



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Måling af differenstryk ved indeklima- undersøgelser Teknologi-udviklingsprojekt

Miljøprojekt nr. 1896

November 2016

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Mikkel Malchow-Møller, Anders G. Christensen,
Anne Meinert Toft og Jesper Alrø Steen, NIRAS

ISBN: 978-87-93529-36-6

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	8
1. Indledning	10
1.1 Baggrund	10
1.2 Formål	10
2. Projektbeskrivelse	12
2.1 Konceptuel forståelse.....	12
2.1.1 Differenstryk over gulvkonstruktion.....	14
2.1.2 Differenstrykket over ydermur	15
2.1.3 Atmosfæretryk.....	16
2.1.4 Temperatur.....	16
2.1.5 Luftfugtighed	18
2.1.6 Vindhastighed og retning	19
2.1.7 Solindstråling	20
2.1.8 Potentiel fordampning	20
2.1.9 Luftsifte	21
2.1.10 Nedbør	21
2.1.11 Radon.....	22
2.2 Projektelementer	23
2.3 Undersøgelsesstrategi	23
2.4 Udførte undersøgelser	24
2.4.1 Indledende betragtninger	25
2.4.2 Måleudstyr.....	26
2.4.3 Placering af måleudstyr og etablering af målepunkter.....	32
2.5 Ventilationstest	34
3. Resultater	35
3.1 Vejrforhold	35
3.2 Målte parametre.....	37
3.2.1 Differenstryk	37
3.2.2 Atmosfæretryk.....	38
3.2.3 Temperatur.....	39
3.2.4 Luftfugtighed.....	42
3.2.5 Differenstryk over ydermur	43
3.2.6 Vindhastighed og retning	44
3.2.7 Solindstråling	46
3.2.8 Potentiel fordampning	47
3.2.9 Luftsifte	47
3.2.10 Nedbør	48
3.2.11 Radonmålinger.....	49
3.3 Ventilationstest	53

4. Diskussion	55
4.1 Vejrforhold	55
4.2 Bygningsforhold.....	55
4.3 Instrumenter.....	56
4.4 Metoder	56
4.5 Måleserier.....	58
5. Konklusioner	61
6. Anbefalinger	63
6.1 Anvendelse af måleudstyr.....	63
6.2 Krav til måleudstyr	64
6.3 Valg af måleparametre.....	64
6.4 Tolkning af trykdifferensdata under indeklimatemålinger.....	64
6.5 Supplerende undersøgelser af vindinduceret påvirkning	65
7. Referencer	66
Bilag 1: Oversigtsplaner	67
Bilag 2: Data fra DMI	68
Bilag 3: Fotos fra opstillinger.....	69
Bilag 4: Luftsiftemålinger	70
Bilag 5: Detaljeudsnit fra figurer	71
Bilag 6: Datablade for måleinstrumenter	72

Forord

Denne projektrapport omhandler måling af differenstryk i forbindelse med indeklimaundersøgelser, herunder en beskrivelse af de forhold der har indvirkning på differenstrykket over gulvkonstruktionen.

Rapporten tager afsæt i undersøgelser, der er gennemført på Region Hovedstadens testgrund "Innovationsgaragen". Ved undersøgelserne er der indsamlet måleserier for en række parametre, der vurderes at kunne påvirke differenstrykket over en gulvkonstruktion, samt for selve differenstrykket. Ved analyse af disse måleserier er der opnået en bedre forståelse for, hvordan disse parametre har indvirkning på differenstrykket. Denne forståelse er anvendt til at udarbejde en procedure for måling af differenstryk, herunder forslag til hvilke relaterede parametre det er hensigtsmæssigt at måle samtidigt med differenstrykkene for at opnå den bedste forståelse af disse.

Den primære målgruppe for denne rapport er rådgivere samt medarbejdere hos regioner og kommuner, der arbejder med indeklimaundersøgelser på forurenede grunde. Rapporten er endvidere relevant for rådgivere, entreprenører samt medarbejdere hos regioner og kommuner, der arbejder med byggetekniske afværgeforanstaltninger på forurenede grunde, idet differenstrykmålingerne kan anvendes til at dokumentere en afskærende afværgeforanstaltning.

Projektet er gennemført af NIRAS A/S i perioden fra november 2014 til august 2015.

Projektet er udført under Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram for jord- og grundvandsforurening i samarbejde med Region Hovedstaden, der desuden har stillet Innovationsgaragen til rådighed som målelokalitet. Projektet er samfinansieret mellem Miljøstyrelsen og Region Hovedstaden.

Sammenfatning

Baggrund og formål

Formålet med projektet har været at fastlægge og dokumentere en velegnet procedure til fremtidige målinger af differensterik over gulv i forbindelse med indeklimateundersøgelser. Som en del af denne procedure er det fremhævet hvilke parametre, der er fundet betydende i forhold til differensterikket over gulvkonstruktionen, og der er stillet forslag til supplerende målinger til understøtning af differensterikmålingerne.

Undersøgelsen

Undersøgelsen blev udført i perioden 18. december 2014 til 13. januar 2015 på Region Hovedstadens testgrund "Innovationsgaragen" i Skovlunde. Undersøgelsen blev udført med samtidige målinger af differensterik over gulv, differensterik over ydermur, atmosfæretryk, temperatur, luftfugtighed, bygningens luftskifte, radonindhold, solindstråling, nedbør, vindhastighed og vindretning. Data fra målingerne er blevet benyttet til en samlet vurdering af de betydende forhold omkring differensterik over gulvkonstruktionen.

Primære resultater/vurderinger

Den overordnede konklusion på de udførte undersøgelser af differensterikket over gulvkonstruktionen er, at temperaturforskellen mellem ude- og indeluften udgør den mest betydende faktor i forhold til de målte variationer i differensterikket. Temperaturforskellen mellem ude og inde skaber et lille differensterik over gulvkonstruktionen, der skaber termisk opdrift og følgende udluftning af bygningen. Ændringer i atmosfæretryk skal ske hurtigt og kraftigt for at have en betydende effekt på differensterikket over gulvkonstruktionen.

Bygningen er formentlig så utæt, både mellem inde- og udeluft, men også mellem udeluften og poreluften under gulvkonstruktionen, at der forekommer trykudligning i en grad, der ikke kan repræsentere bygninger generelt. Den hurtige trykudligning reducerer/udvisker derfor eventuelle effekter fra variation i atmosfæretryk og vindpåvirkning. Påvirkningerne skal derfor være kraftige for at resultere i et målbart respons i differensterikket over gulvkonstruktionen.

Resultaterne fra nærværende projekt vurderes at give et billede af, hvorledes de enkelte parametre påvirker trykforholdene i bygninger generelt, men de indbyrdes størrelsesforhold er usikre på grund af særligt bygningens utæthed og utilstrækkelige opvarmning i forhold til hvad der er almindeligt i en etplans bolig.

Effekten af temperaturforskellen mellem ude- og indeluften vurderes generelt at være styrende for differensterik over gulvkonstruktionen, også i tilfælde med tætte bygninger med konstant indetemperatur. De øvrige parametre med direkte relation til differensterikket, variation i atmosfæretryk og vindforhold, viste sig at blive neutraliseret eller kraftigt reduceret af den utætte bygning.

De observerede koncentrationer af radon i indeluften varierer ikke som forventet med differensterikket over gulvkonstruktionen, men kan forklares af bygningens utæthed sammen med de observerede atmosfæretrykforhold.

Anbefaling til differenstrykmåling

Observationerne fra nærværende projekt giver mulighed for at anbefale et omfang af måleprogrammet i forbindelse med undersøgelse af differenstryk over gulvkonstruktioner. Det vurderes at være tilstrækkeligt at måle på udvalgte parametre, og et forslag til udførelse af trykdifferensmålinger og understøttende målinger kan se ud som følger:

- Måling af differenstryk over gulvkonstruktionen i udvalgte punkter.
- Måling af temperatur under og over gulv ved differenstrykmålepunkterne.
- Måling af atmosfæretrykket udenfor den pågældende bygning.
- Måling af differenstryk over vægkonstruktionen (mellem ude og inde) på alle sider af bygningen.
- Måling af inde- og udetemperatur.
- Registrering af vindretning og -hastighed på den pågældende ejendom.

Summary

Background and objectives

The purpose of this project has been to determine and document a suitable procedure for future measurements of the air pressure gradient between the air pressure under a concrete floor and the air pressure inside a building. As a part of this procedure, the most significant parameters that determine the pressure gradient have been identified and additional measurements to support pressure gradient measurements have been proposed.

Site investigation

The site investigation was carried out between the 18th December 2014 and 13th January 2015 at Capitol Regions test site in Skovlunde. The investigation comprises parallel measurements of the pressure gradient across the concrete floor slab and across the outer walls of the building in relation to the atmospheric pressure, temperature, air humidity, airflow inside the building, radon concentration, radiation of the sun, precipitation and wind speed- and direction. Data from the investigation has been used in a combined evaluation and identification of the most significant parameters that determine pressure gradient.

Primary results

The overall conclusion from the measurement of the pressure gradient across a concrete floor slab is that the temperature difference between the outdoor and indoor air in the building is the most important factor for inducing pressure gradient. The temperature difference between the outside and inside temperature of the building creates a small pressure gradient across the floor which in turn creates a thermal updraft and natural ventilation in the building. Only rapid and substantial changes in the atmospheric pressure can create a significant effect on the pressure gradient.

The investigated building was not draught-proofed and any induced pressure gradients across the outer walls or across the concrete floor slab were rapidly resolved. The building is not characteristic for a normal building and the fast pressure equalization masks the effects of oscillating atmospheric pressure and wind pressure. Hence only large scale effects were able to create a measureable response in the pressure gradient.

The results from this investigation illustrate that a range of parameters have an effect on pressure gradients in a building, but the magnitude of the effect caused by the individual parameters cannot be predicted since the building was not draught-proofing and was insufficiently heated compared to a normal building.

The effect of the difference between the inside and outside temperature is estimated to be the overall controlling parameter for pressure gradient, also in the case of a building with a constant indoor temperature. Other parameters with direct relation to the pressure gradient such as oscillations in atmospheric pressure and wind pressure were either rapidly resolved or greatly reduced due to the lack of draught-proofing, i.e. air leaking through gaps and cracks in the building.

The observed radon concentrations in the indoor air were not related to the pressure gradient across the floor slab as would be expected, presumably since the gaps and cracks in the building and the actual atmospheric pressure did not maintain appropriate conditions to significantly influence radon intrusion.

Recommendations for the measurement of pressure gradients

The observations from this project lead to recommendations concerning the range of the parameters to be measured to determine pressure gradients across the concrete floor slab. The following parameters are proposed as follows:

- Measuring of the pressure gradient across the slab of the building, selected points.
- Measuring of the temperature under and above the slab, at the selected points.
- Measuring of the atmospheric pressure outside the building.
- Measuring of the pressure gradient across building walls, at all sides of the building.
- Measuring of the temperature inside and outside the building.
- Measuring of the wind speed and the wind direction outside the building.

1. Indledning

1.1 Baggrund

I forbindelse med undersøgelse af indeklimapåvirkninger, er det vurderet, at poreluft, primært ved advektion, trænger ind i huse som følge af en meget lille trykgradient henover gulvkonstruktionen mod jord. Såfremt poreluften indeholder flygtige forureningskomponenter (fx chlorerede opløsningsmidler), vil denne indtrængning (transportmekanisme) resultere i en øget forureningspåvirkning af indeluften. Det er derfor relevant at kunne måle den tidslige variation i denne trykgradient i forbindelse med indeklimateundersøgelser og bruge data i forbindelse med tolkningen af udførte koncentrationsmålinger i indeluften.

Siden 2011 har NIRAS gennemført måling af differenstryk over gulvkonstruktionen. Dette er sket i forbindelse med indeklimateundersøgelser samt i forbindelse med indregulering og driftsoptimering af eksisterende afværgeanlæg med ventilation eller sug i et kapillarbrydende lag under gulv. Gennem disse målinger har NIRAS opbygget en del indledende erfaringer med udførelse og tolkning af differenstrykmålinger /ref. 1-2/.

Via disse erfaringer er det blevet klart, at differenstrykket over gulvkonstruktionen afhænger af en række forhold. I den sammenhæng kunne det være interessant at undersøge eksempelvis atmosfæretryk, temperaturen i og udenfor bygningen, vindpåvirkningen af bygningen og luftskiftet i bygningen. Det er således relevant at belyse sammenhængen mellem disse forhold/parametre og differenstrykket over gulvkonstruktionen.

1.2 Formål

Formålet med projektet har været at fastlægge og dokumentere en velegnet procedure til fremtidige målinger af differenstryk over gulvkonstruktionen i forbindelse med indeklimateundersøgelser. Som en del af denne procedure er fremhævet hvilke parametre, der er fundet betydelige i forhold til differenstrykket over gulvkonstruktionen, og der er stillet forslag til supplerende målinger til understøtning af differenstrykmålingerne.

I forbindelse med projektet er det undersøgt hvilket udstyr til differenstrykmåling, der primært anvendes ved indeklimateundersøgelser i Danmark. Undersøgelsen er foretaget gennem en rundspørge til en række af de rådgivende firmaer, som udfører indeklimateundersøgelser for regionerne. Undersøgelsen viste, at følgende udstyr anvendes (* angiver udstyr, som er anvendt i tilknytning til nærværende undersøgelse på Region Hovedstadens testgrund "Innovationsgaragen", se afsnit 2.4.2):

- Greisinger GMH3151 * (mest benyttet)
- Systronik S4602ST *
- Sontay PA-267 *
- DP-CALC 5825
- Testo 435

I forbindelse med projektet er der gennemført en række aktiviteter som beskrevet i afsnit 2.1. Aktiviteterne er gennemført på Region Hovedstadens testgrund "Innovationsgaragen" i Skovlunde. Der er udarbejdet denne rapport, der beskriver de gennemførte aktiviteter, og der gives anvisninger på, hvordan fremtidige differenstrykmålinger mest hensigtsmæssigt kan udføres. Rapporten inde-

holder en beskrivelse og vurdering af hvilke parametre, der er af betydning for differenstrykket over gulvkonstruktioner mod jord.

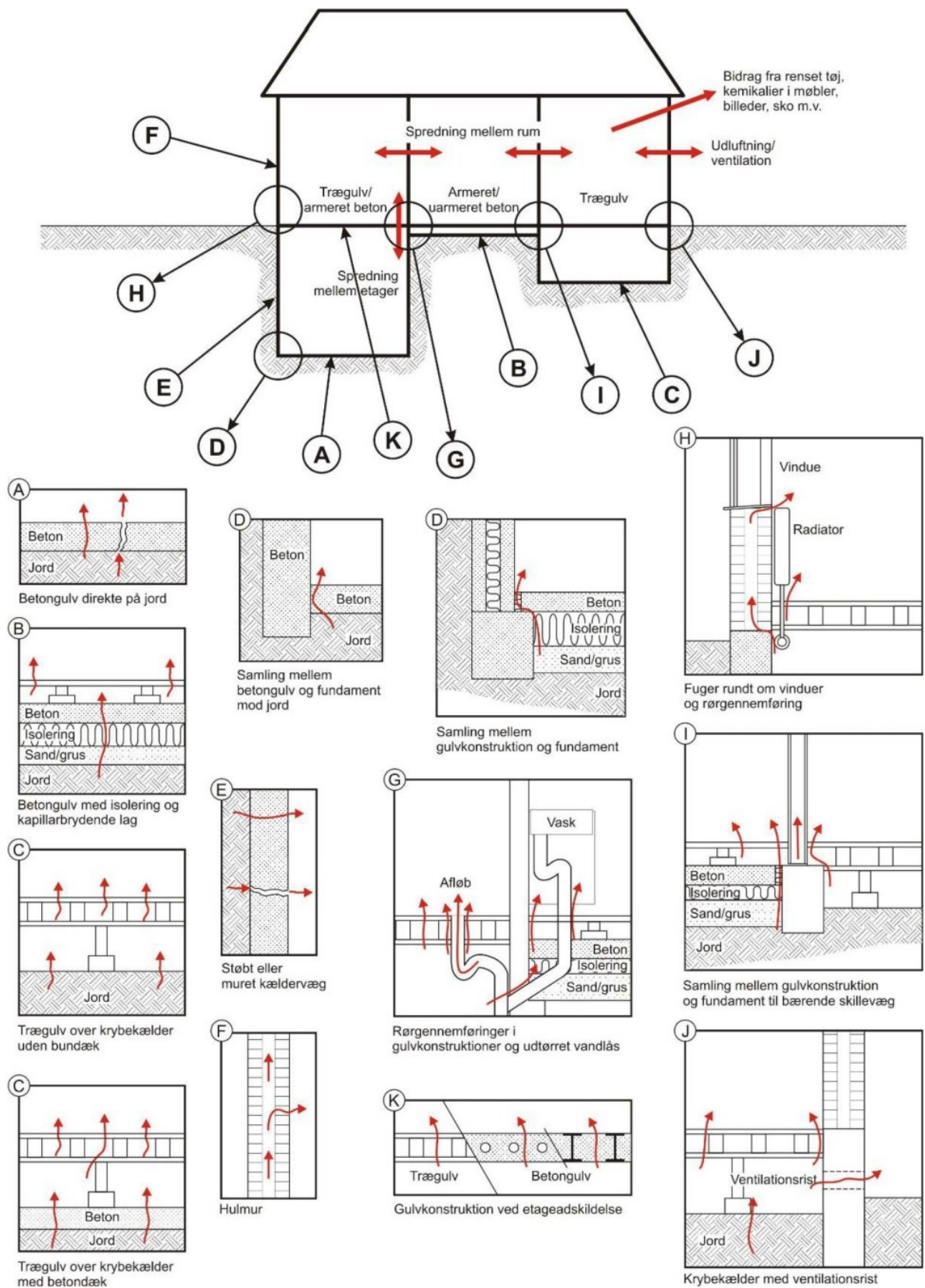
2. Projektbeskrivelse

I det følgende vil elementerne i de udførte undersøgelser blive gennemgået, herunder en konceptuel beskrivelse af differenstrykket samt de forhold/parametre, der har indvirkning på det (afsnit 2.1), en kort præsentation af projektets delelementer (afsnit 2.2), strategien for og omfanget af de udførte undersøgelser samt en gennemgang af det benyttede udstyr (afsnit 2.3-2.4).

2.1 Konceptuel forståelse

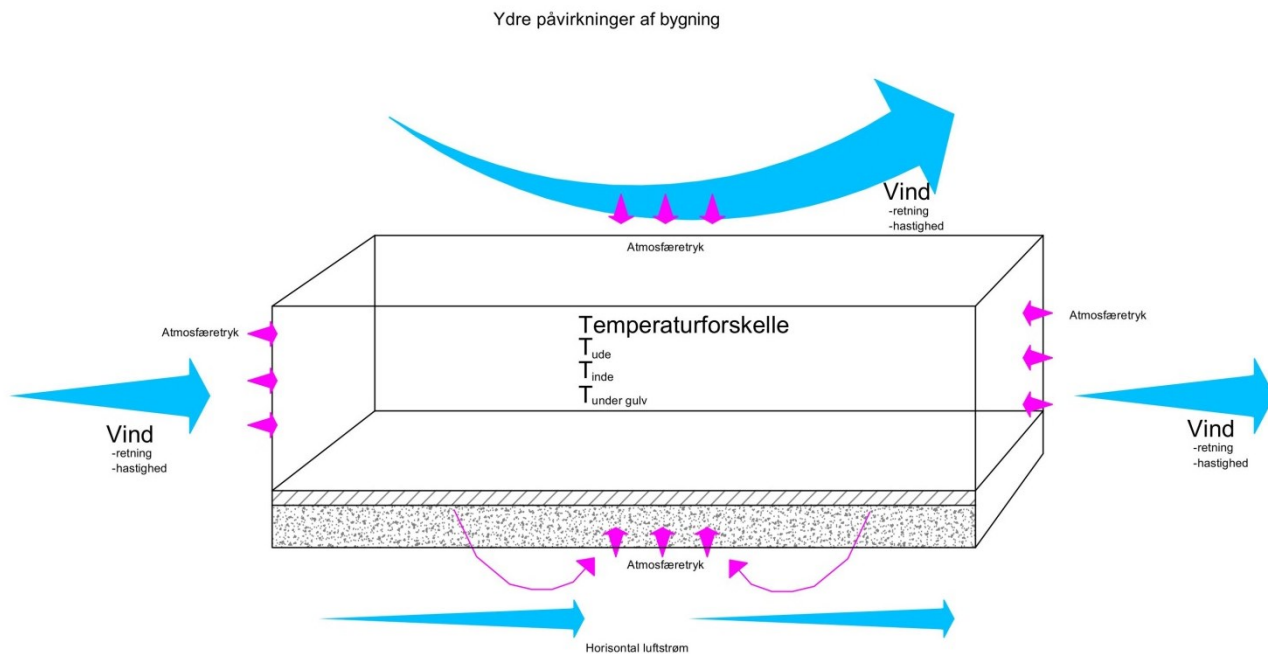
I dette afsnit findes en beskrivelse af de parametre, der undersøges i projektet. Parametrene beskrives enkeltvis, således at forståelsen af de enkelte parametre kan sammenholdes med andre parametre, til en fuld forståelse af måleresultaterne og en samlet beskrivelse af de enkelte parametres bidrag til de målte differenstryk.

Figur 2.1 viser en konceptuel model for potentielle utætheder i bygningskonstruktioner, der kan have indflydelse på trykudbredelsen. Trykudbredelsen sker via samme spredningsveje som konvektiv transport. Det er trykforskellen, ΔP , der driver den konvektive transport gennem en bygning, herunder transporten fra poreluften under gulvet til indeluften.



FIGUR 2.1. POTENTIELLE UTÆTHEDER I BYGNINGSKONSTRUKTIONER.

Differenstrykket påvirkes af en række forskellige parametre. I afsnit 2.1.2 til 2.1.10 gennemgås de parametre, der behandles i rapporten og deres forventede indflydelse på differenstrykket. I figur 2.2 er vist en skitse af en bygning med angivelse af parametrene temperatur, temperaturforskelle, atmosfæretryk og vindpåvirkninger i forhold til differenstrykket.



FIGUR 2.2. PARAMETRE MED BETYDNING FOR DIFFERENSTRYKKET.

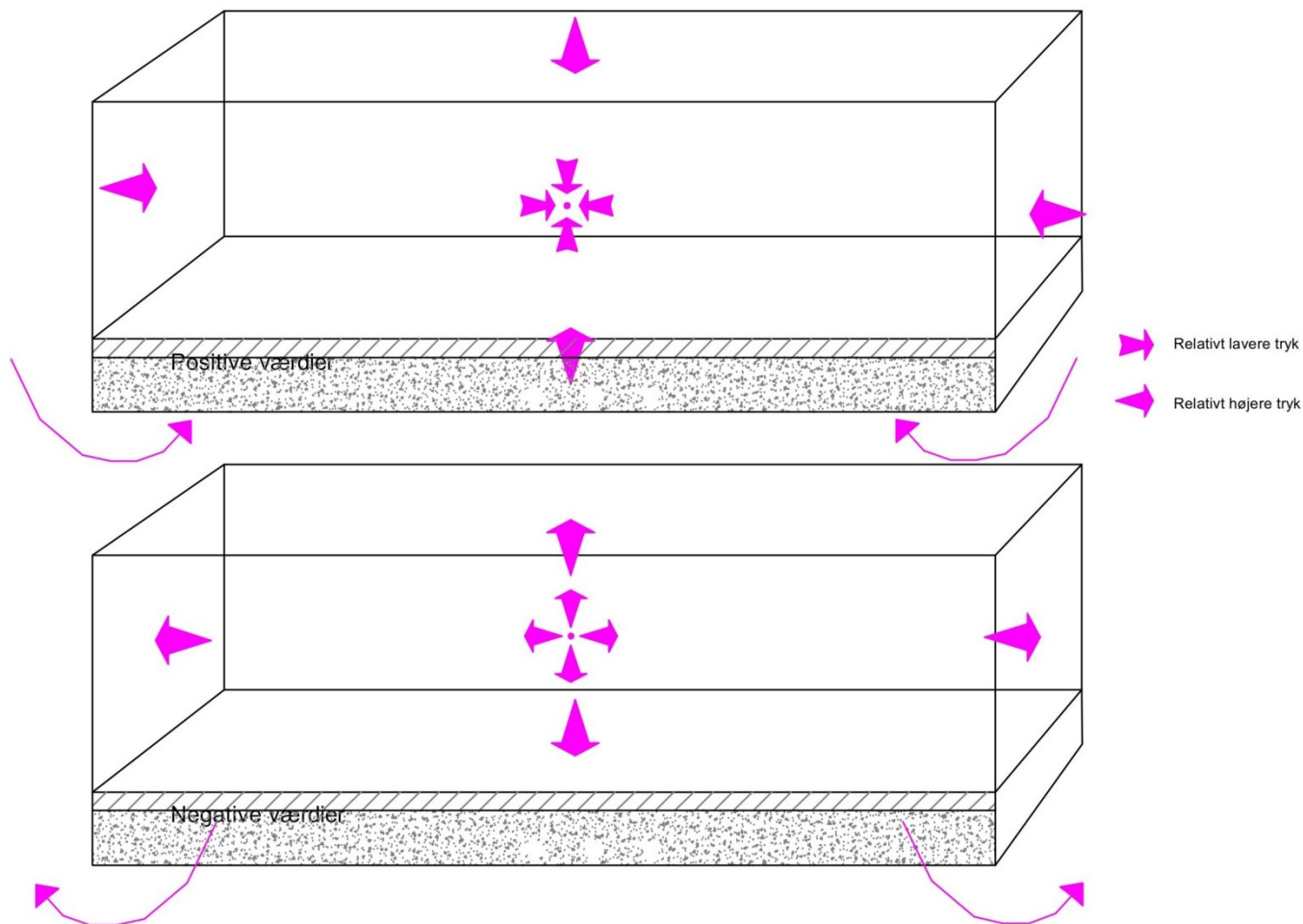
2.1.1 Differenstryk over gulvkonstruktion

Differenstrykket over gulvkonstruktionen vil i nærværende rapport dække over trykforskellen mellem trykket i jorden (poreluften) umiddelbart under betongulvet og trykket i indeluften i bygningen. Differenstrykket vil blive beskrevet med positive værdier for overtryk under gulvet. Enheden for differenstrykket er Pascal [Pa]. Differenstrykket over gulvkonstruktionen vil blive benævnt "Differenstryk over gulv" i nærværende rapport. Den konceptuelle forståelse af differenstrykket er vist i figur 2.3.

Differenstryk

-Forskel i målt tryk over og under gulv. I dette projekt regnes overtryk under gulv positivt.

-Forskel i målt tryk udenfor og indenfor. I dette projekt regnes overtryk udenfor positivt.



FIGUR 2.3. KONCEPTUEL OPFATTELSE AF DIFFERENSTRYK OVER GULV OG DIFFERENSTRYK OVER YDERMUR.

2.1.2 Differenstrykket over ydermur

I projektet behandles trykforskellen gennem bygningens ydermur. Differenstrykket vil blive beskrevet med positive værdier for overtryk på ydersiden af bygningen og betegnes ”differenstryk over ydermur”. Enheden for differenstrykket er Pascal [Pa].

I hvor stort omfang målingerne af differenstryk over ydermur vil falde sammen med målingerne af differenstryk over gulv afhænger af bygningens funderingsmæssige og aerodynamiske forhold. Trykforplantningen forventes at foregå som vist i figur 2.2.

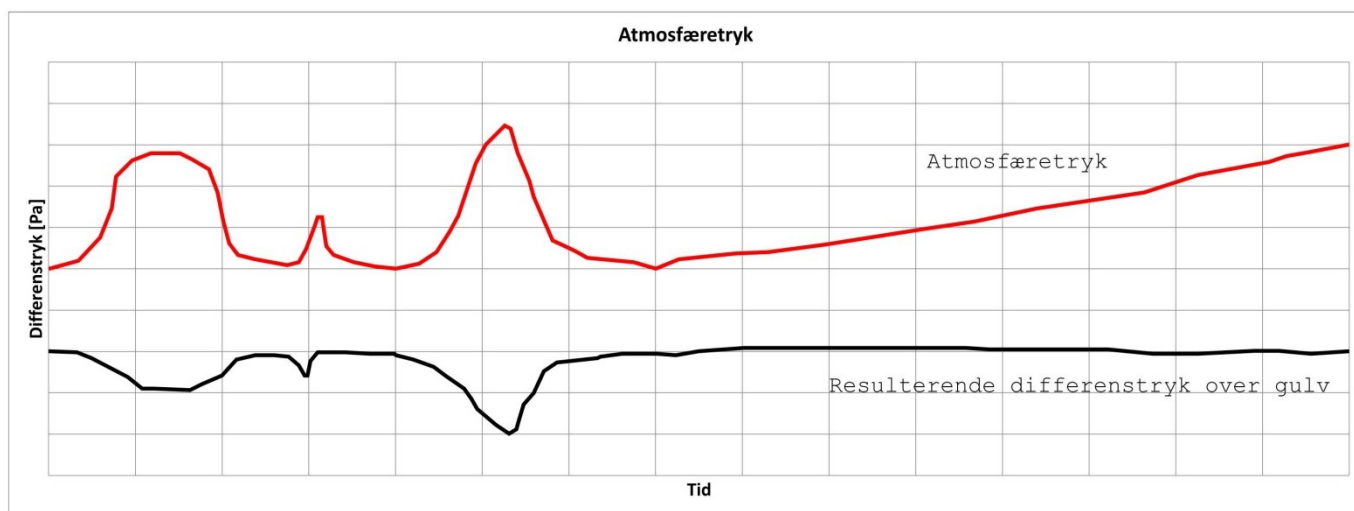
Er fundamentet revnet eller på anden måde utæt må det forventes, at trykændringer lokalt omkring bygningen hurtigt forplantes til porevoluminet under betongulvet. Herved forventes værdierne for differenstryk over gulv og differenstryk over ydermur ikke at afvige betydeligt fra hinanden.

Er fundamentet tæt, vil trykændringerne lokalt omkring bygningen formentligt forplante sig langsommere til porevolumet under betongulvet. Herved er der en risiko for, at differensterik over gulv bliver domineret af andre parametre.

2.1.3 Atmosfæretryk

Det naturlige lufttryk, atmosfæretrykket, varierer på daglig basis på grund af meteorologiske forhold. I nærværende rapport angives atmosfæretrykket i enheden Pascal [Pa].

Ændringer i atmosfæretrykket vil give en direkte ændring i trykforholdene omkring en bygning. Atmosfæretrykkets forventede indvirkning på differensterikket over gulv er illustreret i figur 2.4.



FIGUR 2.4. KONCEPTUEL OPFATTELSE AF ATMOSFÆRETRYKKETS PÅVIRKNING AF DIFFERENSTRYK.

Stiger atmosfæretrykket, vil der opstå et umiddelbart overtryk uden for bygningen. Samtidigt vil der forplantes en relativ trykstigning under bygningens gulv. Hastigheden af denne forplantning afhænger af flere parametre såsom revner og sprækker i fundamentet samt de underliggende materia- lers sammensætning og evt. kapillarbrydende lag. Forventeligt vil en atmosfæretrykstigning for- plantes langsommere til poreluften under gulvet end til indeluften og dermed skabe et fald i diffe- rensterikket under gulv. Det forventes ikke, at trykstigningen under gulvet vil nå samme størrelses- orden som stigningen i atmosfæretrykket. Hurtige ændringer i atmosfæretrykket forventes at give umiddelbare udsving i differensterikket, da forplantningen sker hurtigt til indeluften og langsomt til zonen under gulvet, mens længerevarende perioder med stigende eller faldende atmosfæretryk ikke forventes at have målbar indflydelse på differensterikket, da forplantningen til zonen under gulvet her forventeligt vil kunne foregå i et tempo, der ikke skaber større trykforskelle.

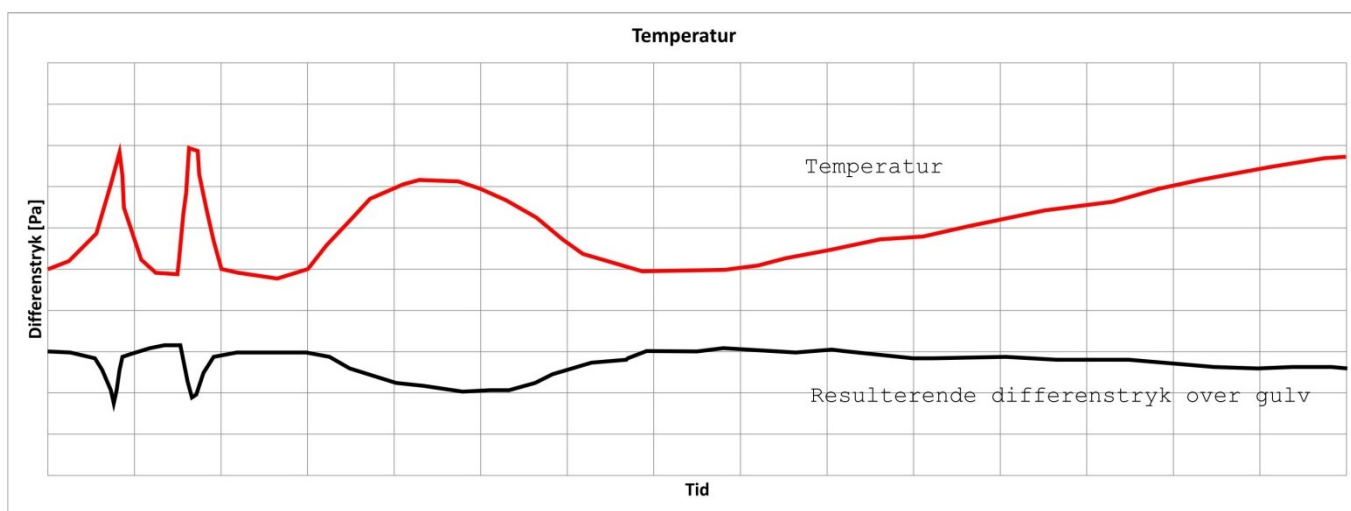
2.1.4 Temperatur

Udetemperaturen varierer på daglig basis på grund af meteorologiske forhold, mens indetempere- turen i opvarmede bygninger ikke forventes at variere med udsving i samme størrelsesorden. Det forventes dog, at der vil være en vis variation i indetemperaturen som følge af svingninger i ude- temperaturen. I nærværende rapport angives inde- og udetemperaturen i enheden grader Celsius [°C].

Det forventes, at stigninger i temperaturen inde i bygningen umiddelbart vil resultere i et fald i differenstrykket, da temperaturen under gulvet ikke påvirkes med samme hastighed som over gulvet. Ved en temperaturstigning inde i bygningen vil luften udvide sig og dermed skabe en trykstigning inde, der ikke modsvarer af en tilsvarende stigning i differenstrykket, da temperaturen under gulvet ikke stiger i samme tempo. Omvendt vil et fald i indetemperaturen resultere i en stigning i differenstrykket. Dette ses af idealgasligningen og Gay-Lussac's lov:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

hvor p er tryk og T er temperatur. Ved eksempelvis en temperaturændring fra 18 °C til 17 °C, ændres trykket med ca. 350 Pa. Her forudsættes uændret volumen og en hermetisk tæt bygning. I figur 2.5 er vist de forventede forhold mellem indetemperaturen og differenstrykket.



FIGUR 2.5. KONCEPTUEL OPFATTELSE AF INDETEMPERATURENS PÅVIRKNING AF DIFFERENSTRYKKET OVER GULVKONSTRUKTIONEN.

I forsøgene beskrevet i denne rapport forventes udetemperaturen at have en betydelig indflydelse på indetemperaturen, da bygningen på testlokaliteten ikke vurderes at være hverken tæt eller vel-isoleret. Bygningen er endvidere ikke opvarmet.

Svingninger i udetemperaturen forventes at slå hurtigt igennem til indetemperaturen, mens forplantningen til temperaturen under gulvet forventes at foregå med en vis forsinkelse. Forplantningen til temperaturen under gulvet sker ved to mekanismer, ved op- og nedkøling af betongulvet (som følge af indetemperaturen), der så påvirker temperaturen under gulvet, og ved evt. konvektiv indstrømning af udeluft via revner og sprækker i fundamentet.

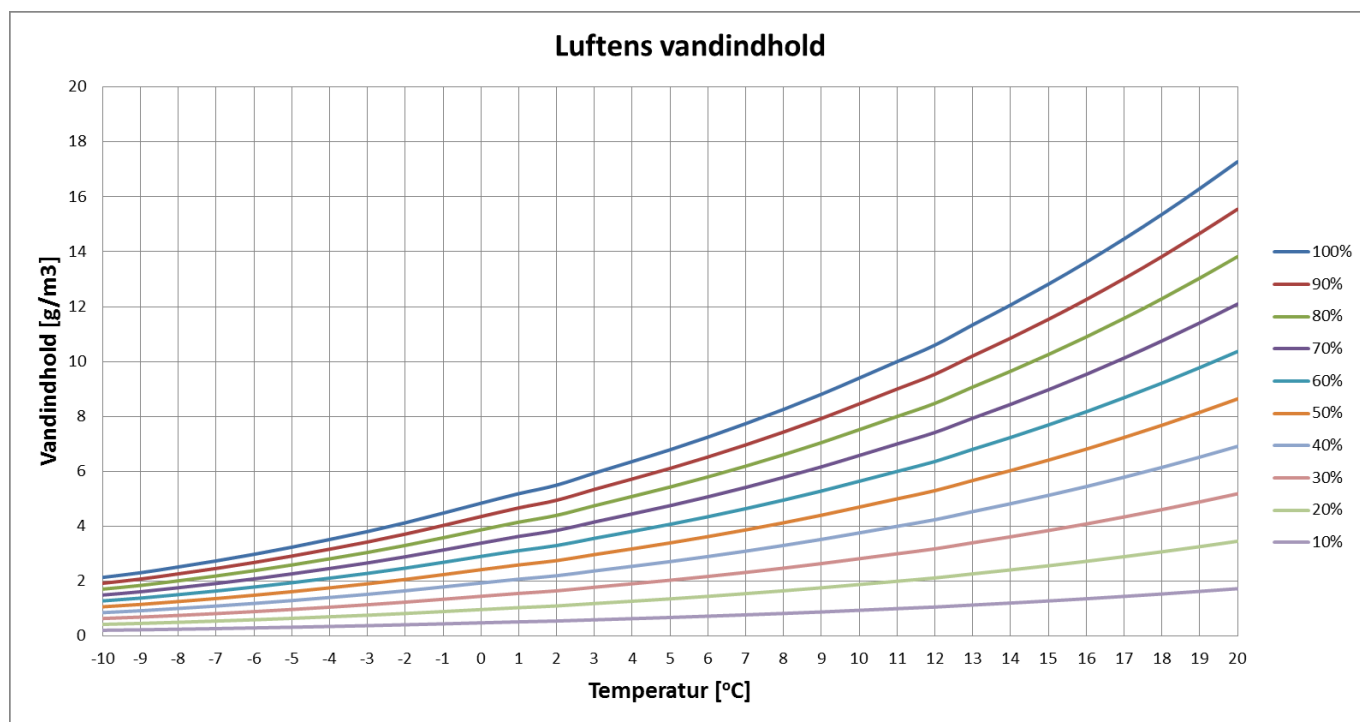
Ved en udetemperatur lavere end indetemperaturen forventes denne temperaturforskel at generere et lille undertryk, på få pascal, i bygningen. Ved temperaturforskelle mellem udeluften og indeluften opstår der termisk opdrift, der trækker luften opad i bygningen og skaber naturlig udluftning. Den termiske opdrift, der genereres af forskellen mellem temperaturen ude og inde, bevirker en vertikal luftstrøm fra gulv mod loft i bygningen. Den termiske opdrift opstår kun ved en udetemperatur lavere end indetemperaturen. Denne temperaturforskel mellem luften ude og inde i bygningen forventes at generere et lille differenstryk over gulv på få pascal. Effekten forventes at stige ved store temperaturforskelle, der oftest ses i vinterhalvåret. Fænomenet termisk opdrift er bl.a. beskrevet i/7/.

Ved nærværende undersøgelser forventes temperaturforholdene i indeluften at svinge i en større grad end ved tilsvarende undersøgelser i opvarmede bygninger. Her vil temperatursvingningerne i indeluften ikke have samme størrelsesorden, men tendensen vil være den samme.

2.1.5 Luftfugtighed

Luftfugtigheden varierer på daglig basis på grund af meteorologiske forhold. I nærværende rapport måles den relative luftfugtighed i procent [%].

Luftfugtigheden forventes at følge luftens temperatur, da luftens evne til at bære vanddamp afhænger direkte af temperaturen, jf. figur 2.6.



FIGUR 2.6. LUFTENS RELATIVE VANDINDHOLD SOM FUNKTION AF TEMPERATUREN /9/.

I nærværende projekt vil det forventeligt være svært at skelne mellem påvirkninger af differenstrykket fra hhv. temperatur og luftfugtighed, da disse parametre ventes at have en sammenhæng som illustreret i figur 2.6.

