen, da niveauet for RF aldrig bliver 100%.

Af figurene 72 og 75 kan det konstateres at den relative fugtighed og temperaturen i både den tætte og utætte ydervæg er uændret.

Utæt ydervæg – Slagregn

Der er også simuleret på slagregn, for at vurdere fugtforholdene i ydervæggen i en ekstrem situation. Fugtkilden er tilføjet i det lag, hvor der forventes kondens, hvilket er valgt til den indvendige side af krydsfineren.



Figur 76 – Vandindholdet i krydsfinerlag, indvendig side

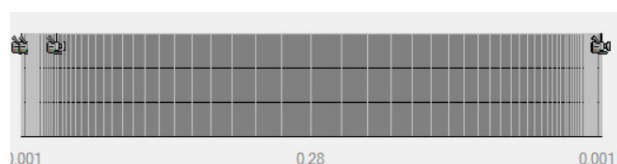
Simulering af slagregn på konstruktionen viser i figur 76, at der i forhold til Sjælsmarkdata, at i sommer og efterår er der enkelte hændelser, hvor % af vandindhold overskrider 20%, hvis der generelt er mere end 20% vandindhold i krydsfinerlaget, er der risiko for trænedbrydende svamp. Det generelle billede er dog, at vandindholdet i laget ligger omkring 17% der svarer til ca. 80 kg/m³. Det svarer til 2 kg/m² ud fra krydsfinerens tykkelse. Vandindholdet for 1mm krydsfiner må maks være 600 kg/m³ jf. grænseværdien på sorptionskurven. Det betyder, at vandindholdet i laget ligger langt under den maksimale grænseværdi.

Kælder- og krybekælderydervæg

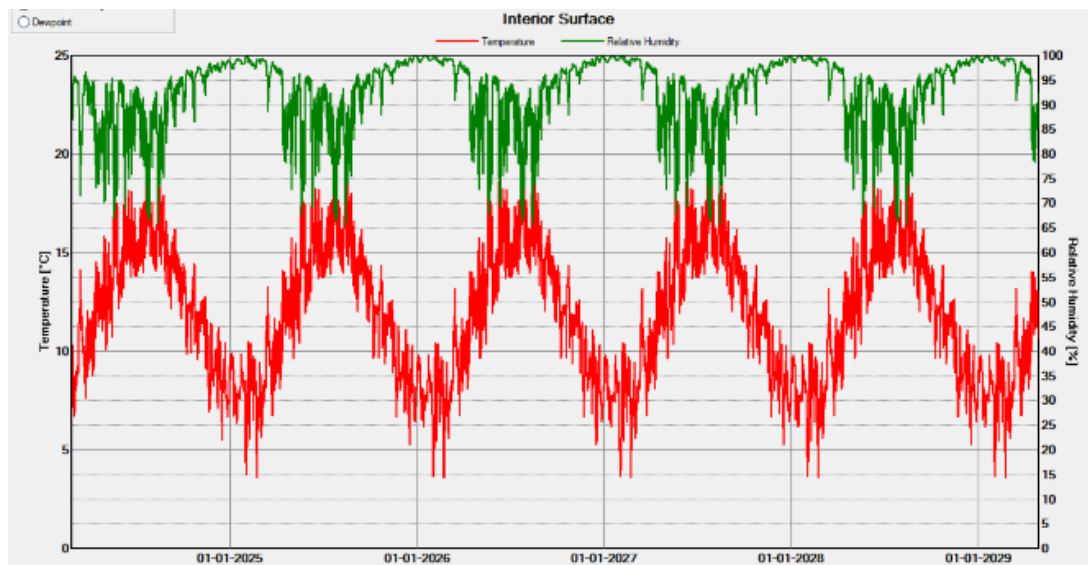
Ifølge tilstandsrapporten er kælderydervæggen udført i beton med en tykkelse på 30 cm (figur 77 og 78). Der er ikke oplyst om kælderen er isoleret. Der er simuleret med en indvendig temperatur på 15°C som konstateret ved første besigtigelse af kælderrum i februar 2024.

Figur 77 – Kældervægsopbygning

Figur 78 – Materialevalg i WUFI



No.	Material Layer	Thickn. [m]	Water Content [kg/m³]
1	Concrete, C12/15	0.001	53.0
2	Concrete, C12/15	0.28	53.0
3	Concrete, C12/15	0.001	53.0



Figur 79 – Temperatur og RF i hele konstruktionen

Simuleringen viser på figur 79, at den relative luftfugtighed i hele kælder/krybekælder konstruktionen overstiger 75 % ved en temperatur på ca. 18 °C i sommerperioder, og der er derfor risiko for skimmelvækst. I vinterperioder ses det, at RF bliver 100%. Det vil sige, at der opstår kondens på indvendig overflade.

6.4.3 Energiforhold - Be18

Be18 beregning er anvendt på TR25 som har et opvarmet etageareal på 4251 m², inkl. opvarmet kælderareal på 568 m². TR25 fik foretaget energimærkning i 2009, det vil sige inden den blev fredet i 2016, hvor bygningen fik energimærke E, jf. tilstandsrapporten.

Be18 er anvendt til beregning af casebygningens nuværende energibehov og sommerkomfort i det mest kritiske rum i bygningen. Simuleringen af casebygningens nuværende energibehov og sommerkomfort er udført i henhold til nuværende designklimadata DRY2013.

Det fremgår af Be18-modellen som ligger til baggrund for energimærkningen fra 2009, at bygningens nuværende samlede energibehov er på **153,8 kWh/m² år**.

Beregningen af bygningens nuværende energibehov er ligeledes udført i henhold til fremskrevne klimadata for 2050'erne og 2090'erne. Eksempel på Be18 rapport er vedlagt i bilag 5.

Med fremskrevne klimadata for år 2050 er casebygningens energibehov **140,8 kWh/m² år**.

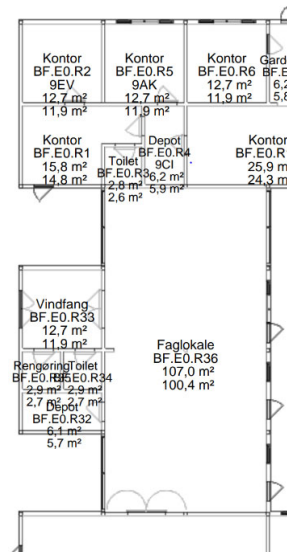
Med fremskrevne klimadata for år 2090 er casebygningens energibehov **128,2 kWh/m² år**.

6.4.3.1 Sommerkomfort

Til simulering af sommerkomfort er der valgt det mest kritiske rum som er et personalerum på 15,8 m² og ligger mod sydøst, se figurerne 80 og 81. Simulering af sommerkomfort er foretaget i en separat model. Rummet har et fastvindue med 2-lags termorude og en yderdør med 2-lags termorude, og der er kun beregnet med horisontskygge for det kritiske rum jf. SBI 2013, 5.5, se beregningen i bilag 5.



Figur 80 – Beliggenhed af det kritiske rum



Figur 81 – Plan over indretning af det kritiske rum

Ved simuleringen af sommerkomfort i det kritiske rum med designklima DRY2013, er der konstateret 358 timer over 27°C og 225 timer over 28°C, se figur 82.

Mest solbelastede rum (kun boliger)

Gulvareal, m²

Ventilation, l/s m²

Vinter

Sommer, dag nat

Antal timer over

27 °C	28 °C
358	225

Figur 82 – Sommerkomfortberegning af kritisk rum (kun boliger)

6.5 Målestrategi og program

Målestrategien er fastlagt ud fra bygningsgennemgangen og gennemgangen af tilstandsvurderingen og de gennemførte simuleringer for de eksisterende konstruktioner i hhv. HEAT2, WUFI og Be18 for den valgte casebygning. Der er foretaget måling af fugt, temperatur, lufttryk, CO₂, VOC, og radon i både kældere, krybekælder og kritiske rum med ophold. For vurdering af om bygningen har et godt indeklima og for vurdering af fugt og temperaturer i krybekældere, kældere og opholdsarealer.

Der bør udføres kontrol af beliggenheden af det terrænnære grundvandsspejl. I tilstandsvurdering af en bygning vil der normalt blive foretaget mindre destruktive indgreb, for konkret vurdering af den faktiske tilstand f.eks. ifm. af korroderede jernbindere, opbygning af tagkonstruktion med ventileret hulrum etc.

Etablering af en kort filtersat boring til terrænnært grundvandsspejl vurderes, på lige fod med mindre destruktive indgreb at kunne bidrage til afdækning af den faktiske tilstand af en bygning og det lokale nærområde. Efterfølgende er den filtersatte terrænnære håndboringen pejlet for vurdering af grundvandsspejlets beliggenhed.

Der foretages måling af radon i de intakte jordlag, på lokaliteten, som en supplerende bekræftelse af et eventuelt forhøjet radonniveau i bygningen. Etablering af radonmålinger i jord giver nogle umiddelbare muligheder for vurdering af radonindtrængningen i et byggeri, på baggrund af en risikovurdering.

Metoden er igen en anden simpel prisbillig metode, til vurdering af radonkoncentration i en bygning. Etablering af måleområdet kan udføres i sammen boring som anvendes til pejling for bestemmelse af det terrænnære grundvand, under forudsætning af at filtret er udbygget til formålet.

7. Resultater

7.1 Udførelse af feltmålinger

Der er foretaget en bygningsgennemgang den 28. februar 2024.

Bygningen blev besøgt under følgende vejrforhold den 28. februar 2024. Der var let skyet, udetemperatur 6°C og jævn vind fra syd.

Ved besigtigelsen blev der opsat en Air Thing Wave Plus, som måler fugt, temperatur, CO₂, VOC (flygtige kulbrinter) og radon ved logning i indeluft hvert 15. minut. Målinger er udført i formningslokalet, se figur 83. Der er udover opsætning af Wave måler opsat forskellige typer af radonmålere.

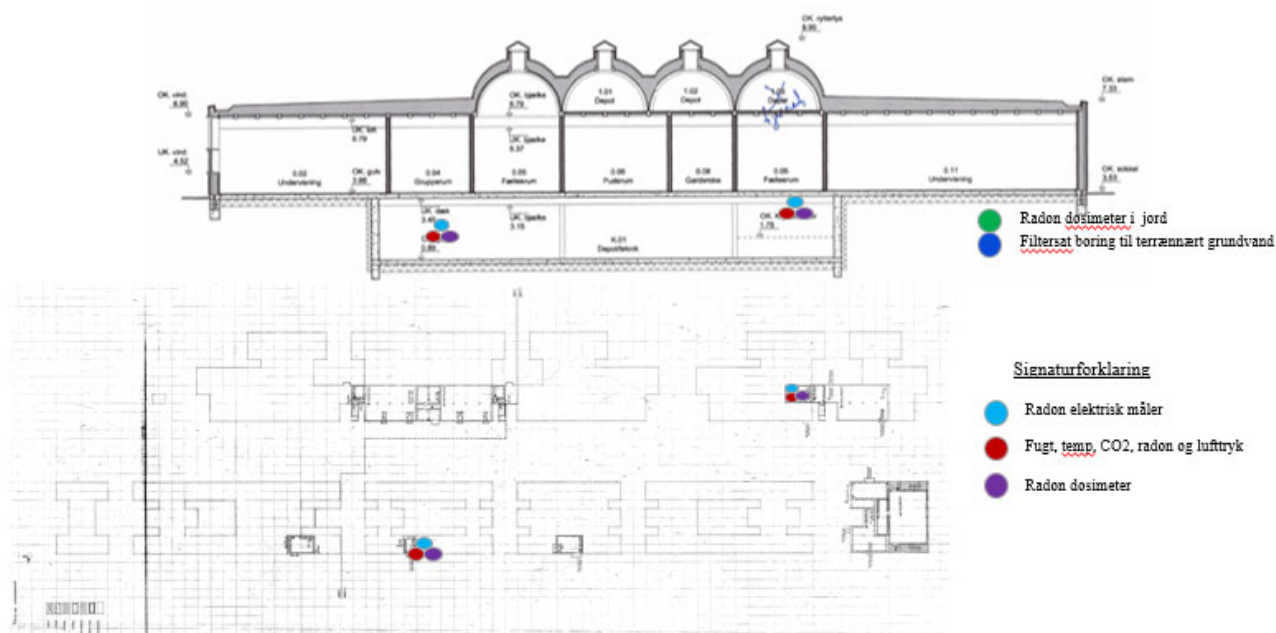
Der er henholdsvis opsat radon dosimetre, som skal analyseres ved akkrediteret laboratorium, samt elektroniske radonmålere af typen Canary, som over måleperioden kan fastlægge en gennemsnitlig koncentration af radon, samt vise højeste koncentration indenfor de sidste 7 dage.

Der er endvidere den 3. april 2024 opsat supplerende Wave målere på yderligere 4 steder, som vist i figur 83. Den 28. februar 2024 er der etableret en filtersat håndboring udbygget med Ø63 filter til 2 m u.t. med henblik på at pejde det terrænnære grundvandsspejls beliggenhed. I bilag 6 er borejournal og filtersætning dokumenteret. Der er foretaget pejling af grundvandets beliggenhed to gange i måleperioden.

Der er den 16. april 2024 etableret et måleområde for gennemførelse af radonmåling i jord. I bilag 7 er vedlagt instruks for gennemførelse af målingen. Radondosimetret er nedtaget 4 dage efter, den 20. april 2024, og sendt til akkrediteret laboratorium. I bilag 9 er vedlagt analyserapport for den gennemførte måling af radon i jord.



Figur 83 – Placering af målere i stueplan samt placering af radonmåling i jord og kort filtersat boring.

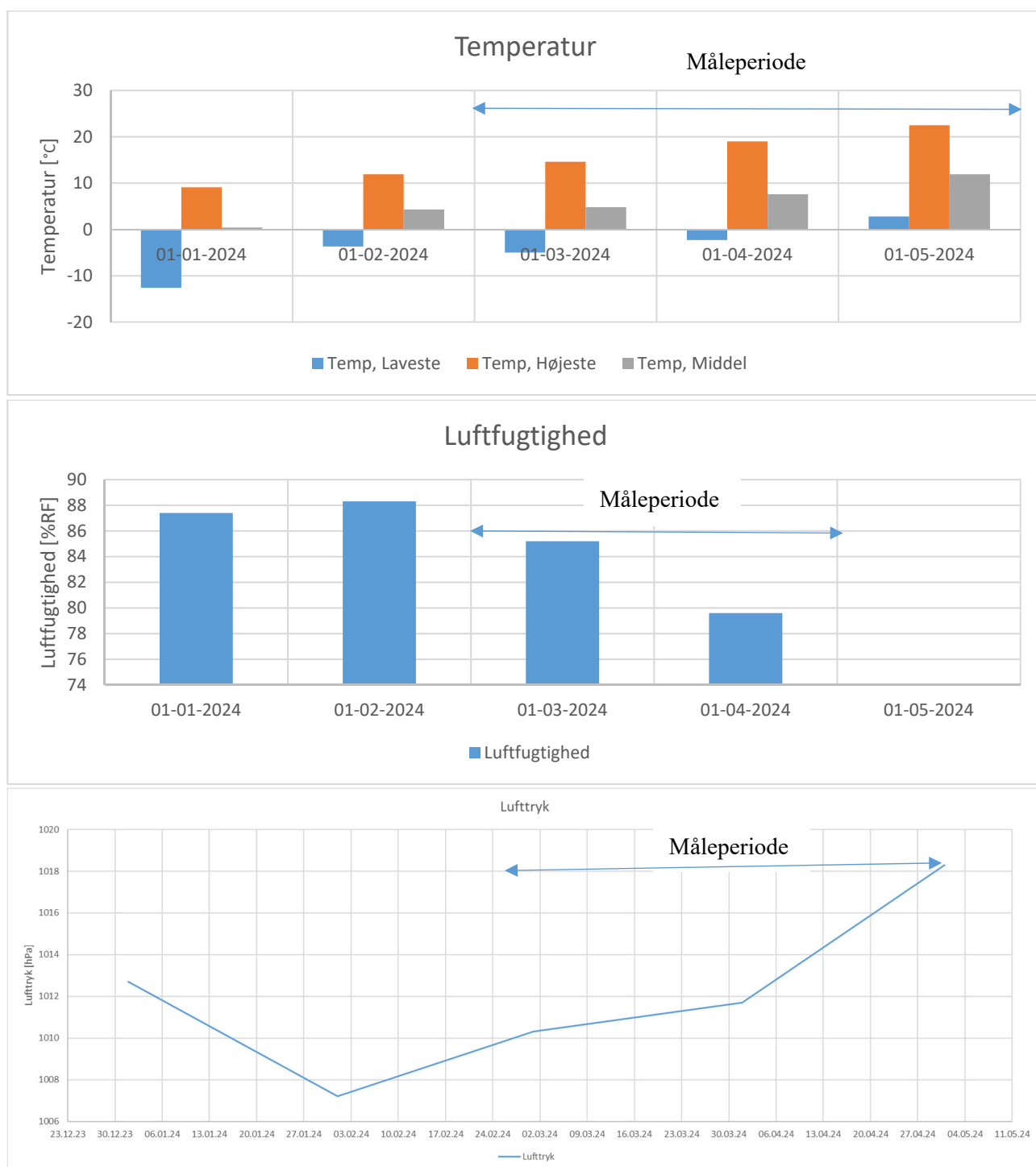


Figur 84 – Placering af målere i krybekælder og kældre samt placering af radonmåling i jord og kort filtersat boring.

Dataloggere indsamler måledata for indeklimaet, f.eks. temperatur og RF i luften. De måler luften omkring udstyret og ikke på overfladen. 28. februar 2024, er første datalogger Air Things Wave Plus opsat sammen med supplerende radonmålinger. Målerne skal foretages over en periode på minimum 60 dage fastlagt af standard måleperiode for radondosimeter. jf. SBI anvisning 270.

Den 3. april 2024 er antallet af Air Things Wave plus målere øget til også at omfatte lærerværelse, krybekælder, kælder, PPR-rum (kontor). Loggerne er nedtaget den 30. april 2024. Dermed er logningen af data foretaget over 8 uger. Logningsperiode gør, at der ikke er logget temperatur og relativ fugtighed i de måneder, hvor der forventes at være laveste temperatur og højst luftfugtighed.

I måleperioden har der været følge udendørs forhold på lokaliteten, jf. DMI.dk -vejr arkiv.



Figur 85 – Udendørs temperatur, luftfugtighed, samt lufttryk i måleperioden fra 28.02.2024 til 30.04.2024.

Der er foretaget målinger indenfor fyringssæson fra den 1. oktober til 30. april. Som det fremgår af figur 85, har temperaturerne i måleperioden varieret fra -4 °C til 18 °C. Luftfugtighed har været høj og varieret fra 79 % RF til 89 % RF i udeluften. Det atmosfæriske lufttryk har varieret fra 1010 hPa til 1018 hPa og viser derfor variation af både højtryk og lavtryk i måleperioden.

Der har i perioden været periode med lavtryk og højtryk, hvilket betyder at de gennemførte målinger vurderes at være repræsentative i forhold til gennemførelse af indeluftmålinger for radon.

7.2 Analyse af målinger på bygninger, radon i jord og terrænnært grundvand

I dette afsnit beskrives resultater og analyse af opsamlet data fra måleperioden 28. februar 2024 – 30. april 2024. Målingerne er foretaget i bygningens lærerværelse, PPR-rum (kontor), formningslokale, en krybekælder og en kælder, som vist ovenfor i figurer 83 og 84 over placering. Derudover er der foretaget en radonmåling i jorden samt pejling af grundvandsstanden. Radonmåling i jorden blev foretaget over 4 dage, fra den 16. april 2024 til 20. april 2024. Pejling af grundvandet blev foretaget den 28. februar 2024 samt den 20. april 2024.

7.2.1 Målinger i terrænnært grundvand

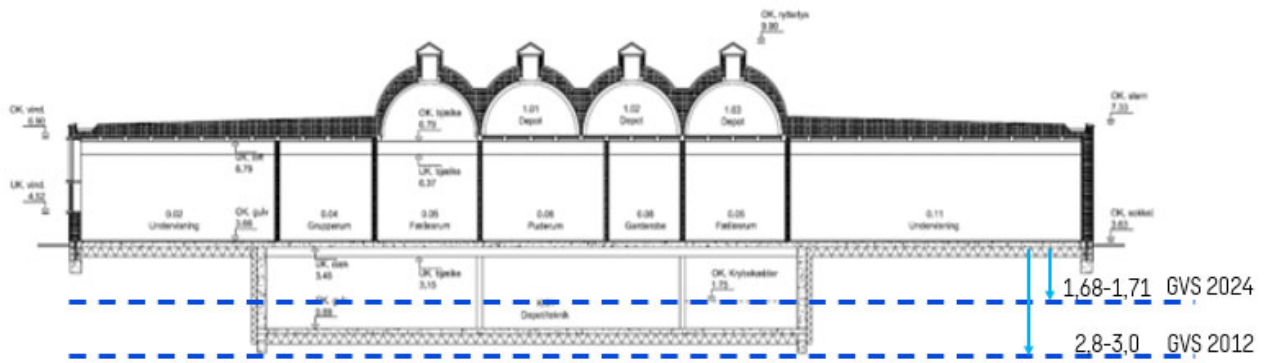
Baseret på tidligere udførte geotekniske undersøgelser er der for TR25 viden om det terrænnære grundvandsspejl beliggenhed i 2012.

I nedenstående tabel 13 er vist de målte grundvandsspejl fra 2012 og 2024

Tabel 13 - Oversigt over målte terrænnære grundvandsspejl på TR25, sat i forhold til beliggenhed af terrænkoter, målte vandspejlskoter, og koter for kældergulv samt kote for beliggenhed af krybekælder gulv.

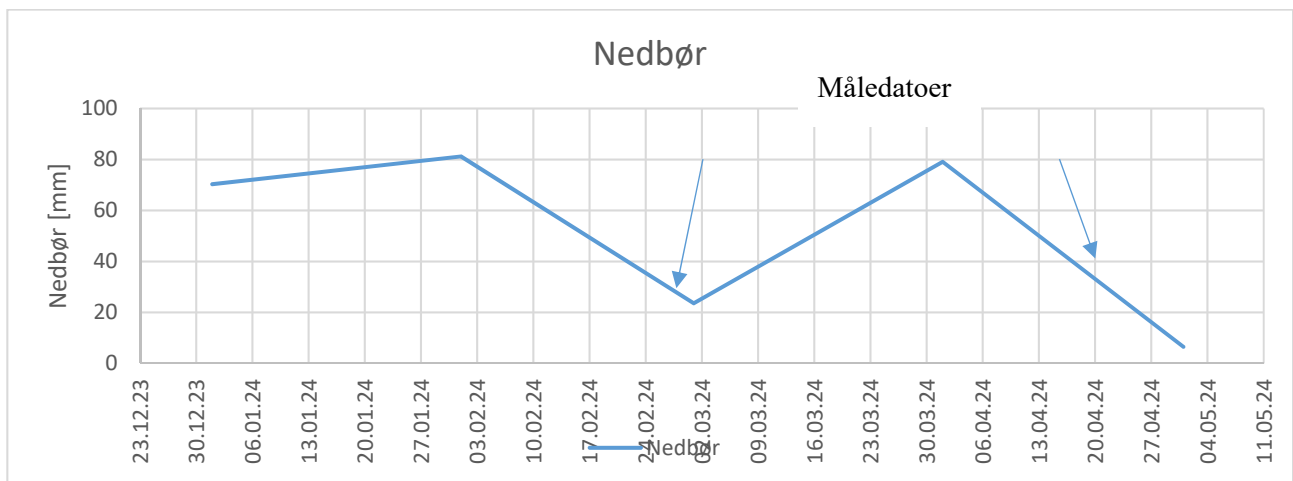
Terræn, grundvandsspejl, overkant af kælder og krybekælder gulve		2012	2012	2024	2024
Dato	Kælderhøjde/ Krybekælder højde	27.april	27.april	28.februar	20.april
Terrænkote		11,60	11,55	11,60	11,60
Vandspejls kote		8,8	8,55	9,96	9,89
Dybde m under terræn		2,8	3,0	1,64	1,71
Kælder gulv overkant, estimeret kote	2,5	8,15	8,15	8,15	8,15
Krybekælder gulv overkant, estimeret kote	1,5	9,85	9,85	9,85	9,85

Illustreret på et tværsnit af bygningen, så fremgår det visuelt tydeligt at grundvandsspejlet er steget med 1,1-1,3 meter på 12 år. Ved undersøgelserne af grundvandsspejlet i 2012 var grundvandsspejlets beliggenhed umiddelbart under niveauet for kældergulvene. Ved undersøgelserne i 2024 viser gennemførte feltmålinger at det terrænnære grundvand er beliggende på niveau med krybekælderens gulv.



Figur 86 – Målt ændring af terrænnær grundvandsspejlsbeliggenhed på TR25

Det fremgår på figur 86 ovenfor, at det terrænnære grundvandsspejls niveau steget fra februar 2024 til april 2024 og dette skyldes en længere varende nedbørsperiode forud for pejldatoerne.



Figur 87 – Nedbør i Solrød kommune i måleperioden sat ifht. måledatoer for pejling af terrænnært grundvand.

Det vurderes derfor at kælderydervægge generelt er væsentligt påvirket af højt stående terrænnært grundvand. Der er risiko for grundfugtopstigning i konstruktionen. Der er risiko for vandindtrængning via utætheder i den in-situ støbte kældre og krybekælder.

Der er risiko for korrosion af armeringen i konstruktion, idet der ikke har kunne påvises at det oprindelige byggeri er etableret med vandtæt konstruktion.

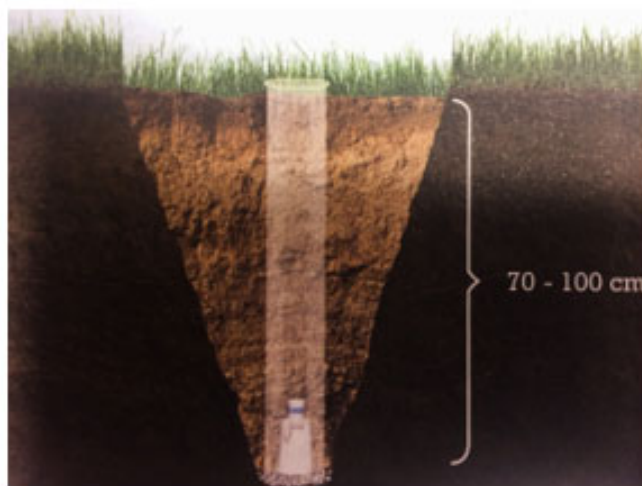
Der er risiko for mere end 75% RF i konstruktionen og dermed risiko for skimmelvækst, som følge af vandindtrængning og grundfugtsopstigning.

Det har taget ca. 1,5 time at etablere den korte filtersatte boring til en samlet omkostning af 1.500 kr. ekskl. moms.

7.2.2 Måling af radon i jord

Der er gennemført måling af radon i jord ved anvendelse af speciel dosimeter til korttidsmåling af radon i jord. Der måles på Radon isotopen Rn222. Halveringstiden er 3.8 dage. Derfor indsamles dosimeter efter 4 dages opsamlingsstid. Der er installeret et rør som beskyttelse for radondosimetret, beregnet til opsamling af bestemte radon henfaldsprodukter i jord. Måleren har siddet i jorden i 4 dage jf. instruks og indsendt til analyse ved Eurofins.

Hvis det skulle have været udført en grundig undersøgelse, så ville der skulle være opsat et større antal målinger. Den udførte analyse er dog lavet i fyringssæsonen, parallelt med normale dosimeter målinger til beregning af årsmiddelværdier, og vil kunne anvendes til beregning af et forventet niveau i indeluften for bygningsmassen, se figur 88.



Figur 88 – Etablering af radonmålinger i jord.

Der gennemføres tælling af radoncounts ved akkrediteret laboratorium.

Målepunkt	Opsamlingsperiode	Bq/m ³
TR25 nord	16.04-22.04.2024	3.000

Det fremgår af figur 87 om nedbør ovenfor, at der i opsamlingsperiode, har været en del nedbør i området. Dette kan betyde, at der frigives mindre radon fra jordmatricen end i perioder f.eks. med øget afdampning som følge af højt lufttryk.

Der er med baggrund i artikel “Model to balance an Acceptable Radon level indoors” (Rasmussen, Cornelius, 2022) er der opsat og gennemført en beregning af det forventede indhold i indeluften af radon, baseret på den påviste radonkoncentration i jord. I bilag 8 er vedlagt et excel regneark som beregner den forventede koncentration i indeluft med udgangspunkt i radonkoncentrationen i jord.

Beregningen viser, at det forventes at der vil være 24 Bq/m³ i indeluften i bygningen.

7.2.3 Radon

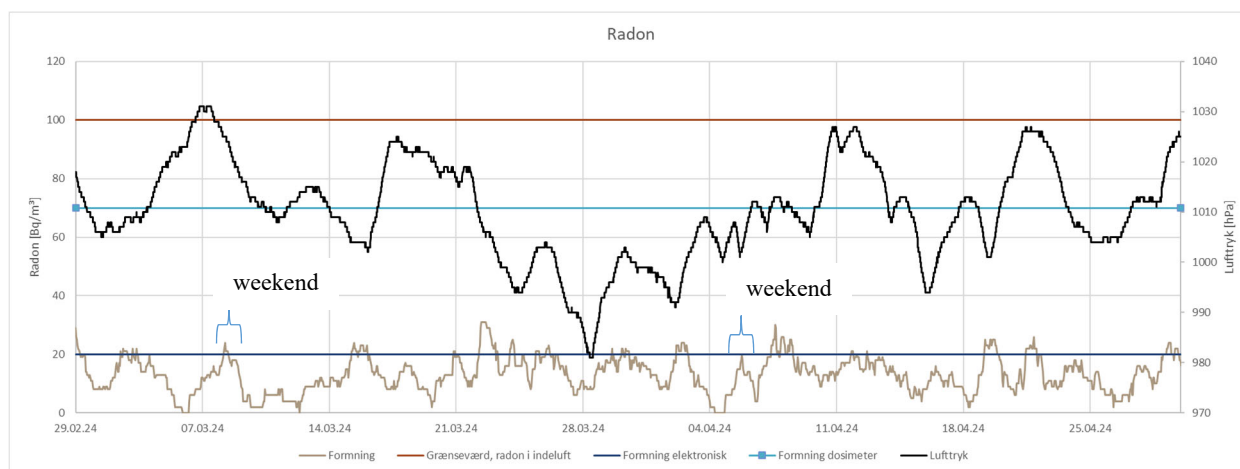
Der blev foretaget måling af radonniveauet i én kælder, én krybekælder, lærerværelse, PPR-rum samt formning. Radonmålingerne er udført dels ved anvendelse af Canary elektronisk radonmåler, radondosimetre, og ved logning med Airthings Wave Plus. Målingerne med elektroniske radonmålere, radondosimetre er foretaget i fyringssæsonen, men over en tidsperiode på 60 dage. I formningslokalet er der foretaget måling i en periode på 60 dage med Airthings Wave Plus. For de øvrige målesteder, kælder, krybekælder, PPR-rum og lærerværelse er der foretaget supplerende målinger i en periode fra 3. april til 30. april.

På grund af bygningens alder, tilstandsrapport, byggeteknisk gennemgang af bygningen, så forventes det at der vil være radonindtrængning i bygningen, dels som følge af sætningsskader i kældere og dels som følge af utætheder i forhold til tætningsplanet af bygningen, som er in-situ støbt.

Der er foretaget radonmåling for at undersøge om der er spredningsveje via gulv/væg stød, rørindføringer, sætningsskader på gulvplade. Formålet er at få viden om bygningstæthedensplan mod jord.

I henhold til §332 i bygningsreglementet 2018 (BR18) må radonindholdet i indeluften, der vurderes som en estimeret årsmiddelværdi, ikke overstige 100 Bq/m^3 . Undersøgelser viser, at der er meget lille sandsynlighed for et forhøjet radonniveau over 100 Bq/m^3 i boliger, der ligger over en kælder, eller som ligger på første sal eller højere i en etageejendom med terrændæk. (Rasmussen m.fl., 2018, SBI 270). Dette skønnes også at være en brugbar vurdering i forhold til denne bygning, idet den er velventileret. Det er vurderet indledningsvist at området er i radonklasse 2 og derfor har lav til mellem risiko for radonindtrængning, som følge af byggeår, byggeskik, omfanget af kældre. (dingeo.dk).

I nedenstående figur 89 er vist målinger af radon i formningslokalet, som er beliggende over henholdsvis en kælder og en krybekælder.

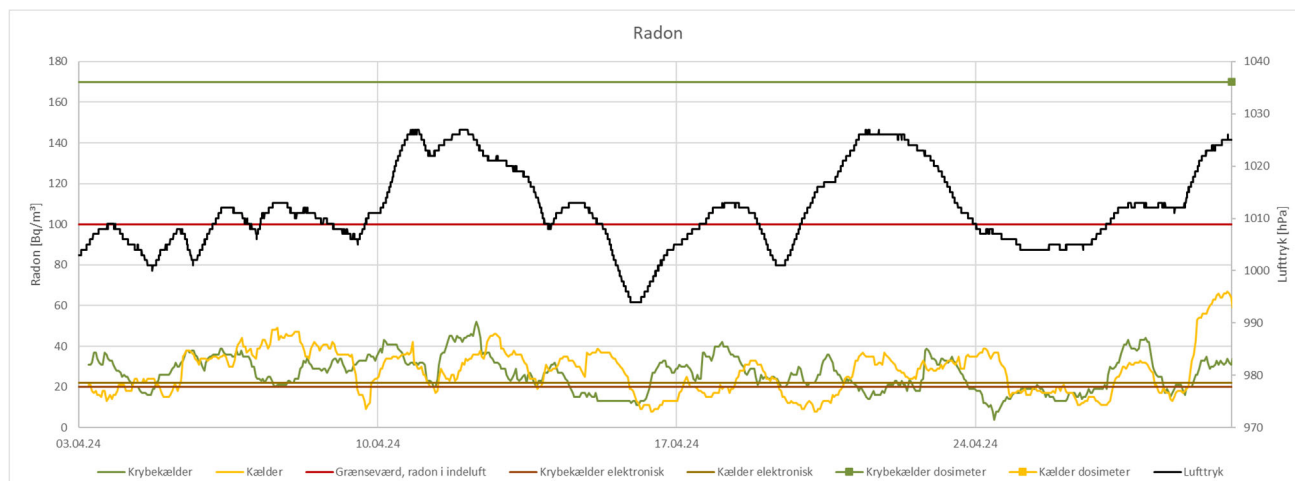


Figur 89 – Radon Bq/m^3 i formningslokalet på TR25. Rød, gældende kvalitetskrav på 100 Bq/m^3 . Blå, elektronisk radonmåler med visning af gennemsnitskoncentration, lyseblå, dosimeter målinger over 60 dage. Brun, daglige målinger med Airthings Wave plus Sort, lufttrykket i måleperioden.

Som det fremgår af figuren, så er der ikke overskridelse af det gældende kvalitetskriterium på 100 Bq/m^3 . Ved sammenligning af de tre målemetoder, så er det overraskende, hvor forskellige målinger er.

Den elektroniske radonmåler og Wave målingerne viser sammenlignelige resultater, idet aflæste long term måling på den elektroniske radonmåler er på 20 Bq/m^3 . Wave anvender en short term avg. ved logning af radonkoncentrationen. Højest radonmåling på Wave er 29 Bq/m^3 og laveste måling er 0 Bq/m^3 . Radon dosimeter er afrapporteret til $70 \pm 10 \text{ Bq/m}^3$, hvilke vurderes at være væsentligt højere, end de to elektroniske målere. Resultaterne fra Wave målingerne viser tydelig svingning svarende til svingningerne i lufttryksvariationen. Der er dog også variation som må tilskrives brug af lokalet, idet udsugning anvendes ved brug af lokalet. Radon indtrængningen er dog på lavt niveau, og det vurderes med baggrund i de målte radonkoncentrationer, at der sandsynligvis ikke er væsentlige utætheder i forhold til klimaskærmen mod jord. Der er foretaget supplerende målinger for øvrige målesteder.

Lufttrykket i perioden har varieret mellem 994 til 1028 hPa i måleperioden, se figur 90.