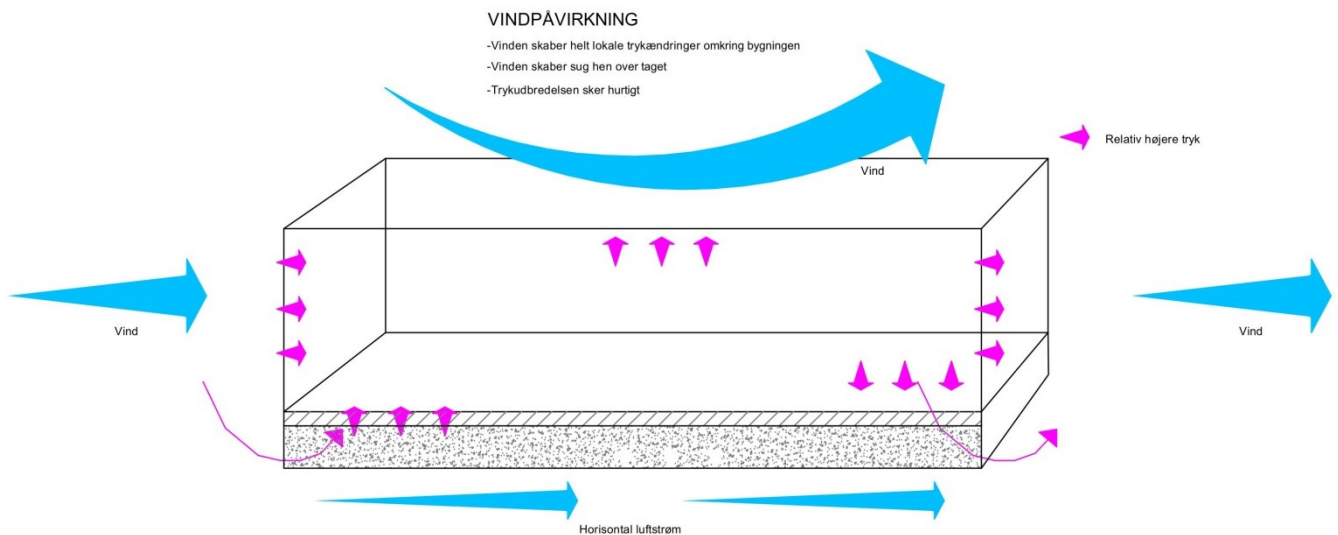
Luftfugtigheden i indeluften påvirkes også af luftskiftet i bygningen, der afhænger af udluftningen gennem vinduer og døre, gennem utætheder i bygningen og evt. udluftningssystemer. Luften udefra forventes at være køligere end indeluften i december og januar, hvor nærværende forsøg er udført, og dermed have et lavere vandindhold. Dette vil medføre en lavere luftfugtighed i indeluften end i udeluften. Da luftudskiftningen foregår hele tiden, forventes der ikke store udsving i målingen af luftfugtigheden i indeluften så længe udetemperaturen er relativt konstant. Ved større temperaturændringer i udeluften, vil luftfugtigheden i indeluften blive påvirket. Forventeligt vil der ved temperaturfald trænge mere tør luft ind i bygningen og dermed sænke luftfugtigheden i indeluften, mens der ved en temperaturstigning i udeluften vil ske det modsatte. Forventeligt vil luftfugtigheden i indeluften være mest påvirkelig af temperaturændringer over en tidsperiode, der er længere end blot døgnvariationer.

2.1.6 Vindhastighed og retning

Vindhastighed og - retning varierer på daglig basis på grund af meteorologiske forhold. I nærværende rapport angives henholdsvis vindhastighed og vindretning i enhederne hhv. meter pr. sekund [m/s] og kompasretning målt i grader ift. nord.

Vind over tag

Normalt, når vinden blæser hen over et tag, regnes der, rent byggeteknisk, med en opbygning af et undertryk over taget. Dette vil forventeligt skabe et undertryk inde i bygningen i forhold til det atmosfæriske tryk. Figur 2.7 viser den konceptuelle opfattelse af vindens påvirkning af en bygning.

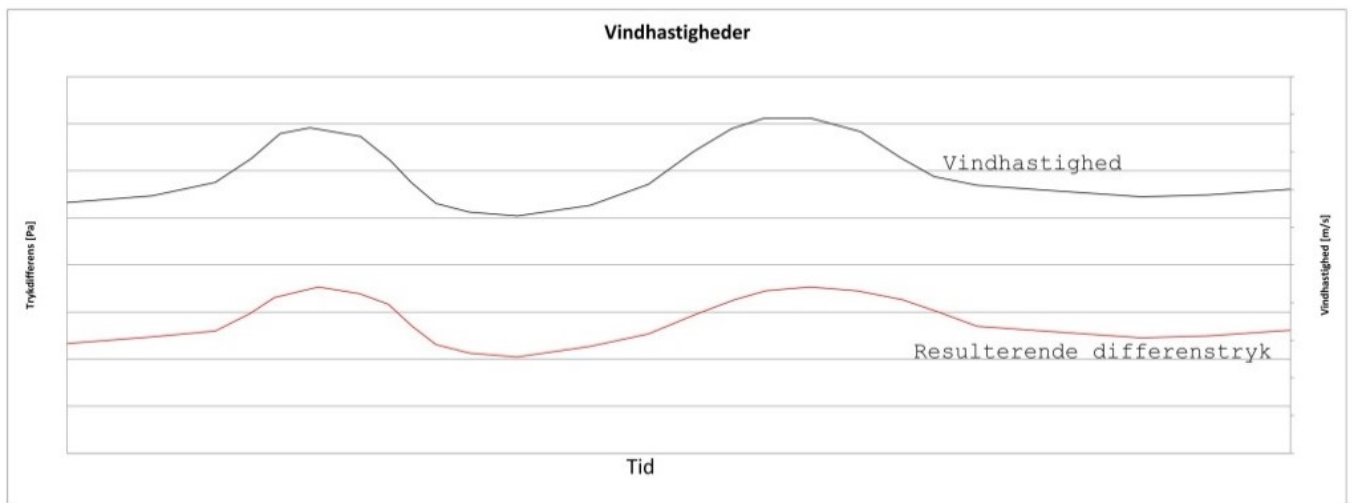


FIGUR 2.7. KONCEPTUEL OPFATTELSE AF VINDPÅVIRKNING AF EN BYGNING.

Ved vindpassage over en bygning opstår der lokale trykændringer over og omkring bygningen. Over taget skabes et sug, der danner et undertryk i bygningen, der forventes at udbrede sig momentant. Ved bygningens facader vil der opstå et vindpres i luvside, mens der modsat, i læside, vil opstå undertryk. I bygningen forventes dette at give sig udslag i et øget differenstryk over gulv nær luvside og omvendt nær læside. Ved målinger midt i bygningen forventes de modsatrettede effekter at udjævne hinanden. Som illustreret på figur 2.7 forventes der at kunne opstå en horisontal luftstrøm under gulvet som følge af vindforholdene. Denne effekt vurderes at være størst ved utætte fundamenter og ved høj porøsitet eller hulrum under gulvkonstruktionen.

Effekten af vind over et tag er et undertryk i bygningen og dermed et øget differenstryk over gulvkonstruktionen. Effekten vil være størst over et tag med hældning /5/.

Dette undertryk forventes at resultere i et øget differenstryk over gulvkonstruktionen. Responsstigheden for trykdifferenserne induceret af vind vurderes at være meget hurtig, da udbredelsen af trykændringerne foregår i åbne rum og ikke gennem fundamenter og jord. Den forventede respons er illustreret i figur 2.8. Ved utætte forhold i fundamentet vurderes effekten på differensstrykket over gulv at blive reduceret kraftigt pga. hurtig trykudligning.



FIGUR 2.8. KONCEPTUEL OPFATTELSE AF VINDHASTIGHEDENS PÅVIRKNING AF DIFFERENSTRYKKET OVER GULVKONSTRUKTIONEN.

Vind på en bygningsside

Afhængigt af vindretningen kan der forventeligt opstå lokale zoner omkring bygningens yderside/ydermure, hvor der kan opbygges et overtryk grundet vindpres. Et opbygget overtryk på bygningens yderside skal forplantes til zonen under gulvet via revner og sprækker i fundamentet og gennem jordens porevolumen. Den konceptuelle opfattelse af vindpåvirkningen på bygningssider, er vist i figur 2.7. Det er usikkert om en vindpåvirkning på denne måde kan resultere i et øget differenstræk. Forventeligt vil vinden give en netto nul-effekt til differenstræk over gulv, da stigninger på luvsiden af bygningen balanceres af et tilsvarende trykfald på læsiden. Vindpåvirkningen kunne tænkes at skabe en trykgradient fra luv- til læsiden af bygningen, der kunne inducere en vertikal luftstrøm under gulvkonstruktionen.

2.1.7 Solindstråling

Solindstrålingen varierer på daglig basis på grund af meteorologiske forhold. I nærværende rapport angives solindstrålingen i enheden Watt pr. kvadratmeter [W/m^2].

Solindstrålingen angiver en mængde energi, der tilføres jorden på forskellige tidspunkter af døgnet. Solindstrålingen er størst midt på dagen og vil naturligvis variere afhængigt af skydækket. Forventeligt vil en høj solindstråling afgive meget energi og resultere i en temperaturstigning udenfor, men også ved opvarmning af bygningen. Effekten af solindstrålingen forventes derfor at følge de i 2.1.4 beskrevne mekanismer knyttet til temperaturen. Således vil en øget solindstråling påvirke og øge temperaturen i udeluften, men også i indeluften, hvilket vil påvirke differenstræk. Det er ligeledes forventet, at solindstrålingen vil følge en 24 timers cyklus med de største værdier i dagtimerne og de mindste om natten. Værdierne om dagen vil afhænge af skydækket den pågældende dag.

Effekten af solindstrålingen må overordnet set forventes at have størst indflydelse på temperaturen og differenstræk i sommerperioden, da solstrålernes vinkel i forhold til jorden er mindre og energisætningen på jordoverfladen dermed er større.

2.1.8 Potentiell fordampning

Den potentielle fordampning varierer på daglig basis på grund af meteorologiske forhold. I nærværende rapport angives den potentielle fordampning i enheden millimeter pr. døgn [$mm/døgn$]. På årsbasis varierer den potentielle fordampning fra praktisk talt 0 $mm/døgn$ i december/januar til 3,5 $mm/døgn$ i juli /3/.

Den potentielle fordampning hænger sammen med solindstrålingen og udetemperaturen, da opvarmning af jorden øger muligheden for fordampning.

Den potentielle fordampning vurderes ikke at have en betydende effekt i forbindelse med de udførte undersøgelser, da de omkringliggende arealer alle er befæstede og da årstiden for måleperioden (december til januar) normalt ikke har en betydende fordampning.

2.1.9 Luftsifte

Luftsiftet i en bygning afhænger af omfanget af den passive og evt. aktive ventilation i denne, i kombination med bygningens tæthed. I nærværende rapport angives luftsiftet i bygningen i enheden luftsifte pr. time [h^{-1}], dvs. en angivelse af hvor stor en del af bygningens samlede luftvolumen, der udskiftes på en time.

Bygningsreglementet foreskriver et luftsifte på 0,3 l/s pr. m^2 svarende til 0,38 h^{-1} ved en loftshøjde på 2,8 m. Dette gælder for nye huse med ventilationssystemer til styring af udluftningen /4/. I ældre og mindre tætte huse, hvor udluftningen i større grad foregår gennem vinduer, døre og generelle utætheder, sker der erfaringsmæssigt en udluftning af det totale luftvolumen på 0,3 h^{-1} .

Udluftning af bygninger sikrer et luftsifte og dermed også en ændring af den sammensætning luften i bygningen har. Ved udskiftning af varm, fugtig luft med kold, tør luft ændres betingelserne for målinger af trykdifferensen som beskrevet i 2.1.4 og 2.1.5.

Luftsiftet i bygningen, der er benyttet ved forsøgene beskrevet i denne rapport, genereres af en naturlig udluftning, der er styret af beboeradfærd (åbning af døre og vinduer) samt bygningens generelle tæthed.

I måleperioden (december/ januar) forventes luften i indeluften at være varmere end udeluften, hvilket kan skabe en termisk opdrift inde i bygningen, der vil være med til at skabe et større luftsifte.

Bygningen anvendt i forbindelse med nærværende undersøgelse vurderes at have et højere luftsifte end det luftsifte, der er anbefalet i bygningsreglementet, da hele den ene gavl består af en skydeport, der ikke er tætnet langs kanterne. Desuden er vinduer og døre af ældre dato og vurderes generelt meget utætte.

2.1.10 Nedbør

Nedbøren vil påvirke vandindholdet i jorden og dermed muligheden for afdampning og trykforplantning. I nærværende rapport angives nedbøren i millimeter pr. døgn [mm/døgn].

En fugtig/våd jord vil reducere muligheden for afdampning og samtidig mindske den atmosfæriske trykpåvirkning af de terrænnære jordlag. Dette vil teoretisk reducere zonen, hvori der kan trykudlignes fra atmosfære til jord til de ikke nedbørspåvirkede arealer under bygninger og befæstede arealer. Ved større befæstede arealer omkring bygninger udgør bygningen en forholdsvis mindre del af den ikke nedbørspåvirkede zone.

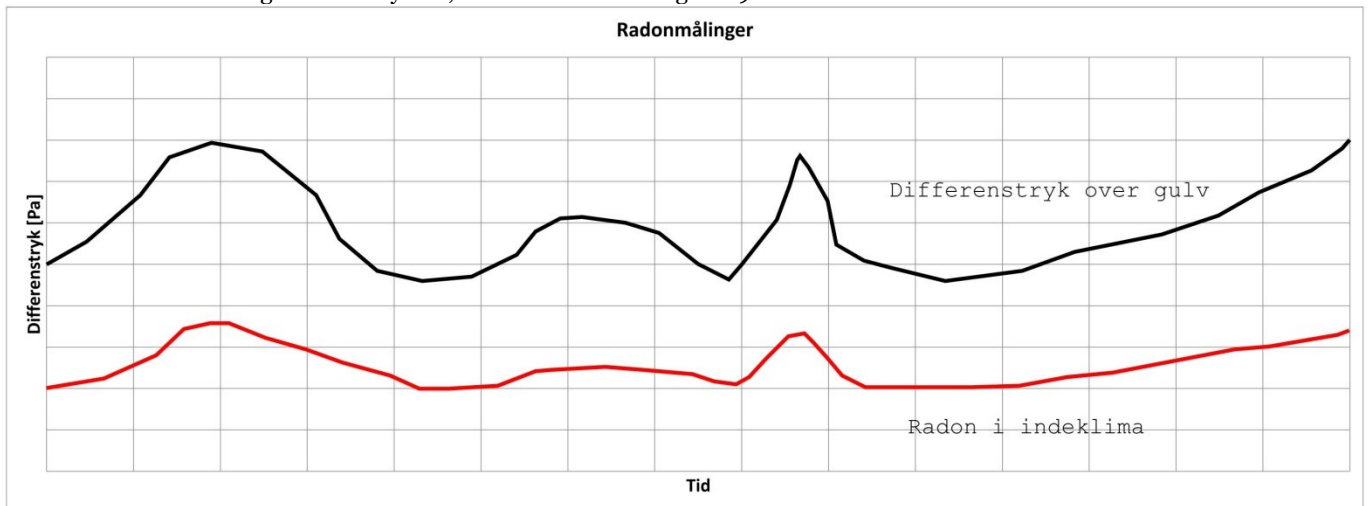
Ved bygninger uden befæstelse omkring, vil en opfugtning af jorden i forbindelse med nedbør ændre på de forhold, der styrer afdampningen fra jorden. I et sådan tilfælde vil et hus kunne tænkes at fungere som kanal for opadstrømmende jordgasser, da den normale afdampningsflade er blokeret.

I nærværende tilfælde på Innovationsgaragen er, store dele af området befæstet med enten betonfliser eller asfalt, og det er derfor usikkert, om nedbør vil betyde variationer i differenstrykket. Befæstelsen betyder, at vandindholdet i jorden vurderes at være meget konstant og effekten af nedbør i måleperioden derfor vurderes at være minimal.

2.1.11 Radon

Radonindholdet i indeluften og i poreluften under gulv varierer over tid grundet flere faktorer, som b.la. jordens evne til at afgive radon og den mulige transport til indeluften. Radonindholdet i pore- og indeluft forventes ikke i sig selv at have indflydelse på differensterykket, men ændringer i differensterykket forventes at være styrende for indtrængningen af gasser, herunder radon, til indeluften. Ved en stigning i differensterykket over gulvkonstruktionen forventes transporten af gasser fra poreluften under gulvet til indeluften at stige og omvendt.

Radonmålinger anvendes i dette projekt til at belyse den indtrængning af jordgasser (herunder chlorerede opløsningsmidler og olieprodukter), som kan ske som følge af ændringer i differensterykket. Denne belysning er mulig som følge af den forventede sammenhæng mellem indtrængningen af radonkoncentrationen og differensterkket, som er illustreret i figur 2.9.



FIGUR 2.9. KONCEPTUEL OPFATTELSE AF DIFFERENSTRYKKETS PÅVIRKNING AF RADONKONCENTRATIONEN I INDELUFTEN.

Forventeligt vil koncentrationerne af radon i indeluften være væsentligt lavere end i poreluften under betongulvet. Normalt forventes en reduktionsfaktor over et betongulv på 10 cm på en faktor 100 ifølge Miljøstyrelsen. Indholdet i indeluften over tid forventes at følge indholdet i poreluften under gulvkonstruktionen, da eneste kilde til radon i indeluften vurderes at være radonafgivelse fra jorden under bygningen.

Ifølge en undersøgelse fra 2001 udført af Sundhedsstyrelsen, har huse i Ballerup Kommune et indhold af radon i indeluften på 53 Bq/m³. Niveaue for radonindholdet i nærværende undersøgelse forventes således at ligge på dette niveau. Halveringstid på Rn₂₂₂ er på 3,82 dage /6/.

2.2 Projektelementer

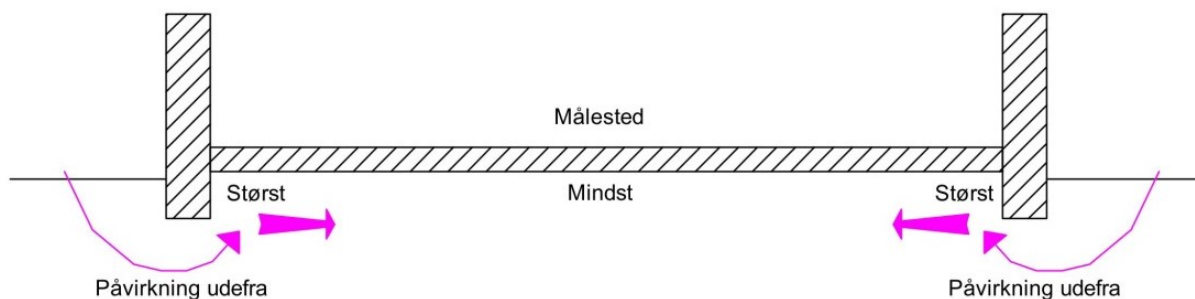
Følgende aktiviteter er gennemført i forbindelse med projektet:

- Etablering af målepunkter under gulv, i udeluften og i indeluften for udførelse af differensstrykmålinger.
- Måling med 3 forskellige fintfølede differensstryk-transducere med automatisk datalogning.
- Samtidige målinger af temperatur inde, ude (på solside og skyggeside af bygning), og i jorden under bygningen, til vurdering af temperaturgradienter og disses evt. påvirkning af differensstrykket.
- Samtidige målinger af luftfugtighed i indeluften, i udeluften og i poreluften under bygningen til vurdering af disses evt. påvirkning af differensstrykket.
- Målinger af radonindhold i poreluften under bygningen og i indeluften til vurdering af gastransport fra jorden til indeluften sammenholdt med differensstrykket over gulv.
- Samtidige registreringer af meteorologiske forhold, herunder udetemperatur, luftfugtighed, vindhastighed, vindretning, atmosfæretryk, nedbør, solindstråling og potentiel fordampning, til vurdering af disses evt. påvirkning af differensstrykket.
- Pumpeforsøg til vurdering af differensstrykkets udbredelse under gulv.
- Afrapportering, inkl. beskrivelse af de gennemførte aktiviteter og tilhørende resultater, samt anvisning for udførelse af fremtidige differensstrykmålinger (forslag til målekoncept).

2.3 Undersøgelingsstrategi

For at opnå de mest optimale resultater samt det bedst mulige grundlag for undersøgelserne blev der inden starten af feltarbejdet udarbejdet et program for undersøgelserne.

Placeringen af målepunkterne for trykdifferens blev udvalgt ud fra erfaringer med lignende undersøgelser. Udgangspunktet for placeringen af trykdifferensmålerne var væk fra bygningens ydermure, således at der kunne undgås en overdreven influens fra forholdene udenfor bygningen. Det kunne være forhold som trykforplantning gennem fundamenter og temperaturpåvirkning som følge af indtrængende udeluft/8/. Princippet er vist i figur 2.10.



FIGUR 2.10. PRINCIPSKITSE FOR YDRE PÅVIRKNINGER AF DIFFERENSTRYKMÅLING OVER GULV.

På forhånd var det valgt at benytte flere forskellige måleinstrumenter (beskrevet i 2.4.2), for at undersøge deres karakteristika og anvendelighed. For at kunne lave den bedst mulige sammenligning mellem instrumenterne blev de installeret i gulvkonstruktionen med en indbyrdes afstand på ca. 15 cm. Herved blev det antaget, at målingerne blev udført under ens forhold. Fotos af måleopstillingen er vist i figur 2.11.



FIGUR 2.11. PRØVEOPSTILLING, GREISINGER, TESTO OG VOLTcraft, SE I ØVRIGT BILAG 3.

Inden for samme område/afstand blev installeret temperaturfølere og luftfugtighedssensorer over og under betongulvet, således at data herfra også kunne antages at være udført under samme forhold som trykdifferensmålingerne.

Måling af radon under betongulvet blev placeret med en afstand på ca. 2 m til de øvrige målepunkter for ikke at påvirke målingerne her, da radonmålingen foregik ved aktiv pumpning af luften under gulvet med et flow på 1,0 l/min.

De udendørs målinger, herunder atmosfæretryk, temperatur og luftfugtighed, blev udført flere steder på ejendommen. Temperaturmålingerne blev udført både på nord- og sydsiden af bygningerne for bl. a. at observere solens betydning for temperatursvingningerne. Placeringen af samtlige målepunkter fremgår af oversigtsplanerne i bilag 1a og 1b.

2.4 Udførte undersøgelser

I perioden 18. december 2014 til 13. januar 2015 blev der udført en række undersøgelser på Region Hovedstadens testgrund, Innovationsgaragen. Resultaterne af undersøgelserne fra denne periode danner grundlag for konklusionerne i nærværende rapport. Tidsrummet fra 18. december 2014 til 13. januar 2015 vil i det følgende blive benævnt som "måleperioden".

Måleperioden var planlagt til at ligge i vinterhalvåret (fyringssæsonen), da dette normalt er tidsrummet, hvor det anbefales, at udføre indeklimamålinger i forureningssager. Årsagen hertil er et

ønske om at foretage målinger i den periode på året, hvor forureningspåvirkningen af indeklimaet er ”størst”. Erfaringsmæssigt luftes der mindre ud om vinteren, ligesom der her er den største forskel på temperaturen i ude- og indeluften, der medfører den termiske opdrift i bygningen. Den termiske opdrift har indflydelse på luftstrømmene i bygningen og forventeligt også på differensstrykket over gulvet.

Inden undersøgelsesperioden blev der etableret målepunkter og udført forundersøgelser. Resultaterne fra forundersøgelserne vil ikke blive direkte behandlet her, da de har haft til formål at optimere placering og indstilling af måleudstyr samt afprøvning af målemetoder, inden de endelige målinger blev foretaget.

Placering af de enkelte målepunkter og anvendte måleinstrumenter fremgår af bilag 1a og 1b.

Bilag 1a viser placeringen af målepunkter i Bygning 1, hvorfra data fra målingerne gennem gulv ikke er behandlet i nærværende rapport, da det blev vurderet, at indflydelsen fra andre projekter i bygningen var for stor. Placering af instrumenter udenfor bygning 1 er vist i bilag 1a.

Bilag 1b viser placeringen af målepunkter i Bygning 2, hvorfra data til nærværende rapport er benyttet. Det samlede antal målepunkter fremgår af tabel 2.1. Fotos af måleopstillinger og placering af udstyr er vedlagt i bilag 3.

Der er udført udendørs målinger som udetemperatur og atmosfærisk tryk ved bygning 1, der ikke har været påvirket af de indendørs aktiviteter i bygning 1.

2.4.1 Indledende betragtninger

Der blev indledningsvist udført undersøgelser i de to bygninger, der udgør Innovationsgaragen. I nærværende rapport benævnes den nordlige bygning, Bygning 1 og den sydlige bygning, Bygning 2. I Bygning 1 blev der sideløbende med nærværende undersøgelser udført et parallelt projekt i gulvkonstruktionen nær ved målepunkterne. Af den grund blev det valgt at koncentrere undersøgelserne af differensstrykket i Bygning 2. Placeringen af bygningerne er vist i figur 2.12.



FIGUR 2.12. OVERSIGT OVER INNOVATIONSGARAGEN.

Målingerne i Bygning 2 er koncentreret i et lille område med en maksimal afstand mellem målepunkterne på 30 cm for at kunne antage, at målingerne er udført det samme sted til trods for, at der

er benyttet forskellige instrumenter i forskellige huller i gulvet. Placeringen af instrumenter i Bygning 2 er vist i bilag 1b. Foto af måleområdet er vist i figur 2.11 og i øvrigt i bilag 3.

2.4.2 Måleudstyr

Ved undersøgelserne blev der benyttet en række forskellige måleinstrumenter. Flere af instrumenterne er i stand til at måle og logge flere forskellige parametre, hvorfor der foreligger flere datasæt for samme parameter i måleperioden. Efter gennemgang af data er ét måleinstrument udvalgt som gennemgående for denne parameter i bearbejdningen af de samlede datasæt. Grundlaget for til- og fravalg af de enkelte instrumenter er gennemgået i det følgende.

Til registrering af **differenstryk over gulv** blev følgende udstyr benyttet:

- Greisinger GMH 3151
- Systronik S4602ST
- Sontay PA-267

Anvendelsen af disse tre måleinstrumenter er udtryk for et valg. Et valg truffet idet Greisinger GMH3151 (i efteråret 2014) forekommer at være den mest benyttede differenstrykmåler ved indeklimaundersøgelser for danske regioner (se afsnit 1.2), og idet NIRAS på undersøgelsestidspunktet rådede over dette udstyr.

Datablade for de 3 instrumenter er vedlagt i bilag 6. Der er benyttet i alt 4 målere af typen Greisinger GMH 3151, i nærværende projekt benævnt Greisinger 1 - 4. Der er benyttet 1 måler af typen Systronik S4602ST og 1 måler af typen Sontay PA-267 med 3 kanaler, benævnt Sontay Ch. 1 - 3. Placeringen og den endelige brug af måleinstrumenterne fremgår af tabel 2.1.



FIGUR 2.13. GREISINGER (T.V.), SYSTRONIK (MIDT) OG SONTAY (T.H.)

De 3 forskellige måleinstrumenter til registrering og logning af differenstryk blev placeret i Bygning 2 med en indbyrdes afstand på 15 cm, for bedst muligt at kunne sammenligne instrumenternes målekvalitet. De 3 instrumenter til måling af differenstryk over gulv har alle målt 4 gange i timen. Differenstrykket over gulv måles med en præcision på 0,1 Pa i alle de benyttede instrumenter. Dette vurderes, at være fornuftigt, da differenstrykket over gulv erfaringsmæssigt forventes at antage værdier på 1 - 5 Pa.

Greisinger-instrumentet viste i måleperioden en tendens til at flyde. Det kunne konstateres, at startmålingerne viste differenstryk inden installation i gulvet på 0,0 Pa, mens tilsvarende måling efter demontering af instrumentet efter ca. 2 ugers målinger viste ca. 2,0 Pa. Ved efterfølgende tests viste det sig, at samme instrument ikke nødvendigvis flyder hver gang det benyttes i en måleperiode. I nærværende undersøgelser er der ikke fundet hverken forklaring eller løsning på dette problem.

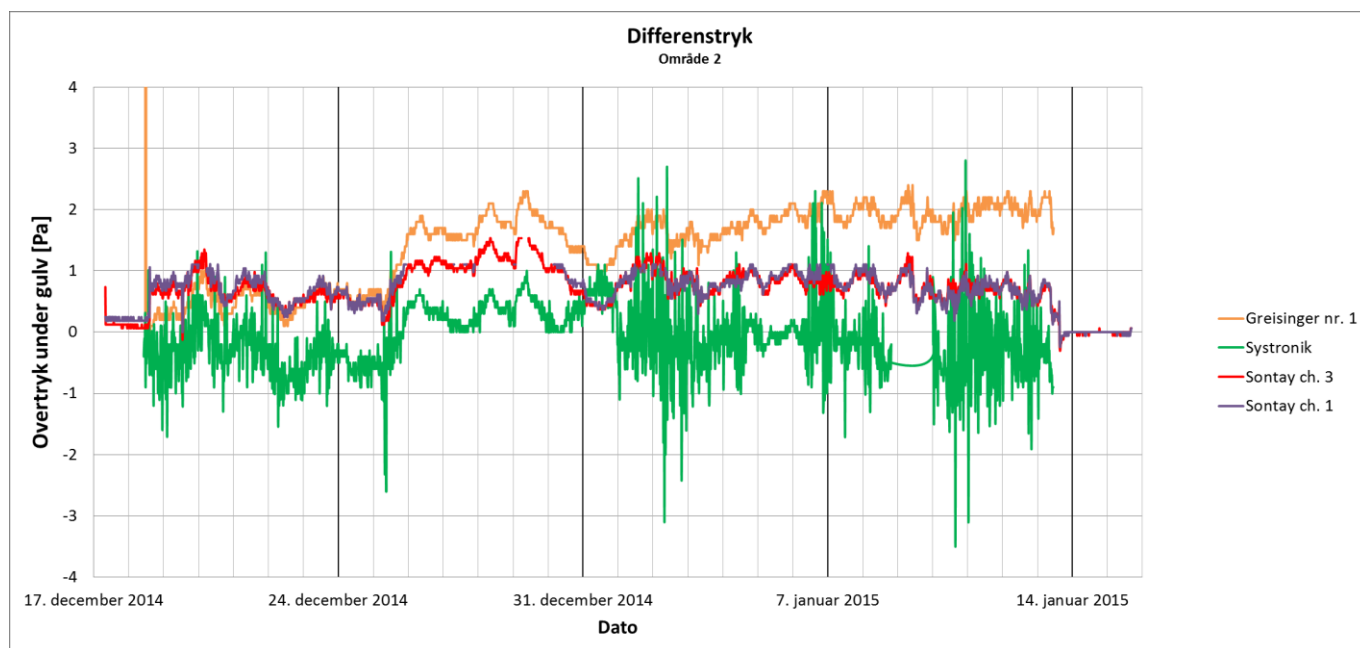
Sontay-instrumentet viste sig ved de indledende forsøg at være forkert indstillet, således at det enkelte datum blev registreret ved for kort tidlig midling. Dette resulterede i meget urolige data. Løsningen var at forlænge tidskonstanten til den efterfølgende målerunde. Tidskonstanten bestemmer længden af den periode hvorfra data opsamles og midles til den angivne værdi for hver måling.

Greisinger og Systronik-instrumenterne benytter ikke tidskonstanter under sampling af data. Her registreres enkeltmålingerne med de indstillede intervaller.

Systronik og Sontay har desuden i samme periode målt det atmosfæriske tryk.

Sontay-instrumentet har 3 kanaler (benævnt Ch. 1, Ch. 2 m og Ch. 3) til måling af differenstrøkket. Det har derfor været muligt at måle i samme område, som de øvrige instrumenter, hhv. 0 m, 2 m og 4 m fra det primære måleområde. Den indbyrdes placering af måleinstrumenterne er vist i bilag 1b. Data fra måleperioden 18. december til 13. januar med Sontay-instrumentet viste, for kanalen Ch. 2 m, der målte 2 m fra det primære måleområde, at have mange og store huller i dataserien. Disse data ikke er medtaget i nærværende rapport. Årsagen til dataudfaldet kan skyldes en knækket slange, men der blev ikke observeret fejl ved instrumentet ved op- eller nedtagningen.

Data for differenstrøkk over gulv fra måleperioden 18. december 2014 til 13. januar 2015 er vist i figur 2.14.



FIGUR 2.14. RESULTATER FOR DIFFERENSTRØKKMÅLINGER OVER GULV I BYGNING 2.

I måleperioden 18. december til 13. januar viste Greisinger tydelige tegn på, at nulpunktet blev forskudt over tid i datasættet, mens Systronik havde enkelte huller i datasættet og generelt viste meget urolige data, der i øvrigt antog værdier noget lavere end de øvrige instrumenter. NIRAS' vurdering af data fra Systronik-måleren er, at måleren har været påvirket af svage trækvinde lige over gulvet i måleperioden, særligt i perioder med øget vindpåvirkning af bygningen. Instrumentet var placeret med åbningerne til trykmåleren i vandret position, hvor Greisinger-målerens åbninger var placeret i lodret position og Sontay-måleren var placeret i en beskyttende kasse.

Sontays kanal i 0 m (Ch. 1) viste i den primære måleperiode at have enkelte huller i datasættet, mens kanalen i 4 m (Ch. 3) viste et stort set komplet datasæt. Som vist på figur 2.14 følges kanalerne 0 m (Ch. 1) og 4 m (Ch. 3) ad i hele måleperioden, og det antages, at forholdene for måling af differenstrykket i de 2 punkter, til trods for en indbyrdes afstand på 4 m, har været ens.

På baggrund af ovenstående er det ved bearbejdning af data i nærværende rapport besluttet at benytte data fra Sontay-måleren, som vist i figur 2.14, som gennemgående værdier for differenstrykket over gulv. Data i figurerne vil blive benævnt "Differenstryk over gulv".

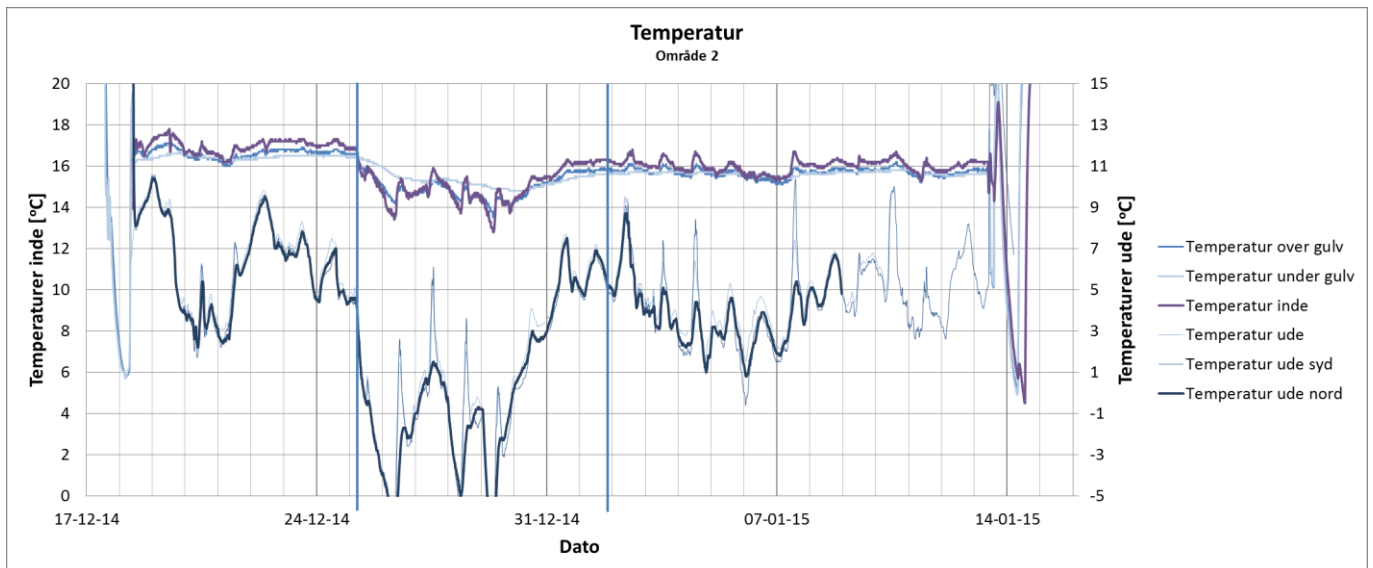
Differenstryk over ydermur er målt med Greisinger-instrumentet. Målingen blev foretaget gennem den sydvendte ydermur i Bygning 2. Foto af måleopsætningen er vist i figur 2.15.



FIGUR 2.15. MÅLING AF DIFFERENSTRYK OVER YDERMUR.

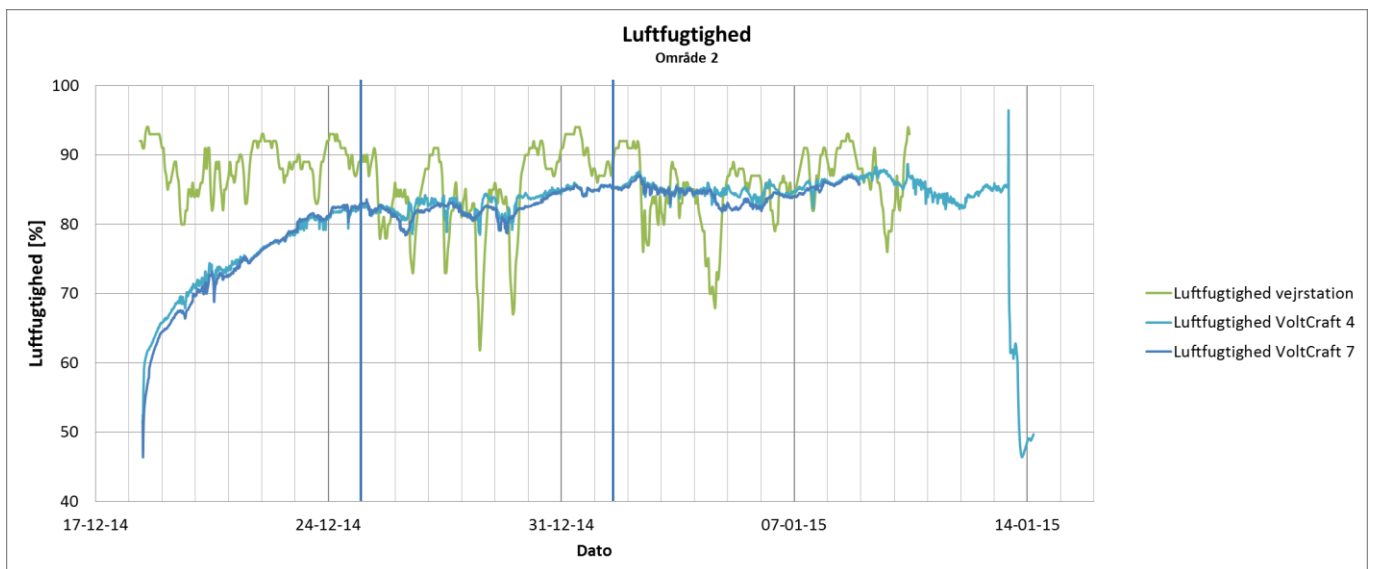
Til registrering af **luftfugtighed**, **atmosfæretryk** og **temperatur** blev instrumentet VoltCraft DL-121TH benyttet. Data fra VoltCraft-instrumentet blev benyttet for målinger af luftfugtigheden over og under gulv, for målinger af det atmosfæriske tryk ude og inde ved Bygning 2 samt for måling af indetemperaturen i Bygning 2. Der er benyttet i alt 7 VoltCraft-instrumenter under projektet, benævnt VoltCraft 1 - 7. VoltCraftmålerne har målt 4 gange i timen i hele måleperioden. Datablad for VoltCraft-måleren er vedlagt i bilag 6.

De udendørs målinger for temperatur og luftfugtighed fra VoltCraft-instrumentet er kun benyttet til vurdering af temperaturen på nordsiden af bygning 1. Temperaturmålingerne udendørs blev udført 2 steder på Innovationsgaragen, hhv. på en sydvendt og en nordvendt væg. Selvom instrumentet har siddet i skygge i måleperioden, er der alligevel tydelige tegn på solpåvirkning i data fra måleren på den sydvendte væg. Dette skyldes sandsynligvis en lokal opvarmning af luften under tagudhængen som følge af solens opvarmning af taget og væggen. Opvarmningen fra solen ses i data som peaks midt på dage med solskinsvejr, der antager værdier på op til 5 °C i forhold til måleren på nordsiden af Bygning 1. Måleren på den nordvendte væg viser ikke tegn på påvirkning af lokal opvarmning under tagudhængen. Temperaturen blev målt med en præcision på 0,1 °C, hvilket blev vurderet at være tilstrækkeligt præcist, da temperatursvingningerne i udeluften normalt er noget større. Temperaturdata er vist i figur 2.16.



FIGUR 2.16. TEMPERATURMÅLINGER.

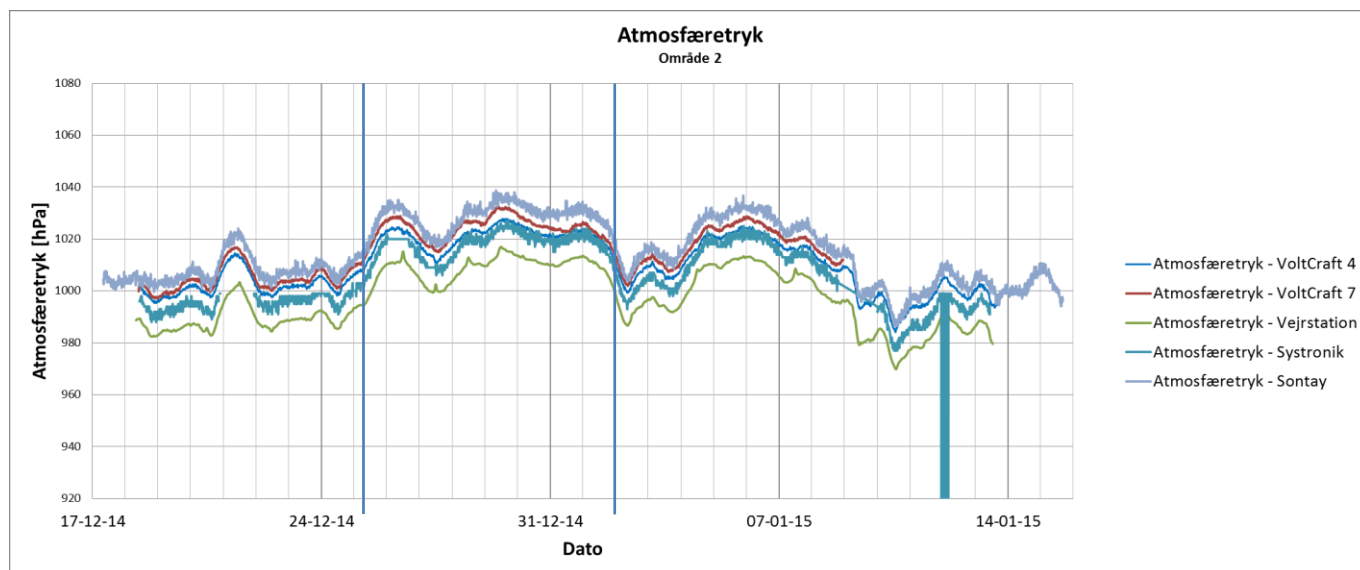
Målingerne af den udendørs luftfugtighed er blevet forstyrret af den måde instrumentet blev sat op på. Hovedformålet med de udendørs målere var målinger af atmosfæretrykket hvorfor instrumenterne blev pakket ind i filt og plasticposer for at undgå vindpåvirkning. Filten har som forventet suget luftfugten til sig og dermed forstyrret luftfugtighedsdata hvilket tydeligt fremgår af figur 2.17.



FIGUR 2.17. LUFTFUGTIGHEDSMÅLINGER UDENDØRS FRA VEJRSTATIONEN OG VOLT-CRAFT-INSTRUMENTERNE.

Målingen fra VoltCraft 4 på Bygning 2's sydside er udvalgt til angivelse af atmosfæretrykket. Volt-Craft 7, der var placeret på Bygning 1's nordside, har dataudfald efter 8. januar 2015 og er derfor kasseret. Vejrstationen viser værdier, der generelt ligger 15 – 20 hPa under de øvrige instrumenter. Efter sammenligning med data fra DMI i samme periode blev det vurderet, at vejrstationens målinger af atmosfæretrykket er forskudt. Dette kan skyldes en manglende korrektion i forhold til koten, hvor måleren var placeret. Til vurdering af trykdifferensmålinger er en præcis måling af det absolute atmosfæretryk ikke essentiel. Til gengæld er ændringerne over tid i atmosfæretrykket vigtige. Her ses det på figur 2.18, at alle de benyttede måleinstrumenter har registreret de samme relative variationer i atmosfæretrykket i hele måleperioden. De øvrige instrumenter har været placeret indendørs

og vurderes derfor ikke egnede som referencemålinger. De øvrige instrumenters dataserier ligger på niveau med DMI's data. Målinger af det atmosfæriske tryk fremgår af figur 2.18. Data fra DMI er vedlagt i bilag 2.



FIGUR 2.18. MÅLINGER AF ATMOSFÆRETRYKKET MED INSTRUMENTERNE VOLT CRAFT, SYSTRONIK, SONTAY OG VENTUS.

Til måling af **temperatur** under gulv blev instrumentet TESTO 176 T4 benyttet. Temperaturen blev målt med en præcision på 0,1 °C. Temperatursvingningerne under gulvkonstruktionen var ikke forventet at have samme størrelser som svingningerne i ude- og indeluften, men det blev vurderet på forhånd, at præcisionen på målingerne var tilstrækkelig til formålet. Instrumentet har 2 kanaler således, at der kan måles temperatur over og under gulvet på samme tid. TESTO-instrumentet har målt 4 gange i timen. Datablad for TESTO-instrumentet er vedlagt i bilag 6. Temperaturmålingen under gulvet er kun målt med TESTO, mens flere af instrumenterne har målt temperaturen inde i Bygning 2. På figur 2.15. ses temperaturmålinger umiddelbart over gulv udført med TESTO og målinger udført ca. 5 cm over gulv udført med VoltCraft 3. TESTO-måleren har målt temperaturen med en føler, der har været placeret i en afstand på mindre end 5 mm fra betongulvets overflade, se fotos i bilag 3. Sammenlignet med data fra VoltCraft-instrumentet er døgnvariationerne fra TESTO meget små og temperaturændringerne registreres langsommere. Dette skyldes formentlig, at TESTO-målingerne er påvirket af betongulvets temperatur, der varierer langsommere end luftens pga. større varmekapacitet i betonen. På den baggrund vurderes data fra VoltCraft-måleren, at give et bedre billede af temperaturen inde i Bygning 2 og er udvalgt til angivelse af indetemperaturen i Bygning 2.

Til målinger af luftens indhold af **radon** blev instrumentet RAD7 benyttet. Der er målt på luften under gulvet og i indeluften i Bygning 2 på samme tid. Til dette er der benyttet 2 måleinstrumenter. RAD7-instrumenterne har målt 1 gang i timen. Datablad er vedlagt i bilag 6. For ikke at forstyrre målingen af radon i indeluften, blev afkastet fra måleren, der målte under gulv, ledt gennem ydermuren og ud. Som gennemgået i 2.1.11 vurderes instrumentets periodevis aktive pumpning af luft fra porevolumet under betongulvet ikke at influere på målingerne af differensstrykket, da målingerne foregår med 2 meters afstand. RAD7-instrumentet har en måleusikkerhed på +/- 5 % ifølge databladet.

Til måling af meteorologiske data, herunder **temperatur, luftfugtighed, atmosfæretryk, vindhastighed, vindretning og nedbør** blev en vejrstation af fabrikatet Ventus W928 Ultimate

benyttet. Vejrstationen har målt 1 gang i timen. Datablad er vedlagt i bilag 6. Vejrstationens målere var placeret på taget af Bygning 2.

Derudover er der rekvireret data for **solindstråling** og **fordampning** fra DMI. Desuden er der hentet data for vindretninger fra en lokalitet på Gravertoften i Ledøje.

En samlet oversigt over de anvendte måleinstrumenter samt deres placering i måleperioden er vist i nedenstående tabel 2.1. Placeringen af måleinstrumenterne er vist på oversigten i bilag 1.

Måleinstrument	Placering, målepunkt	Optaget data	Anvendt data	Målepræcision	Bemærkninger
Greisinger 1	Bygning 2, diff. tryk gulv	Differenstryk		0,1 Pa	Data kasseret pga. flydning
Greisinger 2	Bygning 2, diff. tryk inde-ude		Differenstryk		Måling gennem ydermur mod syd
Greisinger 3	Bygning 1, diff. tryk inde-ude				*
Greisinger 4	Bygning 1, diff. tryk gulv				*
Systronik	Bygning 2, diff. tryk gulv	Differenstryk, temperatur, atmosfæretryk		0,1 Pa	Data kasseret pga. mismatch med øvrige instrumenter. Påvirket af svag vind over gulv.
Sontay ch. 1	Bygning 2, diff. tryk gulv	Differenstryk, atmosfæretryk	Differenstryk	0,1 Pa	
Sontay ch. 2	Bygning 2, diff. tryk gulv, 2 m				Kasseret pga. store huller i dataserien
Sontay ch. 3	Bygning 2, diff. tryk gulv, 4 m		Differenstryk		Placeret 4 m fra øvrige instrumenter i Bygning 2
VoltCraft 2	Bygning 2, "under gulv"	Luftfugtighed, temperatur, atmosfæretryk	Luftfugtighed	0,1 %	
VoltCraft 3	Bygning 2, indeluft		Luftfugtighed, temperatur	0,1 %, 0,1 °C	
VoltCraft 4	Bygning 2, ude		Atmosfæretryk	0,1 hPa	
VoltCraft 5	Bygning 1, "under gulv"				*
VoltCraft 6	Bygning 1, indeluft				*
VoltCraft 7	Bygning 1, ude		Temperatur ude		*
TESTO 1	Bygning 2, over og under gulv		Temperatur	Temperatur under gulv	0,1 °C
TESTO 2	Bygning 1, over og under gulv				
Vejrstation	Innovationsgaragen	Temperatur ude og	Temperatur	0,1 °C	Ikke højdekor-

Måleinstrument	Placering, målepunkt	Optaget data	Anvendt data	Målepræcision	Bemærkninger
		inde, Luftfugtighed, atmosfæretryk, chill, vindhastighed, vindstød, vindretning, nedbør	ude, luftfugtighed ude, vindhastighed, vindstød, nedbør	0,1 % 0,1 m/s 0,1 mm	rige-ret
RAD7 1	Bygning 2, indeluft	Radon	Radon	+/- 5 %	
RAD7 2	Bygning 2, under gulv		Radon		
DMI	-	Solindstråling	Solindstråling	1w/m ²	
DMI	-	Potentiel fordampning	Potentiel fordampning	0,1 mm/døgn	
Privat, Gravertoften, Ledøje	-	Vindhastigheder	Vindhastigheder	0,1 m/s	Målt i en afstand af ca. 6 km fra Innovations-garagen. Afstanden gør data usikre, særligt for vindretningen.
Privat, Gravertoften, Ledøje	-	Vindretninger	Vindretninger	1 grad	

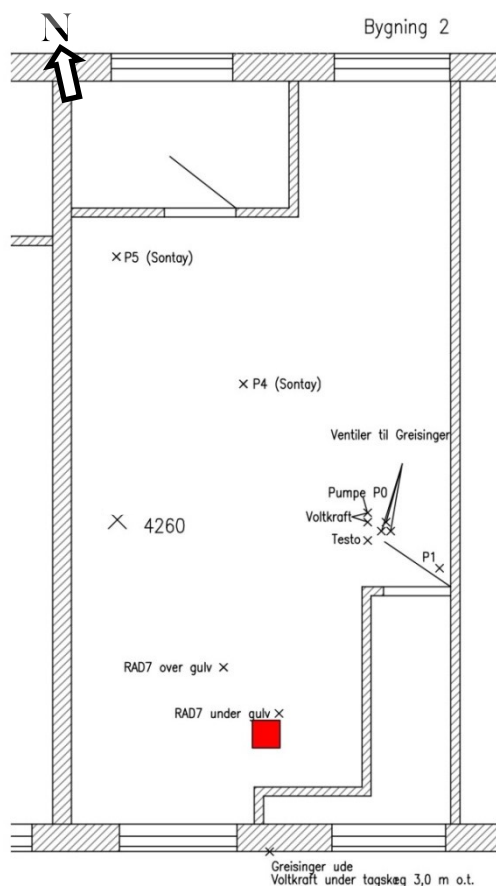
* Data fra Bygning 1 benyttes ikke i nærværende rapport pga. forstyrrelser fra sideløbende forsøg i bygningen.

Tabel 2.1. Oversigt over måleinstrumenter, målepunkter og anvendte data.

2.4.3 Placering af måleudstyr og etablering af målepunkter

I det følgende gennemgås placering og installation af de enkelte måleinstrumenter i Bygning 2. Instrumenterne er installeret inden for en indbyrdes afstand på op til 30 cm for at sikre, at målin-

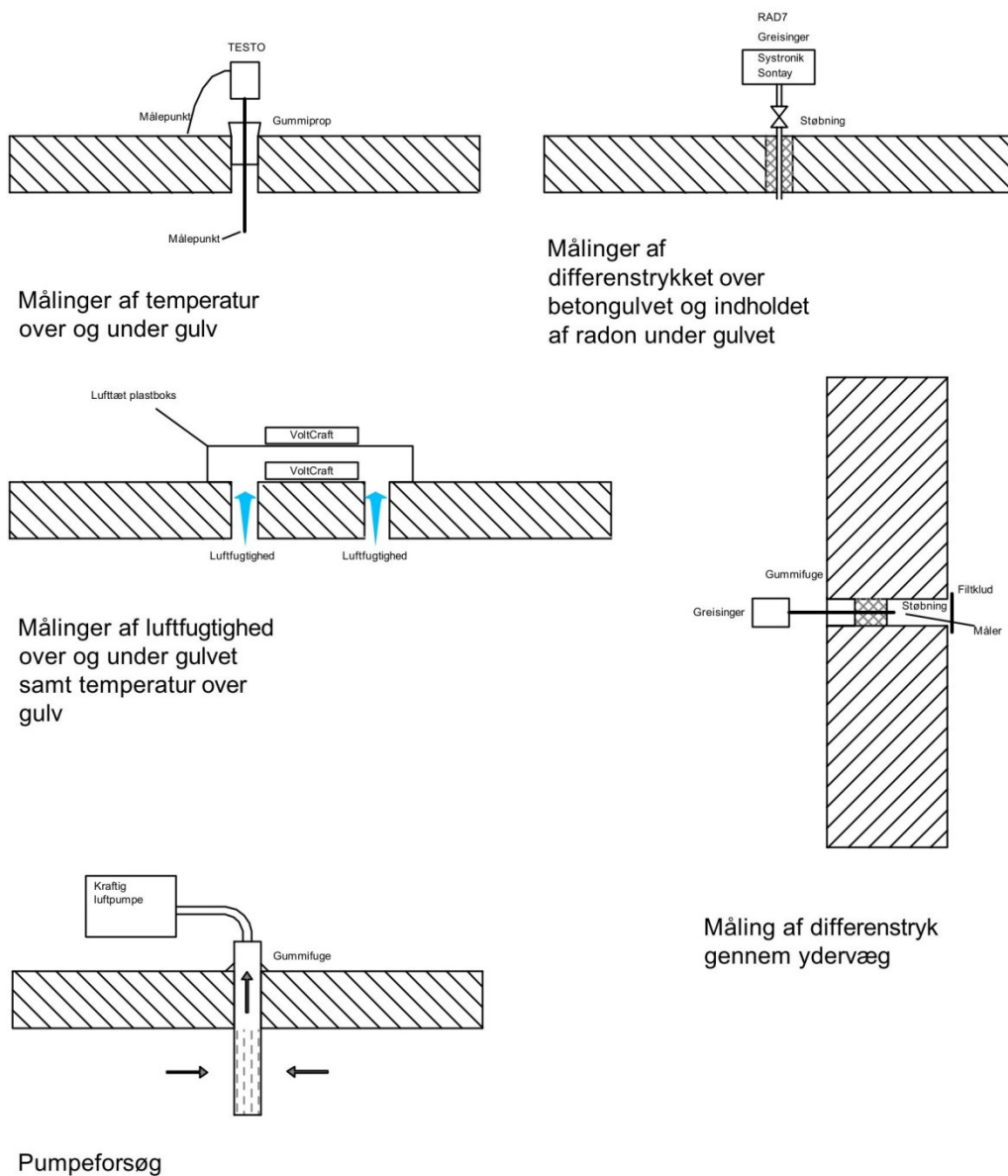
gerne med de forskellige instrumenter kunne tilskrives ensartede forhold. Derudover blev der etableret 2 målepunkter til differenstrøkmålinger hhv. 2 m og 4 m fra de øvrige målepunkter. Placeringen af målepunkterne er vist i figur 2.19. En principskitse af installationen af de enkelte måleinstrumenter er vist i figur 2.19. Fotos af måleinstrumenternes opsætning er vedlagt i bilag 3.



Differenstrøkmålinger over gulv: Målepunkterne blev etableret ved at bore et Ø 20 mm hul i betongulvet. I hullet blev installeret en trykfast slange med afslutning i jorden umiddelbart under gulv. Installationen blev afsluttet over gulv med en ventil, således, at installationen kunne genbruges. Hullet blev opfyldt med fliseklæb, der erfaringsmæssigt sikrer en lufttæt støbning i beton. Måleinstrumenterne er efter hærdning af klæberen monteret på ventilen. En skitse af monteringen er vist i figur 2.20. Fotos af monteringen er vist i bilag 3.

FIGUR 2.19. PLACERING AF MÅLEPUNKTER I BYGNING 2.

Differenstryk over ydermur: Målepunktet er etableret ved at bore et Ø 14 mm hul i ydermuren. I hullet blev etableret en trykfast slange, der blev ført 2/3 gennem væggen. På væggen inderside blev slangen fæstnet med fugemasse. På ydersiden blev påsat en filtklud for at hindre regn og vind i at forstyrre målingen. En skitse af monteringen er vist i figur 2.20. Fotos af monteringen er vist i bilag 3.



FIGUR 2.20. PRINCIPSKITSER FOR INSTALLATION AF MÅLEINSTRUMENTER OG FYSISK ETABLERING AF MÅLEPUNKTER.

Luftfugtighed under og over gulv: For at måle luftfugtigheden under gulvet blev der etableret 2 Ø 20 mm huller med en afstand på 10 cm. Instrumentet blev placeret direkte på gulvet mellem de 2 huller, hvorefter der blev limet en tæt plasticboks over både instrument og huller. Det blev antaget, at luftfugtigheden under gulv hurtigt ville forplantes til boksen således, at målingen af luftfugtigheden i boksen ville svare til en luftfugtighedsmåling under gulvet. Luftfugtigheden over gulvet blev målt ved at placere et instrument oven på plasticboksen. Denne metode til måling af luftfugtigheden under gulvet var ikke optimal, da selve målingen foregik over gulvet, hvor temperaturen var forskellig fra temperaturen under gulvet.

Temperatur over og under gulv: Til målingen af temperaturen over og under gulvet blev der boret et Ø 14 mm hul i betongulvet, hvor der gennem en gummiprop blev presset et spyd med en temperatursensor på spidsen. Spyddet blev presset ned til underside af betongulv. Instrumentet var udstyret med 2 sensorer. Den anden sensor blev placeret umiddelbart over gulvet.

Atmosfæretryk: Til måling af atmosfæretrykket blev der etableret et instrument på den sydvendte væg på Bygning 2 under tagudhænget.

Radon: Til måling af radonindholdet i poreluften under betongulvet blev der boret et Ø 14 mm hul i betongulvet, hvor slanger fra instrumentet blev installeret med gummiprop, studs og slange, se fotos i bilag 3. Målepunktet blev etableret 2 m fra de øvrige målepunkter for at undgå, at oppumpningen af poreluft skulle forstyrre målingen af differenstrykket. Målerne kørte med et flow på 1,0 l/min. Flowhastigheden er beregnet til 0,013 mm/s, hvilket vurderes at være uden betydning for de udførte differenstrykmålinger. (Ved beregningerne er forudsat en cirkulær flowzone under gulvet. Der er ligeledes forudsat en gulvtykkelse på 10 cm, en afstand på 2 m mellem oppumpningspunktet og de øvrige målepunkter samt en porøsitet i materialerne umiddelbart under gulv på 30 %).

Måleren har målt radonkoncentrationerne i poreluften og i indeluften 1 gang i timen. Ved 1 måling pr. time kører RAD7-instrumentet 4 cykler med 5 minutters måling efterfulgt af 5 minutters pause. Måleresultatet fremkommer herefter ved midling af resultaterne fra de 4 cykler. Efter måling holdes pause i 20 minutter. Afkastluften fra målingen under gulv blev ledt ud af bygningen gennem et hul i væggen for at undgå kontaminering af den samtidige måling i indeluften.

Målingen af indeluftens indhold af radon blev foretaget uden forudgående installation af målepunkt.

Vejrstation: Vejrstationens måleudstyr blev installeret på taget af bygningen i Bygning 2 inden måleperioden. Placeringen er vist i bilag 1.

Luftskiftemålinger: Til måling af luftskiftet i Bygning 2, blev sporgasmetoden PFT benyttet. Teorien bag metoden er beskrevet i bilag 4. Der blev ophængt gasemittere og samplere op på udvalgte steder. Placeringen af emittere og samplere blev anvist af SBI, der ligeledes har stået for analysearbejdet og den efterfølgende tolkning. Placeringen af emittere og samplere i Bygning 2 er vist i bilag 1b.

2.5 Ventilationstest

Efter endt registrering af data vedrørende trykdifferensmålinger, blev der udført en ventilationstest under gulvet i Bygning 2. Der blev etableret sug/vakuum i området, hvor der blev målt differenstryk, temperatur og luftfugtighed og monitoringen af vakuumudbredelse blev udført i etablerede punkter. Pumpepunktet er markeret i figur 2.18 som P0. Registreringen af trykudbredelsen blev foretaget i en afstand af 1 m (P1), 2 m (P4), 3 m (P2), 4 m (P5), 5 m (P3) og 8,3 m (P6). Punkterne i afstanden 2 og 4 m blev benyttet til måling af differenstrykket med Sontay-udstyret. Samtlige målepunkter benyttet under ventilationstesten er vist i bilag 1b. Der blev pumpet i ca. 20 min med en ydelse på 10 m³/h hvorefter ydelsen blev øget til 20 m³/h i 30 min. Til sidst blev ydelsen øget til 26 m³/h, der var den maksimale ydelse med det benyttede udstyr. Ved maksimal ydelse monitoreredes i ca. 15 min.

Differenstrykket under ventilationstesten blev i samtlige benyttede målepunkter målt med Greisinger-instrumentet. Det var forventet, at den kraftige pumpning ville skabe et betydeligt undertryk under gulvkonstruktionen. Under ventilationstesten blev der derfor i punkterne P1 og P4 benyttet kraftigere sensorer, der kunne holde til et større differenstryk uden at miste data eller gå i stykker. Disse sensorer målte differensstrykket med en præcision på 1 Pa. Differensstrykket blev registreret 1 gang i sekundet under ventilationstesten.

3. Resultater

I det følgende vil resultaterne af målingerne udført i perioden fra den 18. december 2014 til den 13. januar 2015 blive gennemgået. Hvert enkelt målt parameter vil blive sammenholdt med udviklingen i differenstrykket. Løbende vil differenstrykkets variationer vurderes ud fra de samlede data, da det forventes, at differenstrykkets variationer er et produkt af alle de målte parametre. Undtaget herfra er radonmålingerne, der benyttes til at observere betydningen af differenstrykket.

3.1 Vejrforhold

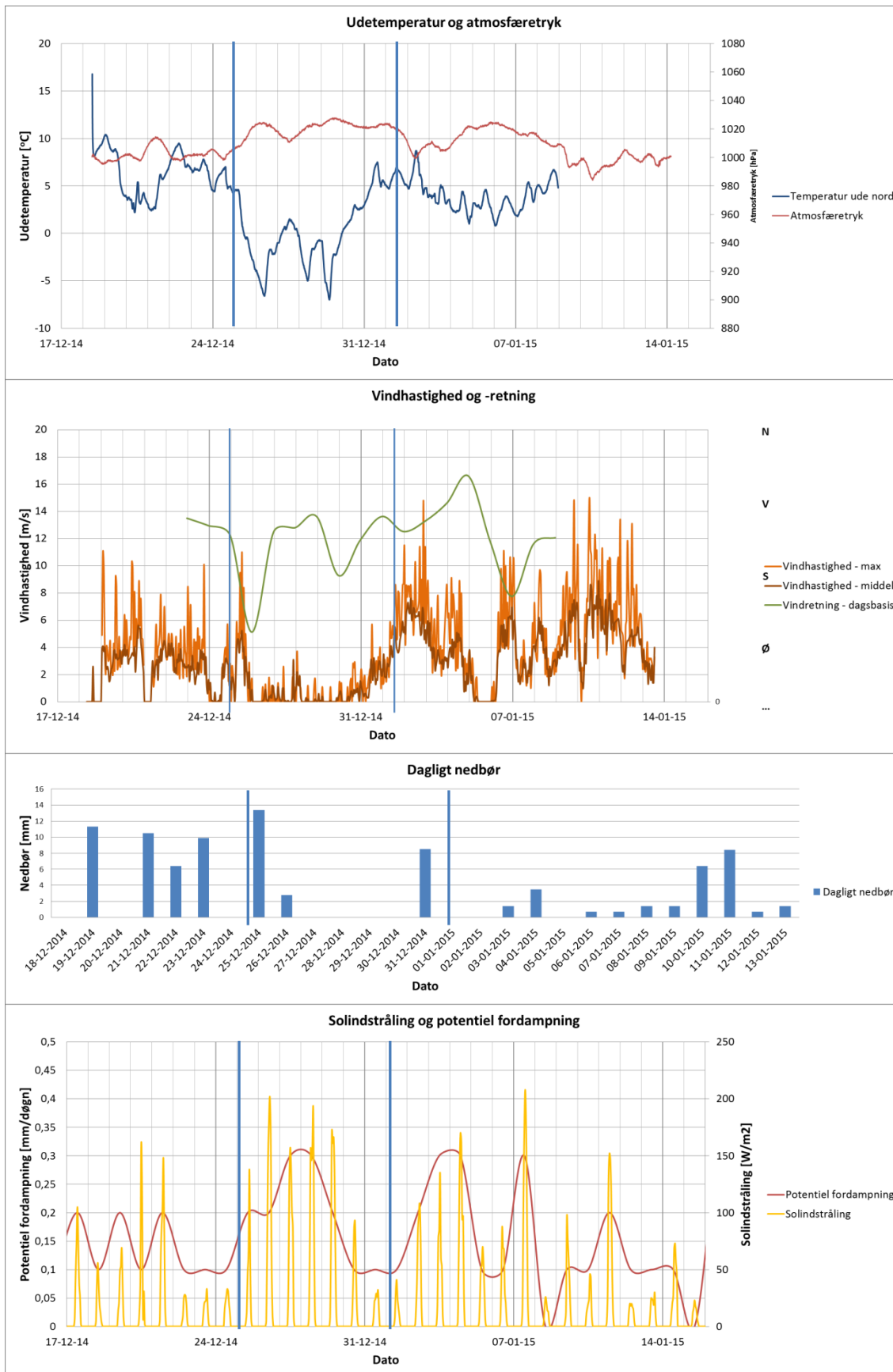
Måleperioden har vejræssigt budt på store variationer, der har givet mulighed for at studere variationer i differenstrykket under meget forskellige vejrforhold. Den samlede måleperiode kan opdeles i tre delperioder, som kort gennemgås herunder. Data vedrørende vejrforhold er vist i figur 3.1.

I perioden fra **den 18. december 2014 til den 24. december 2014** lå temperaturen mellem 3 og 10 °C, der var nedbør på op til 11 mm pr. dag og solskin indimellem med en solindstråling på op til 150 w/m² og et atmosfæretryk stabilt på ca. 1.000 hPa. Middelvindhastigheden lå stabilt mellem 2 og 4 m/s.

I den følgende periode fra **den 25. december 2014 til den 31. december 2014** faldt temperaturen til mellem 0 og -7 °C, atmosfæretrykket steg og holdt sig stabilt på ca. 1020 hPa, der blev registreret en solindstråling på op til 200 w/m² og middelvindhastigheder under 2 m/s. Der blev registreret nedbør på op til 13 mm først og sidst i perioden.

Perioden fra **den 1. januar til den 13. januar 2015** var præget af 2 storme med middelvindhastigheder på op til 9 m/s, vindstød på op til 30 m/s (se data fra DMI i bilag 2, der viser en noget højere værdi for de maximale vindhastigheder), større svingninger i atmosfæretrykket fra 980 hPa til 1020 hPa, temperaturer mellem 0 og 5 °C og let spredt nedbør med op til 8 mm om dagen. Solindstrålingen var meget varierende med værdier fra 25 w/m² til en enkelt dag med 200 w/m².

I disse 3 perioder, der vejræssigt adskiller sig fra hinanden, var der tydelige forskelle i måledata. Perioderne benævnes i det følgende som hhv. delperiode 1, delperiode 2 og delperiode 3. Opdelingen i vejrperioder er markeret i graferne med en blå linje.

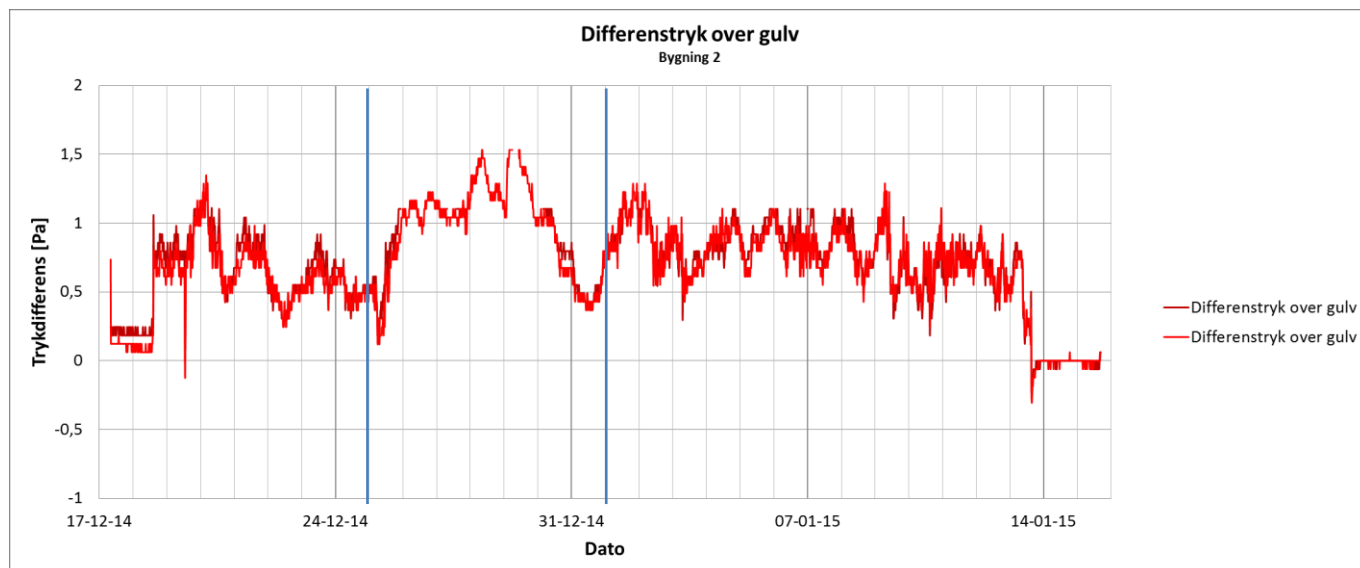


FIGUR 3.1. VEJRDATA FRA MÅLEPERIODEN 18. DECEMBER 2014 TIL 13. JANUAR 2015. LODRETTE BLÅ STRÉGER MARKERER ADSKILLELSEN MELLEM DE TRE DELPERIODER.

3.2 Målte parametre

3.2.1 Differenstryk

Differenstryk over gulv i måleperioden er vist i figur 3.2. Som beskrevet i 2.4.2 er data samlet fra 2 målepunkter for at opnå fuld dækning i hele måleperioden. Data indledes og afsluttes med en periode med målinger i fri luft, altså uden forskel i tryk. Disse perioder ses på figur 3.2 som de konstante værdier med værdi omkring 0. Der ses ved måleperiodens start, at data antager værdier på op til 0,2 Pa i fri luft. Dette må tilskrives usikkerhed ved måleinstrumentet.

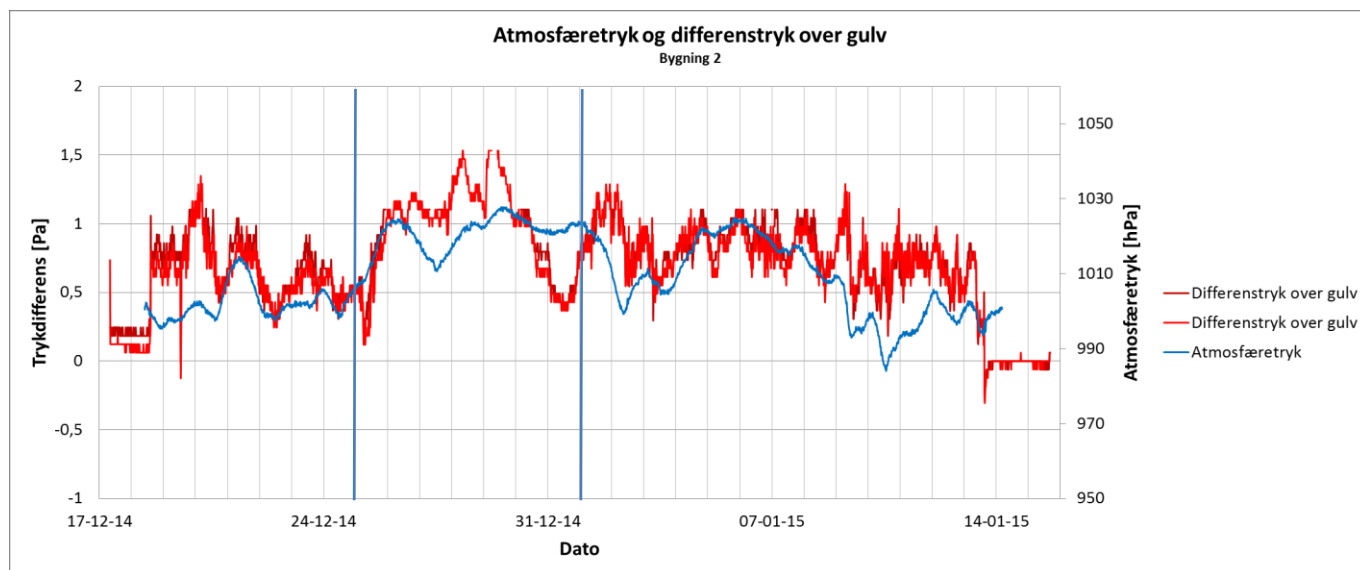


FIGUR 3.2. DIFFERENSTRYK OVER GULV.

Der måles et højere tryk under end over gulvet i hele måleperioden, hvilket er vist som positive værdier for differenstrykket. Der er altså tale om opadrettet trykgradient i hele måleperioden. Der er målt værdier mellem 0,2 Pa og 1,5 Pa i hele måleperioden. De største udsving er sket i delperiode 2, hvor der sker en markant stigning i begyndelsen af perioden, der også afsluttes med et større fald i differenstrykket. I delperioderne 1 og 3 ses der ikke helt så store stigninger og fald i differenstrykket, der i stedet, særligt i delperiode 3, svinger i noget, der ligner en døgnrytme. Den gennemsnitlige værdi for differenstrykket er på 0,78 Pa i hele måleperioden.

3.2.2 Atmosfæretryk

Atmosfæretrykket ligger i måleperioden på et niveau fra 985 hPa til 1.028 hPa. På figur 3.3 er vist udviklingen i atmosfæretrykket sammen med differenstrykket i hele måleperioden.



FIGUR 3.3. ATMOSFÆRETRYK OG DIFFERENSTRYK OVER GULV.

I delperiode 1 ligger atmosfæretrykket relativt stabilt på ca. 1.000 hPa med en kort stigning på 20 hPa den 20. til den 21. december 2014. Overordnet følger ændringerne i differenstrykket tendenserne i atmosfæretrykket. Om eftermiddagen den 19. december til om aftenen den 20. december observeres en mindre stigning efterfulgt af et fald i atmosfæretrykket der kan erkendes i differenstrykket. Et større udsving i atmosfæretrykket ses igen den 20. december til den 21. december. Denne gang observeres en stigning i samme størrelsesorden efterfulgt af et fald i differenstrykket.

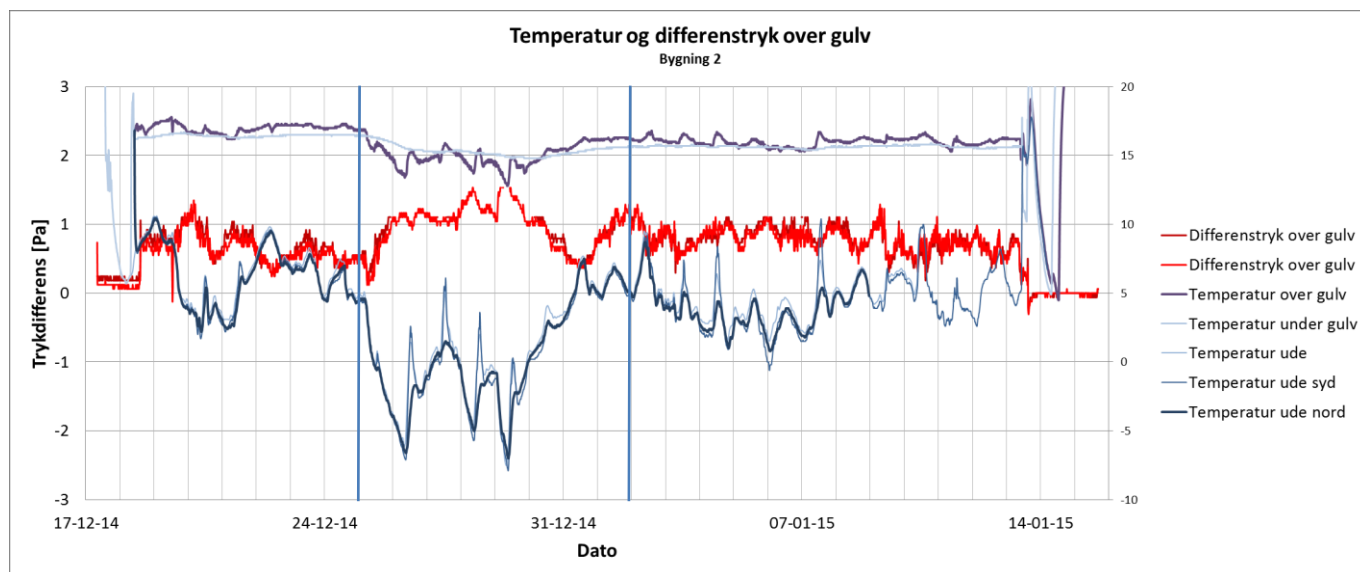
I delperiode 2 observeres en stigning i atmosfæretrykket fra den 24. december til den 26. december, der følges af en let forsinket stigning i differenstrykket. Differenstrykket falder igen fra den 29. december til den 31. december. Dette kan ikke forklares ved ændringer i atmosfæretrykket, da dette er stort set konstant fra den 28. december og resten af perioden.

I delperiode 3 ses den 1. januar et hurtigt fald i atmosfæretrykket, der efterfølges af en længerevarende stigning indtil den 5. januar. Herefter falder atmosfæretrykket jævnt til den 9. januar, hvor der sker et hurtigt fald efterfulgt af svingninger, der formentligt skyldes passagen af 2 storme i perioden den 9. til den 11. januar. De markante ændringer i atmosfæretrykket giver ikke umiddelbart anledning til respons i differenstrykket. I delperiode 3 observeres i stedet variationer i differenstrykket, der mere har karakter af døgnvariationer, og som ikke umiddelbart kan forklares af atmosfæretrykket.

Det skal bemærkes, at atmosfæretrykket svinger med en størrelse på 20 hPa eller 2000 Pa, mens de tilsvarende eller samhørende udsving i differenstrykket ligger i en størrelse på 1 Pa.

3.2.3 Temperatur

Udetemperaturen ligger i måleperioden mellem -8 og +10 °C. På figur 3.4 er vist udviklingen i temperaturen ude, inde og under gulvet sammen med differensterykket i hele måleperioden.



FIGUR 3.4. TEMPERATUR OG DIFFERENSTRYK OVER GULV.

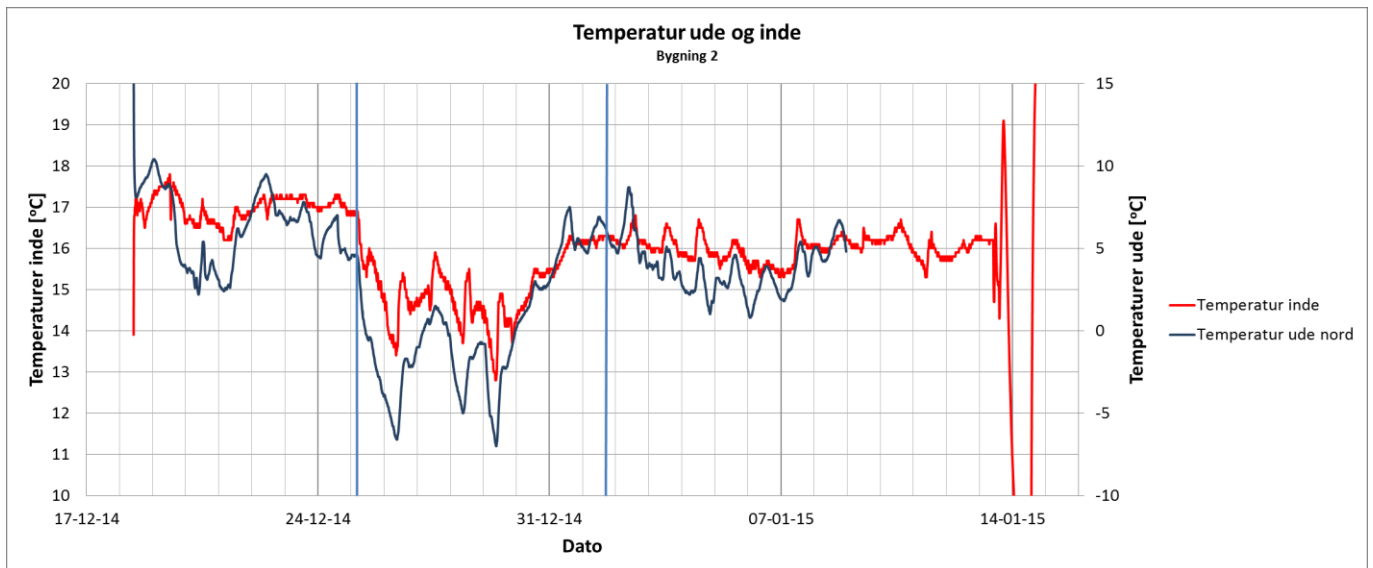
I delperiode 1 blev der observeret varierende udendørs temperaturforhold. Perioden er præget af først temperaturer omkring 8 til 10 °C hvorefter temperaturen mellem den 19. og den 21. december falder til mellem 3 °C og 5 °C. Mellem den 21. og den 25. december lå temperaturen mellem 5 °C og 10 °C. I delperiode 1 ses der døgnvariationer i udetemperaturen, der er tydeligst i den sidste halvdel.