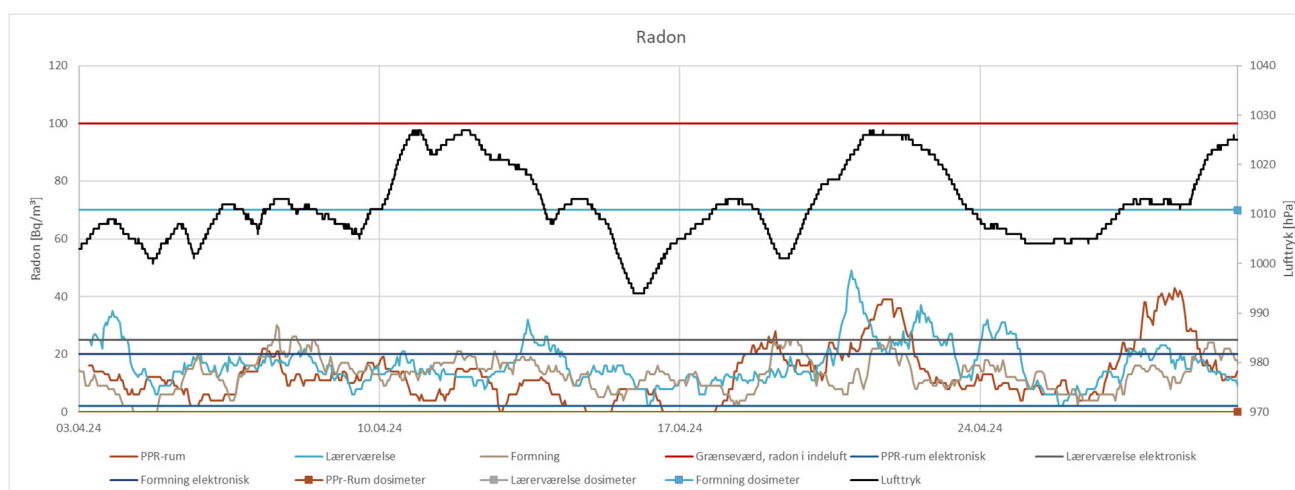


Figur 90 – Radon Bq/m³ i krybekælder og kælder på TR25. Rød, gældende kvalitetskrav på 100 Bq/m³. Sort, lufttrykket i måleperioden. Rødbrun og karryfarvet, elektronisk radonmåler med visning af gennemsnitskoncentration, lysegrøn og gul, dosimeter målinger over 60 dage. Grøn og gul, daglige målinger med Airthings Wave plus.

Som det fremgår figuren, så dosimeter målingen i kælderen på niveau med de elektroniske målinger, der er gennemført i kælderen både ved anvendelse af elektroniske måleinstrumenter og Wave målinger. Målingen ved anvendelse af dosimeter i krybekælderen viser et gennemsnit over 60 dage på 170 Bq/m³.

Der har været taget kontakt til laboratoriet for supplerende vurdering af resultater, idet denne afvigelse vurderes at være væsentlig i forhold til de gennemførte elektroniske målinger.

Der er gennemført radonmåling af PPR-rum, lærerværelse og formning ved anvendelse af henholdsvis dosimetre, Airthings Wave plus og elektroniske radonmålere i perioden 3. april til 30. april. Det fremgår af figur 91, at der ikke er påvist overskridelser det gældende kvalitetskrav på 100 Bq/m³, dog med undtagelse af målingen fra formning, som vurderes at være påvirket af andre kilder eller der kan være tale om en fejl i tælling af antal counts på filmen i dosimetret.



Figur 91 – Radon Bq/m³ i krybekælder og kælder på TR25. Rød, gældende kvalitetskrav på 100 Bq/m³. Sort, lufttrykket i måleperioden. Blå, lyseblå, grå, elektronisk radonmåler med visning af gennemsnitskoncentration. Rødbrun, lyseblå og lysebrun, dosimeter målinger over 60 dage. Rødbrun, lyseblå og lysebrun, daglige målinger med Airthings Wave plus.

De præsenterede målinger i figuren ovenfor viser radonmålinger ved anvendelse de tre målemetoder i henholdsvis PPR-rum (kontor), lærerværelse og formning, som er lokaler i anvendelse til undervisning og kontorformål. Dosimeter målingen i formningslokalet er forhøjet og er målt til 70 +/- 10 Bq/m³. Der kan være

tilstedeværelse af stenmaterialer og lignende i formningslokalet, som kan afgive radon. Det vurderes at det forhøjede niveau i formningslokalet kan have bidrag fra andre kilder.

7.2.4 Flygtige organiske forbindelser (VOC)

Ved anvendelse af Airthings Wave Plus er der i perioden fra 3. april til 30. april 2024 udført målinger for indholdet af flygtige organiske forbindelser (VOC) i indeklimaet i formning, lærerværelse samt kontor på TR25.

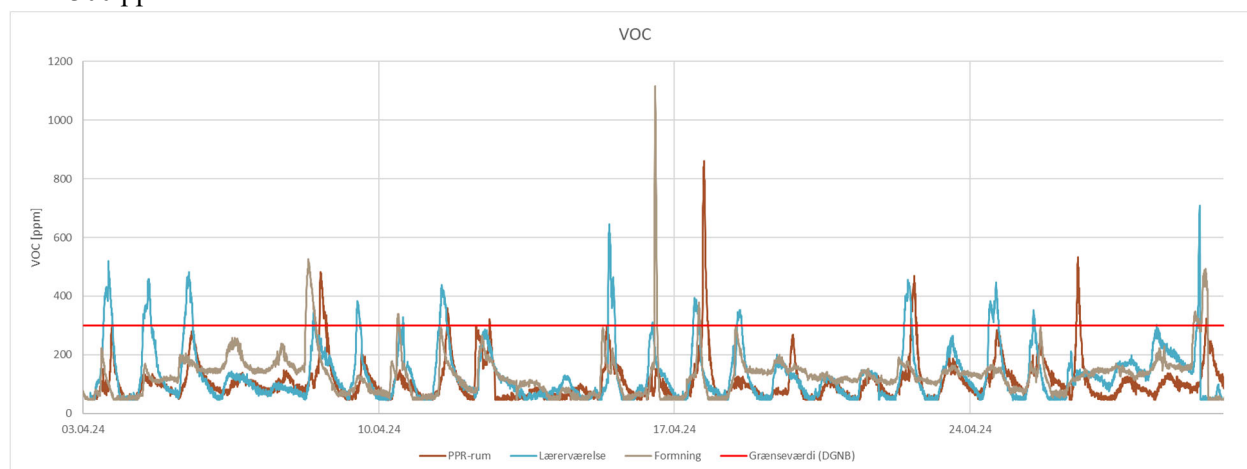
Dansker opholder sig ca. 90% af dagen indendørs. Flygtige organiske forbindelse stammer fra byggematerialer, maling, møbler, tøj, parfume, rengøringsmidler, madvarer og olier. (blog.se.com) BR18 indeholder krav om, at byggematerialer ikke må afgive gasser, dampe partikler eller ioniserende stråling, der ”kan give anledning til utilfredsstillende sundhedsmæssige indeklimaforhold”. Helt konkret, er der desuden krav om helt at undgå afgivelse af formaldehyd til indeklimaet. (indeklimaportalen.dk) Der findes således ikke konkrete krav eller grænseværdier i forhold til VOC-forekomst i indeluft i DK. Baggrundskoncentration for TVOC i udeluft i DK er $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og for indeluft er baggrundskoncentrationen $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (www.mst.dk)

Frivillig bæredygtighed er der indført kravet for at dokumentere bygningens luftkvalitet i indeklimaet og for at sikre, at bygningen ved indflytning har en god luftkvalitet til gavn for et bedre indeklima og øget sundhed og trivsel blandt brugerne. Inden ibrugtagning af en bygning må formaldehydindholdet i indeluften højst være $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og TVOC i indeluften må højst være $1.500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kravet skal dokumenteres ved måling. I DGNB bæredygtighedscertificering, gives højest point for koncentrationsniveau af TVOC på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DGNB Kriterie SOC 1.2 Indendørs luftkvalitet. Etageejendomme og rækkehuse, Version 2023)

På baggrund af forventet baggrundskoncentration i danske boliger på $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og det fastlagte niveau for TVOC'er i bæredygtigt byggeri på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, så er det valgt at sammenligne de målte VOC-indhold med et koncentrationsniveau på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det er væsentligt at vide, at Airthings oplyser at indholdet af målt VOC kun kan anvendes som vejledende, i forhold til vurdering af indholdet af TVOC i indeluft. Sensoren måler indholdet af VOC i forhold til den reneste luft, der har været registreret i løbet af den sidste uge. Sensoren måler ikke CO_2 , hvilket måles på separat sensor. (www.airthings.com)

Det vurderes der for rimeligt at vurdere indholdet af VOC i forhold til et vurderet kriterium på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eller 300 ppm.



Figur 92 – VOC ppm TR25. Rød, baggrundsniveau i udeluft og DGNB krav 2023 300 ppm. Rødbrun, lyseblå og lysebrun målinger med Airthings Wave plus.

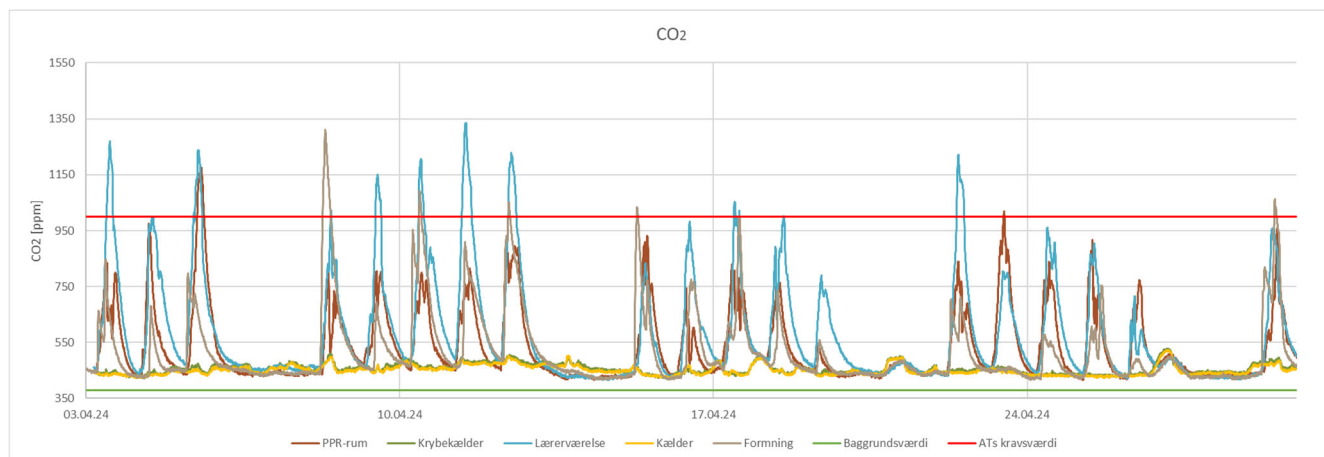
Som det fremgår af ovenstående figur 92, så er de højest indhold af VOC'er målt i formningslokalet, PPR-rummet og lærerværelset er hhv. 1115, 860 og 645 ppm. Formningslokalets højeste koncentration er målt i brugstiden, så det kan skyldes rengøringsmidler, maling, lim eller lignende.

Der er tydelige variation ift. brug af f.eks. PPR-rum og lærerværelset. Når lokalerne bruges, stiger indholdet af VOC, så der kan f.eks. være tale om parfume afdunstninger, afgang fra mad etc.

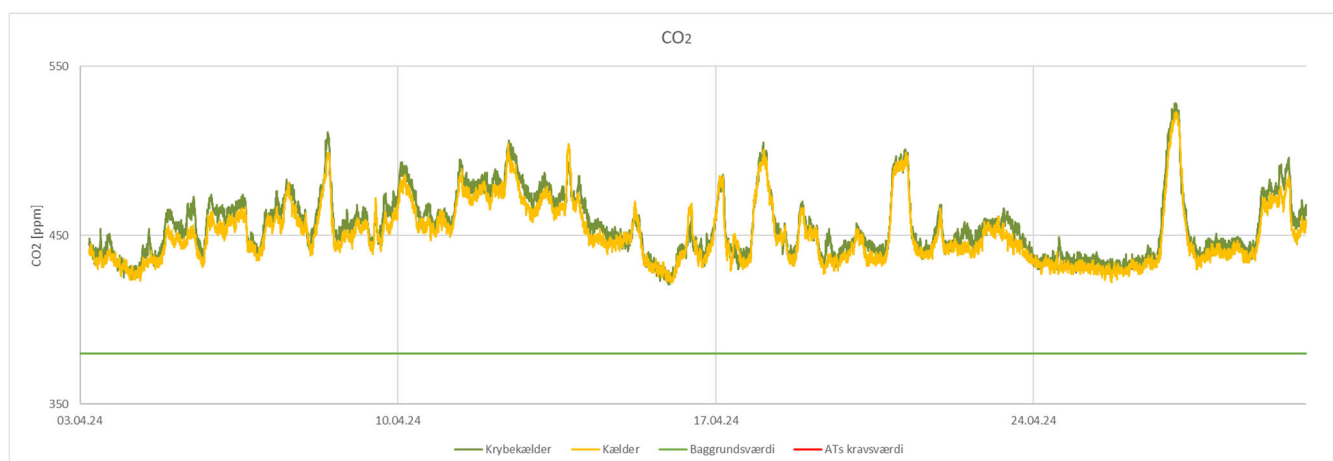
7.2.5 Kuldioxid CO₂

Der er gennemført målinger med Airthings Wave Plus målere for vurdering af opholdsrum, kælder, krybekælder for indholdet af CO₂. Det ses, at CO₂ niveauet ligger meget lavt med et gennemsnit på mellem 450-500 ppm i PPR rum, lærerværelse og i formning, dog med flere tydelige peaks. Hvis vi ser på lærerværelset, ses der 8 peaks over 1000 ppm, hvor af en enkelt peak lige netop på 1000 ppm i den givende måleperiode. Det er tydeligt, af de gennemførte målinger, at der er lange perioder i skolens åbningstid, hvor CO₂ niveauet indikerer høje personbelastning i lokalerne. Specielt for PPR-rum og for lærerværelset som ligger meget over det forventede niveau for udendørskoncentrationen på 380 ppm. (indeklimaportalen.dk).

De store udsving på grafen tyder på, at der i disse perioder har været en markant øget personbelastning i de undersøgte lokaler, som har resulteret i de høje koncentrationer af CO₂. Det kan ses på figurer 93 og 94 nedenfor, at CO₂ niveauet er ligeså, hurtigt aftagende som tiltagende, og dette er et tegn på den naturlige ventilation uden for brugstiden.



Figur 93 – CO₂ i ppm TR25. Grøn, baggrundsniveau i udeluft og rød, AT's kravværdi. Rødbrun, lyseblå og lysebrun er målinger i opholdsrum og lysgrøn og gul er målinger i krybekælder og kælder ved logning med Airthings Wave plus.



Figur 94 – CO₂ i ppm TR25. Grøn, baggrundsniveau i udeluft. Lysgrøn og gul er målinger i hhv. krybekælder og kælder ved logning med Airthings Wave plus.

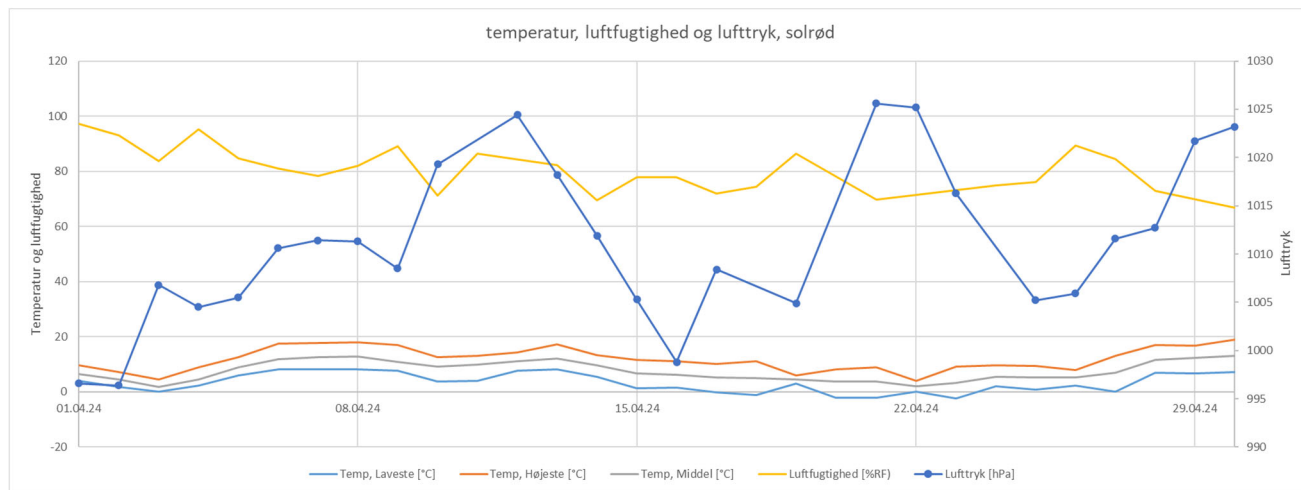
Figur 93 ovenfor er CO₂ måling i hhv. kælder og krybekælder. Der fremgår at gennemsnitskoncentrationen i kælder og krybekælder er højere end i opholdsrummene. Det fremgår endvidere, at der er peaks af CO₂, med lidt forsinkelse i samme perioder som de optræder i opholdsrummene. Det skyldes, at afkastluft fra opholdsrum genanvendes som opvarmingskilde i krybekælder og kælder på TR. Hvis der ses på temperatur og fugtighed i figur 95 i afsnit 7.2.6 ses det ligeledes, at der er usædvanlig stabil temperatur i kælderarealerne.

Ved et højt CO₂-niveau, så vurderes personbelastning som for høj eller at lokalerne er underventileret. Det påvirker indlæringsevnen. Forhøjet CO₂ giver hovedpine, træthed og koncentrationsbesvær samt er et tegn på, at luften ikke er udskiftet tilstrækkelig, hvorfor der også er en større risiko for smitte med sygdomme og utilfredsstillende temperaturforhold. (indeklimaportalen.dk).

For TR25 er det nødvendig at overholde ATs kravsværdi ved at øge ventileringen ved f.eks. at åbne vinduer og døre i rummene eller at installere et behovstyret CO₂ ventilationsanlæg på bygninger.

7.2.6 Fugtmålinger/temperatur

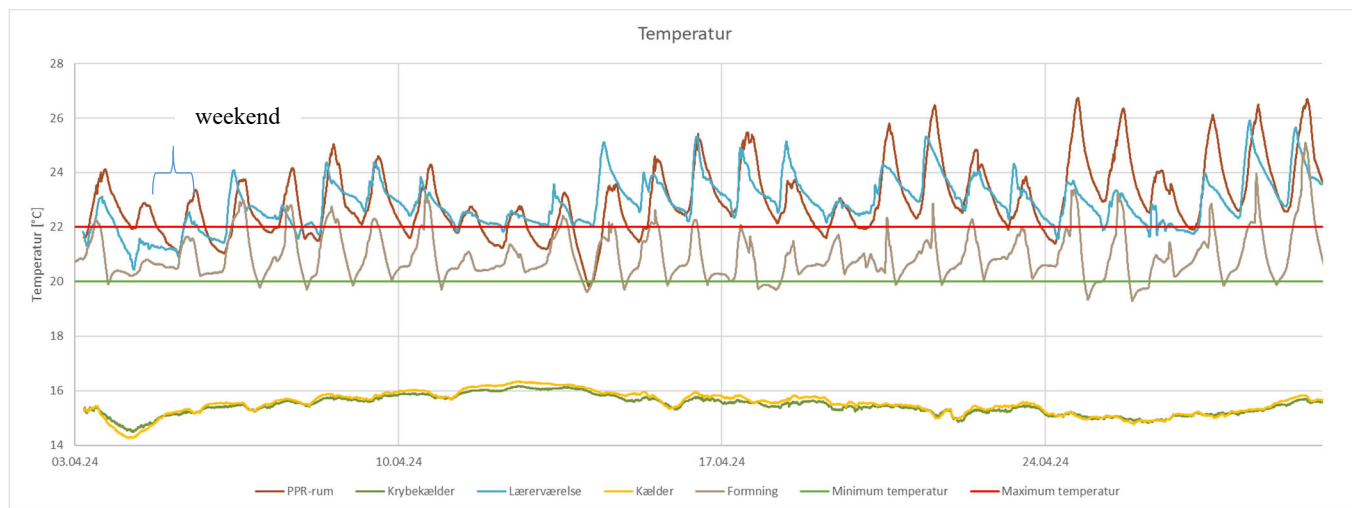
Udendørs middeltemperaturen har i måleperioden været mellem 2 °C til 12 °C. Luftfugtigheden udendørs har i perioden været mellem 98% RF i starten af april til 68% RF i slutningen af april. Lufttrykket har i perioden været mellem 996 til 1027 hPa, og der har således været både høj og lavtryk i perioden, se figur 95.