Udetemperaturen har en svag effekt på indetemperaturen i Bygning 2 i delperiode 1. Særligt er det den daglige variation i udetemperaturen, der ses som små temperaturstigninger efterfulgt af fald. Indetemperaturen ligger i delperiode 1 overordnet konstant omkring 17 °C.

I delperiode 1 blev der ikke observeret betydende svingninger i temperaturen under betongulvet.

I delperiode 2 blev der observeret et markant fald i udetemperaturen. Samtidig ses tydelige døgnvariationer. Temperaturen falder til under frysepunktet i stort set hele delperioden.

Indetemperaturen i Bygning 2 er tydeligt påvirket af temperaturfaldet udendørs. Indetemperaturen falder i delperiode 2 til mellem 14 og 15 °C og der er tydelige døgnvariationer. På figur 3.5 er vist temperaturen ude og inde. Det ses her, at indetemperaturen reagerer på ændringerne i udetemperaturen uden forsinkelse af betydning. Der er med andre ord målt maksimum og minimumsværdier for temperaturen ude og inde samtidigt.



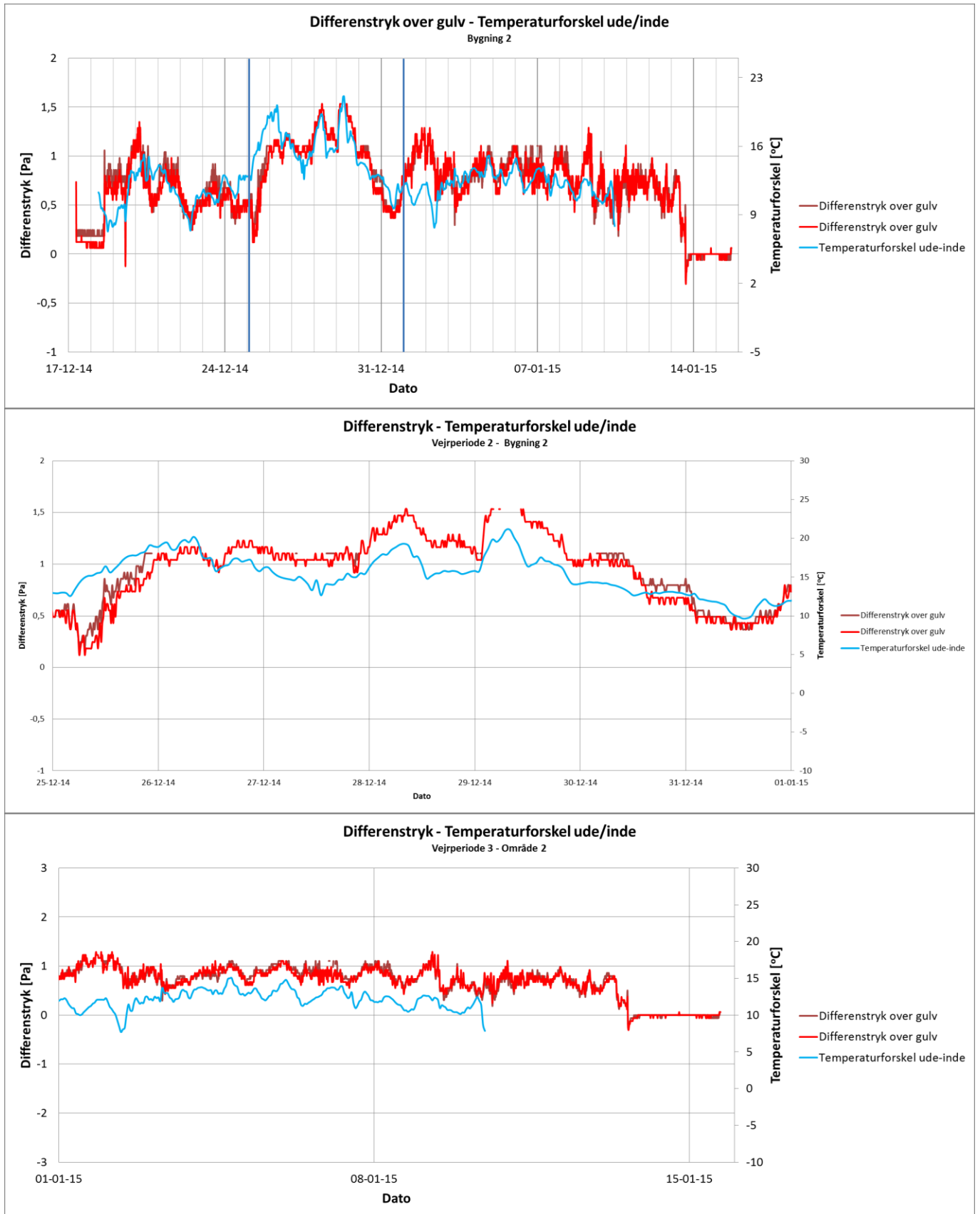
FIGUR 3.5. TEMPERATUREN UDE OG INDE.

I delperiode 2 sker der en tydelig stigning i differenstrykket, der i hele perioden reagerer på temperaturændringerne. Ved et hurtigt temperaturfald (både ude og inde, da de hænger tæt sammen), ses en hurtig respons ved stigning i differenstrykket og omvendt. De højeste værdier for differenstrykket observeres samtidigt med de laveste værdier for ude- og indetemperaturen. Døgnvariationerne i differenstrykket over gulv er svage ($<0,5$ Pa), men det vurderes at de skjules en smule af den generelle stigning i differenstrykket i starten af delperiode 2.

Temperaturen under gulvet reagerer ligeledes på temperaturfaldet, men det er tydeligt, at reaktionstiden for temperaturforplantningen gennem gulv og fundamenter er længere. Dette skyldes formentligt at varmetransporten gennem betongulvet sker ved stråling frem for lufttransport. Der ses ikke døgnvariationer i temperaturmålingerne under gulvet, som i de øvrige temperaturmålinger, men blot et generelt fald på op til 2 °C i delperiode 2.

I delperiode 3 varierer udetemperaturen mellem -1 og 9 °C. Variationerne i differenstrykket over gulv skyldes overvejende døgnvariationer i temperaturen, der i forhold til delperiode 1 er mere markante. Variationerne slår tydeligt igennem til indetemperaturen, hvor der observeres små temperaturmaksima midt på dagen i hele delperioden. Responset i differenstrykket, som følge af temperatursvingningerne på $1 - 2$ °C hvert døgn i delperiode 3, kan tydeligt erkendes. Hver eneste stigning i temperaturen følges af et fald i differenstrykket og omvendt. I bilag 5, tegning 1 – tegning 3, er vist detaljetegninger af temperaturen sammen med differenstrykket inddelt i de enkelte vejrperioder.

I perioden fra den 18. december 2014 til 13. januar 2015 blev der målt en forskel i ude- og indetemperaturen på mellem 10 og 20 °C. For hele måleperioden er der en markant sammenhæng mellem differenstrykket og temperaturforskellen mellem ude- og indeluften. Figur 3.6 viser forskellen mellem temperaturen ude og inde sammen med differenstrykket. Øverst er vist de 2 parametre i hele perioden mens de 2 nederste viser parametrene i delperiode 2 og delperiode 3.



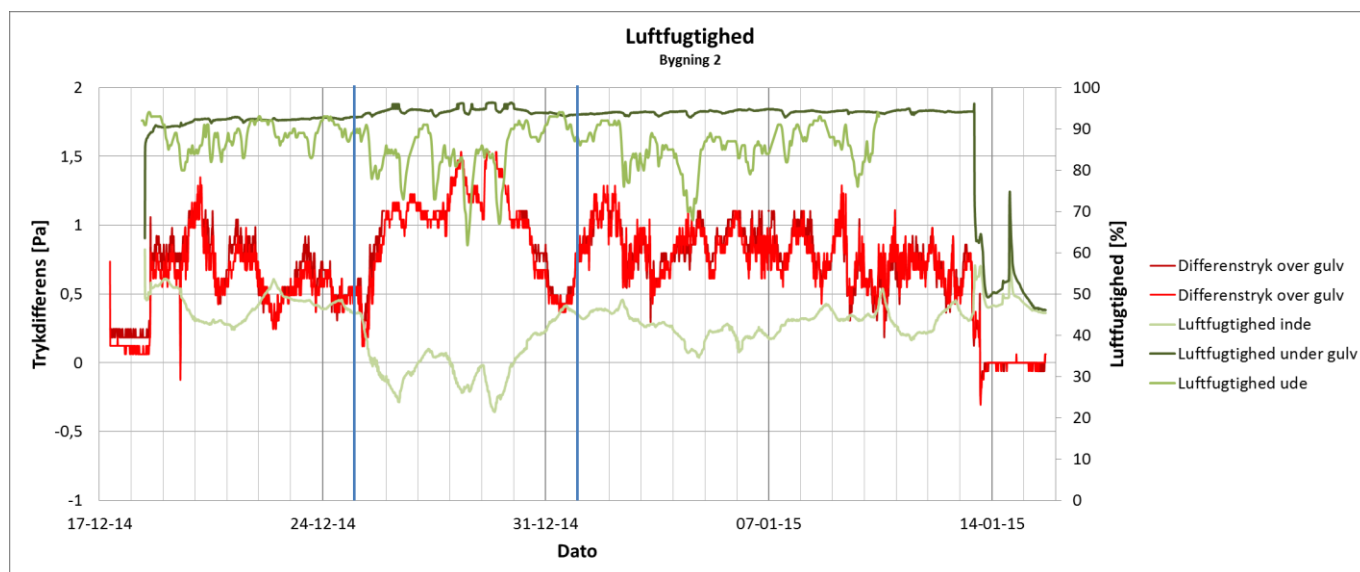
FIGUR 3.6. TEMPERATURFORSKEL MELLEM INDE OG UDE SAMT DIFFERENSTRYK OVER GULV.

En stigning i temperaturforskellen mellem ude og inde resulterer umiddelbart i en stigning i differenstrykket og omvendt. Særligt de store temperaturforskelle, der ses sidst på natten d. 28. og 29. december 2014 skaber en stigning i differenstryk over gulv. Tendensen er gennemgående i hele perioden med undtagelse af den 1. januar, hvor et fald i temperaturforskellen ikke resulterer i et tilsvarende fald i differenstrykket. På samme tidspunkt sker et hurtigt fald i atmosfæretrykket, der kan have påvirket trykdifferensen i så stor en grad at påvirkningen fra temperaturforskellen skjules.

Overordnet set vurderes forskellen i temperaturen ude og inde at have en betydende effekt på differenstrykket.

3.2.4 Luftfugtighed

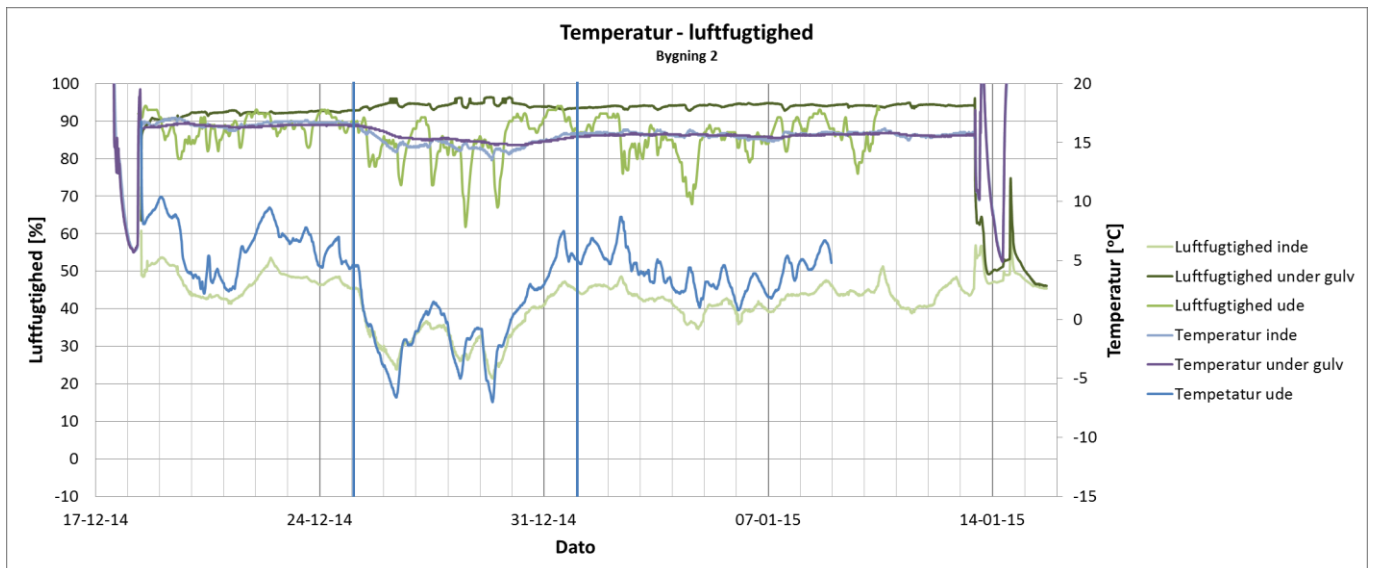
Forventeligt vil lufttemperaturen og luftfugtigheden følges ad, da der i nærværende rapport måles luftfugtighed i procent af mætningspotentialt, der er afhængigt af temperaturen. Figur 3.7 viser luftfugtigheden ude, inde og under gulvet sammen med differenstrykket.



FIGUR 3.7. LUFTFUGTIGHED OG DIFFERENSTRYK.

Sammenhængen mellem temperatur og luftfugtighed ses tydeligt mellem udetemperaturen og luftfugtigheden udenfor hvor der særligt i 2. delperiode sker fald i den relative luftfugtighed når temperaturen stiger. Variationerne i luftfugtigheden i udeluften følger en tydelig døgnrytme, hvilket kan forklares ved temperatursvingninger, der igen har sin årsag i indstråling, der ligeledes følger en døgnrytme.

Samme tendens ses i sammenhængen mellem luftfugtigheden under gulv sammenholdt med temperaturen under gulv. På figur 3.8 viser luftfugtigheden ude, inde og under gulvet sammen med temperaturen ude, inde og under gulvet.



FIGUR 3.8. LUFTFUGTIGHED OG TEMPERATUR.

Temperaturen under gulvet afhænger af rumtemperaturen, der igen er påvirket af udetemperaturen. Ændringerne i luftfugtighed og temperatur under gulv er meget små i forhold til de øvrige målinger, og der vurderes at være umiddelbar sammenhæng mellem parametrene som vist i figur 2.6 .

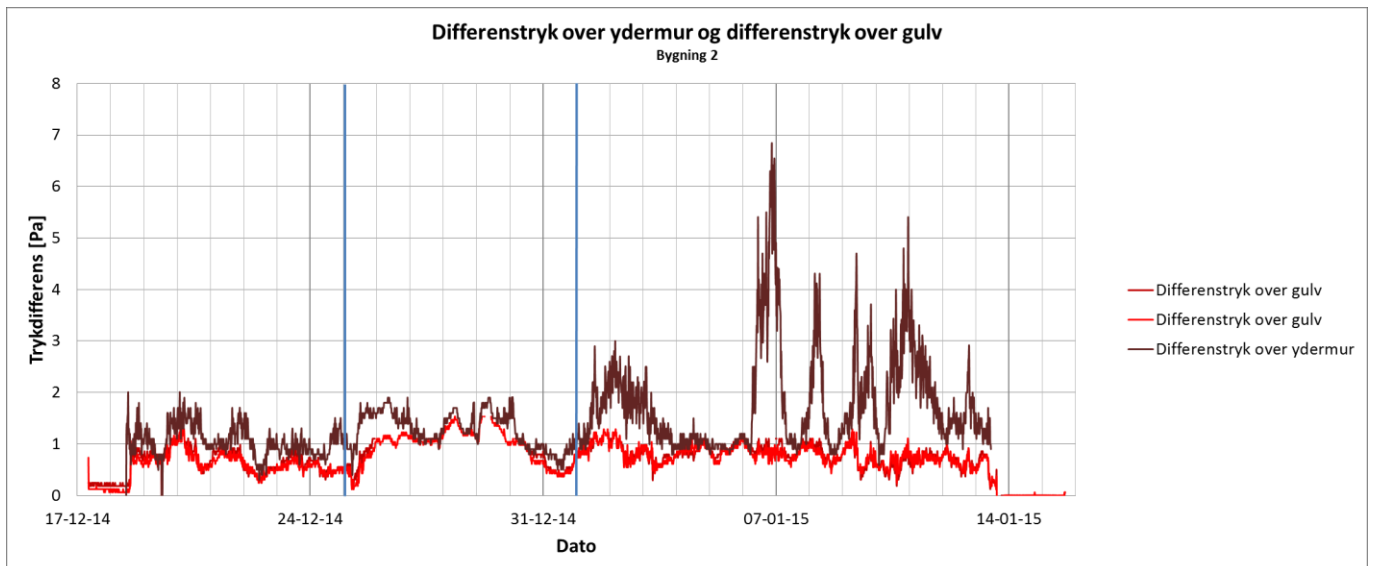
Sammenhængen mellem temperatur og luftfugtighed som vist i figur 2.6 ses ikke i forholdet mellem luftfugtigheden og temperaturen indenfor. Her er tendensen, at et fald i temperaturen følges af et fald i luftfugtigheden. Dette skal formentlig forklares ved, at der trækkes kold og tør luft ind udefra. I vinterperioden, hvor der normalt er lave temperaturer udendørs, har luften ikke så højt potentiale for at bære fugt som i de varmere perioder om sommeren. Når der trækkes udeluft ind i bygningen vil luftfugtigheden inde i bygningen falde, hvilket ses på figur 3.8.

En mere detaljeret tegning af forholdene mellem temperatur og luftfugtighed er vist i bilag 5, tegning 4 – tegning 6, hvor figur 3.8 er vist for hver vejrperiode. Her ses tydelig sammenhæng mellem temperatur og luftfugtighed under gulv.

Variationer i luftfugtigheden vurderes ikke umiddelbart at have indflydelse på differenstrykket, men hovedsagligt at være et resultat af temperatursvingninger.

3.2.5 Differenstryk over ydermur

Figur 3.7 viser differenstrykket mellem ude og inde og differenstrykket. I bilag 5, tegning 7 – tegning 9, er forholdene vist i figur 3.9. fordelt på de enkelte vejrperioder.



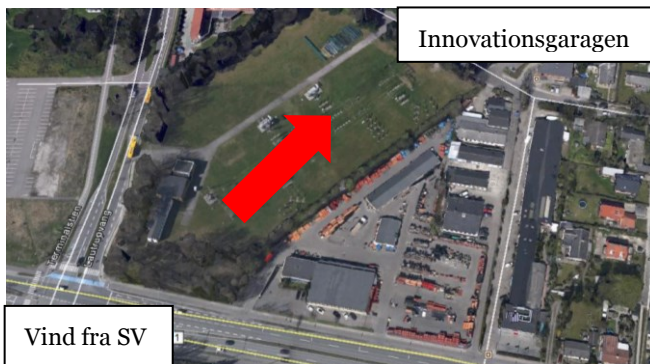
FIGUR 3.9. DIFFERENSTRYK OVER YDERMUR OG DIFFERENSTRYK OVER GULV.

Overordnet varierer differenstrykket over gulv og differenstrykket over ydermur i bygningen på samme måde i de 2 første delperioder. Stigninger og fald i differenstryk over ydermur ligger samtidigt og på niveau med værdierne for differenstryk over gulv. I delperiode 3 opstår der relativt store værdier i differenstrykket over ydermur. Disse forskelle skal søges forklaret i vindforholdene. I delperiode 3 følger differenstrykket over ydermur vindhastighederne. Ved generelt høje vindhastigheder opstår der en lokal vindstuvning på luvsiden af bygningen samt forventeligt (dette er ikke målt) et lokalt undertryk på læsiden, jf. figur 2.7. Hvor på bygningen vindtrykkets påvirkning er størst afhænger af vindretningen. Sammenfald i stigninger og fald i de målte differenstryk fra delperiode 1 og 2 følges i differenstrykket over ydermur i delperiode 3, men ikke på samme niveau som i delperiode 1 og 2. Her observeres større forskelle i differenstrykket over ydermur, der ikke resulterer i tilsvarende store forskelle i differenstrykket over gulv. Ud fra de målte vindhastigheder og retning, på dette tidspunkt, vurderes, at Bygning 2's sydside, hvor målingen er foretaget, er vindpåvirket, og at vindpåvirkningen virker forstærkende på målingen af differenstrykket over ydermur.

Målingerne indikerer, at der er god kontakt mellem udeluften og luften under bygningen med hurtig trykkudligning imellem. Dette ses ved at værdierne for differenstryk over ydermur og differenstryk over gulv ligger på samme niveau i de 2 første delperioder og svinger nogenlunde ens. Hvorledes trykforholdene har været på alle sider af bygningen, er uvist, da differenstrykket over ydermur kun er målt på sydsiden af Bygning 2.

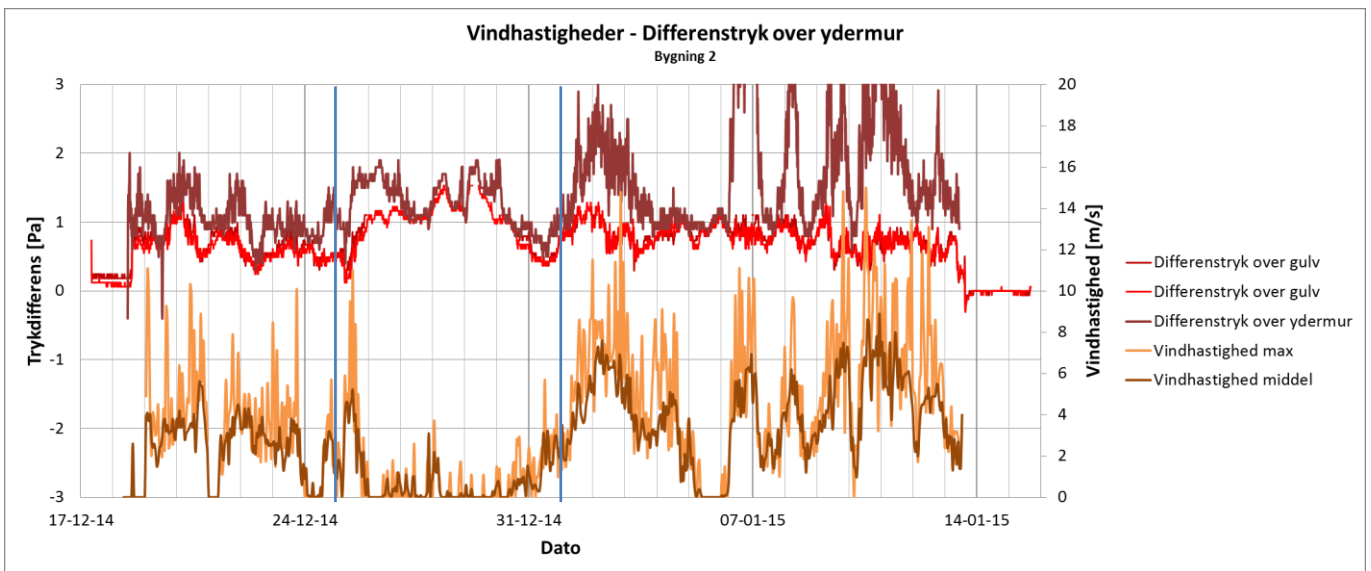
3.2.6 Vindhastighed og retning

Vindhastigheden har tilsyneladende ikke betydelig indflydelse på differenstrykket i delperiode 1 og 2. I delperiode 3, hvor der er flere perioder med blæsevej, bl. a. de 2 storme den 9. og 10. januar 2015, ses en tydelig sammenhæng mellem differenstrykket ude-inde og vindhastighederne. I begyndelsen af delperiode 3, hvor vindhastigheden stiger, ses en tilsvarende stigning i differenstrykket. Vindretningen er på dette tidspunkt fra sydvest hvilket umiddelbart vurderet ud fra luftfotoet i figur 3.10 er den vindretning, der kan give størst påvirkning på bygningerne. Figur 3.11 viser vindhastigheden, differenstrykket og differenstrykket ude/inde. Figur 3.12 viser derudover vindretningerne. Samme vindeffekt kan ligeledes erkendes midt i delperiode 3 (8. – 9. januar 2015), hvor vindretningen igen er fra sydvest og vindhastighederne er stigende.



FIGUR 3.10. LUFTFOTO OVER INNOVATIONSGARAGEN

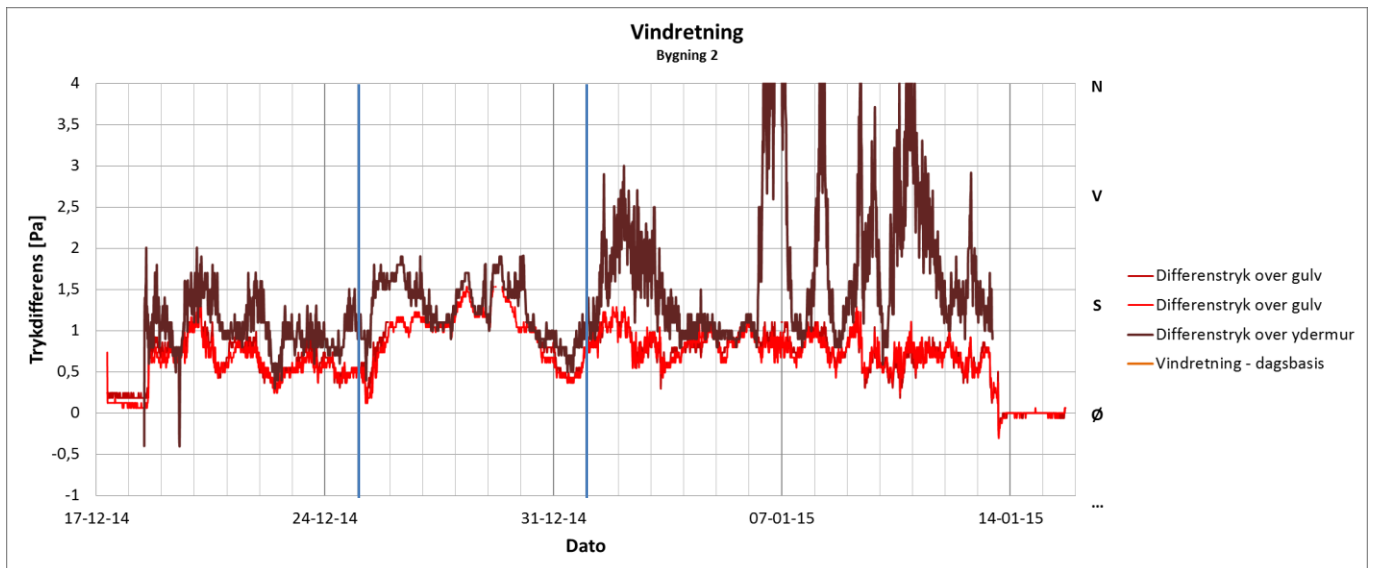
Der er et ubebygget areal vest til sydvest for Innovationsgaragen, der ikke har den samme vindafskærmende effekt som bygningerne omkring Innovationsgaragen giver, når vinden kommer fra de andre retninger.



FIGUR 3.11. DIFFERENSTRYK OVER GULV, DIFFERENSTRYK OVER YDERMUR OG VINDHASTIGHEDER.

Der observeres et skift i sammenhængen fra differenstryk over ydermur og differenstryk over gulv til en sammenhæng mellem differenstryk over ydermur og vindhastighed i delperiode 3. Som beskrevet i 3.2.5. ses en sammenhæng mellem differenstrykket over ydermur og differenstrykket over gulv i de første 2 delperioder. Denne sammenhæng overskygges i delperiode 3 af en markant påvirkning af differenstrykket over ydermur fra vindhastigheden og det herved opståede trykfelt omkring bygningen.

Figur 3.12 viser vindretningen, differenstrykket og differenstrykket ude/inde. Data for vindretningen er hentet fra private vejrentusiaster på en adresse, Gravertoften i Smørum, ca. 6 km fra Innovationsgaragen.



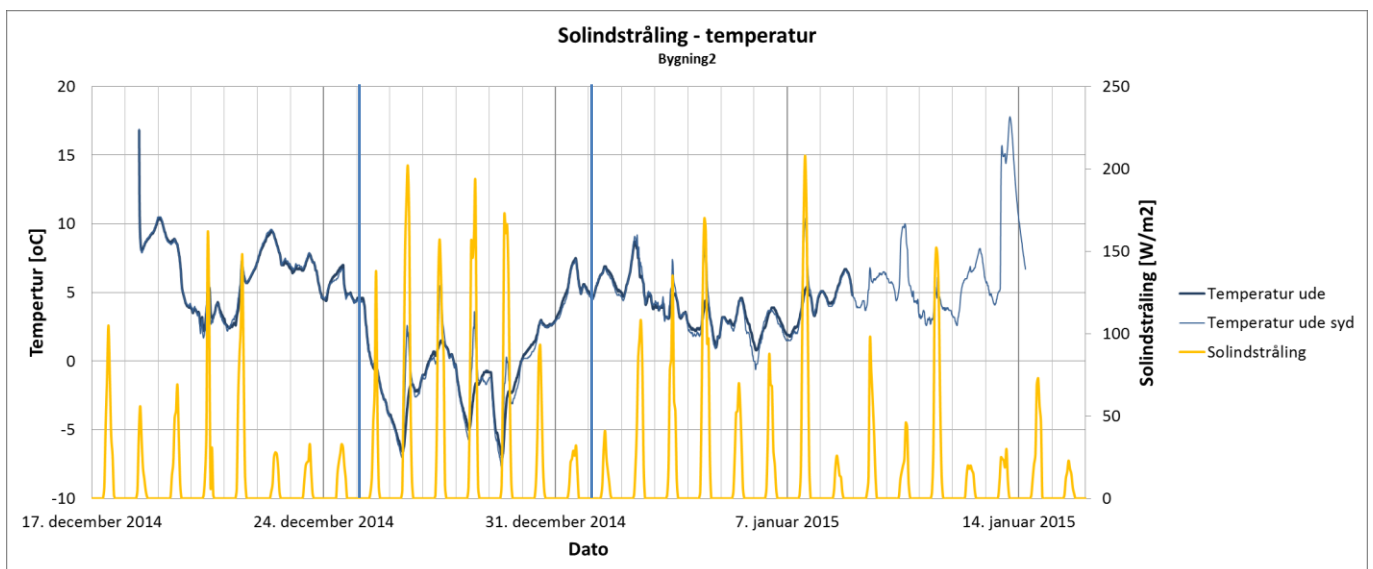
FIGUR 3.12. DIFFERENSTRYK OVER GULV, DIFFERENSTRYK OVER YDERMUR OG VINDRETNING.

Vindretningen i de 3 delperioder varierer i retning mellem øst over syd til sydvest, altså vindretninger, der i større eller mindre grad har retning mod Bygning 2's sydvendte væg. I delperiode 3, hvor de højeste vindhastigheder er målt, har vindretningen været sydvest til syd, og dermed vurderes det sandsynligt, at der i disse perioder har forekommet vindstuvning på bygningens (Bygning 2) sydside, hvor målingen af differenstryk over ydermur blev foretaget.

Der kan ikke umiddelbart erkendes en sammenhæng mellem vindretning og differenstryk over gulv, men der er tegn på, at differenstryk over ydermur påvirkes af vindretningen og vindhastighederne.

3.2.7 Solindstråling

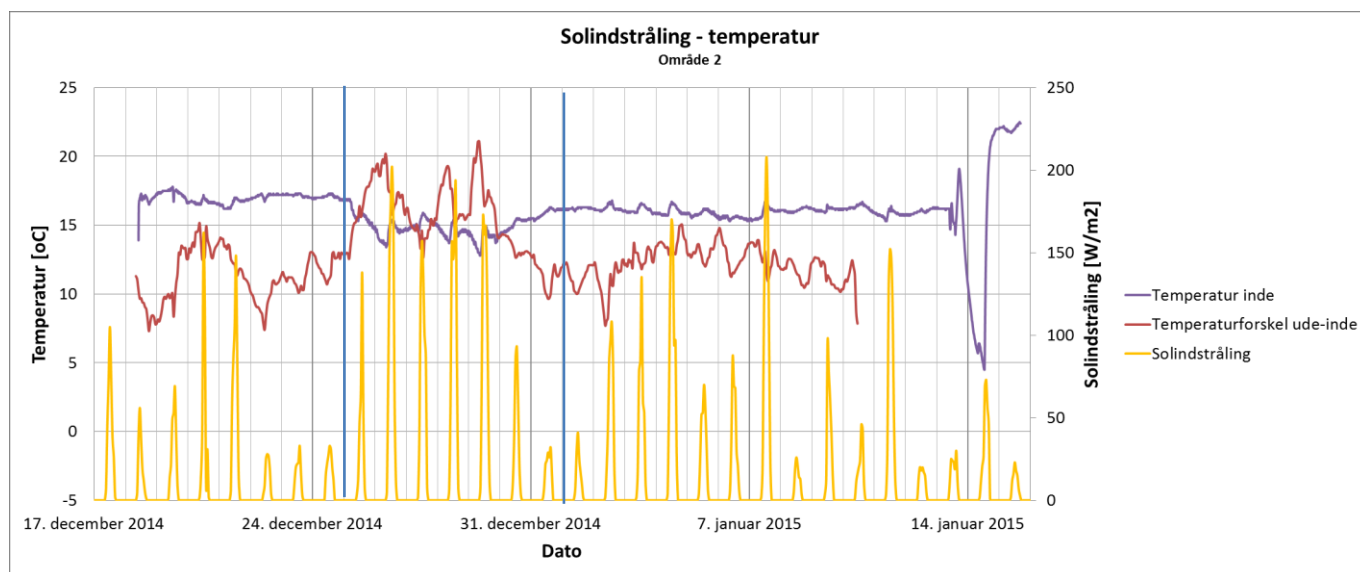
Solindstrålingen var forventet at have direkte indflydelse på temperaturen, således, at en stigende indstråling ville resultere i en temperaturstigning. Figur 3.13 viser solindstrålingen og udetemperaturen samt udetemperaturen målt på sydsiden af Bygning 2, hvor der blev registreret tydelig solpåvirkning af temperaturen.



FIGUR 3.13. SOLINDSTRÅLING OG TEMPERATUR.

Perioderne med høj solindstråling falder sammen med perioderne med fald i udetemperaturerne. I vintermånederne virker skydækket som varmeisolerende, hvilket fremgår af målingerne. Ved høj solindstråling er der ringe eller intet skydække, og atmosfæren fremstår uisoleret. Klart vejr om natten resulterer i stor varmeudstråling til verdensrummet med samtidige temperaturfald til følge.

Solindstrålingen følger døgnrytmen, hvilket fremgår af figur 3.13. Værdierne varierer fra 0 W/m² i nattetimerne til mellem 25 W/m² på de mest overskyede dage til godt 200 W/m² på de mindst overskyede dage. På figur 3.13 kan ses udetemperaturmaksima midt på dagen. Det er helt tydeligt, at udetemperaturen påvirkes af solindstrålingen midt på dagen. Dette gælder særligt på de dage, hvor der er høj solindstråling. Solindstrålingens effekt på temperaturen er særligt tydelig på udetemperaturmålingerne udført lige under tagudhængen på Bygning 2's sydside, der som nævnt i 2.4.2. er påvirket af netop solindstrålingen. Temperaturen over gulvet virker ligeledes til at blive påvirket, da der kan erkendes små temperaturmaksima midt på dage med høj solindstråling, se figur 3.14.



FIGUR 3.14. SOLINDSTRÅLING, INDETEMPERATUR OG TEMPERATURFORSKEL UDE-INDE.

Temperatursvingningerne som følge af solindstrålingen har ikke markant indflydelse på temperaturforskellen mellem ude- og indeluften. Dette er et udtryk for, at solens opvarmning af udeluften ligger på samme niveau som den tilsvarende påvirkning af indeluften.

3.2.8 Potentiel fordampning

Den potentielle fordampning er beregnet ud fra Makkinks formel, der baseres på temperatur og globalstråling/1/. Der er således ikke foretaget deciderede målinger af parameteren, men foretaget beregninger med bund i parametre, der behandles særskilt i rapporten. Det vurderes derfor mere nærliggende at se på disse parametre direkte (solindstråling og udetemperatur).

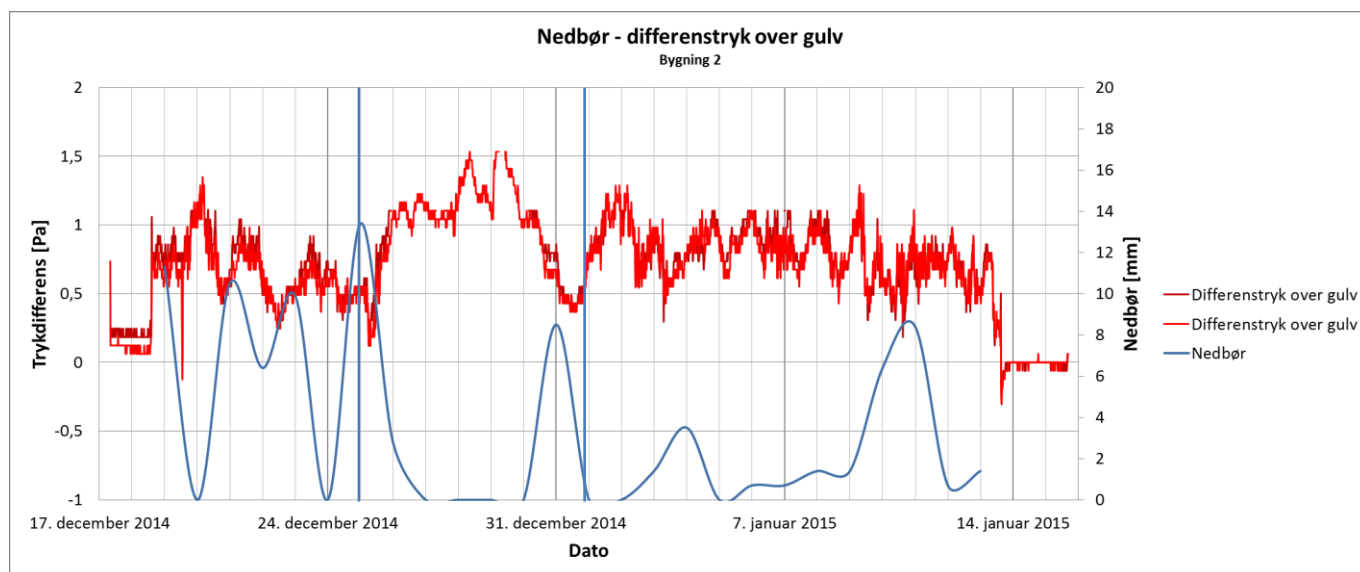
3.2.9 Luftsifte

Ved PFT-metoden er luftsiftet i Bygning 2 beregnet til 0,84 h⁻¹, hvilket er op mod en faktor 3 større end hvad der forventes i en normalt ventileret bygning. Den forholdsmæssigt store luftudskiftning i bygningen kan erkendes i flere af de undersøgte parametre i indeluften. Forholdet mellem temperatur og luftfugtighed i bygningen viste sig at hænge sammen omtrent som forventet, se 2.1.5. Denne sammenhæng vurderes at skyldes en hurtig udskiftning af varmere og mere fugtig indeluft med kølig og mere tør udeluft. Kølig udeluft, der opvarmes indendørs, vil have en relativt lavere luftfugtighed. De observerede forhold mellem luftsifte, luftfugtighed og lufttemperatur vil også kunne erkendes i tættere, bedre opvarmede og bedre isolerede bygninger, blot i mindre grad.

Luftskiftmålingen giver også et billede af, at bygningen er meget utæt i forhold til, hvad man kan forvente af f. eks. boligbyggeri. Et højt luftskifte betyder i en bygning uden ventilationsanlæg en stor udskiftning af opvarmet indeluft med kold udeluft og dermed mulighed for relativt store temperatursvingninger i indeluften. Dette gør sig gældende for den undersøgte bygning, hvor der ikke sker tilstrækkelig opvarmning af indeluften til at opretholde en nogenlunde konstant indetemperatur.

3.2.10 Nedbør

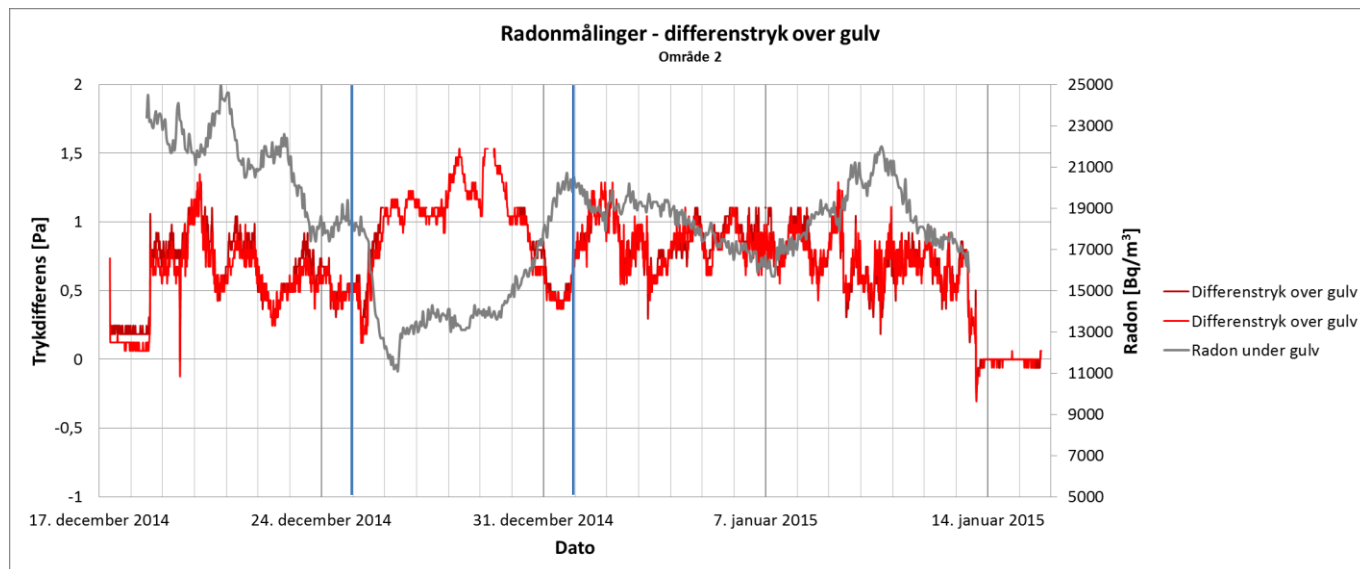
I delperiode 1 blev der målt mellem 0 og 10 mm nedbør om dagen. I delperiode 2 blev der ikke målt nedbør. I delperiode 3 blev der målt nedbør jævnt over perioden og med et par dage med op til 10 mm. Udetemperaturen og årstiden taget i betragtning vurderes den spredte nedbør i hele perioden ikke at resultere i betydende ændringer i jordens fugtighed ved testområdet. Desuden er de omkringliggende arealer befæstet og langt den største del af nedbøren vurderes at blive ledt bort via kloaknetten. Umiddelbart ses ingen direkte sammenhæng mellem nedbørmængden og differensstrykket set over hele perioden, se figur 3.15.



FIGUR 3.15. DIFFERENSTRYK OG NEDBØR.

3.2.11 Radonmålinger

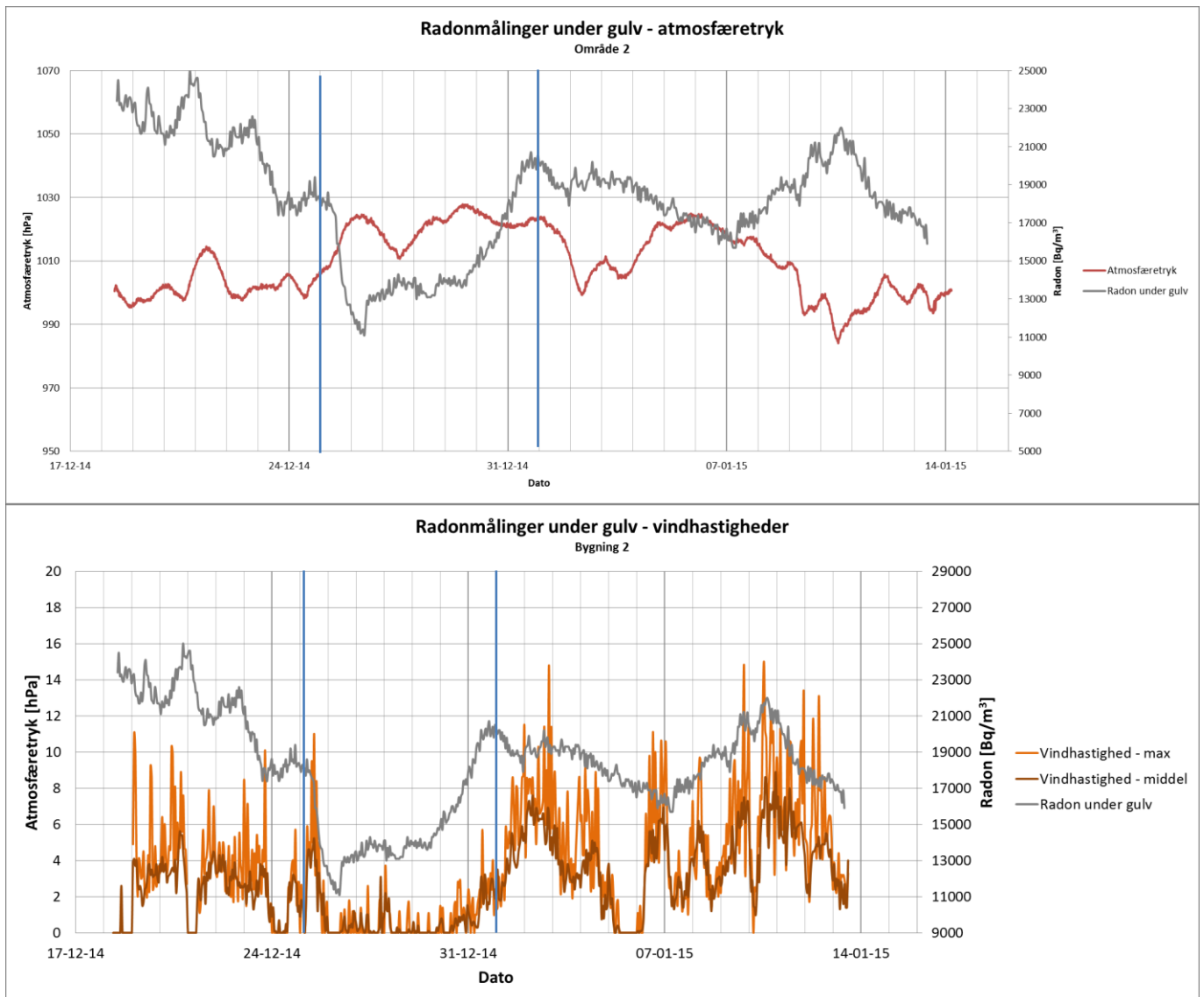
Ved undersøgelserne er udvekslingen af jordgasser/poreluft henover gulvkonstruktionen vurderet ud fra målinger af radonindhold i poreluften og i indeluften. Radonindholdet i indeluften er primært drevet af den luftstrøm, der drives af differenstryk over gulv over tid. Radon kan både reduceres ved udluftning og ved at henfalde radioaktivt, både over og under gulvkonstruktionen. Radonkoncentrationerne under gulvkonstruktionen er vist på figur 3.16 sammen med differenstrykket.



FIGUR 3.16. RADON UNDER GULV OG DIFFERENSTRYK.

Ved målingerne af Radonindholdet i luften under betongulvet blev der målt et relativt konstant fald i indholdet i delperiode 1. Koncentrationerne af Radon i poreluften under betongulvet falder fra 25.000 Bq/m³ til 18.000 Bq/m³. I delperiode 2 blev der målt et markant fald fra 18.000 Bq/m³ til 11.000 Bq/m³ indenfor 1 døgn. I den resterende del af delperioden lå indholdet stabilt omkring 14.000 Bq/m³ indtil en gradvis stigning til 20.000 Bq/m³ i slutningen af delperiode 2. I delperiode 3 blev der målt en langsommere variation, der svinger mellem 16.000 Bq/m³ til 22.000 Bq/m³.

På figur 3.17 er vist radonindholdet sammen med atmosfæretrykket og differenstrykket over gulv. Der ses en tendens i hele måleperioden til, at koncentrationerne af Radon i poreluften under betongulvet varierer sammen med det målte differenstryk over gulv. En stigning i differenstryk over gulv følges af et fald i Radonkoncentrationerne og omvendt. Der ses dog også en tendens til, at Radonkoncentrationerne generelt viser variationer over længere tid (f. eks. faldet fra 1. til 6. januar 2015) i hele måleperioden, der ikke kan henføres til svingninger i differenstrykket.

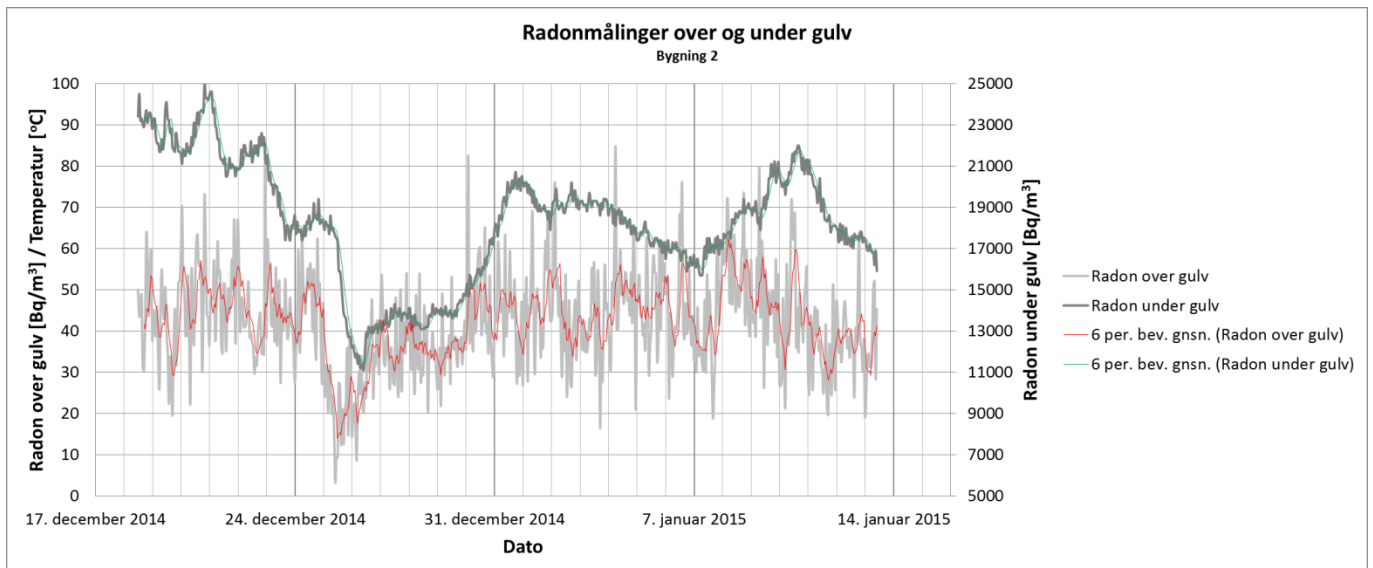


FIGUR 3.17. RADON UNDER GULV, ATMOSFÆRETRYK OG VINDHASTIGHEDER.

I måleperioden ses en tendens til, at stigninger i atmosfæretrykket skaber et fald i radonkoncentrationerne under gulvkonstruktionen. Særligt faldet i radonkoncentrationerne under gulvkonstruktionen omkring den 25. december 2014 vurderes at vise indtrængende atmosfærisk luft, uden indhold af radon af betydning, ind under gulvet. Luften kommer udefra som følge af vindpåvirkningen på op til 10 m/s d. 25. december, der skaber et luftflow under bygningen. På dette tidspunkt kommer vinden fra sydvest, se figur 3.12, hvor dæmpningen fra bygninger og bevoksning er lille. Omkring 2. januar ses igen et fald i radonkoncentrationen, der igen er sammenfaldende med en vindretning fra sydvest og vindhastigheder på op til 10 m/s.

Der vurderes ikke at ske en opblanding af poreluften under gulvkonstruktionen med luften i indeluften, da der i hele måleperioden er registreret en opadrettet trykgradient, der hindrer luft i at trække ned gennem gulvet via eventuelle revner og sprækker, se figur 2.2.

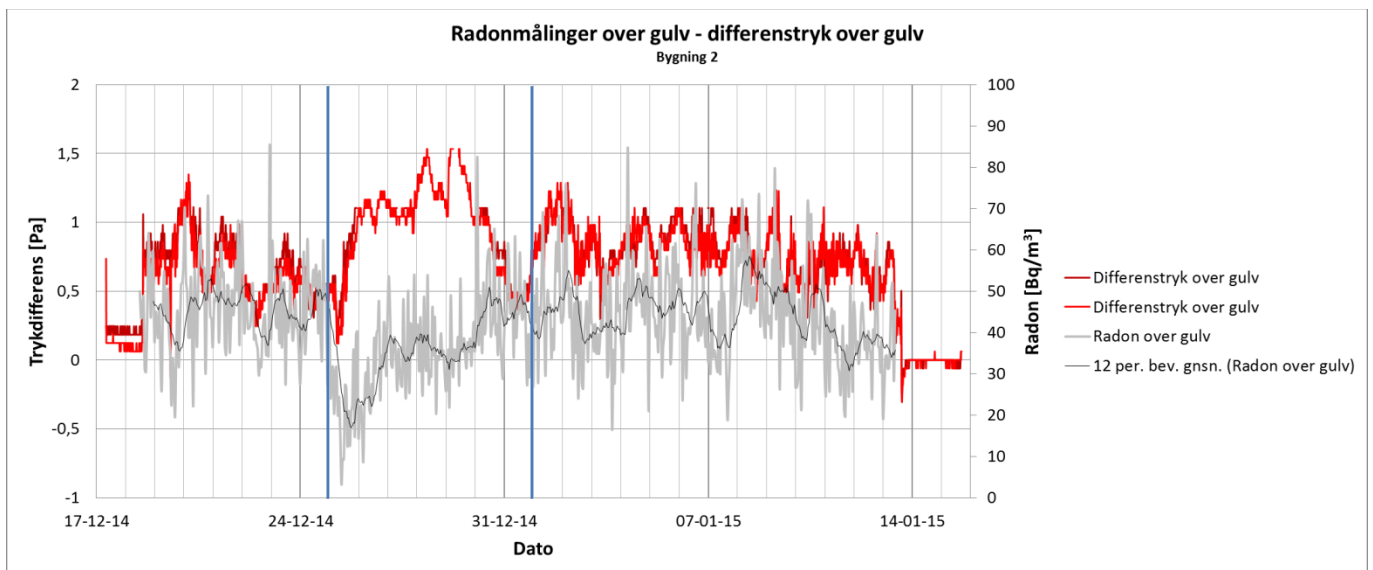
Radonkoncentrationerne i indeluften var på forhånd forventet at følge indholdet i poreluften under gulvkonstruktionen. Radonindholdene over og under gulv er vist i figur 3.18. Oven i graferne er illustreret et glidende gennemsnit over 6 datapunkter. En valgt effekt pga. store og hurtige variationer i radonindholdet i indeluften.



FIGUR 3.18. RADONINDHOLD OVER OG UNDER GULV.

De 2 målte radonindholds umiddelbar sammenhæng kan ikke erkendes. Da indholdet i indeluften kun kan stamme fra opsivende jordgasser fra jordens porevolume, må der være en sammenhæng over længere tid, der ikke kan erkendes ved nærværende undersøgelse.

På figur 3.19 er vist radonkoncentrationerne i indeluften sammen med differenstrykket.



FIGUR 3.19. RADON I INDELUFTEN OG DIFFERENSTRYK.

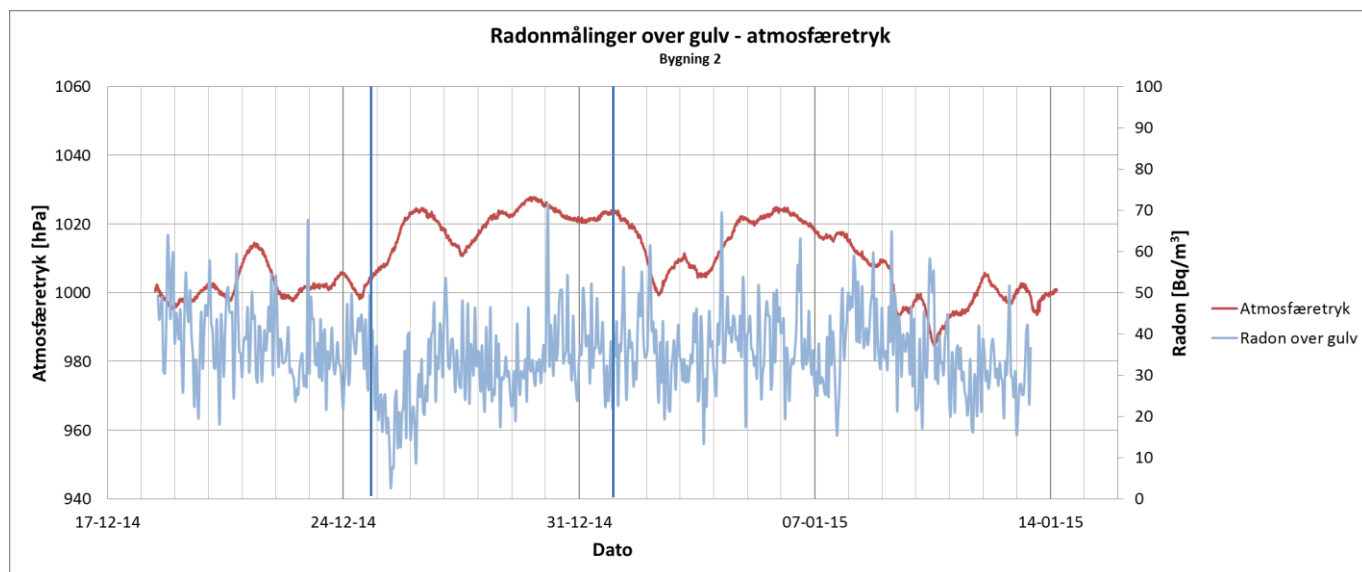
De 2 kurver viser ikke sammenhæng på samme måde som radonkoncentrationen under gulvkonstruktionen. Det tydelige fald i Radonindholdet i indeluften den 25. december kommer ca. 12 timer før stigningen i differenstrykket og det observerede fald i koncentrationen under gulvkonstruktionen og vurderes derfor ikke at have nogen sammenhæng.

Der kan ikke umiddelbart erkendes en direkte sammenhæng mellem variationer i differenstrykket og indeluftens indhold af radon. Muligvis skyldes dette, at gulvkonstruktionen ikke indeholder gennemgående revner eller sprækker af en karakter, der tillader en hurtig lufttransport fra poreluft-

ten til indeluften. Eftersom der observeres radon i indeluften, må der ske en form for transport fra poreluften til indeluften, der drives af den opadrettede trykgradient. Radonindholdet kan ikke forklares ved indtrængende atmosfærisk luft, der ikke vurderes at indeholde radon af betydning.

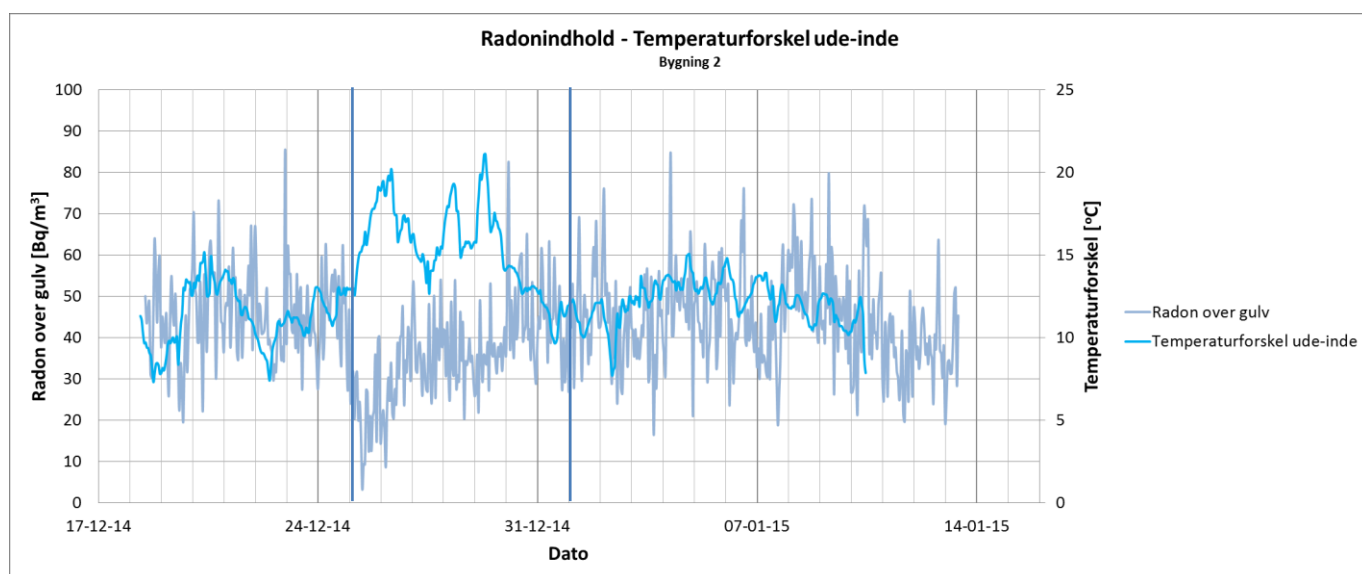
Derimod vurderes stigningen i atmosfæretrykket den 25 december at have haft betydning, da trykstigningen kan have presset atmosfærisk luft ind i bygningen og fortrængt/fortyndet luften og radonindholdet i indeluften. Der er tegn på indtrængende udeluft i figur 3.8, der viser et fald i indeluftens fugtighed ved en stigning i atmosfæretrykket.

Figur 3.20 viser radonkoncentrationen under gulvkonstruktionen sammen med atmosfæretrykket i hele måleperioden.



FIGUR 3.20. RADON I INDELUFTEN OG ATMOSFÆRETRYK.

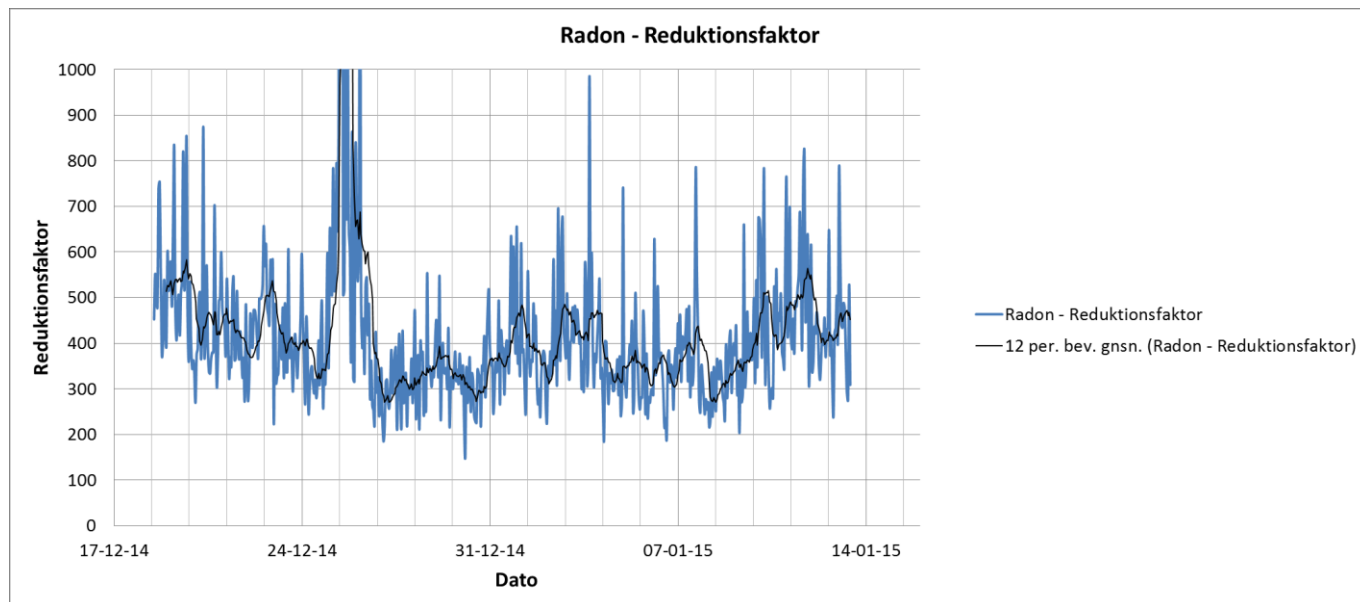
Som nævnt i 2.1.4 skaber temperaturforskellen mellem ude- og indeluften termisk opdrift af luften inde i bygningen, der bl.a. medfører udluftning i bygningen. På figur 3.21 er vist radonindholdet i indeluften sammen med temperaturforskellen mellem ude- og indeluften.



FIGUR 3.21. RADON I INDELUFTEN OG TEMPERATURFORSKEL UDE-INDE.

Den termiske opdrift, der skabes ved stigninger i temperaturforskellen, og følgende udluftning kan dermed være med til at forklare det markante fald i radonkoncentrationerne omkring den 25. december 2015.

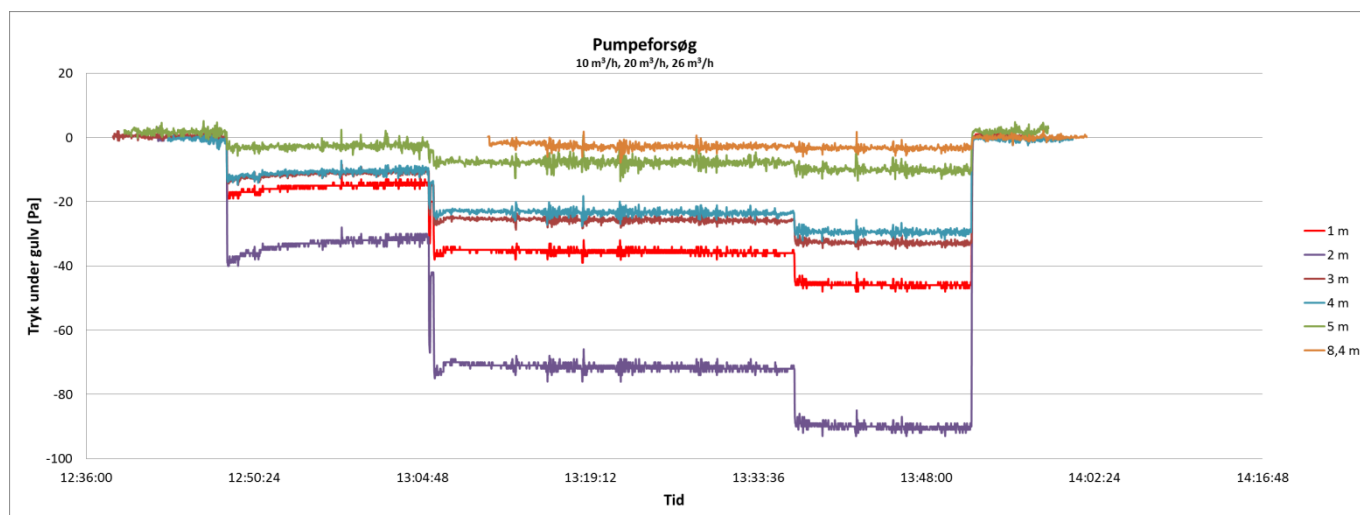
Ved sammenligning af indholdene af radon under og over gulv ses i figur 3.22 en reduktionsfaktor over betongulvet på 300 – 500, hvilket er betydeligt højere end Miljøstyrelsens tommelfingerregel med en reduktion gennem et betongulv på en faktor 100.



FIGUR 3.22. REDUKTION AF RADONINDHOLDET OVER BETONGULVET.

3.3 Ventilationstest

Efter afmontering af samtlige måleinstrumenter, blev der udført en ventilationstest under betongulvet i Bygning 2. Testen viser trykudbredelsen fra pumpestedet og op til en afstand af 8,4 m. De enkelte målepunkters indbyrdes placering er vist i bilag 1b. Figur 3.23 viser differenstrykket i de enkelte målepunkter ved de forskellige pumpeydelse.



FIGUR 3.23. VENTILATIONSTEST. UNDERTRYK UNDER GULV INDUCERET AF AKTIV PUMPNING.

Der ses størst respons i målepunktet 2 m fra ventilationspumpen. Det er bemærkelsesværdigt, at størst respons ikke ses i målepunktet 1 m fra ventilationspumpen. Dette må skyldes, at materialerne under gulvet i retningen mod punkt 2 m og 4 m er væsentligt mindre tætte end materialerne mod punkterne 1 m, 3 m, 5 m, og 8,4 m. Det kan også tænkes, at materialerne under betongulvet ved punkterne 2 m og 4 m har sat sig og efterladt et mindre hulrum, hvori trykforplantningen kan ske hurtigt. I hvert fald viser ventilationstesten, at materialerne under gulvkonstruktionen er inhomogene.

Ventilationstesten viser, at der sker trykforplantning momentant i en afstand på op til 8,4 m fra ventilationspunktet. Responset på ændring af pumpeflowet sker med det samme. Testen viser også, at der er god kontakt mellem særligt punkterne 2 m og 4 m, der er placeret i samme rum som ventilationspumpen. Dette kan være en grund til, at differenstrykmålingen i punktet 4 m fra de øvrige målinger viser en god overensstemmelse med målingerne foretaget i 0 m.

4. Diskussion

I det følgende vil de enkelte delelementer i nærværende projekt blive diskuteret i forhold til målemetode, anvendelse og tolkning. Det vil blive diskuteret i hvilket omfang de forskellige målte parametre har indflydelse på differenstrykket, og i hvilket omfang responset i differenstrykket er et resultat af en eller flere samspilende parametre.

I afsnit 2 blev der opstillet en konceptuel forståelse af de enkelte parametres indflydelse på eller påvirkning af differenstrykket, og observationerne fra nærværende projekt vil her blive holdt op mod, hvad der på forhånd var forventet.

4.1 Vejrforhold

Vejrforholdene i måleperioden har været meget varierende med udsving i vindhastighed og vindretning, store temperatursvingninger, perioder med skydække, perioder uden skydække samt både hurtige og længerevarende ændringer i atmosfæretrykket.

Det har været muligt at observere vindpåvirkningen af differenstrykket under perioder med næsten ingen vind til en periode med storm.

Udetemperaturen har varieret fra ca. -7°C til næsten 10°C med tilhørende påvirkning af indetemperaturen. Til sammen har det givet temperaturpåvirkninger af differenstrykket i perioder med store variationer i temperaturforskellen mellem ude- og indeluften.

Vejrforholdene i måleperioden har repræsenteret de vejrforhold, der kan forventes at forekomme i vinterhalvåret. At så store variationer i vejrforholdene forekom i den valgte måleperiode, var ikke forventet, men det har givet gode muligheder for at studere meget forskellige ydre forholds påvirkning af differenstrykket over gulv i nærværende projekt.

I sommerhalvåret vil vejrforholdene være anderledes end i vinterhalvåret. Særligt temperaturforholdene vil være forskellige fra forholdene registreret i forbindelse med nærværende projekt. Om sommeren vil der være perioder, hvor udetemperaturerne vil være højere end indetemperaturen. Forventeligt vil det betyde, at den termiske opdrift vil være reduceret eller helt væk, og effekten på differenstrykket over gulv vil forsvinde. Dermed vil påvirkningen af differenstrykket over gulv i sommerhalvåret, i perioder med højere udetemperaturer end indetemperaturer, forventeligt være styret af andre faktorer end temperaturforskellen mellem ude- og indeluften. Det forventes, at differenstrykket over gulv i sommerhalvåret vil antage lavere værdier end i vinterhalvåret.

4.2 Bygningsforhold

Målingerne af differenstrykket er foretaget i bygningerne på Region Hovedstadens testgrund "Innovationsgaragen". Målingerne i nærværende projekt viser, at Bygning 2 er præget af betydelige utætheder og dårlig isolation.

De udførte luftskiftemålinger viste et væsentligt højere luftskifte end hvad der forventes i en normalt ventileret bygning ligesom der vurderes at forekomme trækvinde over gulvet i forbindelse med vindpåvirkning af bygningen. Temperaturmålingerne viser, at temperaturen i indeluften er påvirket af udetemperaturen i en grad, der ikke forventes i et normalt isoleret hus. Selv ændringer i udetem-

peraturen over korte tidsperiode slår igennem til indeluftens temperatur med det samme. Begge dele er med til at dokumentere bygningens utæthed.

Ved målinger af differenstrykket i et normalt ventileret og isoleret hus vil forskellen mellem temperaturen i ude- og indeluften forventeligt være større hvilket formentligt vil have betydning for differenstrykket over gulvkonstruktionen.

4.3 Instrumenter

For alle de anvendte instrumenter til måling af de forskellige parametre, har det vist sig, at det har været muligt at måle de ønskede parametre med den ønskede præcision. Følsomheden af instrumenterne har været på et niveau, der sikrede, at variationerne i de ønskede parametre kunne måles i tilstrækkelig grad. Det vurderes også, at den på forhånd valgte målefrekvens har sikret den ønskede opløsning af data. Ligeledes har måleområdet for instrumenterne været korrekt, da der ikke er registreret datasæt, hvor der ikke har kunnet måles pga. enten for høje eller for lave værdier af de målte parametre.

Undervejs i databehandlingen blev data fra to instrumenter til måling af differenstryk over gulv kasseret (Greisinger 1 og Systronik) samt data fra kanal 2 i Sontay-instrumentet. Dette er ikke et udtryk for, at instrumenterne generelt ikke virker efter hensigten, men et udtryk for uforudsete hændelser i måleperioden, se i øvrigt afsnit 2.4.2.

4.4 Metoder

Differenstrykket over gulv skulle planmæssigt måles 3 steder i Bygning 2, men blev kun målt 2 steder, da data fra det primære målested viste sig at have mindre udfald. Det kunne dog dækkes ind ved at benytte data fra et punkt 4 m væk, P5 i bilag 1b. Sammenligning af data fra de tidspunkter i dataserierne fra Sontay Ch.1 og Sontay Ch. 3 (P0 og P5 i bilag 1b), hvor der ikke var udfald, viste sammenfald, hvorfor det blev vurderet at være tilfredsstillende at supplere data fra Sontay Ch. 1 med de data, der var optaget 4 m væk med Sontay Ch. 3.

Målingerne af differenstryk over gulv viste værdier i hele måleperioden på mellem 0,1 og 1,6 Pa, hvilket lå på et niveau, der ved valg af måleinstrument, var inden for det forventede. De to benyttede måleserier er optaget med samme instrument, Sontay, og målepunkterne er etableret på samme måde.

Differenstrykket over ydermur blev målt med instrumentet Greisinger. Værdierne for differenstrykket over ydermur varierede fra 0,5 Pa til 6,9 Pa. Placeringen af instrumentet med slange 2/3 gennem ydermuren viste sig at være velfungerende. Dette skyldes, at bygningen ikke havde hulmur. Ved bygninger med hulmur skal det sikres, at der ikke måles på differenstrykket mellem indeluften og rummet i hulmuren. Målingen blev kun udført på Bygning 2's sydside. Ved fremtidige målinger bør der foretages målinger af differenstrykket over ydermur på alle bygningens sider for at opnå en komplet måling.

Atmosfæretrykket blev målt med et VoltCraft-instrument placeret under tagudhænget på Bygning 2. Værdierne ligger på niveau med data fra DMI. Der er målt atmosfæretryk over hele måleperioden på mellem 980 hPa og 1020 hPa. Der er ikke observeret rytmiske svingninger i atmosfæretrykket som udtryk for eksempel døgnvariationer. Stedlige variationer i atmosfæretrykket sker over afstande på flere kilometer. Måling af atmosfæretryk vurderes derfor ikke at kunne påvirkes betydeligt af placeringen af måleinstrumentet på ejendommen. Det vurderes ikke, at luv- og læforhold omkring bygningen har påvirket målingerne, da disse påvirkninger blev målt i Pa, mens atmosfæretrykket måles i hPa.

Luftfugtigheden blev målt ude, inde og under gulvet. Målingen af luftfugtigheden i den atmosfæriske luft uden for bygningen blev foretaget over taget på Bygning 2 med instrumentet Ventus. Der er

ikke observeret uregelmæssigheder i måleserien, og værdierne ligger på niveau med DMI's målinger for samme periode. Sammenhængen med de målte temperaturdata er som forventet. Metoden og instrumentet vurderes, på denne baggrund, at kunne benyttes til tilsvarende målinger fremadrettet. Der blev også målt luftfugtighed udendørs med instrumentet VoltCraft, men dette instrument var indpakket i filt og plastposer for at beskytte mod vindpåvirkning, hvorfor målingerne ikke kunne anvendes. Denne opsætning var valgt, da det på forhånd var besluttet at benytte data herfra til andre formål.

Målingerne af luftfugtigheden i indeluften blev foretaget med instrumentet VoltCraft. Målingerne blev foretaget med instrumentet liggende på en boks ca. 5 cm over gulvet. De målte værdier ligger på et niveau, der kunne forventes i indeluften, på mellem 20 % og 50 %. På andre lokaliteter kan det vise sig at være u hensigtsmæssigt at placere instrumentet på en boks på gulvet, da brugere af bygningen kan generes. Dette skal afklares inden opsætning af instrumentet.

Målingerne af luftfugtigheden under betongulvet blev foretaget med instrumentet VoltCraft. Instrumentet har, ved de øvrige målinger, fungeret korrekt, men placeringen af instrumentet over betongulvet med kontakt til luften under gulvet gennem 2 borede huller vurderes ikke at være optimal. Målingerne af luftfugtigheden under gulvet kan således være påvirket af, at instrumentet ikke har målt luftfugtigheden ved den korrekte temperatur, da temperaturen over og under betongulvet var forskellig.

De udførte temperaturmålinger har ved nærværende projekt været foretaget flere steder både ude og inde. Flere af temperaturmålingerne udendørs viste direkte påvirkning af solindstråling i form af solopvarmning af måleområdet. Dette betød en overopvarmning af instrumentet på op til 5 °C, på de mest solrige dage, i forhold til de benyttede temperaturdata. Fænomenet blev observeret i målingerne under tagudhænget på den sydvendte væg samt ved vejstationen. Disse målinger vurderes ikke at give de korrekte værdier for den udendørs lufttemperatur, da solindstrålingen har opvarmet instrumenterne direkte, hvilket ikke giver målinger af den reelle udetemperatur. Målingen af udetemperaturen uden tagudhænget på nordsiden af Bygning 1 viser ikke tegn på direkte solpåvirkning, og de vurderes derfor at give den mest korrekte angivelse af udeluftens temperatur. Der er målt udetemperaturer mellem -7 °C og 10 °C over hele måleperioden.

Indetemperaturen blev målt af 2 instrumenter, TESTO og VoltCraft. Temperaturmålingerne udført af TESTO viste påvirkning fra betongulvet, da sensoren i måleperioden havde været placeret direkte på gulvet. Betongulvets evne til at dæmpe temperatursvingningerne var tydelige ved sammenligning med temperaturen målt med VoltCraft. VoltCraft var placeret på en boks ca. 5 cm over gulvet, hvilket betød, at det, i dette tilfælde, var muligt at måle solens påvirkning af indetemperaturen midt på solrige dage. Indetemperaturen varierer mellem 13°C og 18 °C.

Temperaturen under gulvet blev målt med TESTO-instrumentet. Målingen blev foretaget ved nedstikning af målesonden gennem betongulvet. I forhold til værdierne for indetemperaturen lå værdierne for temperaturen under gulvet op mod 0,5 °C lavere. Overordnet set følger temperaturen under gulvet temperaturen i indeluften med en tidsforskydning på 1 til 2 døgn. Dog bliver temperaturen under gulv ikke påvirket af solindstråling.

Generelt skal det på forhånd vurderes, hvor det ønskes at måle temperaturen. Opsætning af målere til udendørstemperaturen skal placeres væk fra sollysets påvirkning, hvilket formentligt bedst sker på en nordvendt væg. Måling af temperaturen indendørs skal foregå i behørig afstand fra større elementer, der kan holde på temperaturen. I nærværende projekt viste betongulvet sig at have en dæmpende effekt på de hurtige temperatursvingninger (solpåvirkninger midt på dagen). En placering af et måleinstrument nær en varme- eller kuldekilde, kan også have indflydelse på målingerne. I hvilken afstand instrumentet skal installeres fra en eventuel fejkilde er ikke undersøgt i nærværende projekt.

Måling af vindhastigheder blev foretaget med vejrstation på taget af Bygning 2. Sammenholdes data med data fra DMI, måler vejrstationen generelt vindhastigheden 10 % - 20 % lavere. Vejrstationen har målt vindhastigheder mellem 0 m/s og 15 m/s. Tendenserne i vindhastighederne mellem DMI og vejrstationen har sammenfald. Dette vurderes at skyldes placeringen af vejrstationen, der selv på den højst mulige placering, muligvis har stået lidt i læ af træer og nabobygninger.