Figur 95 – Lufttryk, luftfugtighed og temperaturer i Solrød kommune i april 2024.

Jf. DMI har april været lidt varmere med en gennemsnitstemperatur på 7,6 °C, hvilket er 0,4 °C over klimanormaler for perioden 1991-2020.

De gennemførte målinger af temperatur og luftfugtighed i forskellige rum på TR25, viser ligeledes over temperaturer især sidst på måneden. Der er 12 perioder, hvor der har været over 25 °C i henholdsvis PPR-rum og lærerværelset, hvorimod formning viser mindre tendens til overtemperaturer. Både PPR-rum og lærerværelse har solindfald, idet de vender mod øst og sydøst (figur 96).

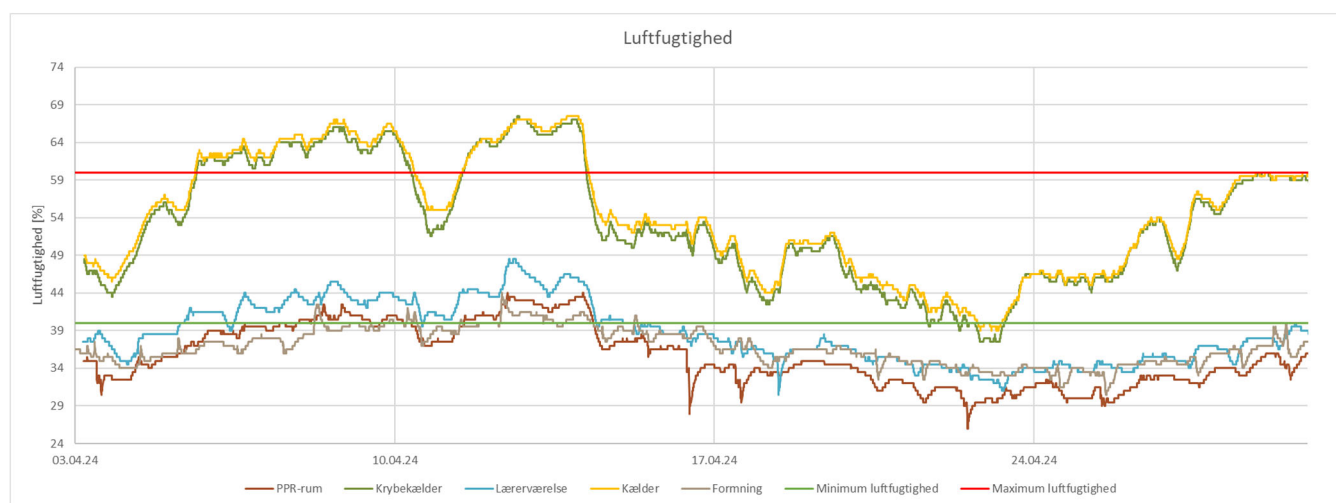


Figur 96 – Målte temperaturer i PPR-rum, lærerværelse og formning i perioden 3.april til 30.april. De er sat i forhold til normal temperaturer mellem 20-22 °C. Den gule og grønne kurve er de målte temperaturer i henholdsvis kælder og krybekælder.

Temperaturerne i kælder og krybekælder afspejler, at kældrene holdes delvist opvarmet ved anvendelse af afkastluften fra ventilationsanlæggene jf. Tilstandsrapport 2022.

Det afspejles at der er en relativ høj temperatur på grund af tilførsel af opvarmet luft og der etableres et luftskifte i kældrene.

Luftfugtigheden på TR25 viser i samme periode 30-38% RF til højeste målinger i midten af april mellem 38% RF til 49 %RF og i slutningen af april falder luftfugtigheden til mellem 29% RF til 36 % RF. RF i indeluften i kældrene følger naturligt RF i udeluften, se figur 97.



Figur 97 – Målte luftfugtigheder i PPR-rum, lærerværelse og formning i perioden 3.april til 30.april. De er sat i forhold til anbefalede luftfugtigheder i indeluft på mellem 40-60 %RF i indeluft. Den gule og grønne kurve er de målte temperaturer i henholdsvis kælder og krybekælder. (Kilde: indeklimaportalen.dk)

Det fremgår tydeligt af figuren, at RF i kældere og krybekælder stiger i starten af perioden og falder langsomt i takt med, at det bliver varmere udendørs. Dette skyldes, at afkastluften genanvendes i kældere og krybekælder, så i takt med at det bliver varmere udendørs, så bliver delstrømmen som ledes til kældere mindre fugtig og luftfugtigheden falder i kælderen. (sst.dk)

7.3. Fremtidsscenarier

Følgerne af klimaændringerne opleves forskelligt fra sted til sted, og nogle steder er mere sårbare end andre. I afsnit 3.5.2.1 er der beskrevet fremskrivningsmodeller baseret på IPCC's seneste hovedrapport om udledningsscenarier for fremtidens globale klima.

I dette afsnit er der opsummeret resultater for, hvordan klimaet forventes at se ud frem mod år 2100 i Solrød Kommune, som DMI har udarbejdet i 2023. Resultaterne er udarbejdet i form af grafer der viser hver klimaparameter, og angiver usikkerhedsintervaller for alle udledningsscenarier og alle tidsperioder.

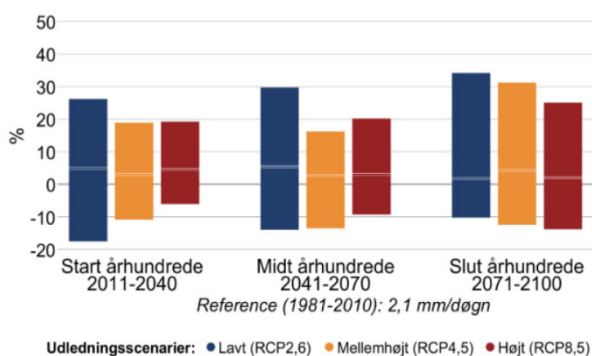
Der er benyttet en kombination af RCP og SSP-scenarierne. Atmosfæriske indikatorer er baseret på RCP'er, mens hav indikatorer er baseret på SSP'er. Usikkerheden er vist på graferne som såkaldte 10-percentiler (nedre bud) og 90-percentiler (øvre bud). Det bedste bud er omkring medianværdien (den fuldt optrukne streg). På graferne vises også nutidsværdien - den såkaldte referenceværdi (1981-2010) der kan benyttes til at omregne den relative ændring (i dette tilfælde i procent) til de absolutte værdier (mm per døgn). (DMI, Klimaatlas 2023).

7.3.1 Nedbør

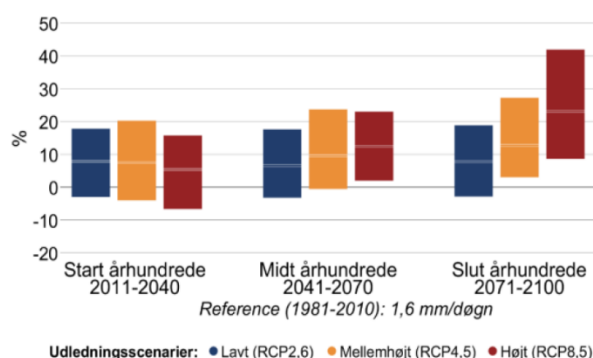
Den gennemsnitlige årlige nedbør i Danmark har ændret sig siden 1870'erne og er steget med ca. 100 mm. I 30-års-perioden fra 1981 til 2010 var årsnedbøren for landet som helhed 746 mm.

Figur 98 viser, at den forventede ændring i Solrød Kommune ved slutningen af århundredet under et højt udledningsscenarie (RCP8,5) er 2% (med et usikkerhedsinterval fra -12 til 23 %) for sommernedbør, og 23% (med et usikkerhedsinterval fra 8 til 41 %) for vinternedbør.

Sommernedbør



Vinternedbør



Figur 98 - Procentvis ændring af middelnedbør mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Solrød Kommune. Sommer (jun-aug), vinter (dec-feb). Den grå linje viser referenceværdien for nutiden (1981-2010).

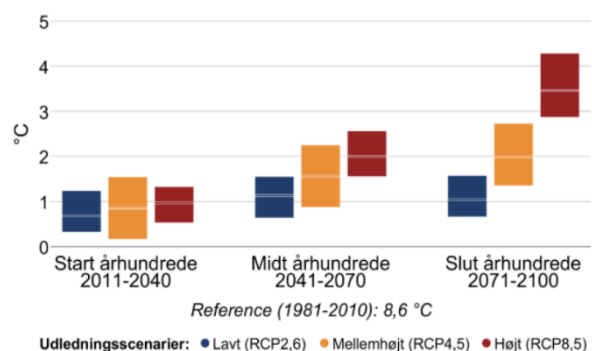
7.3.2 Årstemperatur og hedebløddage

Den gennemsnitlige temperatur i Danmark er steget med ca. 1,5°C siden 1870'erne. I 30-års-perioden fra 1981 til 2010 var årstemperaturen for Danmark som helhed 8,3°C.

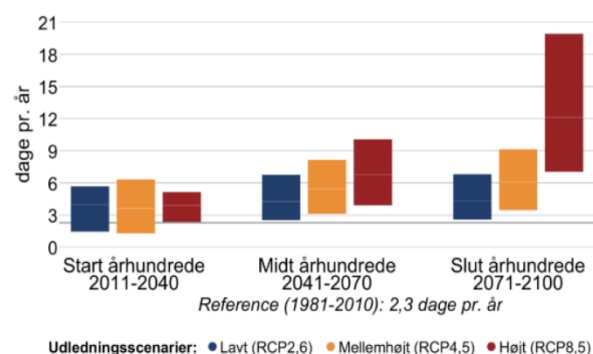
Figur 99 viser ændringen af gennemsnitstemperaturen fra 1981-2010 til de 3 forskellige udledningsscenarier. Den forventede ændring i årstemperaturen ved slutningen af århundredet for et højt udledningsscenarie er 3,4 °C (med et usikkerhedsinterval fra 2,9 til 4,4 %).

Figuren viser også, at gennemsnittet af 2 hedebløddage om året for nutiden (1981-2010) vil stige til 12 dage i slutningen af århundredet (med et usikkerhedsinterval fra 7 til 20 dage).

Årstemperatur



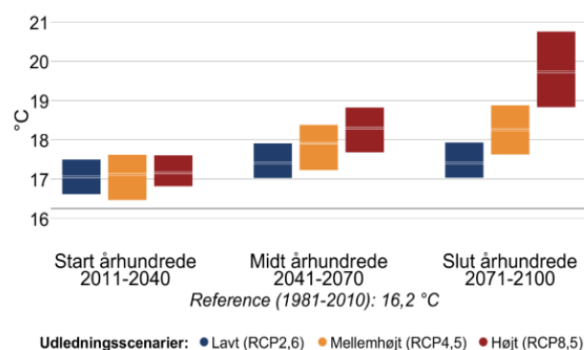
Hedebløddage



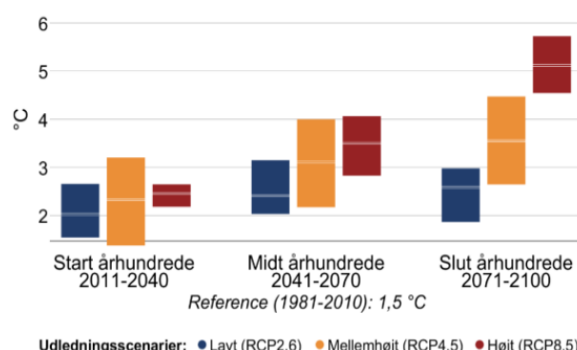
Figur 99 - Ændring af gennemsnitstemperatur og antallet af hedebløddage hen over året mellem 1981-2010 og fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Solrød Kommune.

Nedenstående figur 100 viser at den forventede ændring i gennemsnitstemperatur ved slutningen af århundredet for et højt udledningsscenarie er 3,3°C for sommertemperatur, og 3,6°C for vintertemperatur.

Sommertemperatur



Vintertemperatur

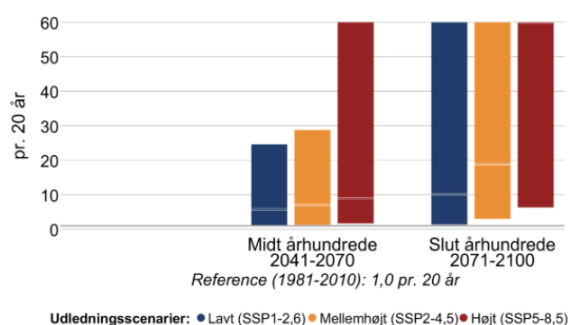


Figur 100 - Gennemsnitstemperatur for sommer (jun-aug) og vinter (dec-feb) i fremtidsperioderne 2011-2040, 2041-2070 og 2071-2100 under forskellige udledningsscenarier i Solrød Kommune.

7.3.3. Stormflod

Det gennemsnitlige havniveau omkring Danmark er steget cirka 2 mm om året siden 1900. Både på kloden som helhed og omkring Danmark forventes stigningen at fortsætte i fremtiden. (DMI, Klimaatlas 2023).

Hyppighed af nuværende stormfloder



Figur 101 viser at, et havniveau, som i dag kun overstiges én gang i en 20 årsperiode, vil overstiges 40 gange hyppigere (dvs. hvert år til to gange om året) i slutningen af århundredet under et højt udledningsscenarie.

Figur 101 - Ændring i hyppighed af en nuværende 20-årshændelse (stormflod) i Danmark (1981-2010) og fremtidsperioderne 2041-2070 og 2071-2100. Bemærk at indikatoren er sat til maksimalt 60 hændelser pr. 20 år

7.3.4 Skybrud

I Danmark defineres skybrud som en nedbørintensitet på mere end 15 mm på 30 minutter eller derunder. (DMI, Klimaatlas 2023).

TR25 afleder regnvand fra tag og belægning til kanal mellem bygninger. Kanalen er 1800m² og er ca. 0,8 m dyb. Den samlede kapacitet af kanalen er 1440 m³. Kanalen afleder vand mod syd, til hovedregnvandsledning i dette område.

Kanalen virker som et reservoir ved regnvandshændelser.

Hvis der vurderes på 3 gange skybrud svarer det til, at der falder minimum 45 mm på 30 minutter.

Det areal som afvander til kanalen, er ca. 28.000 m² primært bestående af bebyggede arealer. Det samlede areal anvendes uden fradrag, idet jordlagene på TR25 ikke er permeable, idet der primært er tale om moræneler. Det betyder at der det er muligt at der kan afledes op mod 28.000m²*0,045 m svarende til 1260 m³, hvis det forudsættes at der er 3 gange skybrud.

DMI har i 2023 registreret 33 skybrud i Midtjylland inden for det samme døgn. Hvis en tilsvarende hændelse faldt over TR25 ville det svare til, at der skulle afledes 13860 m³. Kanalen på TR25 har en maksimal kapacitet på 1440 m³, hvilket svarer til i størrelsesorden 3,4 gange skybrud. Hvor der dog ikke er regnet med afledning til den overordnede regnvandsledning beliggende mod syd. Det vurderes jf. flowberegning – at der maksimal kan afledes 85 m³/time svarende til 2035 m³ pr. døgn.

7.3.5 Risiko for oversvømmelse i Solrød kommune

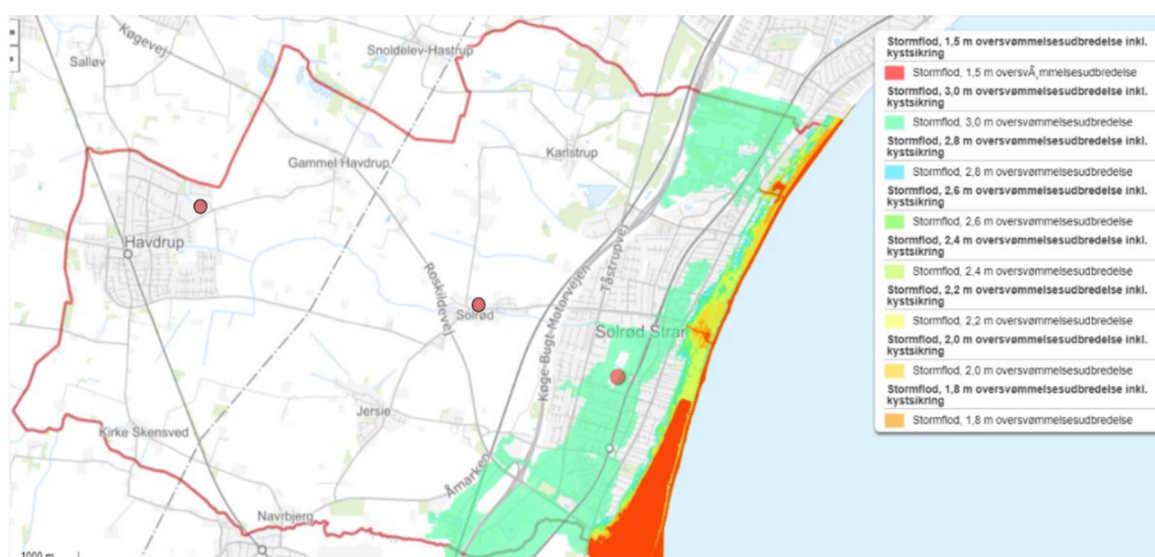
Som beskrevet i afsnit 2.4, forventes klimaforandringerne at føre til større nedbørsmængder i mange områder på grund af høje temperaturer. Det betyder, at pludselige oversvømmelser vil forekomme oftere i hele Europa, og som følge heraf har EU udarbejdet et oversvømmelsesdirektiv. I Danmark har staten udpeget 10 oversvømmelsestruede områder, herunder Køge Bugt som en større del af Solrød Kommune ligger ud mod. Ved oversvømmelser er der mange værdier, der kan blive ødelagt primært fra stormflod fra havet og nogle steder også fra vandløb.