Angivelser af vindretninger i måleperioden blev hentet fra lokale vejrentusiaster. Hvorledes data er opsamlet er ukendt. Vindretningen har overordnet set fint sammenfald med vinddata fra DMI og vurderes derfor at være brugbare.

Radonkoncentrationerne blev målt med instrumentet RAD7. Målingen af radonkoncentrationen under gulv blev foretaget i en afstand af 2 m til punktet for differensstryksmålinger over gulv. Der blev oppumpet ca. 0,8 l/min til måling af poreluftens indhold af radon. I dataserien for differensstryk over gulv ses ikke påvirkning fra RAD7-måleren, der suger luft op fra poreluften under gulvkonstruktionen i forbindelse med målingen af radonindholdet. Beregningsmæssigt vurderes pumpningens påvirkning ligeledes at være negligérbar. Der er målt indhold af radon i indeluften på ca. 30 – 50 Bq/m³, hvilket ligger lidt under det generelle niveau for radon i indeluften i området /6/. Radonkoncentrationen i poreluften under gulvkonstruktionen blev målt til 15.000 – 25.000 Bq/m³. Dette giver en reduktionsfaktor på 300 – 500.

Afkastet fra RAD7-måleren, der sugede luft under gulvet blev ledt ud gennem ydermuren. Dette er nødvendigt, da RAD7 måler radon ved radioaktivt henfald og ikke ved opsamling som for eksempel kulrørsmålinger. Dette betød, at den radonrige luft fra under gulvet ikke blev ledt ud i indeluften og herved kunne forurene målingerne af radonindholdet i indeluften.

4.5 Måleserier

Differensstrykket over gulv viste i hele måleperioden en opadrettet trykgradient. Dette harmonerer med hypotesen om, at differensstryk over gulv drives af den termiske opdrift, der opstår, når udetemperaturen er lavere end indetemperaturen, hvilket var tilfældet i nærværende projekt.

Differensstrykket over ydermuren viste sammenhæng med differensstrykket over gulvet i store dele af måleperioden. I delperiode 3, der var præget af bl.a. 2 storme, var der tegn på, at vindretningen lå i en retning, der skabte gunstige forhold for opbygning af et lokalt vindtryk på sydsiden af Bygning 2. Dette skabte målbare udsving i differensstrykket over ydermur, der viste et markant større overtryk på bygningens yderside (mod syd) end observeret i delperioderne 1 og 2. Denne effekt kunne måske være blevet observeret på bygningens øvrige sider på andre tidspunkter i måleperioden, men måleudstyret var kun opsat på sydsiden af Bygning 2. Måleinstrumenter på alle bygningens sider kunne muligvis også have registreret luv-læ forhold til beskrivelse af en trykgradient, der evt. kunne presse luft ind på tryksiden og ud på læsiden.

Ændringer i atmosfæretrykket var på forhånd forventet at påvirke differensstrykket over gulv. Dette ses ikke tydeligt i de udførte målinger. Dette kan forklares ved de betydelige utætheder, der var i bygningen og dennes fundament. Disse forhold kan ikke forventes i et typisk dansk hus. Ændringerne i atmosfæretrykket forplantedes til indeluften og porevoluminet under gulvkonstruktionen så hurtigt, at der ikke blev registreret en markant påvirkning af differensstrykket over gulv.

Temperaturen, og særligt forskellen mellem temperaturen ude og inde, var forventet at have betydning for generering af et positivt differensstryk over gulv. Målingerne viser, at særligt forskellen mellem temperaturen ude og inde, havde god overensstemmelse med differensstrykket over gulv. Dette var gældende i hele måleperioden. Der observeredes tydelige døgnvariationer i udetemperaturen, der forplantedes til indetemperaturen. Den termiske opdrift, der genereredes af forskellen mellem temperaturen ude og inde, bevirkede en vertikal luftstrøm fra gulv mod loft i bygningen. Temperaturforskellen mellem ude og inde nåede i måleperioden op på mere end 20 °C sidst på de

kolde nætter d. 28. og 29. december. Døgnvariationerne i temperaturforskellen mellem ude og inde var ligeledes tydelig som svingninger i differensterykket over gulv. Denne temperaturforskel mellem luften ude og i bygningen var forventet at generere et mindre differensterk over gulv på få Pascal. I hele måleperioden blev der målt positivt differensterk over gulv, ligesom der konsekvent blev målt en højere temperatur i indeluften end udenfor. Det observeredes meget tydeligt i de udførte målinger, at differensterkket over gulv var stærkt påvirket af temperaturforskellen mellem ude og inde. Minimums- og maximumsværdier i differensterkket lå samtidigt med minimums- og maximumsværdier for temperaturforskellen, hvilket viste fuldstændig overensstemmelse mellem de to parametre.

Luftfugtigheden i bygningen var på forhånd forventet at følge temperaturforholdene i indeluften som vist i figur 2.6. Den forventede sammenhæng mellem luftfugtighed og temperatur i indeluften blev ikke observeret. I stedet blev observeret samtidige fald og stigninger i temperatur og luftfugtighed, der fulgte døgnrytmen. Dette vurderes at skyldes hurtig opblanding af indeluften med luft udefra i forbindelse med svingninger i atmosfæretryk og vindpåvirkning af bygningen. Luftfugtigheden udenfor viste sig at følge temperatursvingningerne som forventet med en stigning i den relative luftfugtighed ved et fald i udtemperaturen. Luftfugtigheden vurderes ikke umiddelbart at have indflydelse på differensterkket over gulv, men den målte luftfugtighed både ude og inde er med til at underbygge, at der sker en stor og hurtig opblanding af indeluften med luft udefra ved ændringer i det atmosfæriske tryk og vindpåvirkning af bygningen. Dette underbygges af de udførte luftskiftemålinger, der viste et luftskifte 3 gange større, end hvad der normalt forventes i tætte og velisolerede bygninger.

Vinden var på forhånd vurderet at kunne have indflydelse på differensterkket over gulv. Der var i måleperioden målt vindhastigheder fra 0 m/s til maksimalt 15 m/s (DMI målte væsentligt højere maximale vindhastigheder). Vindens indflydelse på differensterkket over gulv var ikke umiddelbart synlig i delperiode 1 og 2. Dette skyldes formentligt en kombination af lave vindhastigheder og vindretningen, der vurderes at give størst påvirkning af bygningens trykforhold ved en retning fra syd-vest. I delperiode 3 steg vindhastighederne og der observeredes trykpåvirkninger som følge heraf omkring Bygning 2. Differensterkket over gulv fulgte variationerne i vindhastighederne, men i samme periode var der ligeledes god overensstemmelse mellem differensterk over gulv og temperaturforskellen mellem ude og inde. Det var derfor ikke klart, hvor stor en effekt vinden havde på differensterk over gulv i nærværende projekt.

Det vurderes, at vinden kan skabe overtryk på en side af en bygning og undertryk på den modsatte side. Dette er ikke underbygget i nærværende undersøgelse, da der kun er målt differensterk over ydermur på sydsiden af Bygning 2. For at skaffe data til vurderinger af vindpåvirkninger i form af luv og læ-forhold omkring en bygning, skal der foretages differensterkmålinger over ydermur på alle den pågældende bygnings sider.

Luftskiftemålingerne i Bygning 2 viste et luftskifte på 0,84 gange i timen, hvilket var ca. 3 gange mere end i et typisk dansk nybygget hus. Dette er ikke overraskende ud fra den generelle vurdering af bygningens tilstand. Bygningen består bl.a. af en ikke tætsluttende port i hele gavlen mod øst.

Bygningens relativt store utæthed og store luftskifte viste sig også i målingerne af radonkoncentrationen både under og over gulvkonstruktionen. Det var forventet, at en stigning i differensterk over gulv ville skabe et øget flow fra poreluften under gulvet til indeluften og dermed en øget radonkoncentration i indeluften. Dette afspejlede sig ikke i måleresultaterne. Over tid skete der dog radonholdig lufttransport fra poreluften under gulvet til indeluften, da de målte koncentrationer i indeluften kun kunne stamme fra jordluften. Indholdet af radon under gulv var således stabilt omkring 15.000 – 30.000 Bq/m³, mens indholdet i indeluften lå mellem 20 og 50 Bq/m³. Dette giver en reduktion af radonkoncentrationen på 300 – 500 gange. Reduktionen af radonindholdet hen over betongulvet var dermed væsentligt højere end Miljøstyrelsens tommelfingerregel på 100 /10/.

Solindstrålingen varierede i en døgncyklus og på dage uden skyer var der en markant påvirkning af udetemperaturen. Dage med skydække påvirkedes i mindre grad. Der blev målt værdier for solindstrålingen på op til 200 W/m^2 på de solrige dage.

Radonindholdet påvirkedes umiddelbart af termisk opdrift/udluftning, atmosfæretrykændringer og vindforhold. Indeluftens indhold af radon reduceredes/udluftedes ved en stigning i den termiske opdrift omkring d. 25. december. Dette ses ved det markante fald i radonkoncentrationen lige omkring den hurtige stigning i temperaturforskellen mellem ude og inde. Den efterfølgende vindpåvirkning af bygningen skabte udluftning med atmosfærisk luft af porevoluminet under gulvkonstruktionen og et deraf følgende fald i radonkoncentrationen. Dette er en mekanisme, der ikke tidligere er blevet observeret. Den bør undersøges nærmere, da den giver anledning til en pludselig og stor ændring i radonkoncentrationen under gulvet.

I en bygning uden markante utætheder, forventes en stigning i radonindholdet ved en stigning i differenstrykket, da der herved skabes en større opadrettet gradient, der vil resultere i et øget flow i form af både konvektiv og diffusiv transport fra poreluften under gulvkonstruktionen til indeluften. I nærværende projekt skete det modsatte grundet bygningens utætheder.

5. Konklusioner

I det følgende vil de konklusioner, der kan drages fra nærværende projekt blive fremlagt. I afsnit 2.1 (konceptuel forståelse) beskrives en række forventninger til de undersøgte parametres indflydelse på trykdifferensmålingerne. Resultaterne fra nærværende projekt giver anledning til følgende konklusioner, der sammenholdes med, hvad der på forhånd var forventet i den konceptuelle forståelse:

- Differenstrykket i nærværende projekt er gennem hele måleperioden målt positivt som overtryk under gulvkonstruktionen i forhold til indeluften. Der er målt et differenstryk på maksimalt 1,5 Pa og et gennemsnit på 0,78 Pa i hele måleperioden. Der har således konstant været en opadrettet trykgradient, hvis størrelse er blevet påvirket af andre parametre som atmosfæretryk, temperaturændringer, vind.
- Ændringer i atmosfæretrykket har ikke haft en tydelig effekt på differenstrykket over gulv. Der er observeret korttidsvariationer i perioder på mindre end 24 timer i differenstrykket. Atmosfæretrykket svinger med en størrelse på 20 hPa eller 2000 Pa, mens de tilsvarende eller samhörørende udsving i differenstrykket ligger i en størrelse på 0,5 Pa. De forholds-mæssigt store udsving i atmosfæretrykket var på forhånd forventet at give anledning til målbare variationer i differenstrykket, men dette er ikke observeret. Overordnet set er det tvivlsomt om ændringer i atmosfæretrykket, hurtige eller længerevarende, kan erkendes som variationer i differenstrykket i nærværende undersøgelser. Årsagen skal formentligt findes i bygningens utætheder, der tillader hurtig/momentan trykforplantning fra atmosfæren til både indeluften og porevolumet under gulvkonstruktionen.
- Temperaturforskellen mellem ude og inde har en betydende effekt på differenstrykket over gulv. Temperaturforskellen mellem ude- og indeluften skaber termisk opdrift i bygningen og et deraf genereret lille positivt differenstryk over gulv. En stigning i temperaturforskellen mellem ude- og indeluften genererer momentant en stigning i differenstryk over gulv og omvendt. Overordnet konkluderes, at netop temperaturforskellen mellem ude- og indeluften, og svingninger i denne, er den drivende faktor i forhold til differenstrykket over gulv.
- Differenstrykket over ydermur viser sammenhæng med differenstrykket over gulv. Målingerne viser, at der er tydelig kontakt mellem udeluften og poreluften under gulvkonstruktionen, og at der sker hurtig trykudligning her i mellem. I perioden med betydelige vindhastigheder ses større udsving i differenstrykket ude/inde, der ikke i samme grad erkendes i differenstrykket. Dette kan skyldes, at vindtrykket meget lokalt på bygningen, hvor målingen blev foretaget, har været højere end det generelle lufttryk på bygningen. Dette vurderes at skyldes vindretningen, der i disse perioder omtrent har været mod Bygning 2's sydside, hvor målingen blev foretaget.
- Vindretningen har betydning for vindens påvirkning af differenstrykket over gulv i Bygning 2. Har vinden retning over det frie areal vest-sydvest for Bygning 2, er der tegn på, at differenstrykket over gulv øges. Påvirkningen bliver større med stigende vindhastighed. I de tilfælde, hvor vindretningen overordnet har været mod sydsiden af Bygning 2 (hvor målingen blev foretaget), er der her observeret højere vindtryk end ved andre vindretninger. Målingerne af radonindholdet under gulvkonstruktionen viser, at vindretningen og de føl-

gende trykforhold omkring bygningen kan skabe en trykgradientstyret luftstrøm under gulvkonstruktionen. Dette fænomen bør undersøges nærmere.

- Vindhastighederne har betydning for differensterykket over gulv og differensterykket over ydermuren. Særligt ved høje vindhastigheder fra sydvest ses en opbygning af lokalt overtryk på bygningens sydside, der resulterer i en stigning i differensterykket over gulv og differensterykket over ydermuren. Påvirkningen er afhængig af vindretningen. Kendskab til trykforhold omkring hele bygningen kunne måske have givet en bedre mulighed for at vurdere effekten af både vindretninger og -hastigheder. Det er som forventet, at vinden påvirker trykforholdene i og omkring bygningerne. Effekten på den undersøgte bygning er størst ved en vindretning fra sydvest, sandsynligvis som følge af de lokale læforhold.
- Solindstrålingen viste indirekte påvirkning af differensterykket over gulv. Solindstrålingen påvirker udetemperaturen og i mindre grad indetemperaturen. Påvirkningen er periodisk, med en periode på 24 timer, og med størst påvirkning midt på dagen svarende til tidspunktet for solens maximale indstråling. Disse temperatursvingninger har indflydelse på temperaturforskellen mellem ude og inde og dermed differensterykket over gulv.
- Radonkoncentrationerne i luften under gulvkonstruktionen blev tydeligt påvirket af indtrængende udeluft uden betydeligt indhold af radon, idet der skete en fortynding. Fortyndingen skete sandsynligvis som følge af luftstrømme under gulvkonstruktionen genereret af horisontale trykgradier skabt af vindforholdene. Størrelsesforholdene af disse horisontale trykgradier under gulvet er ikke målt i nærværende projekt og har ikke kunnet registreres med det benyttede målesetup. I nærværende projekt er der kun registreret vertikale trykgradier over gulvkonstruktionen.
- Luftskeftmålingen i bygningen, der viser et meget højt gennemsnitligt luftskefte på $0,84 \text{ h}^{-1}$, er med til at forklare de relativt store temperatursvingninger i bygningen under måleperioden. Dette som følge af utilstrækkelig opvarmning af bygningen og den generelt meget utætte bygning.
- Luftfugtigheden vurderes ikke at have indflydelse på differensterykket over gulv.

6. Anbefalinger

6.1 Anvendelse af måleudstyr

Under projektet blev der anvendt flere forskellige måleinstrumenter til måling af de samme parametre. Observationerne fra måleudstyret har givet anledning til forslag til ændringer og forfinelser af målesetupet. Da flere af instrumenterne var nyindkøbte, stod det undervejs i projektet klart, at noget af udstyret enten ikke var programmeret korrekt eller var placeret uhensigtsmæssigt i forhold til de ønskede målinger. Umiddelbart blev følgende detaljer noteret:

- Instrumenterne til måling af differenstryk (Greisinger, Systronik og Sontay) er meget følsomme og bør beskyttes under målingerne, da de reagerer selv på svage luftbevægelser langs gulvet. Instrumentet kan evt. placeres i en boks, der ikke hindrer trykforplantning, men skærmer mod direkte vindpåvirkning.
- Greisinger-instrumentet viste i visse tilfælde forskydning af differenstryksværdier under måleperioden. Som følge heraf anbefales det, at starte og slutte enhver måleperiode med nulpunktsmålinger til evt. efterfølgende korrektion.
- Det er ikke hensigtsmæssigt, at måle indetemperaturen lige over gulvet (<1cm), som det var tilfældet med TESTO-instrumentet, da temperaturændringer så tæt på gulvet blev synligt påvirket af betongulvets evne til at holde på og afgive varme.
- Måling af udetemperaturen skal ske således, at påvirkningen af direkte sollys minimeres. Placeringen af måleinstrumentet skal vurderes fra sted til sted, og det kan være en god ide at måle udetemperaturen flere steder. Normalt vil en placering på en nordvendt gavl være fornuftig, da der her ikke forekommer direkte solpåvirkning. Evt. kan en engelsk hytte benyttes til udetemperaturmålinger, da målingerne dermed beskyttes både mod direkte sollys og følgende opvarmning, men også mod varmeudstrålingen/tabets om natten.
- Registrering af differenstryk over ydermur bør foregå på alle sider af den undersøgte bygning, da værdifuld information om vindens påvirkning i form af luv- og læforhold, og vindinducerede trykgradienter omkring bygningen, ellers kan gå tabt.
- Etablering af målepunkter gennem gulvkonstruktionen skal gøres omhyggeligt for at sikre, at den midlertidige installation af trykmålerne er fuldstændig tæt. Det er en forudsætning for præcise differenstrykmålinger, at der ikke sker trykudligning som følge af installationen af måleudstyret.

6.2 Krav til måleudstyr

De instrumenter der skal benyttes til registrering af diverse parametre under en undersøgelse af differenstræk over gulv, skal overholde en række krav for at kunne levere brugbare data.

- Udstyrets nøjagtighed skal vurderes i forhold til de størrelser, der skal måles. For eksempel er det ikke nødvendigt at måle atmosfæretryk med en nøjagtighed på 0,1 Pa, da variationerne i atmosfæretrykket gerne sker i hPa. Omvendt vil en nøjagtighed i målingen af differenstræk over gulv på 0,1 hPa være alt for lidt, da udsvingene i denne parameter forventes at være i størrelser på 0,1 Pa. Samme betragtninger skal indledningsvis gøres for samtlige parametre, der skal måles.
- Udstyrets måleområde skal være dækkende for de forventede variationer af parametrene. Her kan det eksempelvis være hensigtsmæssigt at sikre sig, at måling af den udendørs temperatur sker med et instrument, der kan måle frostgrader.
- Ved måling af flere parametre på samme sted, skal det sikres, at de enkelte måleinstrumenter ikke forstyrrer hinanden. Der kan for eksempel opstå forstyrrelser af andre målinger i forbindelse med instrumenter, der suger luft.
- Den valgte målefrekvens skal være indstillet således, at de forventede variationer, i det man ønsker at måle, kan registreres. For eksempel vil det være meningsløst at registrere temperaturen 1 gang i døgnet, når det på forhånd forventes, at temperaturen vil variere meget på 1 døgn. En frekvens på 15 min, som anvendt i dette projekt, vurderes at være et udmærket valg.

6.3 Valg af måleparametre

Observationerne fra nærværende projekt giver mulighed for at anbefale et omfang af måleprogrammet i forbindelse med undersøgelser af differenstræk over gulve. Det vurderes således, at være tilstrækkeligt, at måle på udvalgte parametre og et forslag til udførelse af trykdifferensmålinger kan se ud som følger:

- Måling af differenstræk over gulvkonstruktionen i udvalgte punkter.
- Måling af temperatur under og over gulv ved differenstræk målepunkterne.
- Måling af atmosfæretrykket udenfor den pågældende bygning.
- Måling af differenstræk over vægkonstruktionen (mellem ude og inde) på alle sider af bygningen.
- Måling af inde- og udetemperatur.
- Registrering af vindretning- og hastighed på den pågældende ejendom.

Ovenstående setup vurderes, ud over at give et solidt grundlag for vurderinger af evt. forureningsspredning, at være tilstrækkelige til at danne grundlag for undersøgelsesernes videre tiltag.

6.4 Tolkning af trykdifferensdata under indeklimatemålinger

Ved brug af trykdifferensmålinger over en gulvkonstruktion under indeklimatemålinger, kan man skabe et overblik over i hvilke perioder under målingerne, der sandsynligvis har foregået den største og mindste transport af forurenende stoffer fra luften under gulv til indeluften. Disse observationer af differenstræk kan også danne grundlag for en vurdering af, om indeklimatemålingen har fundet sted i en periode med lille eller stort potentiale for opsivende forurening.

Det er målt i nærværende projekt, ved målinger af radonkoncentrationer over og under gulvet, at reduktionsfaktoren mellem poreluften og indeluften varierer, men da det vurderes, at radonindholdet i indeluften stammer fra poreluften under gulvet, må der ske en jævn transport, der er drevet af den opadrettede trykgradient.

6.5 Supplerende undersøgelser af vindinduceret påvirkning

Nærværende undersøgelser viste, at der muligvis foregår en udluftning af poreluften under gulvkonstruktionen som følge af særlige vindforhold. Dette kunne være interessant at undersøge nærmere, da mekanismen, i andre tilfælde, kan have stor betydning for målte værdier for forurenende stoffer foretaget i punktmålinger (opsamling på kulrør). Målinger af radonkoncentrationer i nærværende projekt viste variationer, sandsynligvis pga. nævnte mekanisme, på mellem 18.000 og 9.000 Bq/m³ indenfor 24 timer og endnu mere inden for 1 uge.

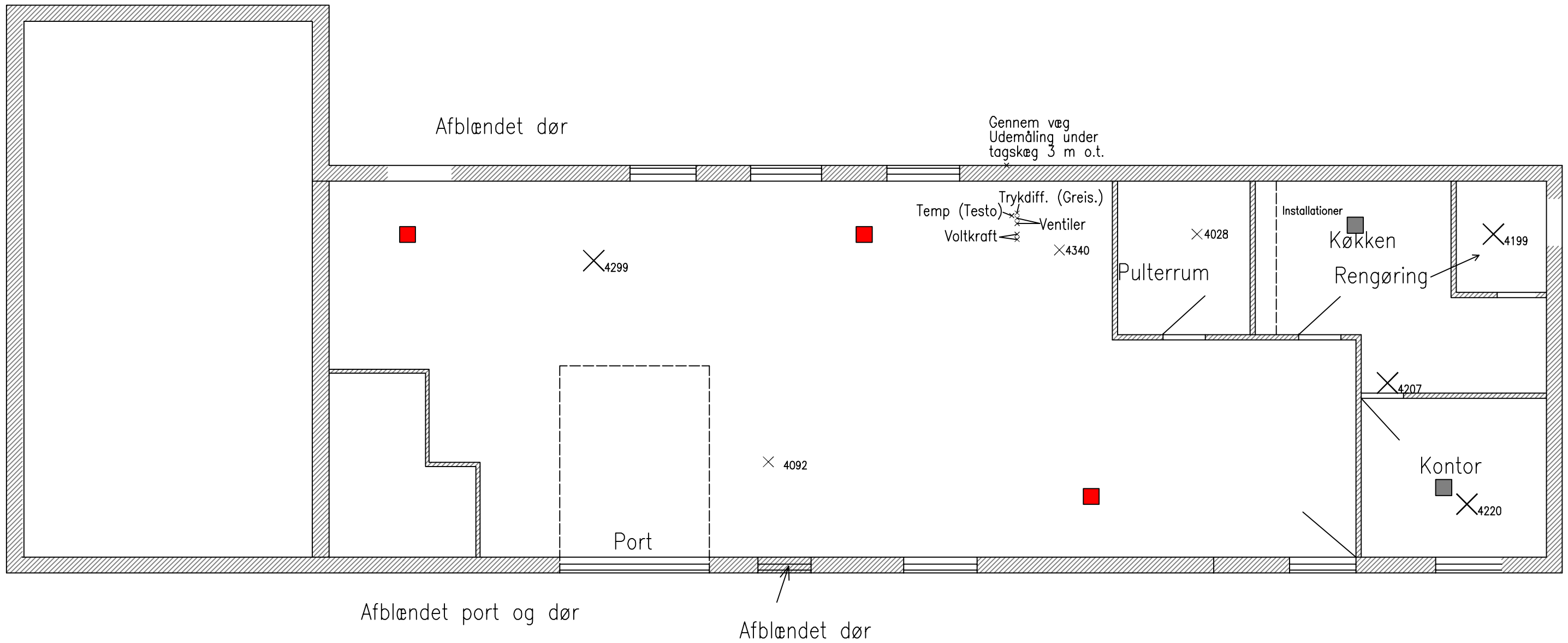
7. Referencer

- /1/ Region Syddanmark
Korsgade 7, Svendborg, Skitseprojektering af afvæрге,
Januar 2015
- /2/ Region Syddanmark
Gasafvæрге, Asbjørnvænget og Birgersvænget 5-6, Fredericia
April 2014
- /3/ Landbrugsinfo.dk
- /4/ Bygningsreglementet, BR10
- /5/ Teknisk Ståbi
- /6/ www.radon.dk
- /7/ Dimensionering af naturlig ventilation ved termisk opdrift, SBI-RAPPORT 301 . STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1998
- /8/ Indeklimasager – strategier og gode råd til undersøgelserne
Teknik og Administration, Nr. 3 2010
- /9/ www.sbi.dk
- /10/ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 – 7, 1998

Bilag 1: Oversigtsplaner

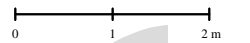
Bilag 1

Oversigtsplaner



SIGNATURER:

- × 4092 PFT-måling
- × Målepunkter
- Gasemitter – rød
- Gasemitter – sølv



Tegningen er baseret på affotograferet materiale og er ikke nødvendigvis målfast.

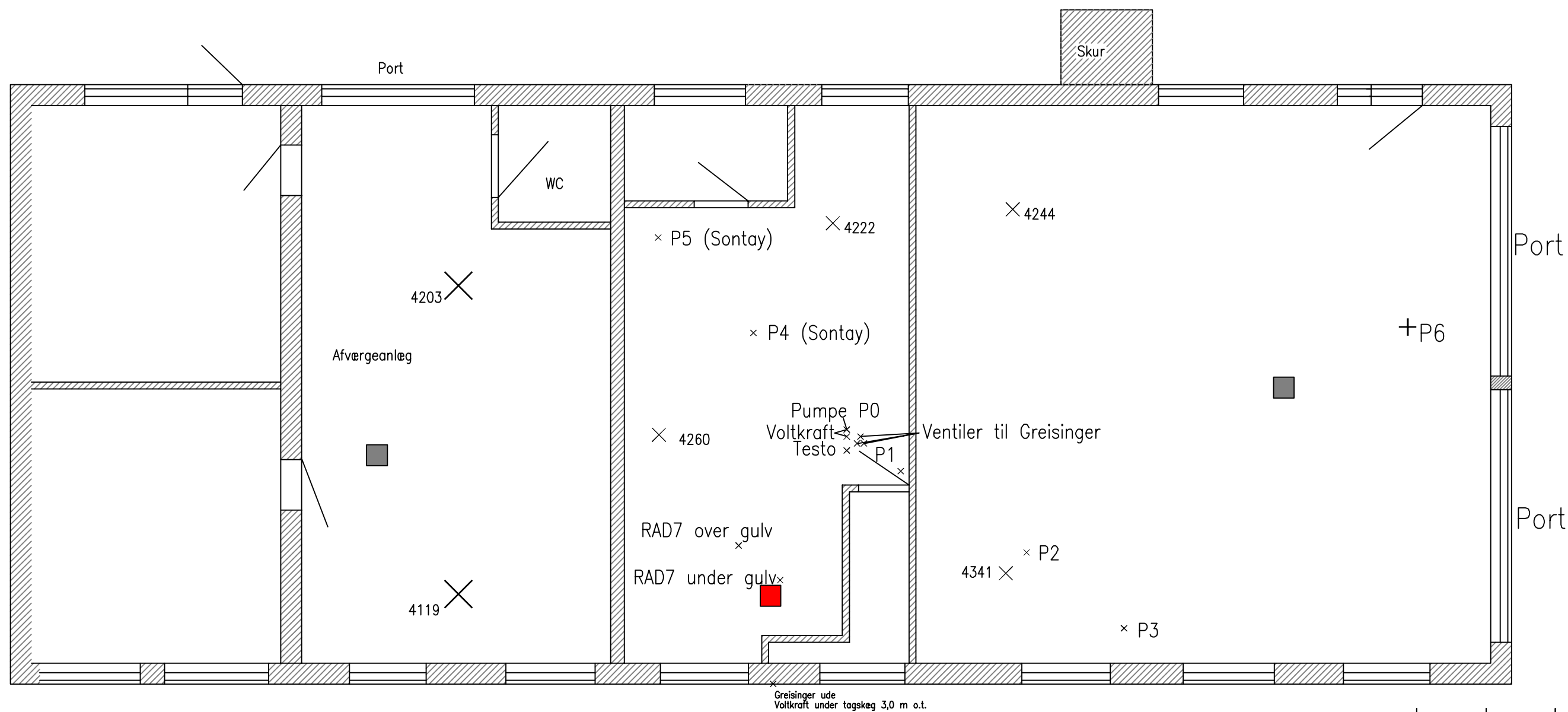
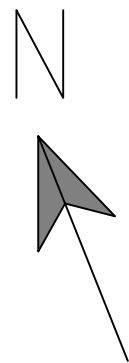
Bilag 1a
Skovlunde Byvej 96A m.fl.
2740 Skovlunde

Trykdifferensmåling, bygning 1

Februar 2015 1:75 Sag nr. 218900

NIRAS

015462189000/Project/TEP/Bypn. 1.dwg



SIGNATURER:

- × 4092 PFT-måling
- × Målepunkter
- Gasemitter – rød
- Gasemitter – sølv

0 1 2 m
Tegningen er baseret på affotograferet materiale og er ikke nødvendigvis målfast.

Bilag 1b

Skovlunde Byvej 96A m.fl.
2740 Skovlunde

Trykdifferensmåling, bygning 2

Februar 2015 1:75 Sag nr. 218900

NIRAS

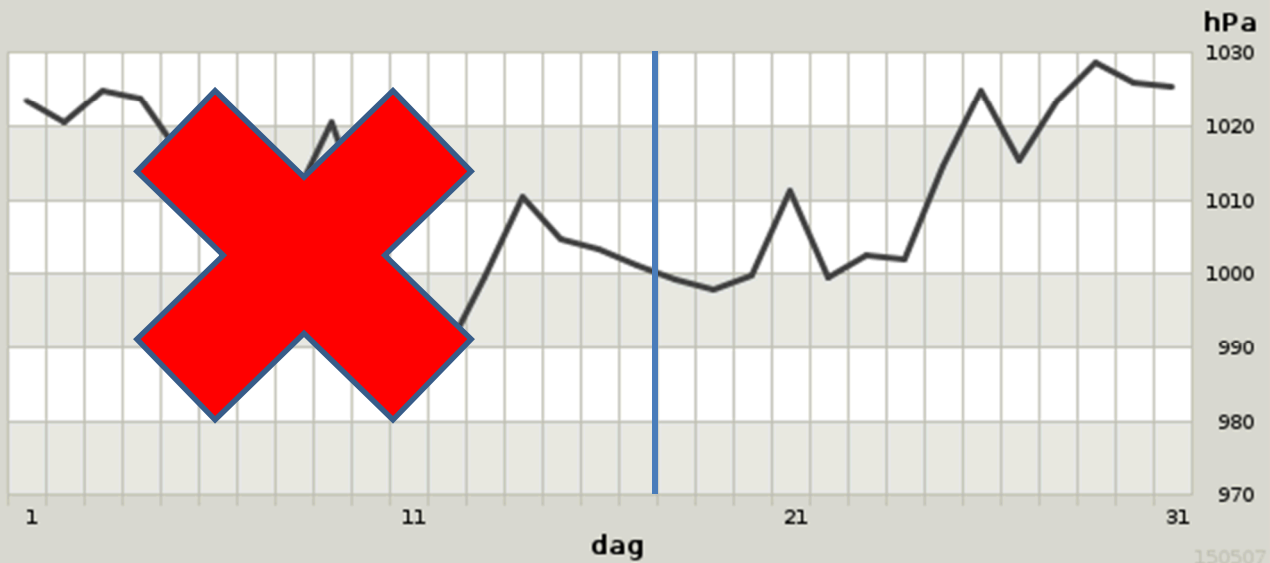
0:\SAG\218\900\Project\TEC\Bygn. 1.dwg

Bilag 2: Data fra DMI

Bilag 2
Data fra DMI

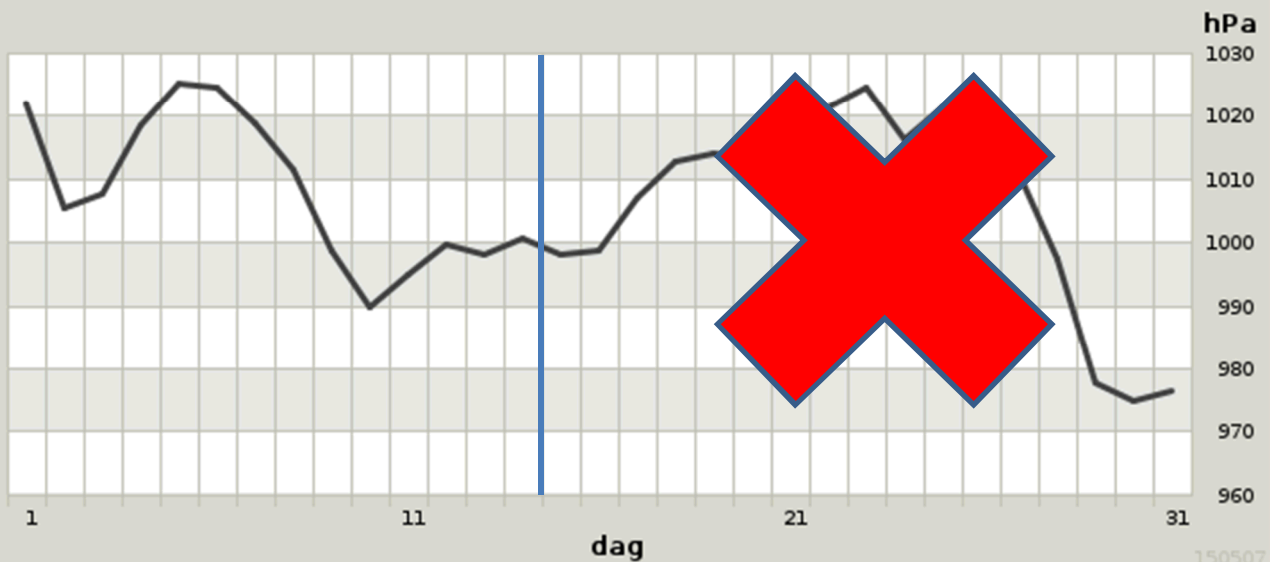
Tryk i hPa for december 2014 København- og Nordsjælland

Normal (1961 - 1990): 1011.6 hPa



Tryk i hPa for januar 2015 København- og Nordsjælland

Normal (1961 - 1990): 1013.4 hPa



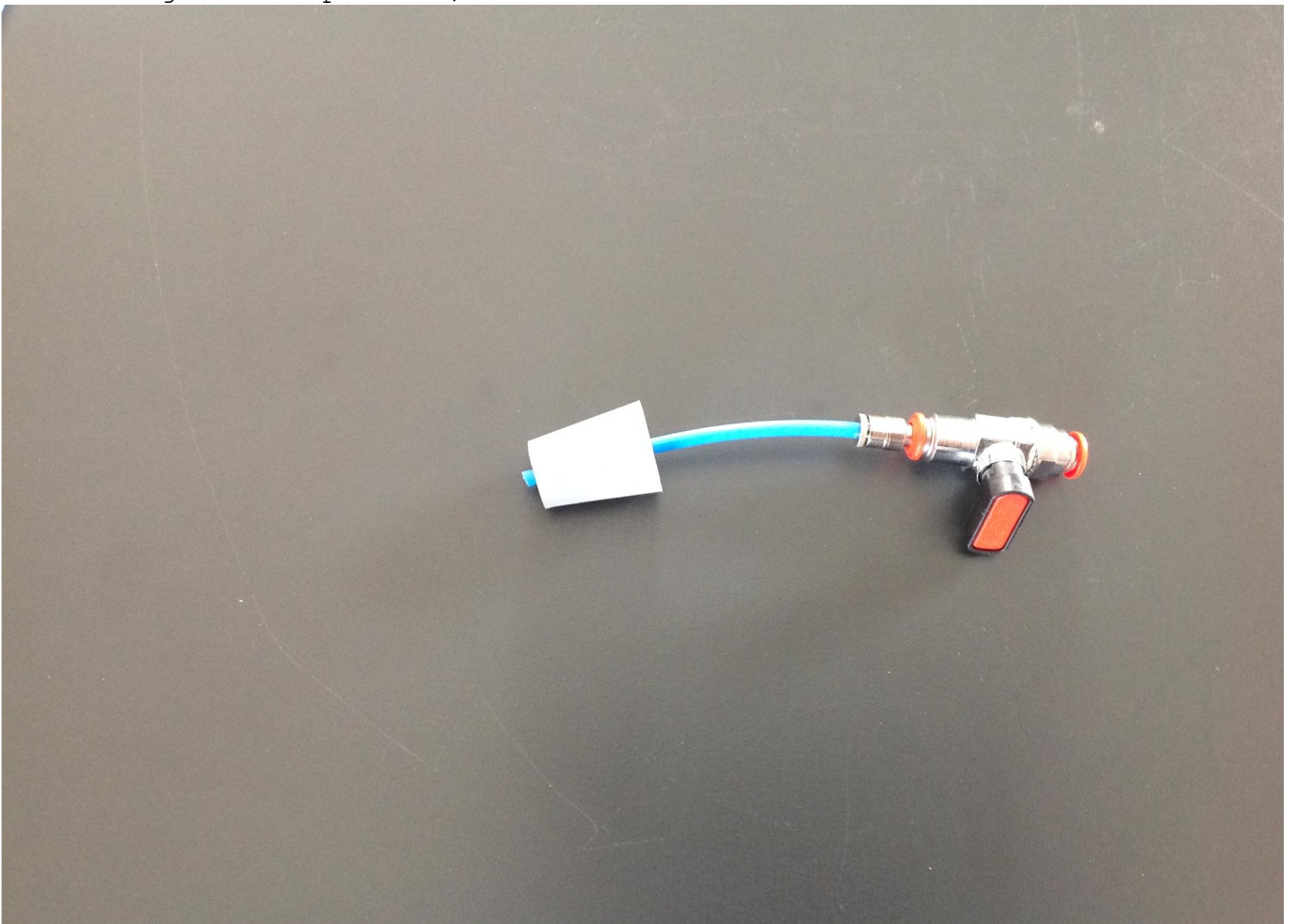
Bilag 3: Fotos fra opstillinger

Bilag 3

Fotos fra opstillinger



Placering af målepunkter, Område 1.



Ventil til målepunkterne.



Installeret ventil til målepunkterne.



Måling af differenstryk med Greisinger måler, Område 1.



Måleopstilling med Greisinger.



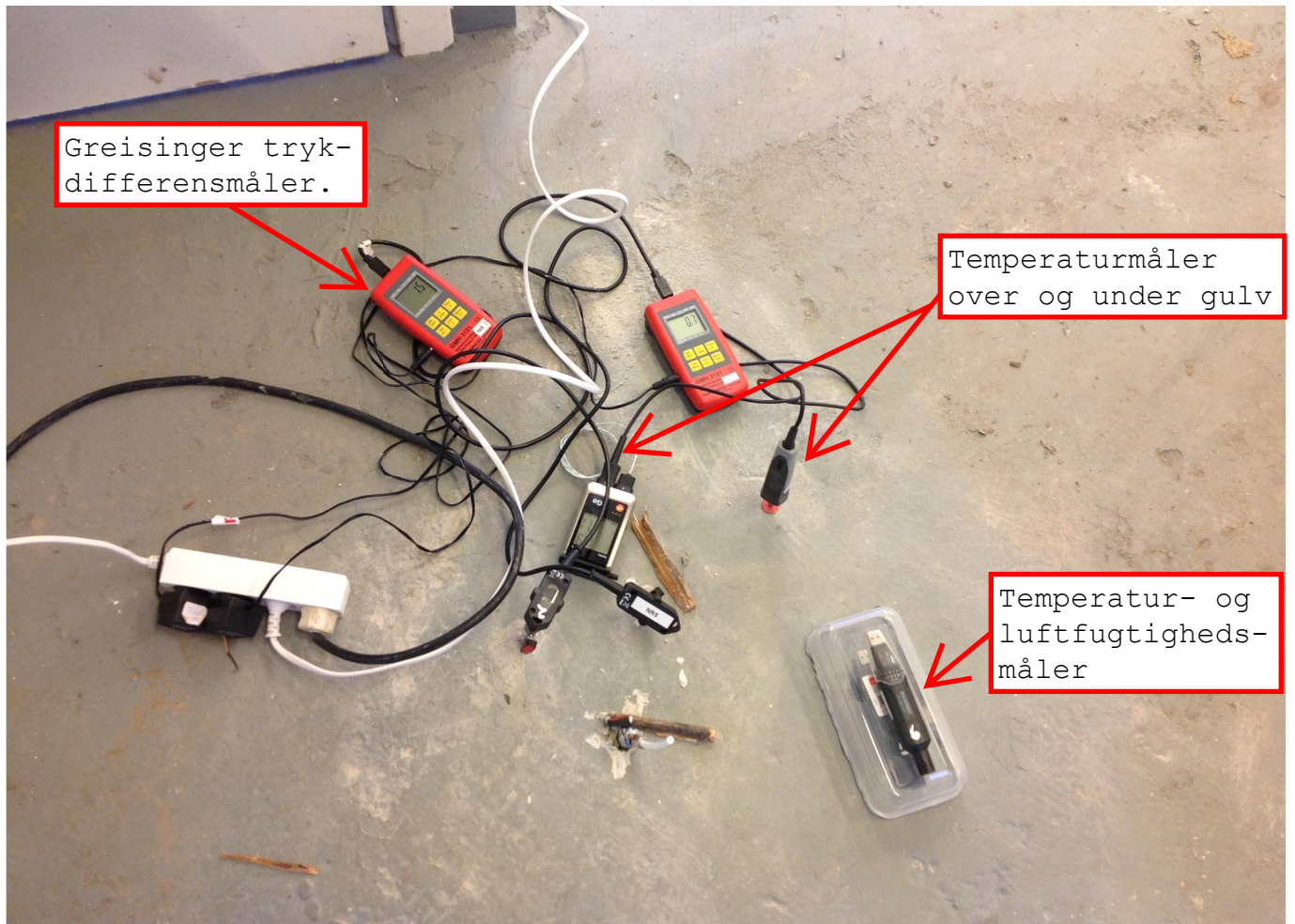
Måleopstilling med Greisinger.



Udgangshul for måling af differenstryk ude/inde.



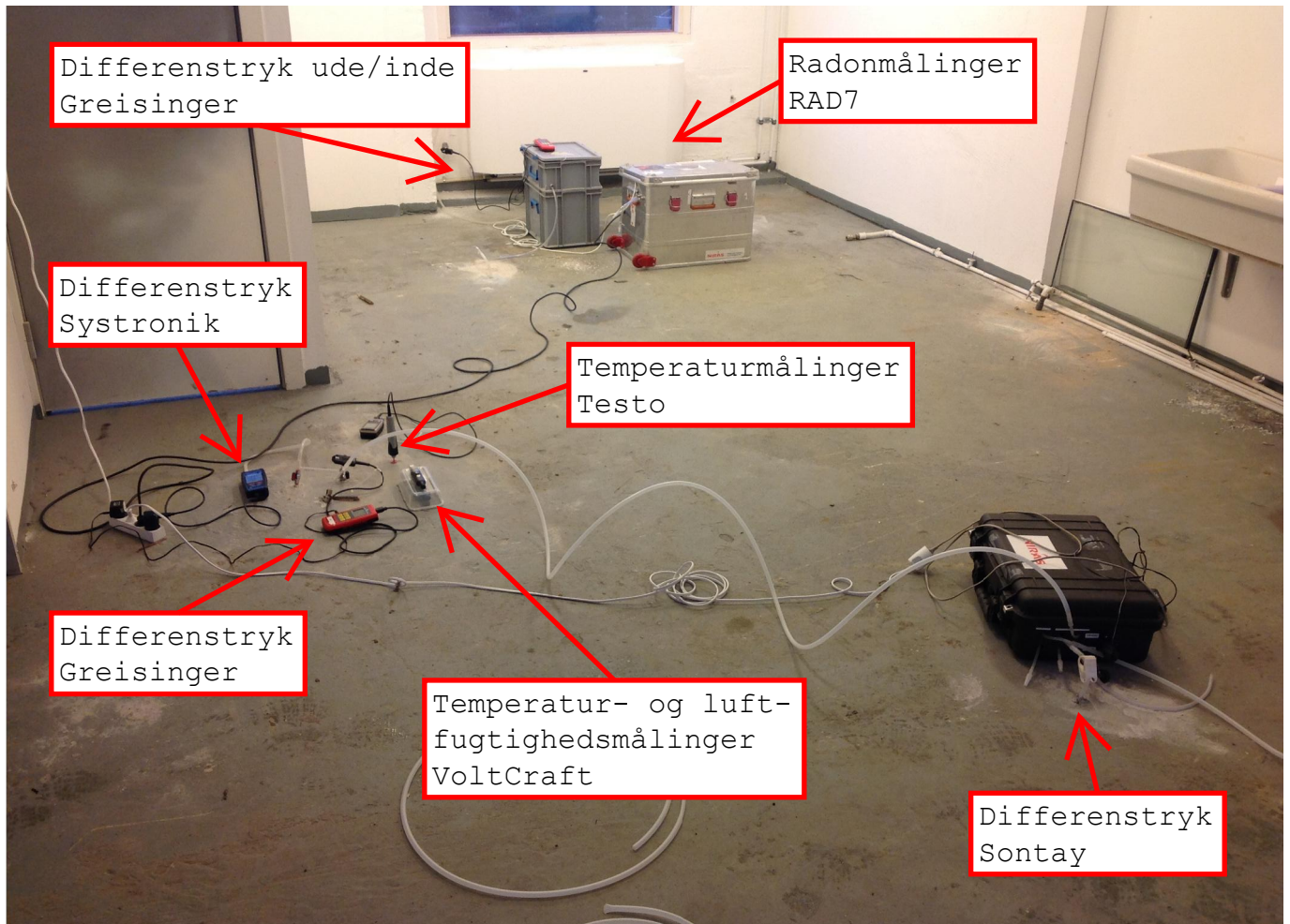
Placering af temperaturmåler på sydsiden af Område 2.



Måleinstrumenter installeret i Område 2. Bemærk temperaturføler over gulv.



Måling af differenstrykket ude/inde, Område 2.



Samlet måleopstilling, Område 2.



Radonmålinger, Område 2



Radonmåler, RAD7



Opstilling af ventilationstest, Område 2.

Bilag 4: Luftskiftemålinger

Bilag 4

Luftskiftemålinger

PFT-måling RH Innovationsgarage

NIRAS A/S har med assistance fra Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, Aalborg Universitet gennemført målinger ved hjælp af passiv sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode, i Region Hovedstadens Innovationsgarage.

NIRAS A/S har stået for planlægning af målingen samt opsætning og nedtagning af udstyret i bygningen. SBI har stået for klargøring af passive sporgaskilder og passive samplere, analyse af de eksponerede samplere og udarbejdelse af nærværende notat.

Målingen er gennemført i perioden december 2014 – januar 2015.

ENERGI OG MILJØ
A.C. MEYERS VÆNGE 15
2450 KØBENHAVN SV
SBI.DK
CVR 29 10 23 84

+45 9940 2525
NIELS CHRISTIAN BERGSØE
NCB@SBI.AAU.DK

DATO 03.02.2015
JOURNAL NR.: 500742

PFT-metoden

PFT-metoden (PFT = PerFluorcarbon Tracer) er en passiv multi-sporgasmetode efter konstant-dosering princippet. Sporgas frigives kontinuert, med en kendt rate og passivt fra nogle små sporgaskilder. Registrering af den gennemsnitlige sporgaskoncentration i rumluften sker ved passiv opsamling i adsorptionsrør. En sporgaskilde består af et lille metalhylster, som er lukket i den ene ende med en silikoneprop, hvorigennem sporgassen diffunderer. Et adsorptionsrør består af et glasrør, som indeholder en adsorbent beslægtet med aktivt kul. Adsorptionsrørene analyseres i laboratoriet ved termisk desorption og gaschromatografi.

Det er med PFT-metoden muligt at anvende flere forskellige sporgastyper samtidigt. En bygning kan derfor opdeles i zoner, så ikke blot bygningens totale luftskifte kan bestemmes men også luftskiftet i de enkelte zoner samt interne luftudvekslinger mellem zonerne.

Målinger med PFT-metoden gennemføres over en periode, og resultatet af målingen er de gennemsnitlige ventilationsforhold i måleperioden. Afhængig af måleomstændighederne kan måleperiodens varighed være fra mindre end et døgn og op til flere uger eller måneder.



Figur 1. Sporgaskilde og adsorptionsrør.



PFT-measurement

v. 50

SIDE 3 AF 6

Building : RH Innovationsgarage, bygn. 2 Date: 03.02.2015
Project : NIRAS, Mikkel Malchow-Møller Enclosure: 2
Measurement Start: 18.12.14 at 12:00 | Duration: 622,3 hours Analysis: 23.01.2015
Measurement End : 13.01.15 at 10:20

Results

Total infiltration rate: 326,2 m³/h (77,8) [24%]
Total air change rate: 0,84 h⁻¹ (0,20)
Outdoor air supply: 0,70 l/s pr. m² (Gross floor area: 130 m²)

Zone	Infiltration			Exfiltration			Total		
	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	174,8	81,3	[47]	116,8	146,9	[126]	379,5	157,0	[41]
2	151,4	148,0	[98]	209,4	182,2	[87]	414,2	351,3	[85]
3									

Zone	Interzone			Zone	Interzone		
	[m ³ /h]	SD	SD%		[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2	262,8	278,0	[106]	2 → 1	204,8	180,1	[88]
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

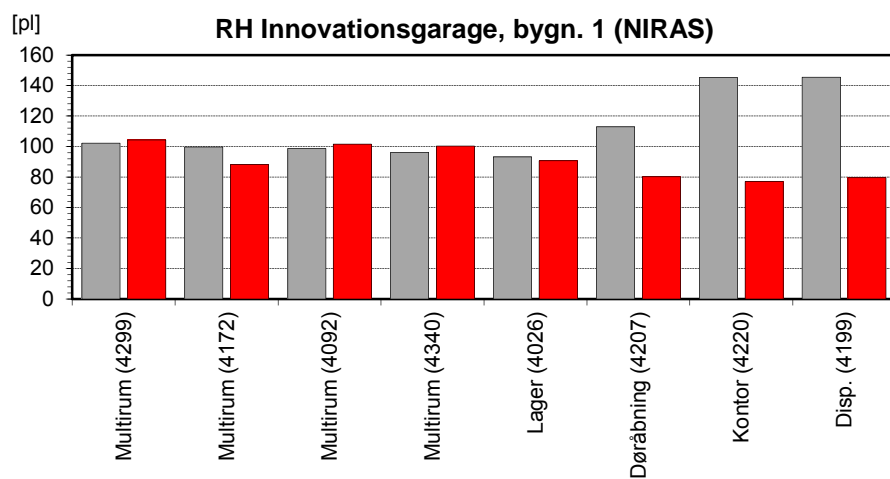
Zone		Average Zone Concentration [p/l]			
		PMCH	SD%	PMCP	SD%
1	Midterrum	5,3	[6]	8,2	[0]
2	To rum omkr. Zone 1	3,3	[41]	15,2	[52]
3	Not defined				

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Midterrum	97,0	PMCH	1	1655	20,0	1316
2	To rum omkr. Zone 1	293,0	PMCP	2	5200	20,0	4135
3	Not defined						

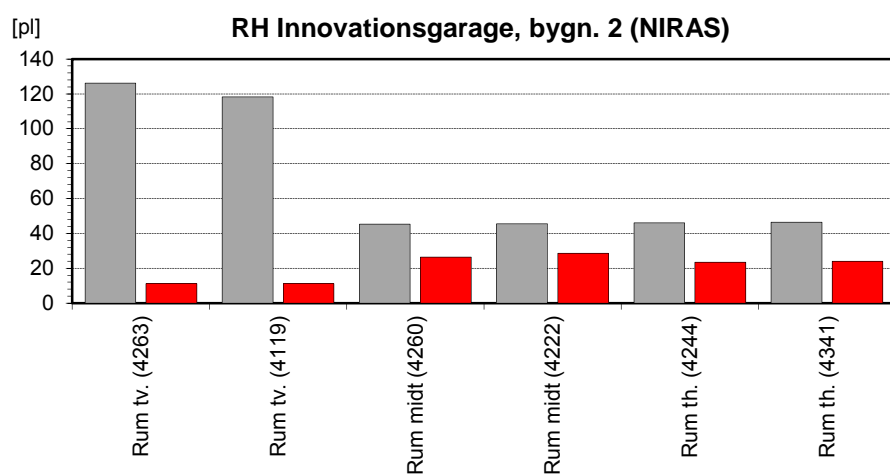
Rackfactor(s): PMCH: 1,000 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,45
PMCP: 1,000 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,73
Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 2,05
Uncertainty emitters: 10 %

Samplers

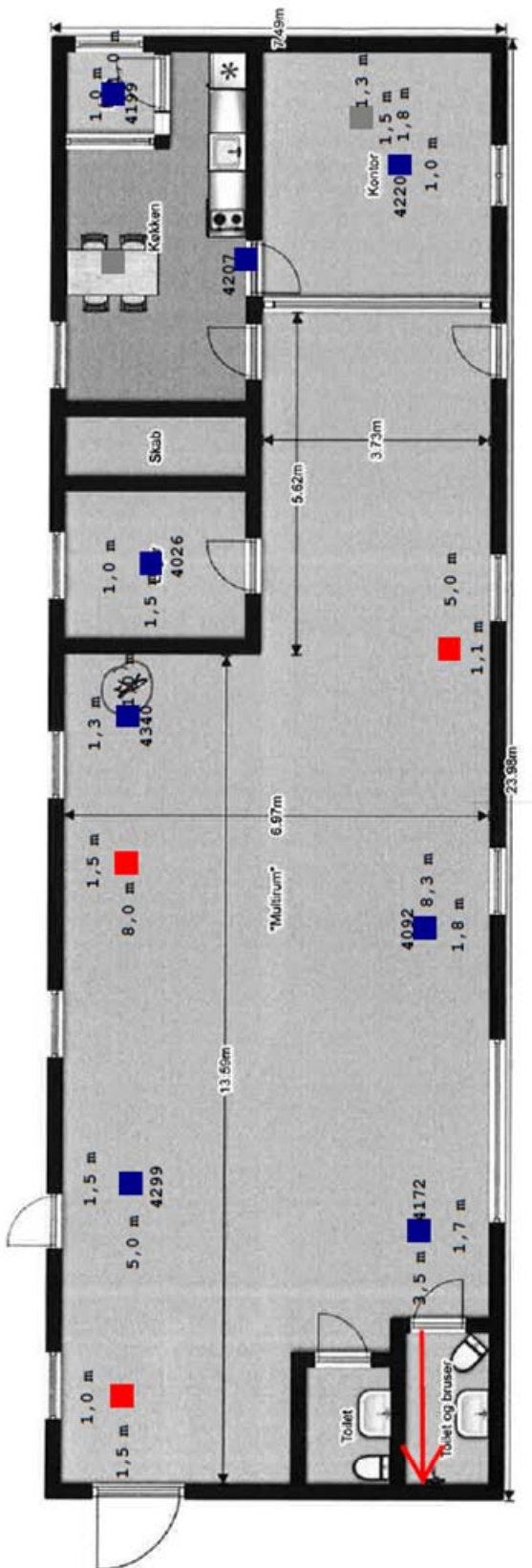
	Measured Volume [p/l]											
	Zone 1			Zone 2			Zone 3			Excluded samplers		
	Sampler	PMCH	PMCP	Sampler	PMCH	PMCP	Sampler		Sampler	PMCP	PMCH	PDCH
1	4260	26,4	45,4	4263	11,2	126,2						
2	4222	28,6	45,5	4119	11,1	118,2						
3				4244	23,4	46,2						
4				4341	24,0	46,4						



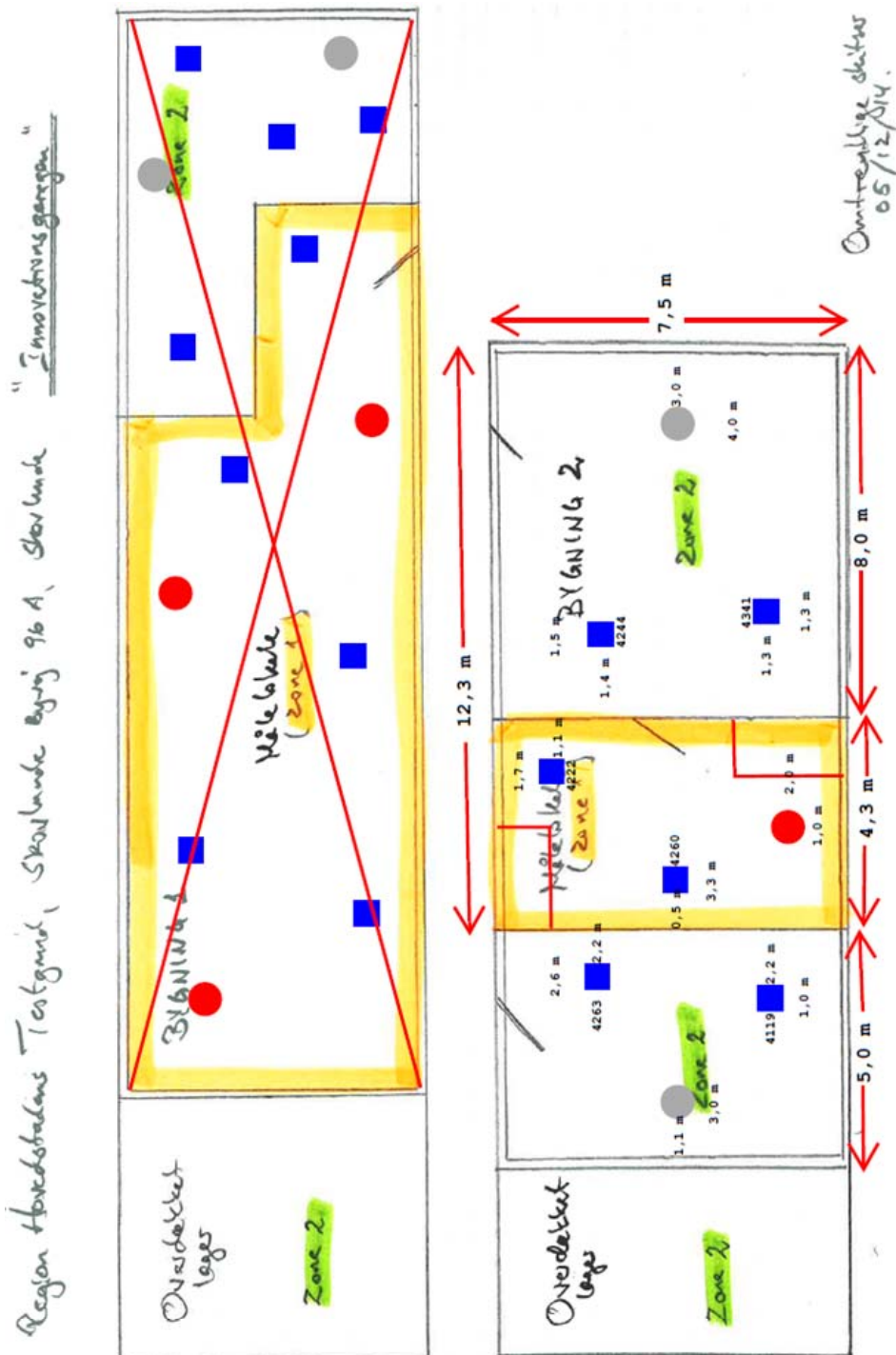
Figur 2. Sporgasindhold i samplere eksponeret i bygning 1.



Figur 3. Sporgasindhold i samplere eksponeret i bygning 2.



Figur 4. RH Innovationsgarage, bygning 1, placering af sporgaskilder og samplere.

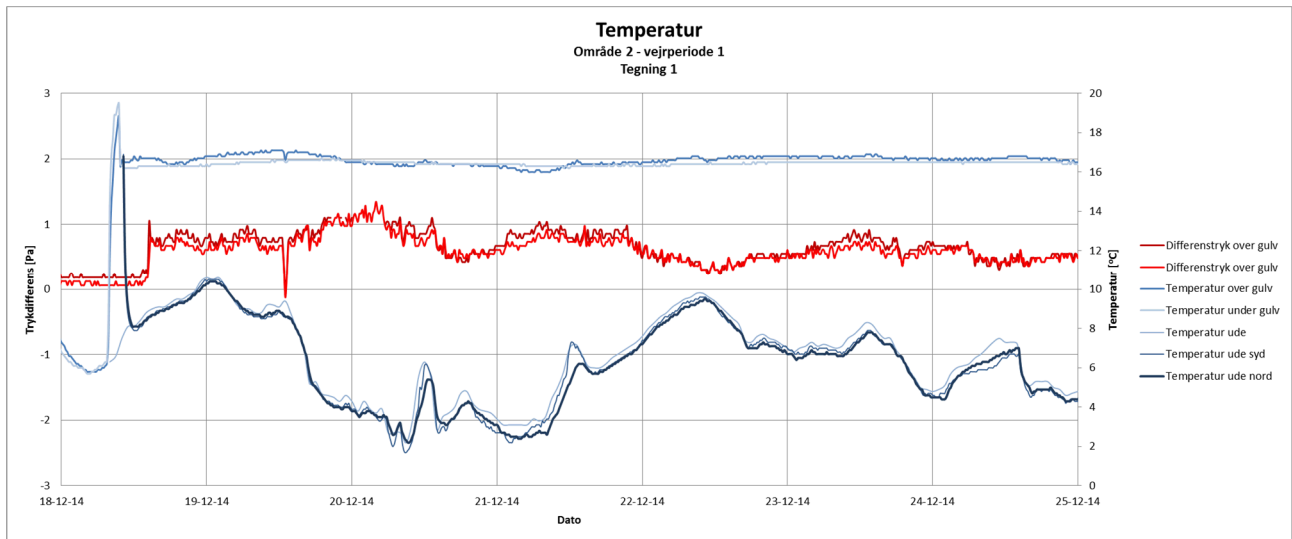


Figur 5. RH Innovationsgarage, bygning 2, placering af sporgaskilder og samplers.

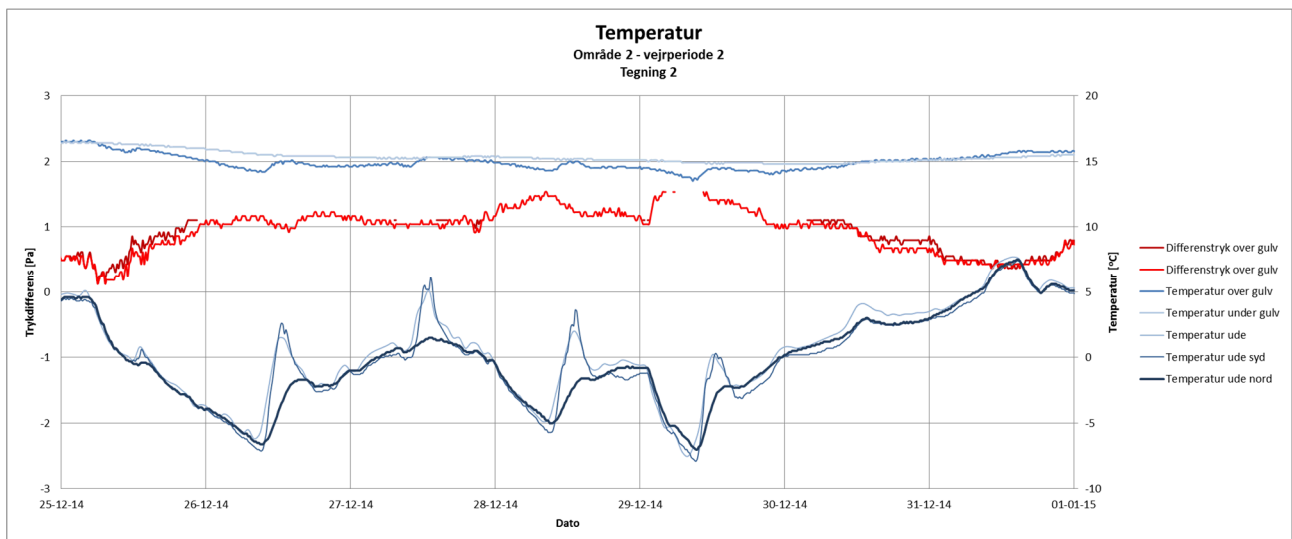
Bilag 5: Detaljeudsnit fra figurer

Bilag 5

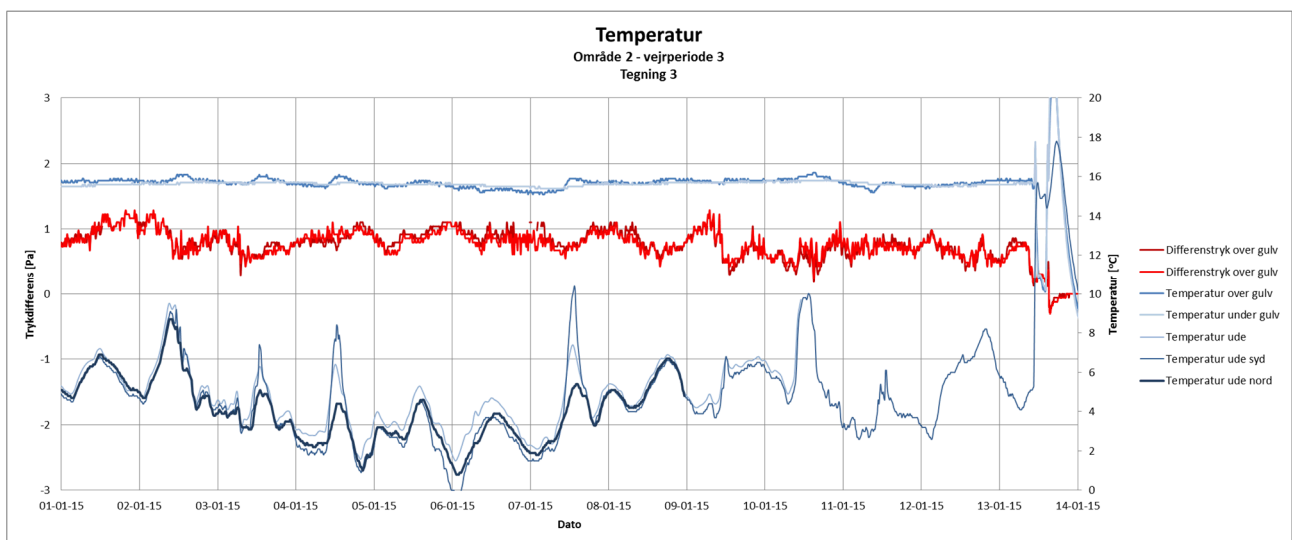
Detaljeudsnit fra figurer



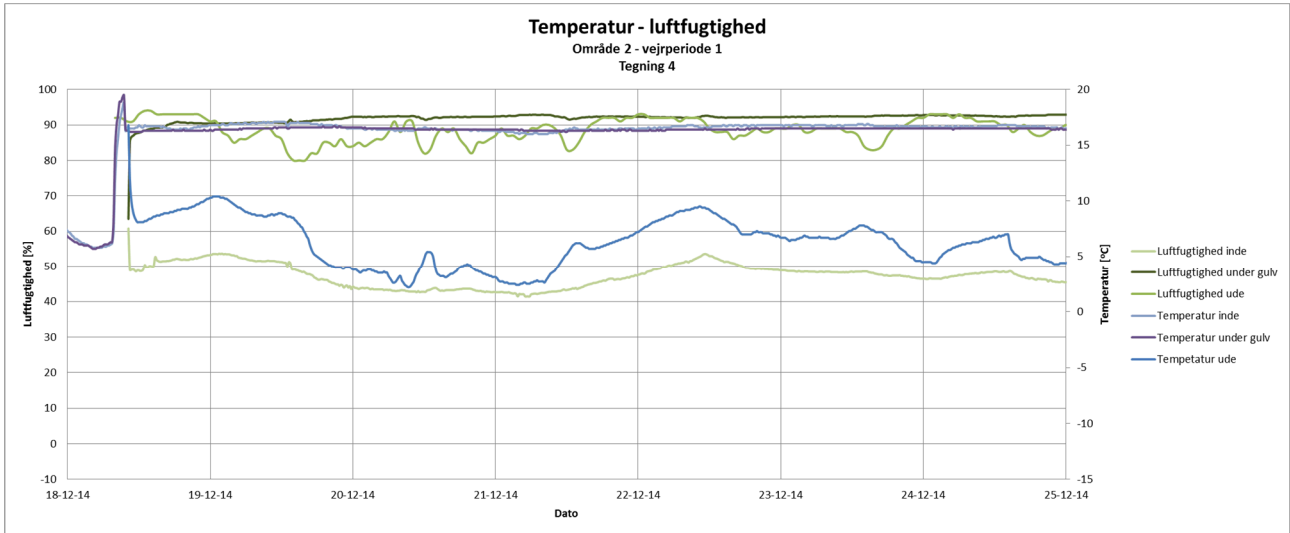
Tegning 1. Temperatur og differenstryk over gulvkonstruktionen, vejrperiode 1.



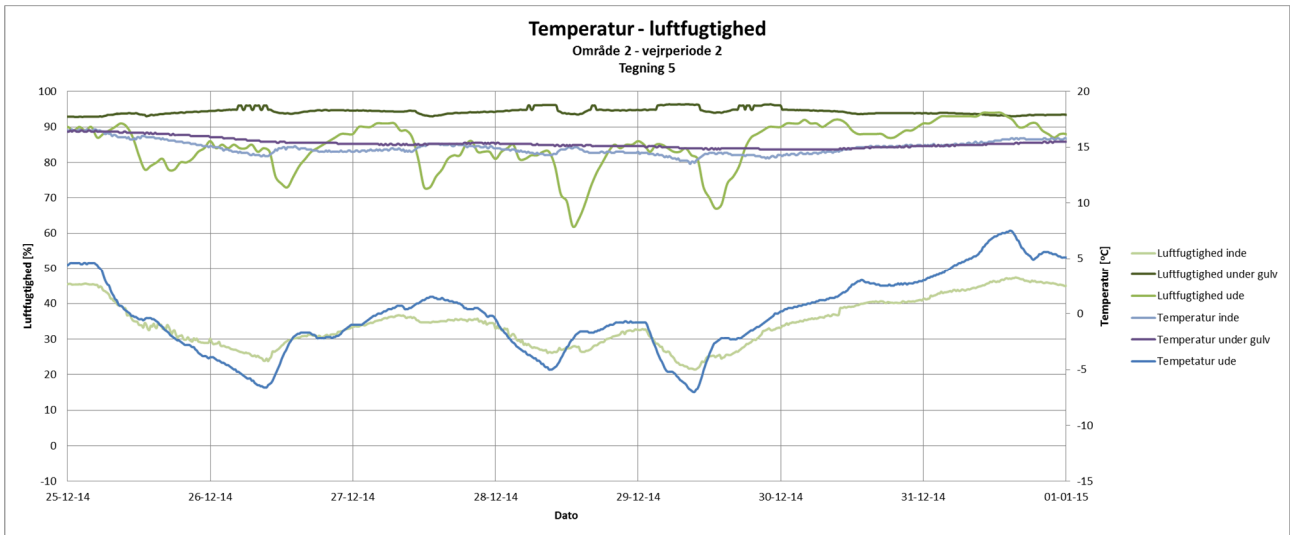
Tegning 2. Temperatur og differenstryk over gulvkonstruktionen, vejrperiode 2.



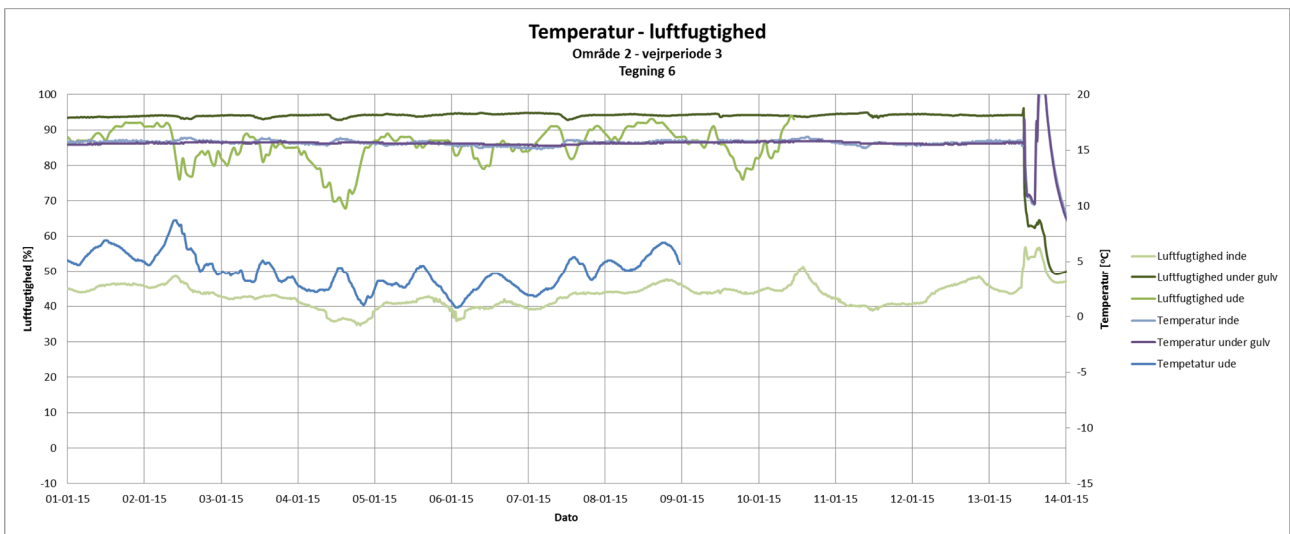
Tegning 3. Temperatur og differenstryk over gulvkonstruktionen, vejrperiode 3.



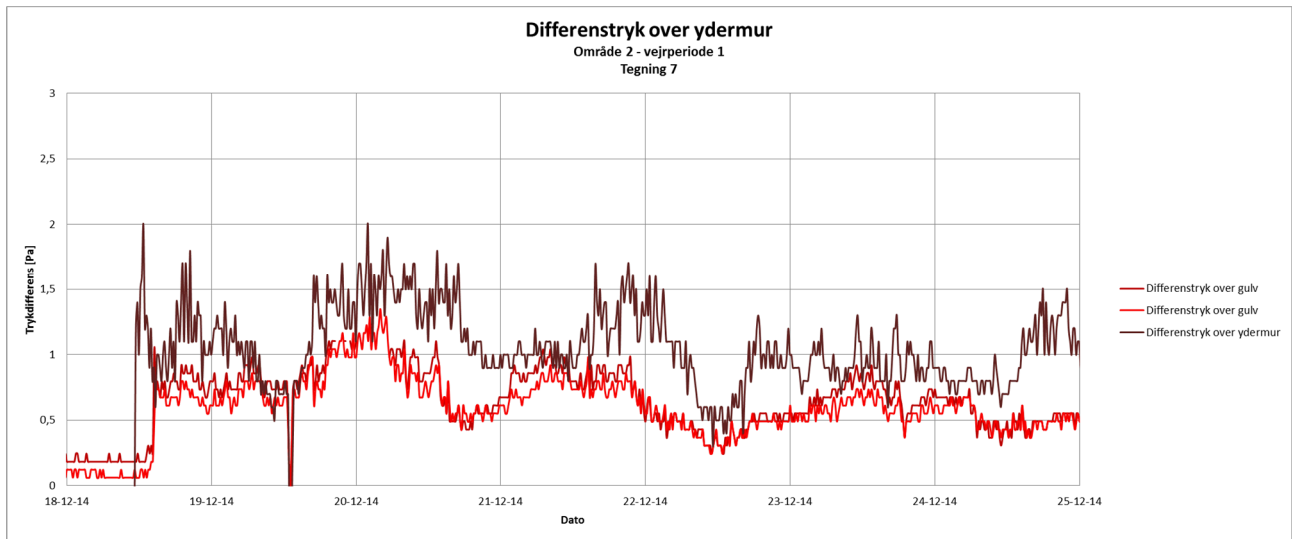
Tegnning 4. Temperatur og luftfugtighed, vejperiode 1.



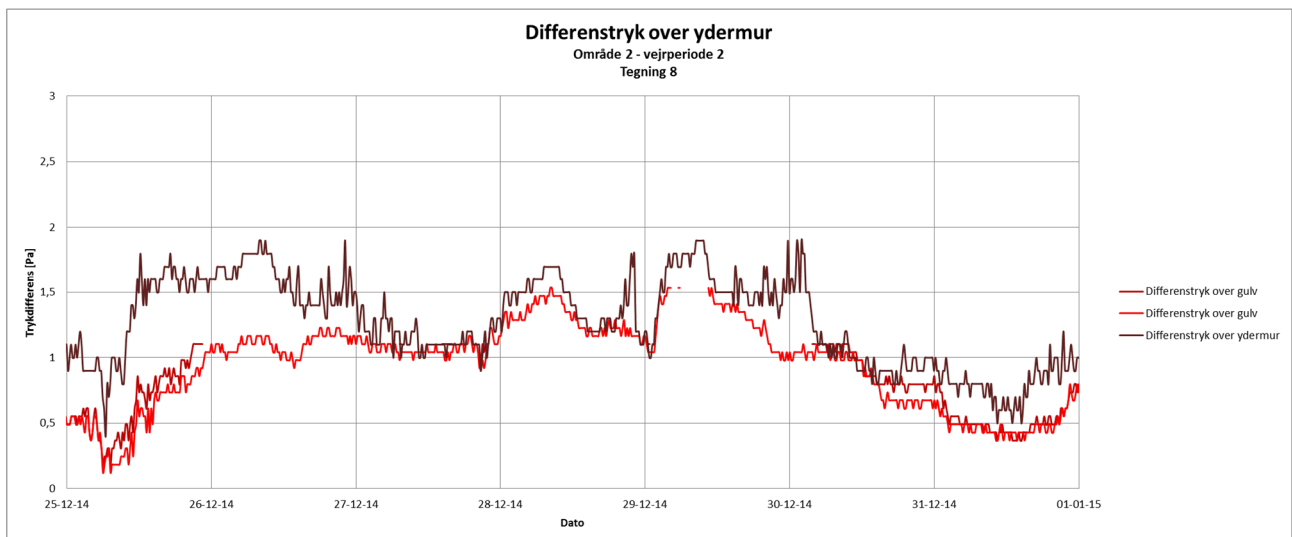
Tegnning 5. Temperatur og luftfugtighed, vejperiode 2.



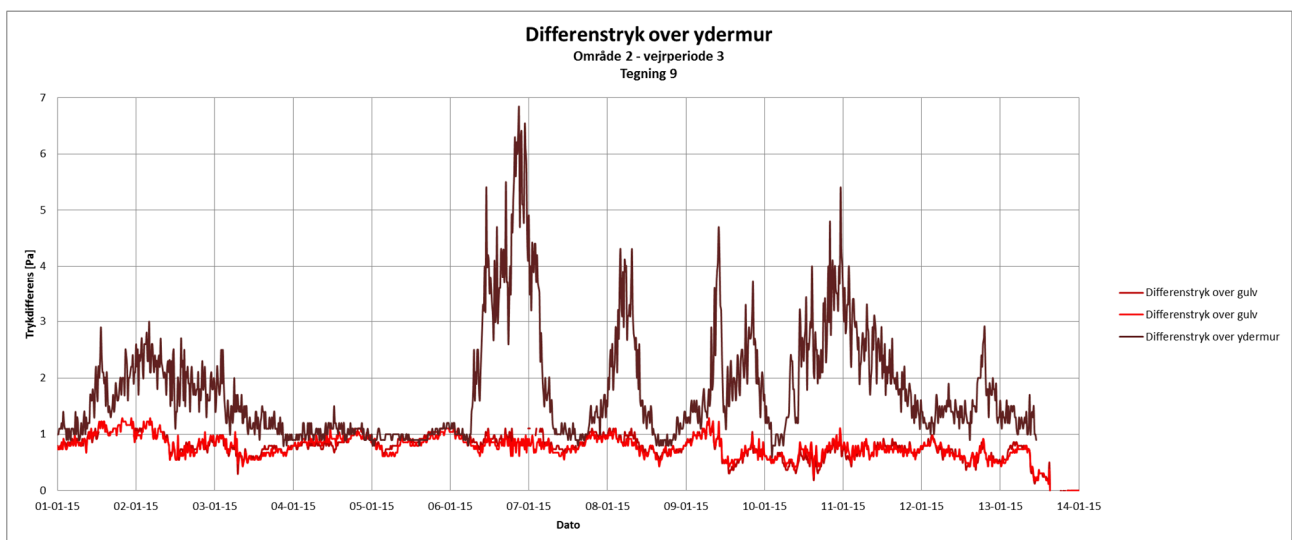
Tegnning 6. Temperatur og luftfugtighed, vejperiode 3.



Tegning 7. Differenstryk ude/inde og differenstryk over gulvkonstruktionen, vejrperiode 1.



Tegning 8. Differenstryk ude/inde og differenstryk over gulvkonstruktionen, vejrperiode 2.



Tegning 9. Differenstryk ude/inde og differenstryk over gulvkonstruktionen, vejrperiode 3.