Staten har vurderet risikoen for oversvømmelser med udgangspunkt i vandstanden i Køge Bugt i 2019, 2065 og i 2115. Inden for hvert år er der udarbejdet scenarier for henholdsvis en hændelse der typisk sker med 20-års mellemrum med 50 års mellemrum, med 100-års mellemrum, og med 1.000 års mellemrum (1/1000).

Følgende tabel 14 viser vandstanden ved stormflodshændelser, som den forventes at blive ved de forskellige scenarier. Beregningerne viser, at vandstanden i Køge Bugt i år 2065 er 25 cm højere end i år 2019 ved 100-årshændelsen, samt at vandstanden i år 2115 er 95 cm højere end i år 2019 ved 1000-årshændelsen.

Tabel nr. 14 – Stormflodsvandstande til modelleringen fra DMI. Vandstandene bygger på statistiske og historiske data og er justeret til muligt fremtidigt stormflodsniveau /1/. (Risikostyringsplan 2022, SK)

	20 års hændelse	100 års hændelse	1000 års hændelse
2019	146	159	280
2065	–	184	–
2115	–	226	375



Figur 102 – Områder der påvirkes af stormflod, heriblandt casebygningen

På figur 102 ses oversvømmelsesudbredelsen, ved en 1000 års hændelse fremskrevet til år 2115. Det ses også at området omkring casebygningen, som er omfattet af denne rapport ligger i et område med risiko for vandstandsstigning ved 1000-års hændelse og kan blive udsat for oversvømmelse.

7.4 Deldiskussion af resultater

7.4.1 Udførte målinger

Kontrolmåling af det terrænnære grundvandsspejl har vist, at grundvandsspejlet er beliggende omkring 1.7 m u.t, svarende til, at det terrænnære grundvandsspejl er beliggende midt på kældervæggen eller ved gulv/vægstød i krybekælderen.

Beliggenheden af det terrænnære grundvand giver risiko for opstigende grundfugt i bygningen og indtrængning af grundvand, hvor konstruktionen er utæt.

Der er gennemført en enkelt radonmåling i jord og målingen viser for dette areal, et forholdsvis lavt niveau af radon målt i jorden. Dette afspejles også i indeluften, idet der generelt er påvist meget lave koncentrationer af radon i bygningerne både i kælder, krybekælder og opholdsarealer. De gennemførte logninger af radon viser dog, at der utætheder i bygningernes klimaskærm idet radonkoncentrationerne varierer med højt og lavt lufttryk.

Der er foretaget målinger af VOC i indeluft og disse målinger viser på tilsvarende måde som CO₂, at bygningerne ikke er tilstrækkeligt ventileret i forhold til den egentlige personbelastning. CO₂ koncentrationen overskrider AT's kravværdi og bør nedbringes til under 1000 ppm, for at sikre et sundt indeklima i bygningerne.

Fugt og temperaturmålingerne viser, at der i perioden generelt har været varmere end forventet. Bygningen har generelt tendens til overtemperaturer, hvilket også kunne vurderes med baggrund i CO₂, idet der er behov for øget ventilering i opholdsrummene, når de er i brug.

7.4.2 Fremtidsscenarier

Solrød kommune ligger i den sydøstligste del af klimaregion Nordsjælland. Terrænet er for det meste ret fladt. Jorden i kommunen er udpræget leret med et pænt vandindhold og det, sammen med havets nærhed i den østlige del, bevirker, at kommunen generelt ikke får de højeste og laveste temperaturer.

De kystnære områder er vejrmæssigt påvirket af havet. Det dæmper variationerne i temperaturen året rundt og giver for det meste flere solskinstimer og mindre bygenedbør. Længere inde i kommunen væk fra det kystnære aftager denne påvirkning, og det er bl.a. med til at give større variation i temperatur, mere bygenedbør og færre solskinstimer. (DMI, Klimaatlas 2023).

Der er foretaget beregning ift. skybrud pga. casebygningens kanal, der anvendes til aflastning ved regnhændelser og kan modtage 3,4 gange skybrudshændelser og virker dermed som aflastningsbassin for bygningens område.

I forhold til risiko for oversvømmelse i Solrød Kommune, er casebygningens grund udtaget af modelleringen, da grundens terrænkoter er højere i forhold til de omkringliggende, udsatte arealer. Casebygningen ligger også for højt i forhold til havvandet. Der blev derfor af kommunen vurderet, at bygningen ikke vil blive påvirket, og at en vanddybde på 0-10 cm ved bygningen ikke er problemskabende.

7.5 Delkonklusion af resultater

Der er risiko for indtrængning af terrænnært grundvand via installationer, rørføringer og risiko for grundfugtopstigning i konstruktioner under terræn, pga. det terrænnære grundvandsspejls beliggenhed, midt på kældervægge og umiddelbart ved gulv i krybekældre.

Der er ikke risiko for betydende radonindtrængning, gennem utætheder i bygningerne. Der er dog dokumentation for at der er utætheder, som mindsker og øger radonindtrængningen i relation til det atmosfæriske lufttryk.

For CO₂ viser målingerne, at der i brugstiden er overskridelse af AT's krav værdi for på 1000 ppm i brugstiden. VOC-målingerne følger CO₂ målingerne, og viser at der behov for mere tilførsel af udeluft i brugstiden og dermed en øget ventilering af opholdsarealerne i brugstiden.

Temperatur og fugt målingerne viser at der har været et varmt forår. Målingerne giver indikation af at opholdsarealerne let bliver overopvarmet, idet der optræder overtemperaturer ved de gennemførte målinger i brugstiden.

Det vurderes at stormflodshændelser vil øges fra 2 gange til 40 gange over en 20 års periode i fremtiden. Solrød kommune konkluderer, at stormflod ikke er relevant for casebygningen, idet arealet ligger langt fra kysten og er beliggende højt i terræn.

Prognosen for fremtidig nedbør viser at der vil være en øget mængde nedbør. Dette betyder at det terrænnære grundvandsspejl formodentligt vil stige yderligere og dermed øge risikoen for indtrængning af grundvand, og grundfugtsopstigning i bygningerne.

Prognosen for fremtidige temperaturforhold viser at der vil være højere temperaturer. Det betyder at bygningerne vil få højere temperaturer, hvis der ikke foretages øget tilførsel af udeluft, ændringer i forhold til ventilering af specielt kontor og undervisningslokaler i brugstiden.

Ift. risiko for oversvømmelse er det af kommunen vurderet, at bygningen ikke vil blive påvirket, og at en vanddybde på 0-10 cm ved bygningen ikke er problemskabende. Dette skyldes specielt den lange kanal imellem bygningerne, som fungerer som regnvandsbassin og buffer ved skybrudshændelser. Kanalen kan rumme en mængde svarende til 3,4 gange skybrud, uden afledning til det offentlige afløbssystem. Området vurderes derfor at have en god beskyttelse i forhold til fremtidige klimaforandringer.

8. Udvalgte forbedringer

Til vurdering af renoveringsmuligheder, er der valgt at gå videre med følgende problemområder:

8.1 Grundfugt – HEAT 2 - simuleringer kælderydervæg

Opstigende grundfugt kan opstå, hvor der ikke er udført kapillarbrydende lag under betondækket i gulvkonstruktionen eller andre fugtstandsende tiltag i gulv- og vægkonstruktionerne, samt hvor materialerne er porøse og følsomme for kapillarstigning af fugt. (MiB, eksamens opgave 3. sem. grp. 3.).

Den opstigende grundfugt kaldes også for kapillarsug. For at løse problemer med opstigende fugt er det vigtigt, at identificere årsag sammenhængen. Løsningen vil normal bestå af et eller flere elementer af nedenstående f.eks.:

- ✓ omfangsdræn
- ✓ forbedret ventilation
- ✓ varme
- ✓ reparation af revner
- ✓ tætning af vægge og gulve for at forhindre yderligere indtrængning af fugt
- ✓ etablere afbrydelse af kapillarsugningen.

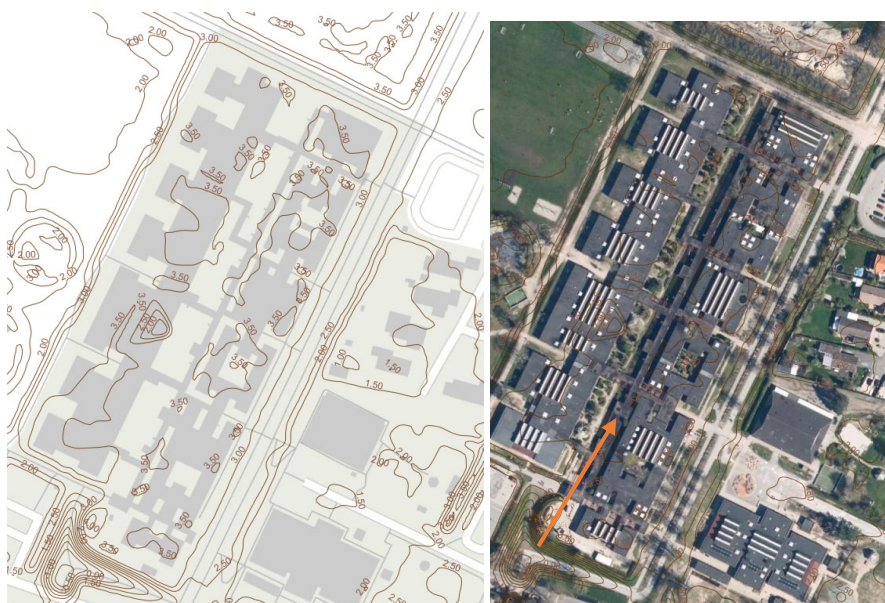
Besigtigelsen af kælderen har vist, at der er et område med væsentlige sætningsskader mellem gulv og væg. Denne sætningsskade skal udbedres særskilt, hvilket kan resultere i at der skal foretages TV-inspektion af afløbssystemerne, idet sætningsskaden muligvis er opstået som en kombination mellem bortskylning af materialer og/eller sætning af undergrunden lokalt i dette område.

Den mere generelle problemstilling med opstigende grundfugt er ikke tydeligt i kælderen, idet kælderen og krybekælderen holdes delvist opvarmet med afkastluft fra skolearealet og er samtidig ventileret, hvilket vurderes at være årsagen til, at det ikke er tydeligt at der grundfugtsopstigning i kældrene.

Det er muligt, at den insitu-støbte beton er vandtætnet ved byggeriet opførelse, men dette kunne ikke dokumenteres.

For TR25 er det højt beliggende terrænnære grundvand vurderet som en kritisk tilstand, se afsnit 7.2., hvorfor det foreslås, at der etableres omfangsdræn på bygningen.

Det specielle ved TR25 er, at byggeriet er etableret med en åben vandkanal på 1800 m² mellem bygningerne, se figur 104 nedenunder. Højdekurverne er ligeledes vist på figur 103 nedenunder.



Figur 103 – Højdekurver omkring TR25.

Figur 104 – Kanal mellem bygninger på TR25.

Byggeriet er højt beliggende i terrænet ca. 3,5 m over DNN (Dansk Normal Nul) med fald til begge sider til henholdsvis sportsplads mod vest og parkeringsareal mod øst.

Det vurderes at være muligt, at beskytte betonvæggene i kældrene og krybekældrene ved at etablere omfangsdræn i to niveauer eller generel afdræning af det terrænnære grundvand til underkant kælderfundament, eventuelt opdelt for hver af bygningsstrukturene på bygningen.

Etablering af omfangsdræn vurderes ligeledes at være et anlægsarbejde, der muligt at få tilladelse til at etablere, idet det ikke ændre bygningen udvendigt, og ikke vil være synlig efter etablering.

Der vil skulle graves ned til 3.5-4 m u.t. for etablering af dræn ved kældre, og der ville skulle etableres et dræn ved underkant fundament for krybekældrene, hvor drænet skal ligges omkring 2.0 – 2.5 m u.t.

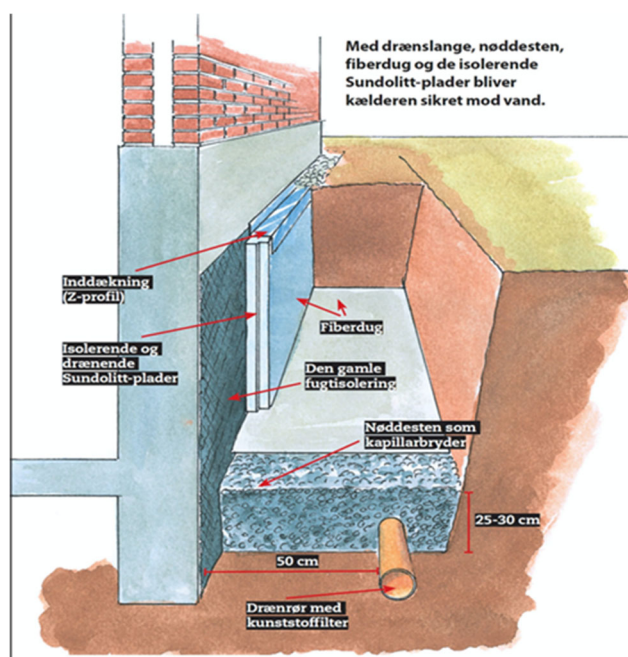
Det vil være naturligt, at der ved etablering af dræn ligeledes foretages udvendig isolering af kældre – og krybekældre. Det er dog ikke det primære formål at efterisolere. Ved de geotekniske undersøgelser og gennemførelse af terrænnær boring, så kan det ligeledes konstateres at jordlagene op ad fundamenterne ikke er veldrænende. Der er derfor behov for udskiftning af materialer, som er beliggende op ad fundamenterne med veldrænende materialer, der let kan lede vand fra overfladen ned til omfangsdræne, og som sikre at det er lettere at dræne ledningstraceerne langs fundamenterne. Normalt, vil der være behov for at udskifte og/eller forny f.eks. afløbsledninger. Der er ligeledes behov for at sikre særlig tætning ved rørindføringer gennem fundamenternes vægge og/eller underførte rør gennem golvpladerne.

Betonvægge, der er insitu støbt behandles enten med vandtætning eller der opsættes en kapillærbrydende membran (grundfugtsplade) på ydersiden af kældre/krybekældre væggene. Der bør altid isoleres udvendigt med en ikke-fugtoptagende isolering. Det er vigtigt, at væggene, hvor på pladen skal monteres er rengjorte og fri for cementrester, grater eller puds. Grundmurspladen monteres med knasterne ind mod væggen, så der dannes en luftspalte mellem væggen og grundmurspladen. I denne luftspalte kondenserer indefra kommende fugt, og vand føres ned til omfangsdrænene. Systemet medvirker herved til en kontinuerlig udtørring af væggen. (Grundejernes Investeringsfond, u.).

Den udvendige efterisolering af kældervæggen udføres, så det ligger ca. 30 cm under kældergulv. Normalt mindst svarende til samme niveau som underside af indvendigt færdigt kældergulv, for at mindske kuldebroen. Der må dog aldrig graves dybere end fundamentets dybde.

Inden opsætning af efterisoleringen rengøres kælderydervæggen, så der opnås en plan flade, der sikrer god kontakt til efterisoleringsmaterialet. Isoleringen bør være diffusionsåben, så fugt i kældervæggen kan fordampe både udadtil og indadtil. Energistyrelsen anbefaler at isolere med mindst 200 mm. Efter opsætning af efterisoleringen udføres der en regntæt inddækning øverst på efterisoleringen. Den udformes, så vand, der løber ned ad facaden, bortledes effektivt.

Udgravningen fyldes til med et veldrænende materiale, der let leder vandet ned til omfangsdrænet, fx grus. Det drænende lag skal være mindst 200 mm tykt. Efter opfyldning af vægdrænet skal det færdige terræn have fald på 1:40 væk fra bygningen de første 3 meter, for at reducere fugtbelastningen på facaden og kældervæggen, se figur 105. (www.old.sparenergi.dk, u.d.)



Figur 105 - opbygning af omfangsdræn og isolering af kældervæg. (Kilde Grundejernes nvesteringsfond u..d.)

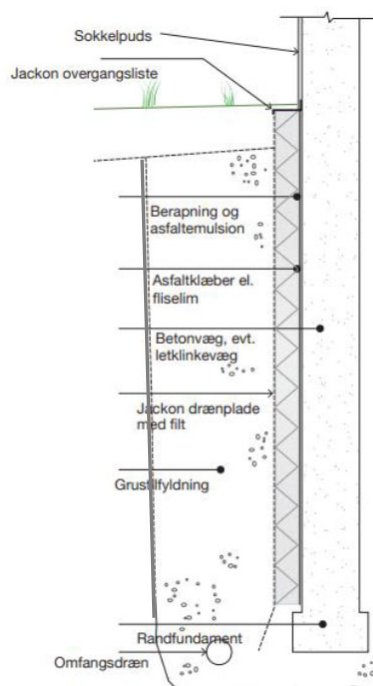
Af hensyn til nedsivende overfladevand bør omfangsdrænet lægges udvendigt, som vist herover. Højeste bundløbskote i drænrøret skal ligge mindst 300 mm under den konstruktionsdel, der skal holdes tør. Drænet skal lægges med et fald på mindst 3 ‰, og meget gerne 5 ‰. Ledningsdimensionen i et drænsystem må ikke være mindre end 70 mm. Ved bygninger med kælder som denne ejendom skal omfangsdrænet placeres, så tæt som muligt ved den kældervæg, der skal beskyttes.

Etablering af omfangsdræn på TR25 kan være kompliceret, idet udendørsarealerne også er beskyttet af fredningen, men det vil være det mest optimale at foretage efterisolering og sikring mod opstigende grundfugt ved etablering af omfangsdræn.

Pga. grundvandsspejlets beliggenhed, så kan der være tale om stor mængde vand der periodisk skal håndteres. Det vurderes at være muligt at anvende de åbne kanaler mellem bygningerne som et vandreservoir.

Det er også muligt at udnytte krybekældre og kældre til etablering af brønde, som kan bidrage med at nedbringe niveauet af det terrænnære grundvandsspejl.

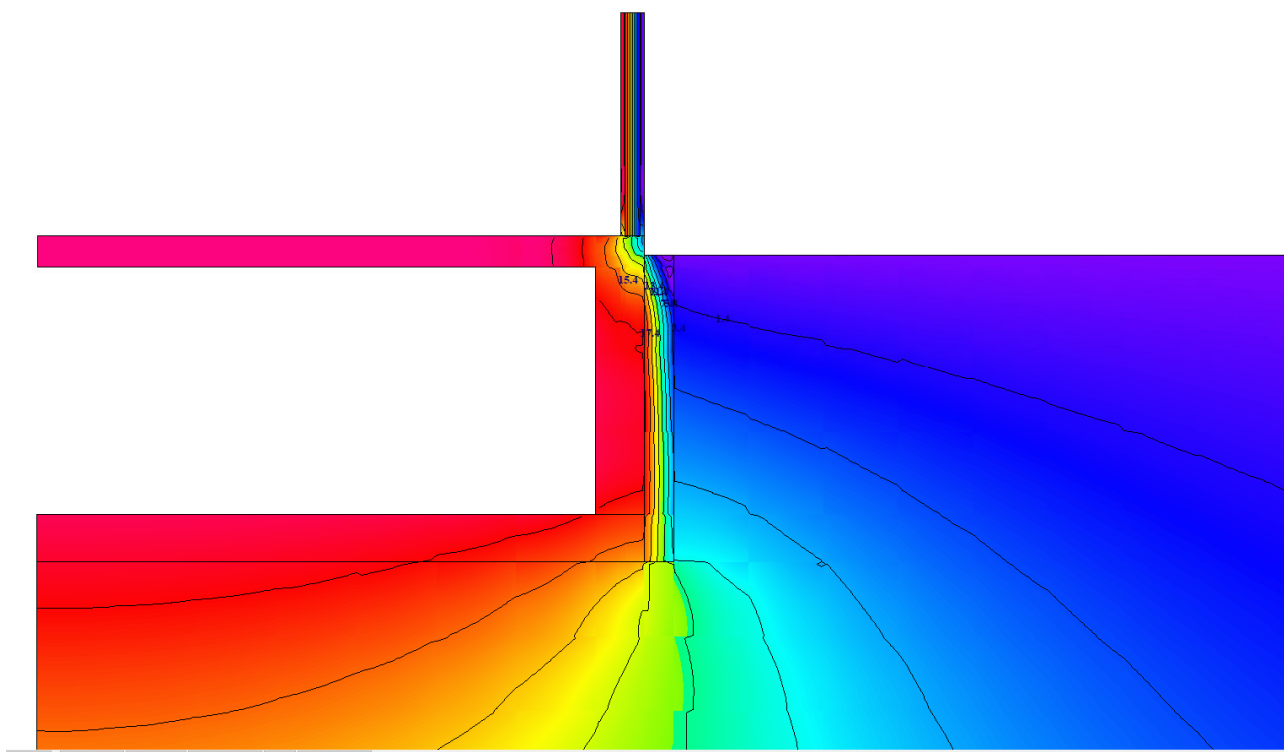
Materialevalg



Figur 106 - viser konstruktionsopbygning med efterisolering udvendigt på betonvæg samt ny grus opbygningen.

Grundmursplade kan f.eks. være fra Icopal eller Rockwools terrænbatts, se bilag 10, isoleringsplader 200 mm i tykkelse. jf ”Den lille lune” anbefalinger.

For vurdering af om det er muligt at ændre varmestrømmene i f.eks. kælder og krybekælder ved anvendelse af udvendig isolering, er der udført beregninger i HEAT2.



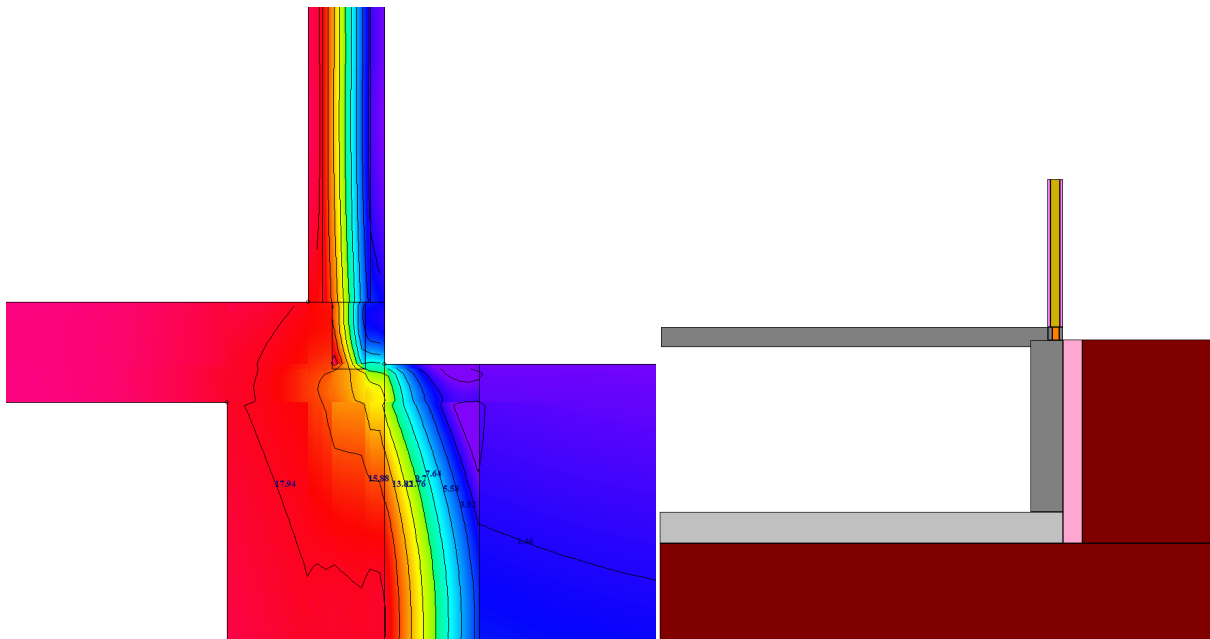
Figur 107 viser varmestrømmene i krybekældervæg samt ydervæg, og dele af jordvoluminet efter isolering med 200 mm isoleringsplade udvendigt på krybekælder.

Af ovenstående figur 107 ses, at kuldebroen ved den udvendige side af overgangen mellem betonkonstruktion og trækonstruktion, fortsat er betydelig.

Indvendig ved overgangen mellem ydervæg og beton gulv har temperaturen ændret sig i forhold til den uisolerede konstruktion i figur 107 og krybekælders væg er blevet varmere.

Hvis varmetabet gennem ydervæg og fundament for krybekælder skal ændres væsentlig, så skal der foretages udvendig isolering af sokkel (de øverste 0,75 m).

På denne lokalitet er dette ikke muligt at ændre på de in situ støbte betonvægge, pga. fredningen, men for at vise forskellen mellem uisoleret sokkel og kælderfundament er der gennemført beregninger for isoleret sokkel og kælderfundament.



Figur 108 viser varmestrømme i konstruktion ved kuldebro udvendigt efter indsættelse af isoleret sokkel og udvendig isolering på 200 mm.

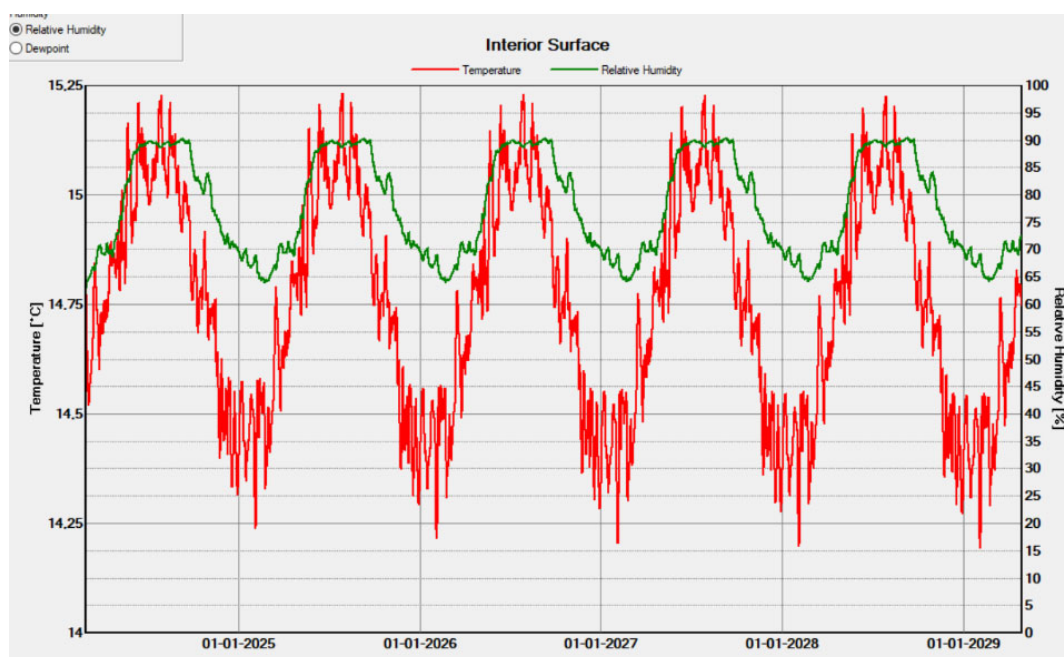
Der ses en betydelig effekt af, at der etableres en sokkel som er isoleret.

Det ses af simuleringen, at det har stor betydning om der er etableret en isoleret sokkel på byggeriet. Ved gennemgang af tegninger og detaljer for bygningen, er der ikke fundet dokumentation for, at der etableret en isoleret sokkel, hvorfor den mest korrekte beregning er in-situstøbt fundamenter uden isolering.

Konklusion af beregningerne i HEAT2 viser, at det ikke er muligt at opfylde gældende krav til U-værdi i de eksisterende kælderkonstruktioner.

8.2 Udvendig efterisolering af kælder/krybekælder – WUFI

Der er gennemført simuleringer ved brug af WUFI til vurdering af fugtforhold i kælder/krybekælder med en udvendig efterisolering. Der er valgt at simulere med en gennemsnitlig indvendige temperatur på 15 C som konstateret i forbindelse med måling af fugt- og temperaturforhold (figur 109). Til simulering af udvendig efterisolering er der valgt et 200 mm isoleringslag der har en lambdaværdi på 0,040 W/mK, som er egnet til isolering i kælderydervægge.



Figur 109 - RF og temperatur i hele konstruktionen med 200 mm udv. isolering

Simuleringen viser på figur 109, at den relative luftfugtighed i hele kælder/krybekælder konstruktionen overstiger 75 % ved en temperatur på ca. 15 °C i sommerperioder og der betyder at der er risiko for skimmelvækst. Hvis figur 79 (afsnit 6.4.2) og figur 109 sammenlignes, kan det konstateres at en udvendig efterisolering af kælder/krybekælder har hjulpet med at nedbringe den relative luftfugtighed til 90% i sommerperioder, og at der ikke er mere kondens på den indendige overflade.

8.3 Isolering af ydervægge - HEAT2

Bygningen er opført fra 1972-1974 og den udvendige trækonstruktion og konstruktionsdetaljer er fredet. Det gør, at en udvendig efterisolering over terræn ikke vil komme i betragtning, før den udvendige konstruktion af Slots og Kulturstyrelsen vurderes at være helt slidt op. Der er tale om en trækonstruktion, hvor udvendig vedligeholdelse og løbende udskiftning af mindre rådskader og lignende er væsentlig for en lang levetid, herunder systematisk vedligehold ved maling.

I en bygningsfysisk sammenhæng foretrækkes udvendig isolering af ydervægge frem for indvendig isolering.

Ved at vælge indvendig isolering bliver den eksisterende ydervæg koldere, og som resultat kan det betyde øget nedbrydning.

Der kan forekomme sommerkondensation. Dette fænomen opstår efter kraftig regn; facaden tørrer på grund af solens stråling, og dampstrømmen indad kondenserer på overfladen af isoleringsmaterialet (Wilson, 1965 i Carmeliet et al., 2003). Tilstedeværelsen af kondens øger risikoen for skimmelsvampevækst, reducerer levetiden af det termisk isoleringsmateriale og kan forårsage skade på bygningens strukturelle komponenter, såsom enderne på træbjælker eller træstolper.

Andre undersøgelser af lette træskeletvægge viste, at konstruktioner med isoleringstykkelse på 200-400 mm kun resulterer i en marginalt højere RF på indersiden af vindpladen ift. konstruktioner med en isoleringstykkelse på 150 mm, hvilket kun er kritisk om vinteren, hvor temperaturen samtidig er så lav, at der ikke sker skimmelvækst på indersiden af vindpladen. Undersøgelsen viste, at det ikke er den øgede isoleringstykkelse, men derimod forhold som konstruktionens lufttæthed og dampdiffusionsmodstand, der har betydning for, om der er risiko for skimmel (Morelli, Nielsen og Vanhoutteghem, 2017).

Undersøgelser har vist, at et forhold mellem vindspærre og dampspærre på 1:5 er tilstrækkelig. Det kræver dog, at der er stor omhu for, at der ikke er utætheder i bygningens lufttæthedsplan. (Dampspærre i lette ydervægge, Marcus thekelsen, juni 2020).

Undersøgelse har vist, at eneste effektiv måde at minimere risikoen for skimmel bag vindpladen kunne opnås ved at tilføje et isoleringslag uden på vindpladen (marincioni, lorenzetti, og altamirano-median, 2019)

Endnu en potentiel risikofaktor er facadens reducerede tørrepotentiale. Den fugt, der kommer fra det ydre miljø i form af primært slagregn, men også fugt som er fanget inde i bygningens konstruktioner. Denne fugt skal kunne udtørres over en tidsperiode for ikke at skabe skimmel. Især her kan der forventes reducerede tørrepotentiale ved opsætte indvendig isolering.

Ved indvendig efterisolering kan påvirkes af

- Orienteringen af bygning
- Tykkelse på eksisterende væg
- Tykkelse af isolering der opsættes
- Overfladebehandling af eksisterende væg
- Overflade udseende på eksisterende væg (revner, huller manglende/porøse fuger)
- Kystnær bebyggelse, om der saltholdig luft som forudsætter en mulig udvendig imprægnering

Fordele hvis der udføres en indvendig isolering af ydervæggen vil der kunne opnås en reduktion i varmetabet, samt et forbedret indeklima. Yderligere bevares det arkitektoniske udseende, og sammenlignet med udvendig efterisolering kan indvendig isolering være nemmere at installere/opsætte, hvilket kan føre til mindre forstyrrelser for brugere og renoveringen kan ofte udføres hurtigere. (Master i bygningsfysisk, eksamens opgave 2. semester gruppe 3.)

Ulemperne kan være reduceret indvendig plads, da vægtykkelsen forøges. Der kan være tale om 7- 10 m² pr. 100 m², som mistes ved indvendig isolering.

Der er risiko for fugtproblemer, hvis ikke efterisoleringen udføres korrekt, så kan der opstå kondens og skimmelvækst.

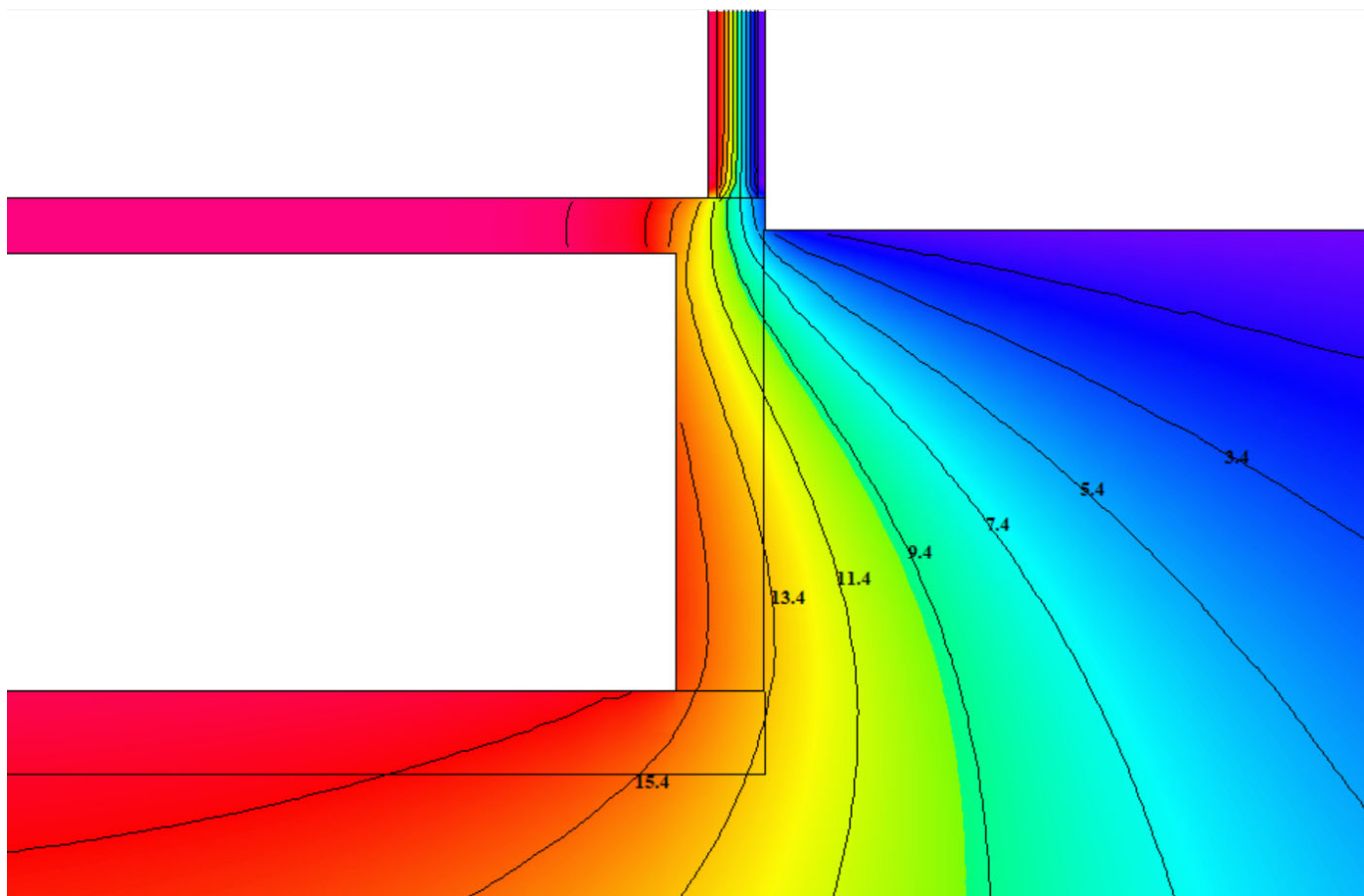
I casebygningen er det en udfordring, at dele af taget er hvælvet og afsluttet med rytterlys. De hvælvede dele af taget er ikke mulige, at efterisoleres uden at ændre på bygningens udtryk indvendigt. Der vil ved indvendig efterisolering skulle findes en løsning i forhold til at undgå, et energitab via de hvælvede dele af taget.

Der kunne måske etableres et tæt rum oppe i hvælvingerne ved opsætning af glas, men det skulle i så fald sikres, at der var tilstrækkelig opvarmning og ventilation, til at sikre fugt og temperaturforhold. Dette er ikke forsøgt løst i dette projekt.

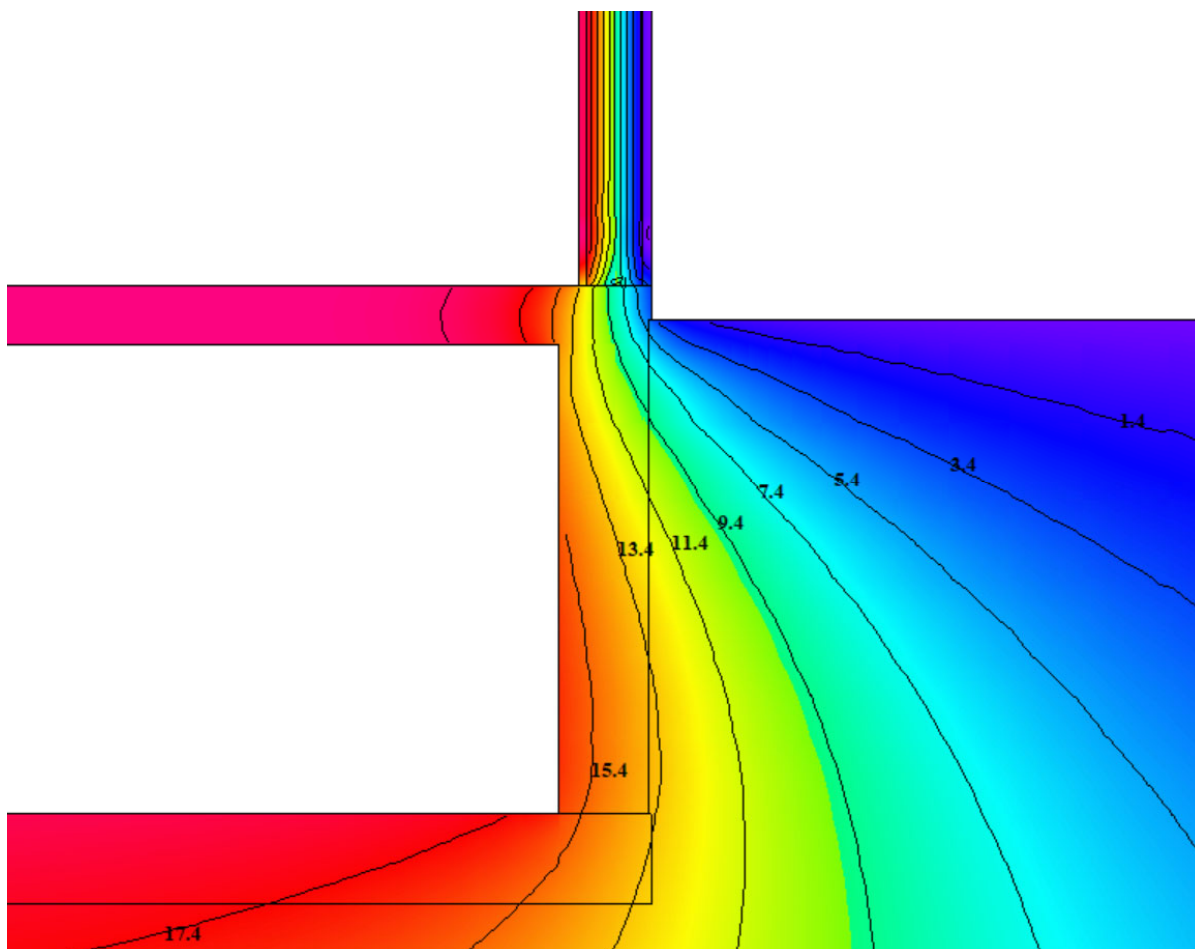
Materialevalg

Z-værdien er et udtryk for vanddampdifusionsmodstanden. Jo større Z-værdien er, jo mindre vanddamp kan der diffundere gennem materialet.

Der er gennemført HEAT2 beregninger for henholdsvis efterisolering med 50 mm eller 100 mm indvendigt, se nedenstående simuleringer af varmestrømme i figurer nedenfor.



Figur101 viser udsnit af HEAT2 simulering for yderligere 50 mm indvendig isolering i ydervæg, se bilag 11 for yderligere detaljer.

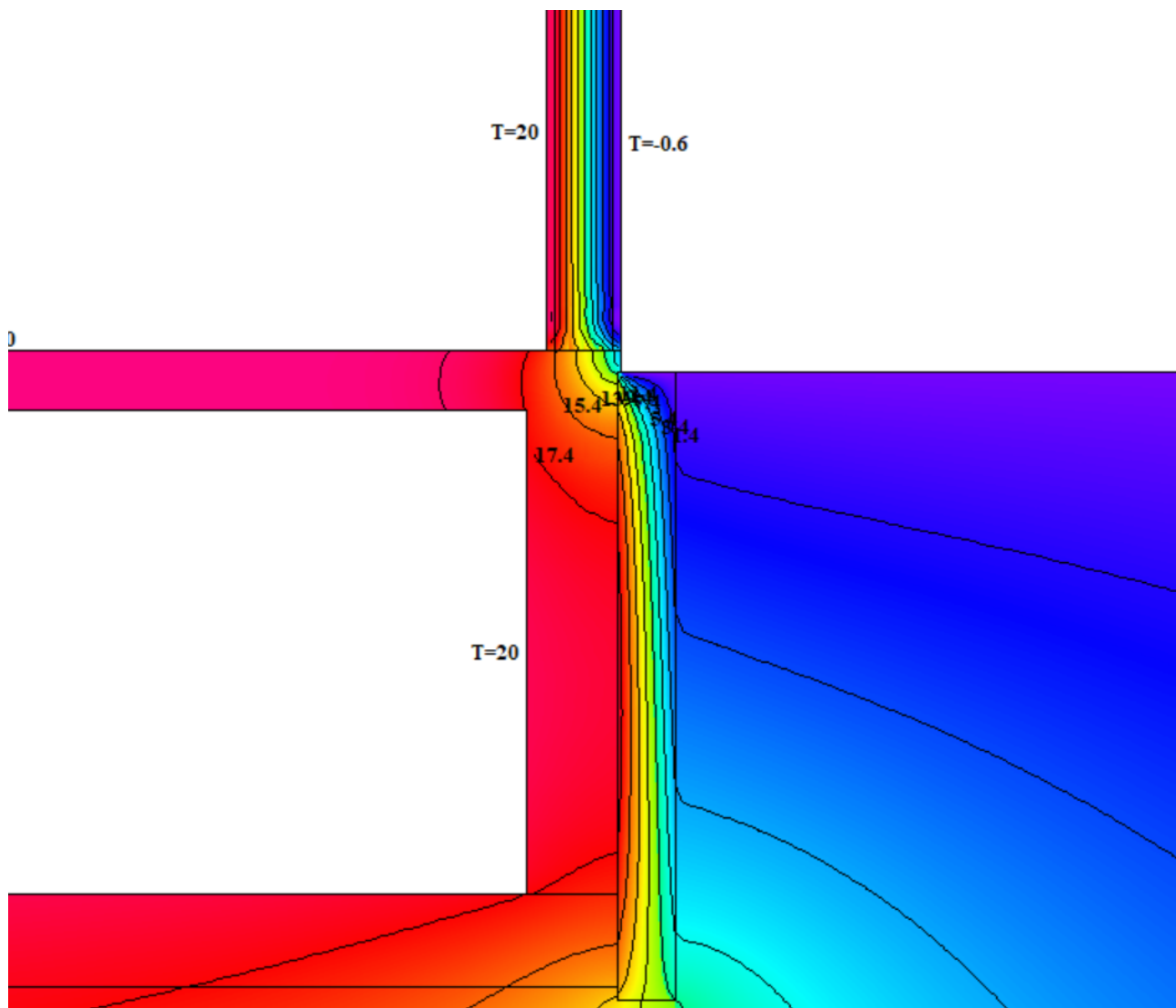


Figur 111 viser udsnit af HEAT2 simulering for yderligere 100 mm indvendig isolering i ydervæg, se bilag 11 for yderligere detaljer.

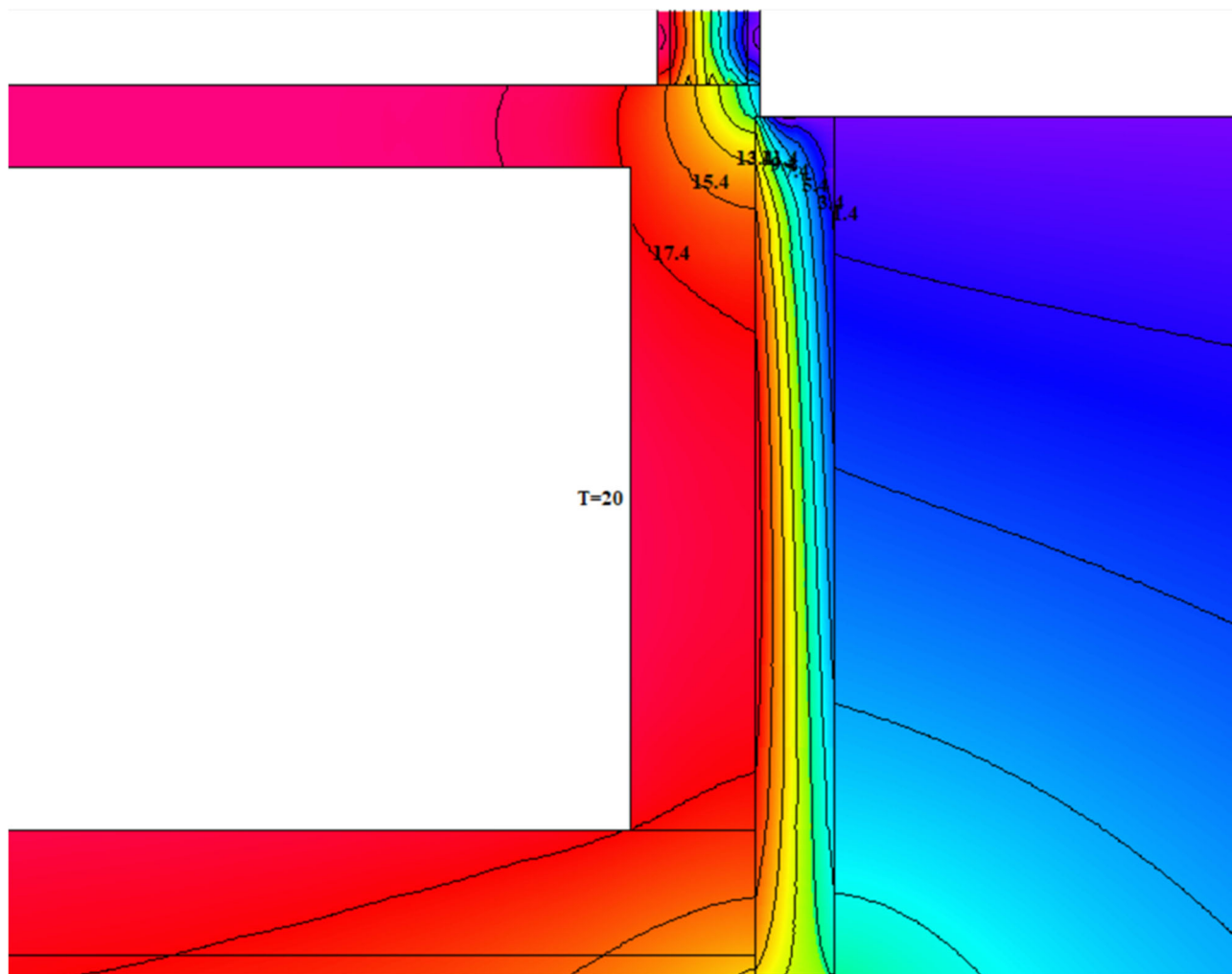
Af figur 110 og 111 fremgår simuleringer for henholdsvis 50 mm og 100 mm yderligere isolering, indvendig på konstruktionsdetalje med krybekælder. Simuleringen viser, at der både ved 50 mm og 100 mm ekstra isolering, fortsat kan ses en kuldebro umiddelbart over jord i sokkel niveau på udvendig side.

Varmestrømningerne viser, at der på indvendig side af ydervæggen ved gulv/vægstød er ca. 1-2 °C varmere, end den eksisterende konstruktion, se figur 64 i afsnit 6.4, hvor temperaturen kan aflæses til 11,4 °C. Ved indvendig isolering på 50 mm aflæses til temperaturen ved gulv/vægstød til 12,4 °C og ved 100 mm indvendig isolering aflæses temperaturens samme sted til 13,4 °C.

Der er foretaget en simulering i HEAT2, hvor der både er foretaget isolering indvendigt af ydervæg samt gennemført udvendig isolering med isoleringsplade af krybekælder. Der er foretaget simuleringer for hhv. yderligere 50 mm indvendig og 200 mm udvendig isolering af krybekældervæg under jord samt yderligere 100 mm indvendig og 200 mm udvendig isolering af krybekældervæg under jord. Simuleringer findes i bilag 11, udsnit af simuleringer er indsat nedenfor.



Figur 112 viser varmestrømmene ved den øverste del af fundamentet til krybekælder samt overgang til ydervægge. Der er efterisoleret med 50mm isolering indvendigt og 200 mm udvendig isolering af krybek ælder fundament.



Figur 113 viser varmestrømmene ved den øverste del af fundamentet til krybekælder samt overgang til ydervægge. Der er efterisoleret med 100mm isolering indvendigt og 200 mm udvendig isolering af krybekælder fundament.

Figur 113 viser, at varmestrømmen ved gulv/vægstød ændres fra 13,4 °C til 15,4°C ved yderligere 50mm indvendig isolering og ved indvendig isolering med 100 mm, se figur 113, så ændres temperaturen yderligere til 16 °C. Det betyder, at en marginal temperaturforøgelse ved gulv/væg stød, at isolere med 100 mm indvendigt, i forhold til 50 mm.

9.4 Efterisolering af ydervægge - WUFI

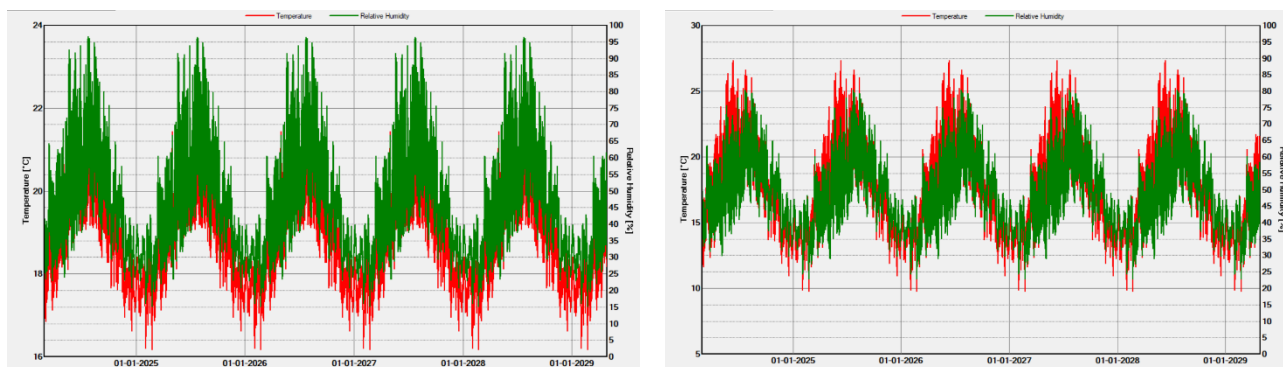
Der findes flere måder at reducere fugtindholdet i trækonstruktionen og varmetabet gennem ydervæggen på. Der kan tilføres et isolerende lag på indvendig side af ydervæggen, eller der kan tilføres et lag isolering på udvendig side af konstruktionen. Der er forskellige fordele og ulemper ved metoderne.

Indvendig efterisolering

Ved indvendige efterisolering sættes det isolerende lag på den indvendige side af ydervæggen. Indvendig efterisolering reducerer varmetabet gennem facaden, hvilket betyder at den udvendige side af væggen bliver koldere og dermed øges risikoen for fugtproblemer. Det er vigtigt, at den udvendige facade er intakt og dampspærren er diffusionstæt, så der ikke trænger vand ind i konstruktionen. Metoden ændrer ikke på facadens udtryk, men reducerer gulvarealet i bygningen og er svært at udføre fugtteknisk sikker. Til vurdering af fugt- og temperaturforhold i ydervægskonstruktionen med indvendig efterisolering, er der valgt at simulere med et isoleringslag på hhv. 50 mm og 100 mm. I simuleringer er der valgt en tæt

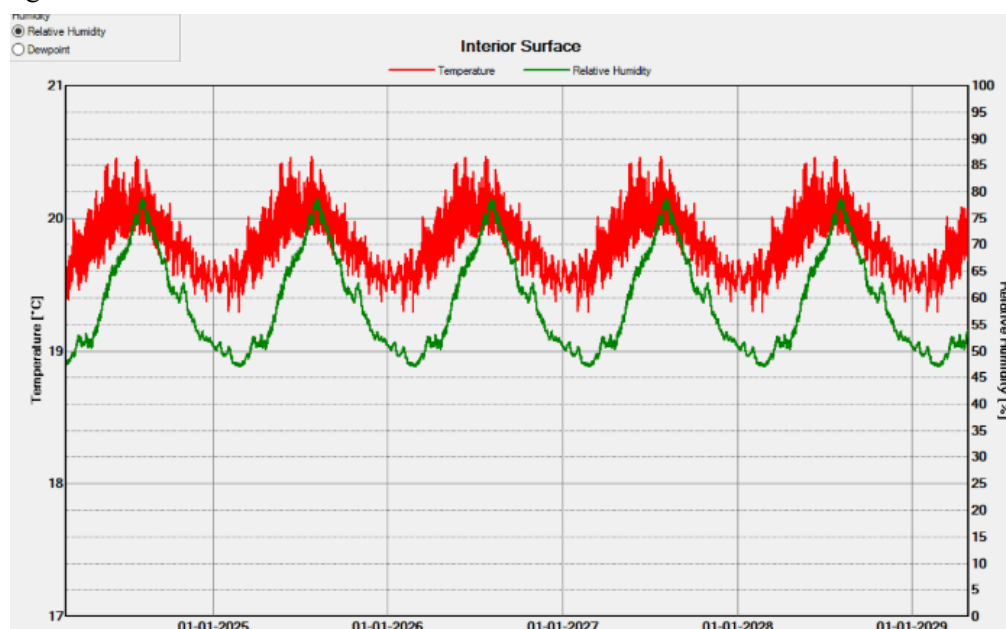
dampspærre med en vanddampdiffusionsmodstand på 50.000 GPa sm²/kg. I simuleringer er der valgt samme målepunkter som beskrevet i afsnit 6.5.2.

På nedenstående figur 114 viser simulering at, ved indvendig efterisolering af konstruktionen med 50 mm bliver det inderste isoleringslag på den udvendige side af dampspærren meget opfugtet i sommerperioder hvor RF er på 96 % (venstre graf). Ser man videre i konstruktionen, ses det at RF er faldet ned til 80%, hvor temperaturen er 24 °C i det yderste isoleringslag på den udvendige side af dampspærren, idet fugten begynder at blive fjernet på grund af det ventilerede hulrum (højre graf). I begge tilfælde er der risiko for skimmelvækst.



Figur 114 – RF i inderste isoleringslag på den udv. side af dampspærre (venstre side) og RF i yderste isoleringslag på den udv. side af dampspærre (højre side) begge med 50 mm indv. efterisolering

Nedenstående figur 115 viser at den indvendige overfladetemperatur og RF er uændret i forhold til figuren i 6.4.2 (eksisterende forhold) selvom der er anvendt en tæt dampspærre i forbindelse med den indvendige efterisolering.

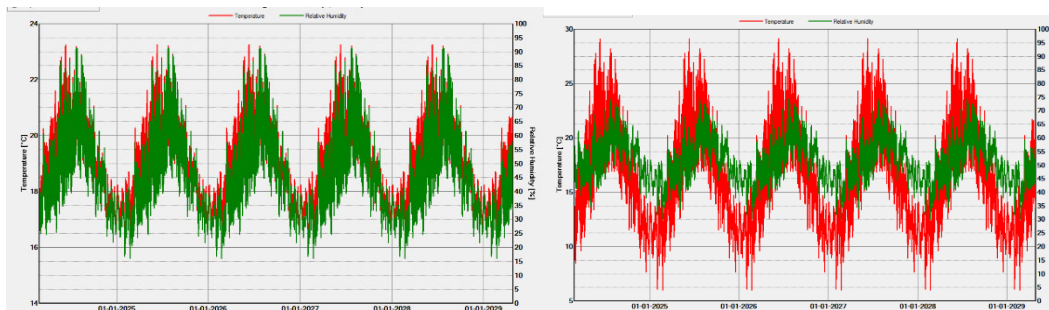


Figur 115 – RF og temperatur i konstruktionen med 50 mm indvendig efterisolering

Der er ligeledes simuleret med 100 mm indvendig isolering.

Simuleringen viser på nedenstående figur 116, at temperaturen i isoleringslaget er steget og at RF ligger en anelse lavere i forhold til en efterisolering med 50 mm (højre graf), med der er stadig risiko for

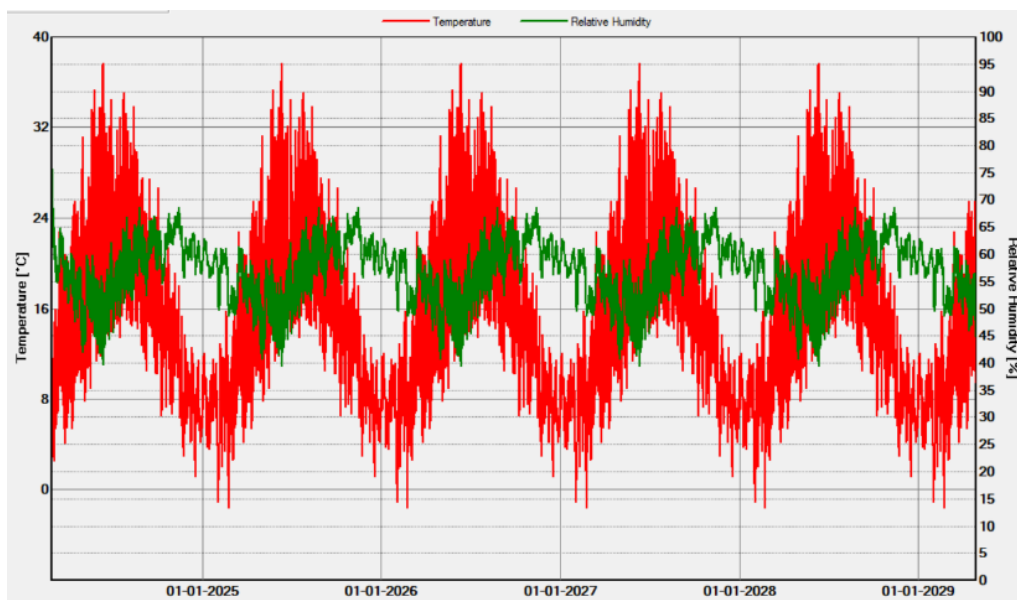
skimmelvækst. Ser man videre i konstruktionen, kan det ses, at den indvendige efterisolering med 100 mm har medført bedre forhold ift. RF i det yderste isoleringslag på den udvendige side af den tætte dampspærre (venstre graf). Det ses, at RF bliver maks 75% i korte perioder om sommeren (juli-august) hvilket vurderes at være acceptabelt, og at der ikke vil være risiko for vækst af skimmelsvamp.



Figur 116 – RF i inderste isoleringslag på den udv. side af dampspærre (venstre side) og RF i yderste isoleringslag på den udv. side af dampspærre (højre side) begge med 100 mm indv. efterisolering

Udvendig efterisolering

Der er også undersøgt, at efterisolere ydervæggen udvendigt. Ved udvendig efterisolering sættes isoleringsmaterialet på den udvendige side af ydervæggen og afsluttes med en ny klimaskærm. Metoden ændrer facadens udtryk, men er fugtteknisk mere sikker end den indvendige efterisolering. Den har ikke indflydelse på bygningens indvendige gulvareal. Til simuleringen er der anvendt samme type isolering og dampspærre som ved indvendig isolering, dog er der kun simuleret med 100 mm isolering udvendigt. Simuleringen på figur 117 viser, at ved at efterisolere ydervæggen udvendigt, vil den relative luftfugtighed være under 75 % og risikoen for vækst af skimmelsvamp forsvinder helt.



Figur 117 - RF og temperatur i isoleringslaget ved udvendig efterisolering med 100 mm

Det vurderes dog ikke muligt at få Slots og Kulturstyrelsens tilladelse til udskiftning af den udvendige trækonstruktion, som er beskyttet af fredningen af bygningen.

Simuleringen er medtaget for at vise, at også i en trækonstruktion vil en udvendig isolering være at foretrække.

8.5 Overtemperatur og CO₂

Jf. afsnit 3.5.2.1 viser IPCC's 6. hovedrapport fastslår, at temperaturstigningen forbliver stigende på 1,5°C - 2°C frem mod år 2100 og viser at der må forventes højere temperaturer i det fremtidige klima. Ved beregning af sommerkomfort og analyse af overtemperaturer med udgangspunkt i nutidens designklimadata DRY20113, viser at der vil være 358 timer over 27°C og 225 timer over 28°C ved brug af Be18, se afsnit 6.4.3. Fremskrivninger baseret på TMY 2050 og TMY 2090 for Danmark beregner, at månedsmiddeltemperaturen i 2050'erne vil stige til 9,7°C, og at månedsmiddeltemperaturen i 2090'erne vil stige til 11,3°C (Kim B. Wittchen, 2021).

Det forventede fremtidige klima vil for TR25 betyde, at der må forventes et øget antal timer med overtemperaturer, pga. de forventede stigende temperaturer i det fremtidige klima.

Resultaterne af CO₂ målinger, der er gennemført på TR25, viser at der er behov for reduktion af CO₂ ved at øge ventileringen i driftstiden. De gennemførte målinger viser at AT's kravværdi på 1000 ppm er overskredet ved brug af bygningen, pga. Den nuværende personbelastning i bygningen.

Temperaturmålingerne udført i bygningen antyder, at der kan være tale om overtemperaturer i perioder af året.

For at kunne nedbringe CO₂ og overtemperaturer i bygningen, er det nødvendigt at øge ventileringen i brugstiden. Det er sandsynligt at der vil være behov for at foretage køling af bygningen, for både at få nedbragt CO₂ og de høje temperaturer i driftstiden.

Som en umiddelbar handlingsplan for at opretholde et godt indeklima og nedbringe CO₂ niveauet og de højere temperaturer i brugstiden, så anbefales det at anvende bygningens solafskærmninger, åbne vinduer i brugstiden og mellem undervisningsperioderne. Det vil bidrage til nedbringelse af specielt de høje CO₂ niveauer.

Det eksisterende ventilationsanlæg bør fornyes og ændres til behovstyret ventilering, således at der kan styres efter reduktion af de høje CO₂ niveau og temperaturer. Der vil dermed blive et højere luftskifte i de perioder, hvor personbelastningen er høj eller hvor der opleves overtemperaturer i brugstiden for undervisningslokaler og kontorarealer.

Det kan være vanskeligt at øge kapaciteten af et ældre mekanisk ventilationsanlæg. Det betyder at der kan være behov for at opsætte decentrale enheder som f.eks. Airmaster enheder, som kan supplere med nedbringelse af de høje CO₂ niveau og temperaturer.

9. Diskussion af udvalgte forbedringer

Bygningen er fra perioden 1970'erne og har træ ydervægge. Problemet er den fredning, der ligger på bygningerne ofte vil gøre, at en udvendig efterisolering over terræn ikke vil komme i betragtning.

Det primære formål med renoveringen er etablere omfangsdræn for at ændre beliggenheden af det terrænnære grundvand langs fundamenterne. Der vil samtidig kunne etableres efterisolering udvendigt på fundamenterne og foretage udskiftning af jordmaterialerne langs bygningen. Dette vil forbedre fugtforholdene på ydersiden af kælder og krybekælder vægge samt mindske varmestrømmen ud af bygningen. Simuleringer af varmetransmission viser, at efterisolering af kælder og krybekældervægge vil mindske omfanget af kuldebroen ved gulv/vægstød. Den nuværende sokkel er uisolert. Bygningsfredningen betyder, at det ikke er muligt at ændre den nuværende sokkel. Den udvendige efterisolering under jord vil ikke kunne fjerne varmetabet i området ved den udvendige sokkel over jordoverfladen.

Det vurderes, at den udvendige isolering af fundamenter under jord, vil blive kombineret med fornyelse af afløbsledninger, eventuelt indvendig isolering af ydervæg og etablering af omfangsdræn, så vurderes det at

være muligt at forbedre den nuværende bygning. Dog vil det primære formål fortsat være at fremtidssikre konstruktionerne under jord mod stigningen af niveauet i det terrænnære grundvandsniveau og dermed øget fugt i konstruktionerne.

Indvendig isolering er nødvendig for at kunne nedbringe de forventede højere temperaturer i fremtiden og sikre at der er et sundt indeklima, hvor de høje CO₂ niveau og temperaturer kan nedbringes. Udfordringen er om der kan gives tilladelse til ændringerne af Slots- og Kulturstyrelsen samt om det er muligt at løse anlægsopgaven uden at ændre på bygningernes facader og udtryk.

Formålet med indvendig efterisolering er ikke at foretage en energioptimering, men at bidrage til at opnå kontrol med bygningens overtemperaturer i brugstiden.

Simuleringer i både HEAT og WUFI viser at det er muligt at udførte indvendig isolering og samtidig opnå en forbedring af f.eks. kuldebro ved gulv/vægstød, hvor en efterisolering indvendig for trækonstruktionen i ydervæggene, vurderes at være mulig, under forudsætning af der kan skabes et nyt tæthedsplan som er korrekt udført og tæt.

10. Konklusion

Der er ofte størst fokus på konsekvenserne ved hyppige og kraftige regnskyl, da disse kan medføre vandskader eller beskadige tekniske anlæg, men også andre klimaforandringer kan have stor betydning for bygninger som: flere og længerevarende hedeølger, varmere og mere fugtige vintre, kraftigere storme, mere sne/større snelast.

På grund af manglende aftaler internationalt om reduktion af CO₂ og de økonomiske interesser i fossile brændstoffer, omlægning af forbrug og omlægning af industri for at kunne reducere CO₂ udledningen, så er det vanskeligt at forudsige, hvordan den øgede CO₂ udledning vil påvirke vores klima, og dermed hvordan vi skal konstruere vores bygninger. Det kræver en fremadrettet tilpasning af krav og rådgivning ift. eksisterende bygninger, idet det er den enkelte bygningsejer, som skal navigere igennem endnu ukendte klimaforandringer og gennemføre sikring og vedligeholdelse ad hoc (Rasmussen, 2022, Strategic approach For Existing Buildings To Withstand Climate Change).

For at tilpasse de fremadrettede krav, og den nødvendige rådgivning i forhold til eksisterende bygninger og dermed give den enkelte bygningsejer en chance for at tilpasse nødvendige renoveringer, almindelig drift og vedligeholdelse, samt sikre sin bygningsværdi, så er det valgt at foretage en omfattende analyse af 37 tilstandsvurderinger, for at få et indblik i om tilstandsvurderinger i sin nuværende udformning er tilstrækkelige, og at de kan afdække problemstillinger som f.eks. ældre bygningers tilstand i forhold til de klimaforandringer der er indtruffet.

Med baggrund i den dybdegående analyse, så vurderes det at der er behov for at tage fat på alle vedligeholdelsesopgaver som giver risiko for øget fugt og vand i bygningerne, så hurtigt som muligt.

Derudover, så er der behov for at styrke specielt viden om vand fra neden (grundfugt, utætte kloakker og nedsivende regnvand) samt styrke viden om afledning af overfladevand i terræn og sikre at anlæg som afløbssystemer ikke er forældede og kan bidrage med at få vand fra oven væk fra bygningerne.

Ved at udarbejde en forbedret tilstandsvurdering som beskriver bygningen i det klima som allerede er indtruffet, så kan der sættes fokus på viden om vand fra neden og vand fra oven.

Ved forbedring af tilstandsvurderingerne med viden som giver mulighed for at investere i bygningen med rettidig omhu, så har bygningsejeren mulighed for at sikre sine værdier.

Der er udvalgt 3 bygninger som er nærmere vurderet med baggrund i tilstandsvurdering, energimærke, byggesagsarkiv, dansk byggeskik, tilgængelige dataportaler som nævnt ovenfor.

Disse bygninger er valgt som følge af forskellige byggeskik, bygningsfysiske udfordringer samt geografisk placering i Solrød Kommune. Den geografiske placering har betydning i forhold til vurdering af grundfugt, vurdering af overfladevand, samt nærhed til kystområderne,

Det er vurderet, at det er muligt at forbedre tilstandsvurderingerne ved at udvide beskrivelsen af eksisterende forhold med den tilgængelige viden om nedsivningsforhold, terrænnært grundvand, forældelse af kloakker, utæt klimaskærm, miljøfremmede stoffer etc, som gør det muligt at få overblik over de nødvendige investeringer- når det nye klima kommer!.

Der er gennemført målinger i en casebygning. Målingerne viser, at der er behov for håndtering af højt terrænnært grundvandsspejl og grundfugt, høje CO₂ niveau og temperaturer i rum med ophold og høj personbelastning, samt efterisolering af klimaskærmen. Tiltagene bør gennemføres, hvis det skal sikres at bygningen kan fortsætte med at være fugtteknisk robust i de næste 50 år og forbliver et aktiv og en synlig del af vores kulturarv.

11. Referenceliste

Slots- og Kulturstyrelsen. Fredede og bevaringsværdige bygninger. Hentet fra <https://www.kulturarv.dk/fbb/Dingeo.dk>. www.dingeo.dk

Brandt, Erik (2023). SBI anvisning 277: Fugt- Teori, beregning og undersøgelse. København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

Dansk Byggeskik. Hentet fra Dansk Byggeskik: <https://danskbyggeskik.dk/>

Den Tværministerielle Arbejdsgruppe for Klimatilpasning. (2007). Katalog over mulige konsekvenser af fremtidige klimaændringer og overvejelser om klimatilpasning. Den Tværministerielle Arbejdsgruppe for Klimatilpasning.

Torben Valdbjørn Rasmussen - Klimatilpasning af ældre etageboliger, 2018, https://www.klimatilpasning.dk/media/783634/klimatilpasning_af_ldre_almene_etagebebyggelser_en_vejledning.pdf

Retsinformation (maj 2024): Hentet fra <https://www.retsinformation.dk/eli/ft/20031BB00199>

Eva Møller, 2022 - Byg-erfablad (31) 22 08 17: Hentet fra https://byg-erfa.dk/indvendig_efterisolering_af_murvaerk_0

BR18 - Hentet fra <https://bygningsreglementet.dk/>

Torben Valdbjørn Rasmussen m. fl. SBI2020:06 - Materialeegenskaber - København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

DMI. (2024). Klimanormaler for Danmark. Hentet fra <https://www.dmi.dk/vejarkiv/normaler-danmark/>

Torben Valdbjørn Rasmussen SBI 214 - (2013). Klimaskærmens lufttæthed 2. udgave. - København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

Kim B. Wittchen, K. T. (2021). Vejrdata til fremtidens byggeri. 2450 København SV: BUILD.

Statens byggeforskningsinstitut. Be18. Klimadata: <https://be18.sbi.dk/be/protected-climate-data>

Skimmelsvamp - <https://cbgroup.dk/skimmel-viden-helbred/> maj 2024.

Illustreret videnskab: Hentet fra: <https://illvid.dk/klima/klimaforandringer/hvad-er-global-opvarmning-og-hvad-er-konsekvenserne> illustreret videnskab.

Klimascenarier: Hentet fra: <http://klimabyggeri.dk/ipcc-eu-klimascenarier.php>

Fremtiden klima – Hentet fra: <https://www.klimatilpasning.dk/viden-om/fremtidens-klima/klimascenarier/>

Arkitekturbilleder – Hentet fra: <https://www.arkitekturbilleder.dk/bygning/uglegaardsskolen>

Dampspærre.praxis.dk - Hentet fra: <https://dampspaerre.praxis.dk/1508>

Indeklimaportalen – Hentet fra: <https://blog.se.com/dk/bygninger/2022/05/11/saadan-forbedrer-du-indeklimaet-med-voc-maaling/>

Indeklimaportalen – Hentet fra: indeklimaportalen.dk/luftkvalitet/afgasning

Energistyrelsen.

Teknologisk Institut. (april 2024). Murerhåndbogen 2021. Hentet fra Mur & Tag: https://www.mur-tag.dk/fileadmin/user_upload/Editor/filer/Teknik_diverse/Murerhaandbog_2021.pdf

12. Bilagsliste

Bilag 1 Klimafremskrivninger

Bilag 2 Tilstandsvurdering for 37 bygninger, med vurdering af fugt og skimmel

Bilag 3 Dybdegående analyse af tilstandsvurderinger for 3 lokaliteter 2,4 og 14

Bilag 4 Eksempel på HEAT2 rapport

Bilag 5 Rapport for Be18, sommerkomfort

Bilag 6 Borejournal TR25

Bilag 7 Instruks for anvendelse af dosimeter til Radon i jord

Bilag 8 Beregning af indeluft koncentration af Radon ud fra jordkoncentration

Bilag 9 Analyseblanket for radon i jord

Bilag 10 Produktblad Flexibatts

Bilag 11 Eksempel på HEAT2 rapport, udvendig isolering.