Bilag 6: Datablade for måleinstrumenter

Bilag 6

**Datablade for
måleinstrumenter**

Pressure measuring device with logger

GMH 3151



Special features:

- 4½-digit display
probes with higher resolution up on request
- logger functions
- peak value memory
- analog output 0-1V
- 1000 measurements / second
- digital sensor adjustment possible
- min- / max-alarm
- integrated horn

Additional function of the GMH3156:

- 2 GMSD/MSD-probes connectable
- difference measurement of two probes

GMH 3156



*suitable
pressure probes
page 42 / 43*

GMH 3151 (probe not included)

GMH 3156 (probes not included)

GMH 3150 - ex (Ex device without probe)

GMH 3156 - ex (Ex device without probes)

Specification:	GMH3151	GMH3156	GMH3151-ex	GMH3156-ex
max. display range:	-19999 ... +99999 digit		-19999 ... +199999 digit	
Measuring range:	corresponding to used probe		corresponding to used probe	
Overload:	corresponding to used probe		corresponding to used probe	
Resolution:	corresponding to used probe		corresponding to used probe	
Accuracy: (device)	±0,1%FS ±1Digit (at nominal temperature = 25°C)			
Pressure units:	mbar, bar, Pa, kPa, MPa, mmHg, PSI, mH ₂ O, can be selected.			
Probe connection:	1	2	1	2
	6-pin screened lockable Mini-DIN-socket(s) for GMSD/MSD-sensors. Automatic probe detection and setting of meas. range upon plugging in of probe.			
Display:	2 x 4½-digit LCD		2 x 4½-digit LCD	
Output:	serial interface o. AAG		serial interface o. AAG*	
- serial interface:	direct connection to RS232 or USB interface of a PC via interface converter GRS3100, GRS3105 or USB3100 (accessories)		direct connection to RS232 or USB interface of a PC via interface converter GRS3100, GRS3105 or USB3100 (accessories)	
- analog output:	0-1V, freely adjustable (res. 12bit)		0-1V, freely adjustable (res. 12bit)	
Power supply:	9V-battery, d.c. connector <i>suitable 9V-battery (type IEC 6F22) in scope of supply, d.c. connector for external 10.5-12V direct voltage supply. (suitable power supply: GNG10/3000)</i>		9V-battery, d.c. connector*	
Sensor adjustment:	digital offset and scale input		digital offset and scale input	
Tare, hold, min/max value:	X	X	X	X
Peak value memory:	≥1 ms		≥1 ms	
Measuring cycle: "slow"	4 measurements / s		4 measurements / s	
"fast" (with filter)	≥ 1000 meas. / s		1000 meas. / s	
"peak-detect"	≥ 1000 meas. / s		1000 meas. / s	
Logger functions:				
manually data sets:	99		99	
-cycle data sets:	10000	4000	10000	4000
	(max. 64 recording sequences)		(max. 64 recording sequences)	
-adjustable cycle time:	1 ... 3600 seconds		1 ... 3600 seconds	
Averaging function:	X	X	X	X
Min-/max- alarm:	X	X	X*	X*
Real-time clock:	X	X	X	X
Power consumption:	max. 1.6mA (slow mode) max. 7mA (fast = 1000Hz)		max. 1.6mA (slow mode) max. 7mA (fast = 1000Hz)	
Working condition:	-25 to +50°C, 0 to +95%r.F. (non-condensing)		-10 ... 50°C, 0 ... 95 %RH (non-condensing)	
Power-Off-function:	1...120 min (can also be deactivated).			
Housing dimensions:	142 x 71 x 26 mm, impact-resistant ABS plastic housing. Front side IP65			
-	pop-up clip for table top or suspended use.		-	
Weight:	approx. 150 g		approx. 190 g (incl. case)	

* refer to note to EX-design types at page 40

General functional description:

Tare function: display value and the min./max values memorized can be set to zero.

Hold function: by pressing a button the current meas. value will be memorized.

Min./Max. value memory: memorizing of max. and min. values.

Peak value memory (peak-detect): In the min-/max-value memory will be detected not filtered pressure peaks ≥1msec.

Averaging function: integrates the meas. values during a selectable period of time and then calculates the average display value.

Logger operation: Logger start and stop via the keyboard or interface. Comfortable read-out and display software (GSOFT3050) available as additional equipment.

Low power logger mode: (only in meas. cycle "slow") Only one measurement carried out at the end of the respective logger cycle. The battery life is considerably prolonged. For long-term recordings (eg. tightness).

Min-/Max-alarm: the measuring value is constantly monitored if they remain within the min./max. limits set (deaktivatable)

- **Alarm:** 3 different alarm settings
 - "off" - alarm function deactivated
 - "on" - visual alarm via display, interface alarm, alarm sounded via integrated horn.
 - "no.So." - visual alarm via display and interface alarm

- Controlling function: with the help of the switching module GAM3000 (optionally) electric equipment can be switched on/off or alarm memoried (see accessories)

SeaLevel-correction: when connecting an abs. pressure probe the barom. air press. can also be displayed corrected to sea level "zero". (Air pressure comp. achieved by entering the meters above sea level "zero")



DURRIDGE COMPANY INC.

524 Boston Road, Billerica, MA 01821
 Tel: (978) 667-9556, Fax: (978) 667-9557
 www.durridge.com

RAD7 Specifications

Specifications for the RAD7 exceed those of all radon gas monitors made in North America, as well as those in its price range world-wide. This is a partial list of specifications that make the RAD7 so highly regarded in the field.

Part 1 Functionality

Modes of Operation	SNIFF Rapid response and rapid recovery radon measurement THORON Radon and thoron measured simultaneously and independently NORMAL High sensitivity AUTO Automatic switch from SNIFF to NORMAL after three hours run GRAB Analysis of grab samples WAT Automatic analysis of water samples with RAD H ₂ O accessory
Measurements	Radon in air with Sniff protocol for quick, spot reading Thoron protocol for searching for radon entry points Radon in air 1-day, 2-day or weeks protocol for long term measurement Radon in water batch samples with RAD H ₂ O and Big Bottle RAD H ₂ O Continuous radon in water with RAD AQUA and Radon-in-Water Probe Radon in soil gas with Soil Gas Probe and Active DRYSTIK Radon emission from soil and hard surfaces with surface emission chamber Bulk radon emission from bulk materials and objects
Data Storage	1,000 records, each with 23 fields of data Log of printer output also stored
Sample Pumping	Built-in pump draws sample from chosen sampling point Flow rate typically 800mL/min
Print Output	Short, medium or long format data printed after each cycle Run summary printed at end of run, including averages and spectrum
PC Connectivity	RS232 serial port, full remote control implemented in CAPTURE Software
Audio Output	GEIGER Tone beeps for radon and thoron counts CHIME Chime only at the end of each cycle, otherwise silent OFF No sound
Tamper Resistance	TEST LOCK command locks keypad to secure against tampering

Part 2 Technical Specifications

Principle of Operation	Electrostatic collection of alpha-emitters with spectral analysis Passivated Ion-implanted Planar Silicon detector SNIFF mode counts polonium-218 decays NORMAL mode counts both polonium 218 and polonium 214 decays
Built-In Air Pump	Nominal 1 liter/minute flow rate Inlet and outlet Luer connectors

Connectivity	RS-232 port up to 19,200 baud rate USB adaptor is included with every RAD7
Measurement Accuracy	+/-5% absolute accuracy, 0% - 100% RH
Nominal Sensitivity	SNIFF mode, 0.25 cpm/(pCi/L), 0.0067 cpm/(Bq/m ³) NORMAL mode, 0.5 cpm/(pCi/L), 0.013 cpm/(Bq/m ³)
Radon Concentration Range	0.1 - 20,000 pCi/L (4.0 - 750,000 Bq/m ³)
Intrinsic Background	0.005 pCi/L (0.2 Bq/m ³) or less, for the life of the instrument
Recovery Time	Residual activity in Sniff mode drops by factor of 1,000 in 30 minutes
Operating Ranges	Temperature: 32° - 113°F (0° - 45° C) Humidity: 0% - 100%, non-condensing
Cycle Range	User controllable number of cycles, from 1 to 99 to unlimited, per run User controllable cycle time, from 2 minutes to 24 hours
CAPTURE Software	Compatible with Microsoft Windows XP and 7, and Mac OS X Automatic RAD7 location, connection and data download Graphs radon, thoron, temperature and humidity over time Automatic humidity correction Statistical analysis tools track concentration averages and uncertainties Chart Recorder mode provides real-time RAD7 status monitoring Control RAD7 operations from computer via direct or remote connection Automatic calculation and display of radon in water for RAD AQUA Automatic combination of multiple RAD7 data

Part 3 Physical Specifications

Dimensions	11.5" x 8.5" x 11" (29.5 cm x 21.5 cm x 27.9 cm)
Weight	9.6 pounds (4.35 kg)
LCD Display Output	2 line x 16 character, alpha-numeric display
Case Material	High density polyethylene
Infrared Printer	Omniprint OM1000 Wireless Infrared Printer included
Power Supply	11-15V DC (12V nominal) @ 1.25A, center pin positive, or included internal EnerSys sealed lead acid rechargeable battery pack (6V nominal, 30Wh, 5Ah)
Battery Longevity	24 hours in SNIFF mode; 72 hours in Monitor mode

Revision 2015-06-24

© Copyright 2015 DURRIDGE Company Inc. All rights reserved.

PA-267-AH

Air Differential Pressure Transmitter



Features:

- $\pm 0.4\%$ Accuracy
- Over pressure safety margin of 68kPa (10psi)
- Duct fixing kit included
- Optional LCD Display

Benefits:

- IP65 Housing
- Long term stability

Technical Overview

The PA-267-AH is a high accuracy differential pressure transmitter designed for overpressure, under pressure, and differential pressure measurements of air and other neutral gases. It is recommended that for applications where control is involved, the high accuracy version is used.

The measurement cell uses an advanced design of capacitive element to ensure excellent linearity and zero stability. The differential pressure to be measured induces a movement of the stainless steel diaphragm which is converted to an electronic output signal by a capacitance measurement and a unique electronic circuit.

Specification:

Accuracy RSS*	(at constant temp) $\pm 0.40\%$ fsd
Linearity (BFSL)	$\pm 0.33\%$ fsd
Hysteresis	$\pm 0.20\%$ fsd
Repeatability	$\pm 0.10\%$ fsd
Thermal effect**	
Compensated range	5 to 65°C (40 to 150°F)
Zero/span shift %FS	$\pm 0.06\%$ ($\pm 0.033^\circ\text{F}$)
Overpressure	68kPa (10 psi)
Warm-up shift	$\pm 0.1\%$ FS total
Pressure connections	Push fit for 6mm (0.24") i/d tube
Output:	
Current	4-20mA, load = 100 to 800 Ω
Voltage	0-10Vdc (o/p impedance <100k Ω)
Power supply:	
Current output	9 to 30Vdc
Voltage output	12-30Vac or 13-42Vdc
Speed of reaction:	
Without filter	20ms
With filter	40ms
Electrical Connections	Screw terminals for 1.5mm ² max.
Diaphragm	Stainless steel 304
Housing	Glass-filled Polycarbonate to UL94V-0
Protection	IP65
Operating Temp.	-18 to +65°C (0 to 149°F)
Dimensions	158 x 80 x 60mm (6.22 x 3.15 x 2.36")
Country of origin	USA

* RSS of Non-linearity, non-repeatability & hysteresis

** Units calibrated at nominal 21°C (70°F)



The products referred to in this data sheet meet the requirements of EU Directive 2004/108/EC

Part Codes:

PA-267-25-AH

0 to 25Pa (0 to 0.10" w/c), 4-20mA output

PA-267-50-AH

0 to 50Pa (0 to 0.20" w/c), 4-20mA output

PA-267-100-AH

0 to 100Pa (0 to 0.40" w/c), 4-20mA output

PA-267-300-AH

0 to 300Pa (0 to 1.20" w/c), 4-20mA output

PA-267-500-AH

0 to 500Pa (0 to 2.01" w/c), 4-20mA output

PA-267-1000-AH

0 to 1000Pa (0 to 4.01" w/c), 4-20mA output

PA-267-1600-AH

0 to 1600Pa (0 to 6.42" w/c), 4-20mA output

PA-267-2500-AH

0 to 2500Pa (0 to 10.04" w/c), 4-20mA output

PA-267-3000-AH

0 to 3000Pa (0 to 12.04" w/c), 4-20mA output

Add suffix to the partcode

-V

0-10Vdc voltage output

For options add suffix to the partcode (at extra cost):

-B

For Bi-directional output

-LCD

For integral LCD option

Accessories

DFK

Additional duct fixing kit

TEE

Tee piece (pack of 10)

PA-TUBE-8MM

PVC tube, 30m (98.5 ft) reel

PA-267-CAL

Calibration certificate

A 'duct fixing kit' is supplied with the PA-267-AH consisting of 2m of 6mm i/d plastic tubing, 2 x pitot tubes, 4 x fixing screws.

Velocity Measurement & Tubing:

The PA-267-AH can be used for accurate air velocity measurement in applications such as variable fan speed control in VAV applications.

NB The units are calibrated with the transducer in the vertical position. The zero adjustment may be used to correct any shift in output resulting in mounting the unit other than vertically. No adjustment of the span potentiometer is required.

It is recommended for best results (shortest response times)

- 6mm i/d tubing lengths up to 30.5m (100 ft)
- 7mm i/d tubing lengths up to 91.5m (300 ft)
- 9.5mm i/d for tubing lengths up to 274m (900 ft)

Bi-Directional:

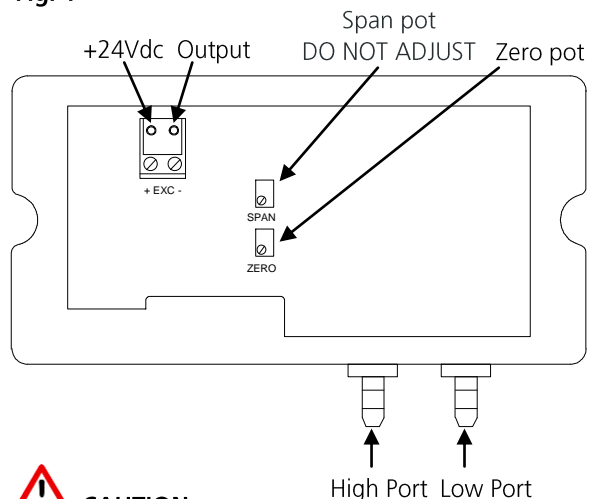
The PA-267-AH is also available with bi-directional pressure ranges, enabling measurement of both positive and negative pressures. The two output ranges are offered 0-10Vdc and 4-20mA.

Example, PA-267-50-AH-B at -50Pa the output is 4mA, 0Pa the output is 12mA and at +50Pa the output is 20mA. Therefore the output is linear across the range.

Installation & Connections:

1. Mount the unit on the duct or wall by drilling two holes at 142mm (5.59") centres and fixing the unit with self-tapping pan head screws.
2. Push fit the pressure tubing onto the pressure ports on the unit. Ensure that the Hi and Lo ports have been correctly identified.
 - a) 4-20mA output version:
3. Wire to the unit with 2-core cable. See Fig. 1
- b) 0-10Vdc output version:
4. Wire to the unit with 3-core cable. See Fig. 2

Fig. 1

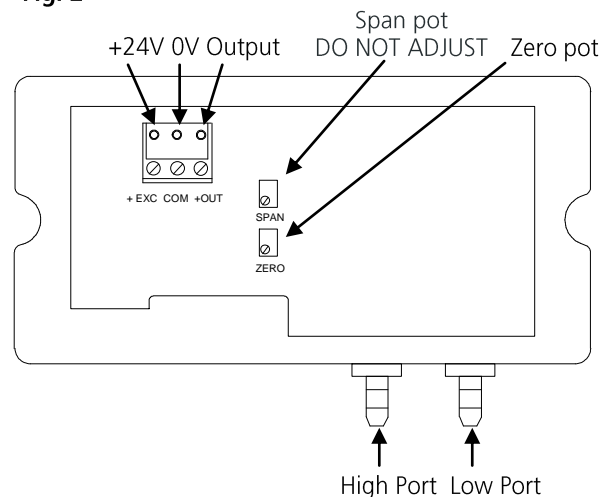


CAUTION

The PA-267-AH will be damaged if subjected to excessive pressure.

Do **NOT** test the unit by blowing into the inlet ports. Adjustment of the span potentiometer will void warranty.

Fig. 2

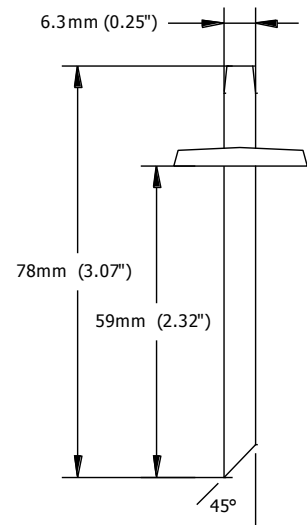
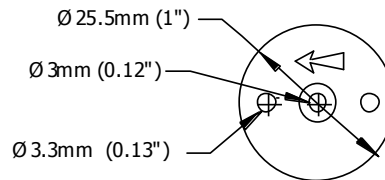


Duct Fixing Kit:

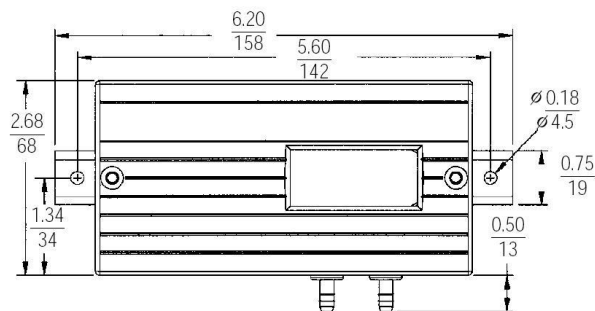
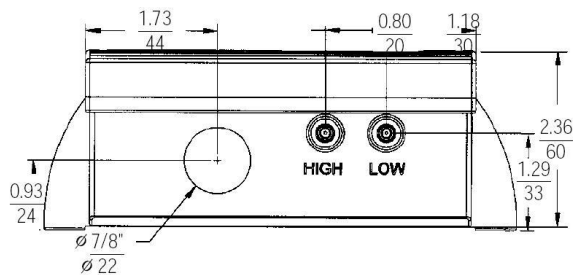
A 'duct fixing kit' is supplied with the PA-267-AH, consisting of 2m (6.56ft) of 6mm (0.24") i/d plastic tubing, 2 x pitot tubes and 4 x fixing screws.



Pitot tube dimensions;



Dimensions:



Whilst every effort has been made to ensure the accuracy of this specification, Sontay cannot accept responsibility for damage, injury, loss or expense from errors or omissions. In the interest of technical improvement, this specification may be altered without notice.

S4600 ST

Pressure Measuring



BlueLine®

 **Bluetooth**[®]
SMART



SYSTRONIK
Messtechnologie

The high-precision pressure meters Series S4600 ST® are exclusively suitable for measuring pressure of gaseous, non-aggressive media in non-hazardous areas. Available are six device versions (20 mbar, 150 mbar, 1 bar, 5 bar, 8 bar, 18 bar). The S4600 ST measuring instruments can be used for pressure measurements as well as for leakage and load tests on gas lines.

Technical specification

Model	Range (mbar)	Pitot (m/s)	Max. Excess pressure (bar)	Resolution (mbar)	Accuracy (% from reading)	Connections
S4601 ST	±150	2 - 50	1.35	0.01 (< 9999) bzw. 0.1 (> 100) Pitot (m/s): 0.1	0.5 ±1 Digit Pitot: ±0.8 m/s	2x standard (ø 8mm)
S4602 ST	±20	0.5 - 50	0.25	0.001 Pitot (m/s): 0.1	0.5 ±1 Digit Pitot: ±0.3 m/s	2x standard (ø 8mm)
S4610 ST	±1000	-	16	0.1 (< 999.9) bzw. 1.0 (> 1000)	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm)
S4650 ST	±5000	-	16	0.1 (< 999.9) bzw. 1.0 (> 1000)	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm) (optional ø 3 mm Festo)
S4680 ST	±8000	-	16	0.1 (< 999.9) bzw. 1.0 (> 1000)	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm) (optional ø 3 mm Festo)
S4699 ST	±18000	-	28	1	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm) (optional ø 3 mm Festo)

General specification

Dimensions (L x W x D)	66 x 143 x 37 mm
Weight	About 227 g
Material housing	Polyamide (PA)
Response time	1.90 < 10 s
Pressure connection	2 x 8 mm or 2 x Festo (3mm)
Temperature environment	0° C or +40° C
Temperature medium	0° C or +40° C
Storage temperature	-20° C to +50° C
Barometric pressure	500 - 1150 hPa

EUROPrinter



Easy and fast print of the measuring protocols.

Pressure test valve



Pressure test valve with quick-coupling and precision metering for easy adjustment of various pressure levels.

Suitcase



All-In-One suitcase with space for a lot accessories.

Different units adjustable

Availability in nine different units (Pa, mbar, hPa, kPa, mmWS, mmHg, inHg, PSI, bar).

Free-hand working

The ergonomically designed hand-held instrument has an integrated protective cover with three magnets, which also allows hands-free operation.

Accurate readings

The pressure meter has automatic and manual zero correction as well as an automatic check routine. The built-in barometric pressure sensor and the internal temperature compensation provide highly accurate readings.

Flow

The pressure gauges ST S4601 and S4602 ST can optionally be used for flow velocity measurements (Pitot). With input of channel geometries with the air velocity (m/sec, km/h) and the flow rate (m³/h, m³/s l/s) are displayed.

Storage of measured values

All measured data can be stored on the MicroSD card and transferred to a PC or be logged with the optional data logger function over long periods of time.



Wireless print

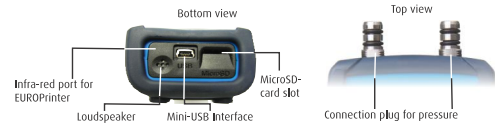
An IR interface for wireless connection to an IR printer enables the documentation of the measurement results. Further still is a data interface to external Bluetooth Smart printer available.

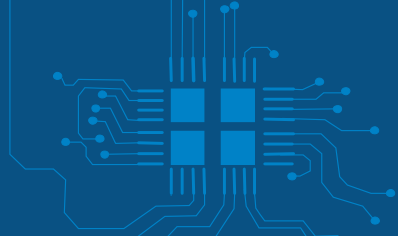
Clear presentation

A large TFT color screen gives brilliant visualization and simultaneous display of four readings. Menu navigation assisted by colored icons. And versatile adjustable settings and alarm limits.

Data processing apps

Easily display and processing of the measured values by the EuroSoft mobile app for Android and iOS.





SYSTRONIK GmbH is specialized in development and production high quality measuring instruments for fl ue gas analysis, testing and maintaining HVAC installations, climate technology and environmental technology.

All SYSTRONIK products meet the highest standards for quality, reliability and safety. Our facilities are certified to full operational requirements of the ISO 9001 quality standard. We are constantly striving to improve our quality assurance position with input from periodic audits by independent experts required for continued ISO 9001 certification.



Distributor:

BlueLine®

Subject to change - Systronik v14004

The Bluetooth © word mark and logo are owned by Bluetooth SIG, Inc. The use of this marks is under license by Systronik Google Play is a trademark of Google Inc.

Member of AFRISO-EURO-INDEX Group

SYSTRONIK Elektronik und Systemtechnik GmbH
GewerbestraÙe 57 · D-88636 Illmensee
Telephone +49 7558 / 9206-0 · Fax +49 7558 / 9206-20
info@systronik.de · www.systronik.com

SYSTRONIK

Messtechnologie

Data logger Temperature

testo 176 T3 / testo 176 T4

High data security

Thermocouples Type T, Type K, Type J connectable

Simultaneous measurement at four sites

Measurement data memory for 2 million measurement values

Up to 8 years' battery life

Data transfer via USB cable or SD card

In a metal housing for more robustness (testo 176 T3) or with a large display for a clearer overview (testo 176 T4)



It is often important to check whether the prescribed temperature values in a process are really being adhered to. The testo 176 T3 in its robust metal housing is the right data logger for measuring and recording temperatures simultaneously at four different sites in industrial processes. Thanks to the broad selection of connectable thermocouple probes, the requirements of the most widely differing applications can be fulfilled.

Users of the testo 176 T4 can additionally count on a clear display which provides information on measurement values and limit value violations on site. This allows the user to obtain a quick overview without having to read out the logger on a PC. The free ComSoft Basic software allows fast programming of the data logger and easy data analysis.

Technical data / Accessories

testo 176 T3

testo 176 T3, 4-channel temperature data logger in metal housing with external sensor connection (TC Type T, Type K and Type J) incl. wall holder, lock, batteries and calibration protocol

Part no. 0572 1763



General technical data

Channels	4 x external
Battery type	1 x Lithium (TL-5903)
Battery life	8 years at 15 min. meas. rate
Oper. temp.	-20 to +70 °C
Storage temp.	-40 to +85 °C
Dimensions	103 x 63 x 33 mm
Protection class	IP65
Measuring rate	1 s - 24 h
Memory	2 mio. measurement values

testo 176 T4

testo 176 T4, 4-channel temperature data logger with external sensor connections (TC Type T, Type K and Type J) incl. wall holder, lock, batteries and calibration protocol

Part no. 0572 1764



Lateral connection of Mini USB cable and SD card



Probe connection at lower end of housing for four thermocouple probes (Type T, K and J)






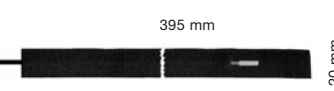
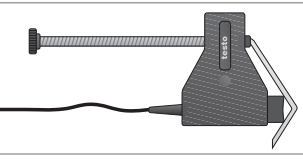

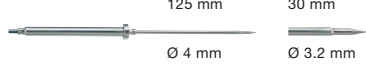
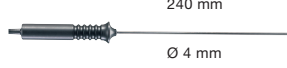


Sensor types

	Type T (Cu-CuNi)	Type K (NiCr-Ni)	Type J (Fe-CuNi)
Meas. range	-200 to +400 °C	-195 to +1000 °C	-100 to +750 °C
Accuracy ±1 digit	±1 % of mv (-200 to -100,1 °C) ±0.3 °C (-100 to +70 °C) ±0.5 % of mv (+70,1 to +1000 °C)	±1 % of mv (-200 to -100,1 °C) ±0.3 °C (-100 to +70 °C) ±0.5 % of mv (+70,1 to +1000 °C)	±1 % of mv (-200 to -100,1 °C) ±0.3 °C (-100 to +70 °C) ±0.5 % of mv (+70,1 to +1000 °C)
Resolution	0.1 °C	0.1 °C	0.1 °C

Accessories




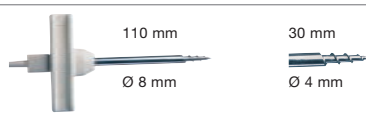

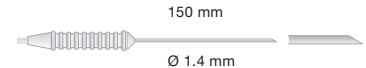
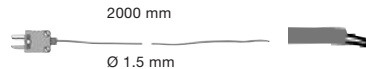
	Part no.
Wall holder (black) for testo 176	0554 1703
Cable for connecting the data loggers testo 175 and testo 176 to the PC, Mini-USB to USB	0449 0047
SD card - for collecting the measurement data from the data loggers testo 175 and testo 176; 2 GB; application range to -20 °C	0554 8803
Battery for testo 176 -1 x TL-5903 AA cell	0515 1760
ComSoft Basic, Basic software for programming and readout of Testo data loggers; graphic and tabular measurement value presentation as well as export function (if free download with registration not desired)	0572 0580
ComSoft Professional, Pro software incl. data archiving	0554 1704
ComSoft CFR 21 Part 11, Software for requirements according to CFR 21 Part 11 for Testo data loggers	0554 1705
ISO calibration certificate/temperature probe; calibration points -18°C; 0°C; +40°C per channel/instrument	0520 0153
DAkkS calibration certificate/Temperature Temp. datalogger; cal. points -20°C; 0°C; +60°C; per channel/instrument	0520 0261

Probes

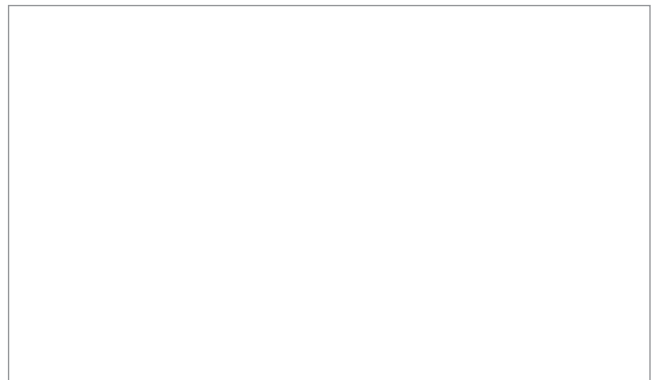
Probe type	Dimensions Probe shaft/probe shaft tip	Measuring range	Accuracy	t ₉₉	Part no.
Probes Type K					
Immersion tip, flexible, TC Type K	 Ø 1.5 mm 500 mm	-200 to +1000 °C	Class 1 ¹⁾	5 s	0602 5792
Immersion tip, flexible, TC Type K	 Ø 1.5 mm 500 mm	-200 to +40 °C	Class 3 ¹⁾	5 s	0602 5793
Immersion measurement tip, flexible, for measurements in air/exhaust gases (not suitable for measurements in smelters), TC Type K	 Ø 3 mm 1000 mm	-200 to +1300 °C	Class 1 ¹⁾	4 s	0602 5693
Magnetic probe, adhesive force approx. 20 N, with magnets, for measurements on metal surfaces, TC Type K, Fixed cable	 35 mm Ø 20 mm	-50 to +170 °C	Class 2 ¹⁾	150 s	0602 4792
Magnetic probe, adhesive force approx. 10 N, with magnets, for higher temp., for measurements on metal surfaces, TC Type K, Fixed cable	 75 mm Ø 21 mm	-50 to +400 °C	Class 2 ¹⁾		0602 4892
Pipe wrap probe with velcro strip; for temperature measurement on pipes with diameter up to max. 120 mm; Tmax. +120 °C; TC Type K, Fixed cable 1.5 m	 395 mm 20 mm	-50 to +120 °C	Class 1 ¹⁾	90 s	0628 0020
Pipe wrap probe for pipe diameter 5 to 65 mm, with exchangeable measuring head. Meas. range short-term to +280°C, TC Type K, Fixed cable 1.2 m		-60 to +130 °C	Class 2 ¹⁾	5 s	0602 4592
Clamp probe for measurements on pipes, pipe diameter 15 to 25 mm (max. 1"), meas. range short-term up to +130°C, TC Type K, Fixed cable		-50 to +100 °C	Class 2 ¹⁾	5 s	0602 4692
Waterproof food probe made of stainless steel (IP65), TC Type K, Fixed cable	 125 mm 30 mm Ø 4 mm Ø 3.2 mm	-60 to +400 °C	Class 2 ¹⁾	7 s	0602 2292
Waterproof robust immersion/penetration probe with metal protection hose Tmax +230°C, e.g. for monitoring temp. in cooking oil, T/C Type K, Fixed cable	 240 mm Ø 4 mm	-50 to +230 °C	Class 1 ¹⁾	15 s	0628 1292
Thermocouple with TC adapter, flexible, 800mm long, fibre glass, TC Type K	 800 mm Ø 1.5 mm	-50 to +400 °C	Class 2 ¹⁾	5 s	0602 0644
Thermocouple with TC adapter, flexible, 1500mm long, fibre glass, TC Type K	 1500 mm Ø 1.5 mm	-50 to +400 °C	Class 2 ¹⁾	5 s	0602 0645

1) According to standard EN 60584-2, the accuracy of Class 1 refers to -40 to +1000 °C (Type K), Class 2 to -40 to +1200 °C (Type K), Class 3 to -200 to +40 °C (Type K).

Probes

Probe type	Dimensions Probe shaft/probe shaft tip	Measuring range	Accuracy	t ₉₉	Part no.
Probes Type K					
Thermocouple with TC adapter, flexible, 1500mm long, PTFE, TC Type K		-50 to +250 °C	Class 2 ¹⁾	5 s	0602 0646
Stationary probe with stainless steel sleeve, TC Type K, Fixed cable 1.9 m		-50 to +205 °C	Class 2 ¹⁾	20 s	0628 7533
Flexible, low-mass immersion measurement tip, ideal for measurements in small volumes such as petri dishes, or for surface measurements (e.g. attached with adhesive tape), TC Type K, 2 m, FEP insulated thermal wire, temperature proof up to 200 °C, oval wire with dimensions: 2.2 mm x 1.4 mm		-200 to +1000 °C	Class 1 ¹⁾	1 s	0602 0493
Probes Type T					
Frozen food probe, corkscrew design, T/C Type T, Plug-in cable		-50 to +350 °C	±0.2 °C (-20 to +70 °C) Class 1 (remaining range) ²⁾	8 s	0603 3292
Stainless steel food probe (IP67), with PTFE cable to +250 °C, TC Type T, Fixed cable		-50 to +350 °C	±0.2 °C (-20 to +70 °C) Class 1 (remaining range) ²⁾	7 s	0603 3392
Waterproof, super-quick needle probe for measurements without visible penetration hole, T/C Type T, Fixed cable		-50 to +250 °C	±0.2 °C (-20 to +70 °C) Class 1 (remaining range) ²⁾	2 s	0628 0027
Flexible oven probe, Tmax +250 °C, PTFE cable		-50 to +250 °C	Class 1 ²⁾		0603 0646

1) According to standard EN 60584-2, the accuracy of Class 1 refers to -40 to +1000 °C (Type K), Class 2 to -40 to +1200 °C (Type K), Class 3 to -200 to +40 °C (Type K).
 2) According to standard EN 60584-2, the accuracy of Class 1 refers to -40 to +350 °C (Type T).



6 Tekniske specifikationer

Modtager (Supply=6.0V, Ta=23°C) og sensorenhed (Supply=3.0V, Ta=23°C)

RF transmissionsfrekvens	434 MHz
RF modtagelsesvidde	
Termohygrometer sensor	100 meter maksimum (synslinje)
Vindsensor, regnsensor	30 meter maksimum (synslinje)
Lufftryksområde (ved havets overflade)	500 hpa til 1100hpa (14,75 inHg til 32,44 inHg), (374,5 mmHg til 823,8 mmHg)
Højde kompensationsrækkevidde	-200m til +5000 m (-657 ft to 16404 ft)
Lufftryk opløsning	0.1 hpa (0,003 inHg, 0,08 mmHg)
Lufftryk nøjagtighed	+/- 5 hpa (0,015 inHg, 0,38 mmHg)
Udendørs temperatur visningsområde	-40°C til 80°C (-40°F to 176°F)
Indendørs temperatur visningsområde	-9.9°C til 60°C (14,2°F to 140°F)
Driftstemperatur	-5°C til 50°C (23°F to 122°F)
Opbevaringstemperatur	-20°C til 70°C(-4°F to 158°F)
Temperatur nøjagtighed	+/- 1°C eller +/- 2°F
Temperatur opløsning	0,1°C eller 0,2°F
Luffugtighedsvisningsområde	0% til 99%
Luffugtighed nøjagtighed	+/-5% (i 25% - 80%)
Luffugtighed interval	1%
Modtagelsescyklus	
Trådløst termohygrometer	omkring 47 sekunder
Regnmåler	183 sekunder
Vind sensor	33 sekunder
Vindretningsområde	16 positioner
Vindretning nøjagtighed	+/-11,25°
Vindretning opløsning	22,5°
Vindretning startværdi	3mph
Vindhastighedsområde	0 til 199,9mph (199,9 Km/h, 173,7 knob, 89,3 m/s)
Vindhastighed nøjagtighed	+/- (2mph + 5%)
Vindhastigheds startværdi	3mph
Vind/vindstødhastighed opdateringsinterval	33 sekunder
Vind/vindstød testinterval	11 sekunder
1t/24t/igår nedbørsområde	0,0 to 1999,9 mm (78,73 tommer)
Sidste uge/sidste måned nedbørsområde	0 to 19999 mm (787,3 tommer)
Temperatursensor cyklus (indendørs)	10 sekunder
Luffugtighedssensor cyklus (indendørs)	10 sekunder

Krav til hardware for at køre PC software (Vejrvisning) WeatherView

Operativ System: Windows 98 SE eller nyere

Hukommelse: Ram 32 M byte eller mere

Hard disk: 20 M byte ledig plads eller mere

Optisk enhed: 2x CD-Rom drive

Strøm

Hovedenheden : bruger 4 stk UM-3 eller "AA" 1.5V batterier

: AC/DC adaptor 7.5V 200mA (centrum +)

Trådløs termohygrometer enhed : bruger 2 stk UM-3 eller "AA" 1.5V batterier

Trådløs anemometer enhed : bruger 2 stk UM-3 eller "AA" 1.5V batterier

Trådløs regnmåler enhed : bruger 2 stk UM-3 eller "AA" 1.5V batterier

EC-DEKLARATION FOR OVERENSSTEMMELSE

Produkt : DV928 (470 byer)

Dette produkt indeholder den godkendte sender og efterlever de essentielle krav fra Artikel 3 fra R&TTE 1999/5/EC Direktivet, hvis det bliver benyttet til dets påtænkte brug og at følgende standarder er blevet anvendt:

Effektiv brug af radio frekvens spektrum

(Artikel 3.2 fra R&TTE Direktivet)

anvendte standarder **EN 300 220-2 V2.1.2 (2007-06)**

Elektromagnetisk kompatibilitet

(Artikel 3.1.b fra R&TTE Direktivet)

anvendte standarder **EN 301 489-3 V1.4.1 (2002-08)**

Lavspændings direktiv

Anvendte standarder **EN 60950-1 : 2006**

Yderligere information:

Dette produkt er derfor i overensstemmelse med lavspændings direktivet 73/23/EC,

EMC Direktivet 89/336/EC og R&TTE Direktivet 1999/5/EC

(appendiks II) og bærer den respektive CE mærkning.

R&TTE kompatible lande :

Alle EU lande, Schweiz **CH**

og Norge **N**

Copyright Xeecom ApS

Xeecom ApS

Danmark

www.xeecom.com

www.ventusdesign.com

Made in China

Genbrug i henhold til EU-direktiv om affald af elektrisk og elektronisk udstyr

Hvis du på et tidspunkt i fremtiden vil kassere dette produkt, bør du være opmærksom på, at: Elektriske produkter bør ikke kasseres i husholdningsaffaldet. Send dem til genbrug, hvis du har mulighed for det. Kontakt eventuelt kommunen eller forhandleren for vejledning om genbrug. (Direktiv om affald af elektrisk og elektronisk udstyr)



Testet til at leve op til CE-standarder

- **Product Details**
- **Accessories(8)**
- **Ratings(21)**
- **Similar products(20)**
- **Downloads(7)**

Voltcraft DL-121TH USB Temperature & Humidity Data Logger

Technical data

- Accuracy: $\pm 1^{\circ}\text{C}$, ± 3 rH%

Temperature resolution	0.1 °C
Resolution	0.1 (rH%, °C)
Type	DL-121TH
Humidity reading accuracy	± 3 rH %
Temperature accuracy	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
Length	98 mm
Height	26 mm
Width	26 mm
Category	Multi-channel data logger
Sample rate (max.)	24 hrs
Sample rate (min.)	2 secs
Memory (readings)	32000
Temperature reading accuracy	1 °C
Power supply	Li battery (1/2 AA)
Temperature reading range (min.)	-40 °C
Humidity reading range (max.)	100 % RH
Temperature reading range (max.)	70 °C
Humidity reading range (min.)	0 % RH
Unit of measurement	Temperature, Humidity

Highlights & details

- 32,000 measured values can be stored
- Measuring range of temperature: -40 up to +70°C
- Measuring range of air humidity: 0 – 100%

Description

The Voltcraft DL-121TH USB Temperature & Humidity Data Logger is a compact data logger with built-in lithium battery for recording 16,000 temperature and 16,000 humidity measurement values. The measuring data is recorded automatically at adjustable intervals from 2 s up to 24 hours. This enables data recording over several years. The saved measurement values can be read out via a USB port and graphically displayed using the accompanying software, or exported to other software applications for further processing.

Features

- Recording interval can be set from 2 seconds to 24 hours
- Calculation of the dew point

Included in delivery

- VoltSoft – standard edition, analysis software
- Lithium battery
- USB protective cap
- Wall bracket
- Instructions for use

System requirements

- Windows®98/2000/XP/Windows Vista™/Windows™ 7

The latest software version is available free in the *download documents area*.

Warranty for Voltcraft products

[Terms of guarantee](#)

Other customers also searched for:

[VOLTcraft](#), [DL-121TH](#), [DL-121TH](#), [temperature writer](#), [temperature recording](#), [USB data logger](#), [USB stick](#), [USB stick](#), [Usb writer](#), [Heat recording](#), [USB-logger](#), [USB-data logger](#), [Recording unit](#), [jansalemeasurement](#), [Temperature logger](#), [Datalogger](#), [Data logger](#), [measurement data logger](#), [Data logger](#), [K204 Datalogger](#), [Humidity Logger](#), [Humidity data logger](#), [humidity datalogger](#), [temerature datalogger](#), [temperature dataloggers](#), [humidity dataloggers](#)



Måling af differenstryk ved indeklimaundersøgelser

Rapporten omhandler målinger af differenstryk i forbindelse med indeklimaundersøgelser, herunder en beskrivelse af de forhold der har indvirkning på differenstrykket over gulvkonstruktionen.

Ved undersøgelserne, er der indsamlet måleserier for en række parametre, der vurderes at kunne påvirke differenstrykket over gulvkonstruktionen, samt for selve differenstrykket.

Den overordnede konklusion er, at temperaturforskellen mellem ude- og indeluften udgjorde den mest betydende faktor.

På baggrund af resultaterne er stillet forslag til måleudstyr og måleparametre ved fremtidige målinger af differenstryk.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk