

Effektivitet af naturligt drevne radontiltag året rundt

Resultat af et InnoBYG Spireprojekt, december 2016



Rapporten er udarbejdet af:



TEKNOLOGISK
INSTITUT



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

Projektdeltagere:

**ENTREPRENØR
FRISEDAHL**

**EGEN
VINDING
& DATTER**

Indhold

1. Forord	3
2. Sammenfatning	3
3. Indledning	4
4. Målemetoder og måleprogram	4
4.1. Radonmåling	4
4.2. Fugt- og temperaturlogging	5
4.3. Måleprogram	5
5. Beskrivelse af cases	5
5.1. Case R	5
5.2. Case G	7
5.3. Case M	8
5.4. Case H	10
6. Måleresultater og øvrige logninger	11
6.1. Case R	11
6.2. Case G	15
6.3. Case M	18
6.4. Case H	21
7. Diskussion af resultater	23
8. Konklusion	25
9. Referencer	26

1. Forord

Denne rapport omhandler projektet Effektivitet af naturligt drevne radontiltag året rundt.

Projektet er et spireprojekt finansieret af Innovationsnetværket InnoBYG og Forsknings- og Innovationsstyrelsen. Projektet er gennemført af Teknologisk Institut i samarbejde med Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, Hans Frisesdahl A/S og Egen Vinding og Datter - EVD Ejendomme A/S.

Projektet undersøger effektiviteten af radonsug med naturligt aftræk - set over året. Formålet var at undersøge, om der er en indikation af, at naturligt aftræk ikke er tilstrækkeligt til at sikre et acceptabelt lavt radonindhold i bygningens indeklima over hele året.

Datagrundlaget for undersøgelserne består af målinger af radonindhold og temperatur i bygninger med radonsug og ventilation drevet af termisk opdrift igennem skorsten, suppleret med målinger af temperaturen ude. Der er målt i tre måleperioder i 2016.

Tak til bygningsejerne, som har stillet deres bygninger til rådighed.

Rapporten er udarbejdet af Britt Haker Høegh, Teknologisk Institut, og Torben Valdbjørn Rasmussen, SBI.

2. Sammenfatning

Projektets formål er at undersøge effekten af radonsikringstiltag, der er drevet af termisk opdrift, i forhold til årstidsbetingede temperaturforskelle mellem inde- og udetemperatur.

Der er undersøgt fire cases, hvoraf to cases er baseret på ventilation med termisk opdrift som drivkraft, én case er baseret på radonsug med termisk opdrift som drivkraft, og én er udstyret med både radonsug og ventilation, begge drevet af termisk opdrift, som er suppleret med en vindhætte.

På baggrund af målingerne kan der i to ud af fire huse ses en sammenhæng mellem lave radonkoncentrationer og en stor temperaturdifference mellem inde- og udeluften i lokaler med konstruktioner mod jord. Det er derfor overvejende sandsynligt, at temperaturforskellen mellem inde og ude kan drive hhv. ventilationen og radonsuget. Når denne drivkraft ikke er til stede – fx uden for opvarmningssæsonen – ses en stigning i radonkoncentrationen i indeklimaet.

I et andet hus kan der ligeledes ses en sådan sammenhæng. På grund af ændringer i ventilationen under målingerne kan denne sammenhæng dog ikke entydigt tilskrives det naturlige termisk aftræk gennem skorstenen. I det sidste hus kan sammenhængen mellem stor temperaturdifference og lave radonkoncentrationer ikke ses.

På baggrund af observationerne konkluderes, at radonsug eller ventilation, som er drevet af termisk opdrift, kan reducere radonkoncentrationer i indeklimaet. Systemernes effekt varierer dog over året, og virkningen er begrænset i perioder med lille forskel mellem

inde- og udetemperaturen. Dette skal der tages højde for, når der udføres kontrolmålinger af radonsug eller ventilation baseret på termisk opdrift. Årsmiddelværdien af radonkoncentrationen i bygninger, hvor disse systemer er installeret, bestemmes ved langtidsmålinger over et helt år, for at sikre, at de potentielt øgede værdier uden for opvarmings sæsonen afspejles i årsmiddelværdien.

3. Indledning

Der er krav til radonindholdet i bygninger opført efter Bygningsreglementet 2010, hvorfor indstrømningen af radon i nybyggeri skal begrænses. Byggeri opført efter tidligere bygningsreglementer har ikke tilsvarende krav, men derimod anbefalinger til radonniveauet i indeluften. Radonsikring af nybyggeri og eksisterende bygninger er essentielt for et godt og sundt indeklima. Der findes flere løsninger til at kontrollere indholdet af radon i indeluften, der enten er drevet ved tilførsel af energi eller baseret på naturlige kræfter, temperatur, vind og trykforskelle. Radon anbefales målt i fyringssæsonen, hvor temperaturforskellene mellem inde og ude er størst og luften i og under bygninger derved har størst termisk opdrift, og hvor bygninger typisk holdes mest lukkede. Radonkoncentrationen i indeklimaet bliver derfor typisk ikke undersøgt i de øvrige tre sæsoner; forår, sommer og efterår.

Indledende registreringer på Teknologisk Institut af tiltag til nedbringelse af radon i indeklimaet baseret på termisk opdrift har vist, at radonniveauerne øges over sommeren, når afhjælpning er naturligt drevent aftræk ved anvendelsen af et radonsug, hvor skorstens-effekten sikrer trækket og dermed lufttrykssænkningen under gulvkonstruktionen.

I projektet er effektiviteten af radonsug og ventilation med naturligt aftræk gennem isoleret skorsten undersøgt i forskellige årstider. Der er undersøgt i perioder med de største og de mindste temperaturforskelle mellem inde og ude for at vurdere den termiske opdrifts effektivitet over året. Forholdene i vinter-, overgangssæson og sommer følges. Derved er det muligt at undersøge om der er en indikation på, om termisk opdrift som drivkraft er tilstrækkelig til at sikre et acceptabelt radonindhold i en bygning hele året.

Projektpartner Frisesdahl oplever størst efterspørgsel på mekanisk drevet (aktivt) radonsug til afhjælpning, da bygherrer ofte ikke føler sig sikre på, at afhjælpning ved naturligt drevet (passivt) aftræk er tilstrækkeligt. Undersøgelserne kan give et bedre grundlag til at vurdere effekten af et radonsug eller ventilation med naturligt drevent aftræk.

4. Målemetoder og måleprogram

4.1. Radonmåling

Radon målt ved hjælp af dosimetre:

- Lukkede dosimetre, leverandør og analyselaboratorium: MRM/Eurofins, Luleå, Sverige

Elektroniske radonmålere:

- Mærke: Ramon, type: Radon Monitor 2.2
- Mærke: Radonelektronik, type: R3 Radon Monitor

4.2. Fugt- og temperaturlogging

Temperatur- og relativ luftighedsloggere:

- Clima Spot fra Profort as; TinyTag
- Mærke: Trotec, type: BL30

4.3. Måleprogram

Måleperioder:

	Case R	Case G	Case M	Case H
1. måleperiode	22/1 – 24/4 2016	22/1 – 24/4 2016	19/1 – 27/4 2016	14/1 – 17/5 2016
Varighed	93 dage	93 dage	99 dage	125 dage
2. måleperiode	25/5 – 21/7 2016	25/5 – 21/7 2016	30/5 – 11/8 2016	25/5 – 11/8 2016
Varighed	57 dage	57 dage	74 dage	79 dage
3. måleperiode	21/7 – 25/10 2016	21/7 – 25/10 2016	11/8 – 26/10 2016	11/8 – 31/10 2016
Varighed	97 dage	97 dage	77 dage	82 dage

Figur 1: Måleperioder og deres varighed.

5. Beskrivelse af cases

5.1. Case R

Bygningsbeskrivelse

Bygningen er et fritliggende enfamilieshus opført i 1938 som en bungalow med fuld kælder. Kælderydervægge er af beton. I soklerne er der enkelte sætningsrevner. Stueetasjens ydervægge er af mursten. Bygningen er ombygget i 1945 med fuld tagetage og saddeltag, tagdækning er i tegl. Ved en ombygning af huset i 1989 er der etableret et kontor i et kælderrum med separat indgang via en tilbygning i glas. Gulvet i kontoret i kælderen er sænket ca. 20 cm og retableret med tidssvarende terrændæk. Kældervægge er ikke yderligere understøbt ved etableringen af det nye terrænkæk. Stueetage og kælder er adskilt med en dør til kældernedgangen.

Terrændækskonstruktion er som følgende:

Kælderkontor

- Klinker
- Afretningslag, ca. 4 cm med el-gulvvarme
- Armeret betondæk, ca. 8 cm
- Ca. 7,5 cm polystyrenisolering
- Kapillarbrydende lag af leca Ø 10-20 mm

Øvrig kælder

- Klinker i enkelte rum
- Betonklaplag ca. 10 cm
- Terræn/lerjord

Der er i 2015 udført radonsikring af huset ved tætning af bygningsdele mod jord, tætning til adskillelse mellem stueetage & kælder og kælder & kontor, forbedring af ventilationen ved sikring af luftskifte med naturlig ventilation med afkast gennem skorsten fra alle kælderrum, samt et passivt radonsug under det nye terrændæk i kontoret.

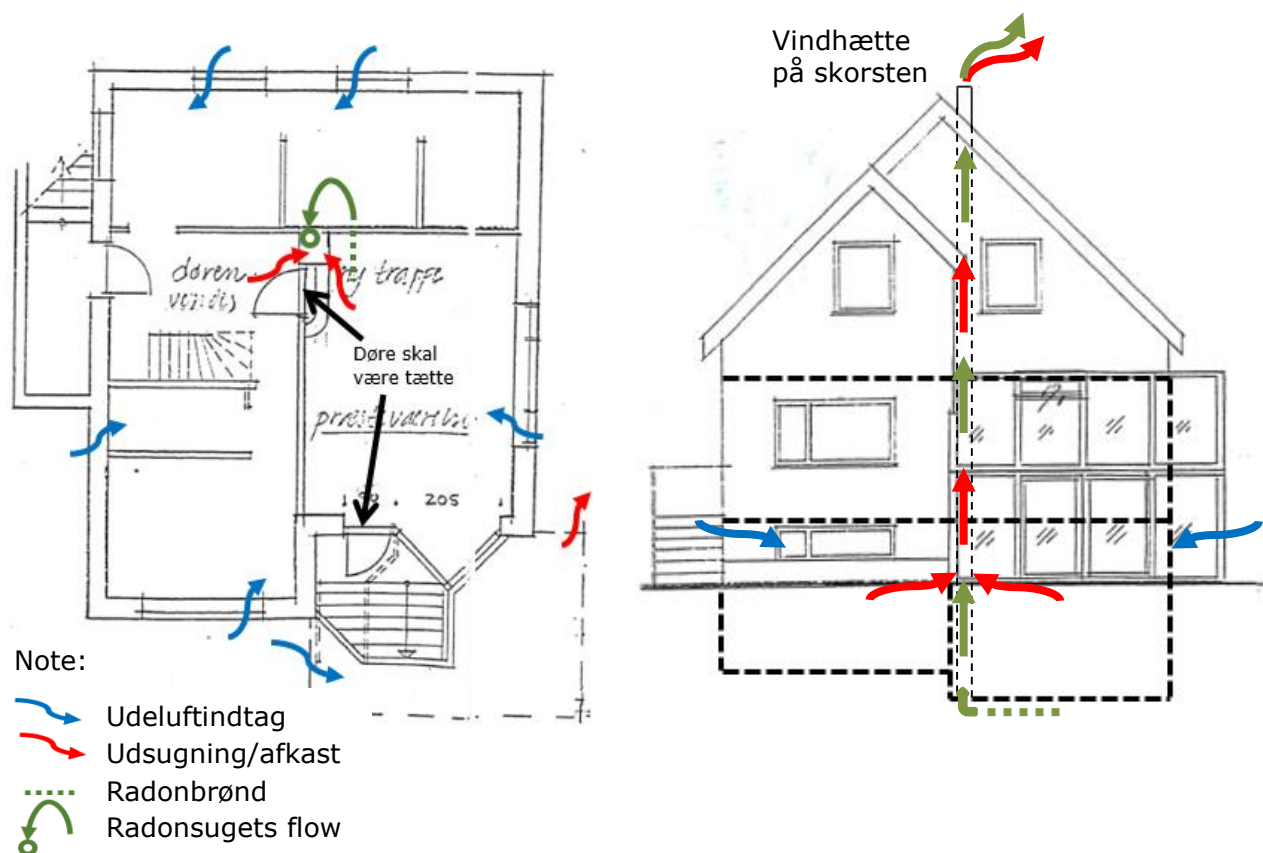
Forud for dette projekt er der efter gennemførelse af disse tiltag udført en kontrolmåling for radonkoncentration i indeklimaet sidst i 2015/start 2016:

- Kælder, kontor: 162 Bq/m³ (reduceret fra oprindeligt 640 Bq/m³)
- Kælder, depot: hhv. 147 og 162 Bq/m³ (reduceret fra oprindeligt 263 Bq/m³)
- Stueetage: 99 Bq/m³ (reduceret fra oprindeligt 172 Bq/m³)
- 1. sal: 91 Bq/m³ (reduceret fra oprindeligt 112 Bq/m³)

Radonsug/-aftræk:

Drivkraften af det passive radonsug/-aftræk er:

- Termisk opdrift igennem skorstenen.
- Træk forårsaget af vindtryk på bygningen og træk der passerer hen over skorstenen.
- Øget sug ved hjælp af en vindhætte af type Turbowent Ø200 med firkantet fod 380*380 af TermaTech på toppen af skorstenen. Jf. datablad har vindhætten en kapacitet på ca. 220 m³/h ved en vindhastighed på 3 m/s.



Figur 2: Principskitse over passiv aftræk for ventilation og radonsug i kældergrundplan og snit.

Følgende passive radonsug/-aftræk er etableret:

- A. Radonsug i det kapillarbrydende lag under kontorets terrændæk med afkast gennem eksisterende skorsten:
- Radonbrønd i det eksisterende kapillarbrydende lag af Lecanødder (Ø10-20 mm). Der er ført en Ø110 mm kanal fra radonbrønden til den eksisterende skorsten med isokern Ø150 mm, som har været afkoblet og ikke i brug før installation af radon-tiltag. Ved skorstenen er kanalen reduceret til Ø75 mm og ført til overkanten af skorsten.
 - Skorstenen er på spidsloftet udvendigt isoleret med 100 mm mineraluld.
 - Der er monteret en vindhætte af type Turbowent Ø200 med firkantet fod 380*380 af TermaTech på skorstenen. Jf. datablad har vindhætten en kapacitet på ca. 220 m³/h ved en vindhastighed på 3 m/s.
- B. Naturlig ventilation i kontor med aftræk gennem skorsten:
- Udeluftventil i vinduesrammen.
 - Rist i skorsten, så luft fra kontoret kan strømme gennem det resterende tværsnit i skorstenen ved siden af Ø110 kanalen til aftræk fra radonbrønden.
- C. Naturlig ventilation i den øvrige kælder med aftræk gennem skorsten:
- Udeluftventiler i vinduesrammer.
 - Rist i skorsten, så luft fra gangen kan strømme gennem det resterende tværsnit i skorstenen ved siden af Ø75 mm kanal til aftræk fra radonbrønden.

5.2. Case G

Bygningsbeskrivelse

Bygningen er et fritliggende enfamilieshus opført i 1935 i mursten med saddeltag og en frontspice, hvor trappeopgangen er placeret. Huset er i 1,5 etage med fuld kælder. Kælderen har en rumhøjde på 2,5 m og er vel vedligeholdt med malet betongulv og klinker i vaskerum. I kælderen badeværelse er der etableret mekanisk udsugning, styret af og aktiveret af det elektriske lys i rummet. Badeværelset anvendes kun sporadisk af fx gæster.

Der er i 2015 udført radonsikring af huset med tætning af lokale utætheder i konstruktioner mod jord, tætning af adskillelsen mellem stueetage & kælder ved etablering af en ny dør i trappeopgangen og ved tætning af lokale luftutætheder i etagedæk over kælder, forbedring af ventilationen i hele kælderen ved at øge luftskiftet med naturlig ventilation med aftræk gennem villaens ubenyttede skorsten, med afkast over tag.

Forud for dette projekt er der efter gennemførelse af disse tiltag udført en kontrolmåling for radonkoncentration i indeklimaet sidst i 2015/start 2016:

- Kælder, kammer: 101 Bq/m³ (reduceret fra oprindeligt 194 Bq/m³)
- Stueetage, spisestue: 166 Bq/m³ (oprindeligt 154 Bq/m³)
- 1. sal, kontor: 109 Bq/m³ (oprindeligt 103 Bq/m³)

Radonsug/-aftræk:

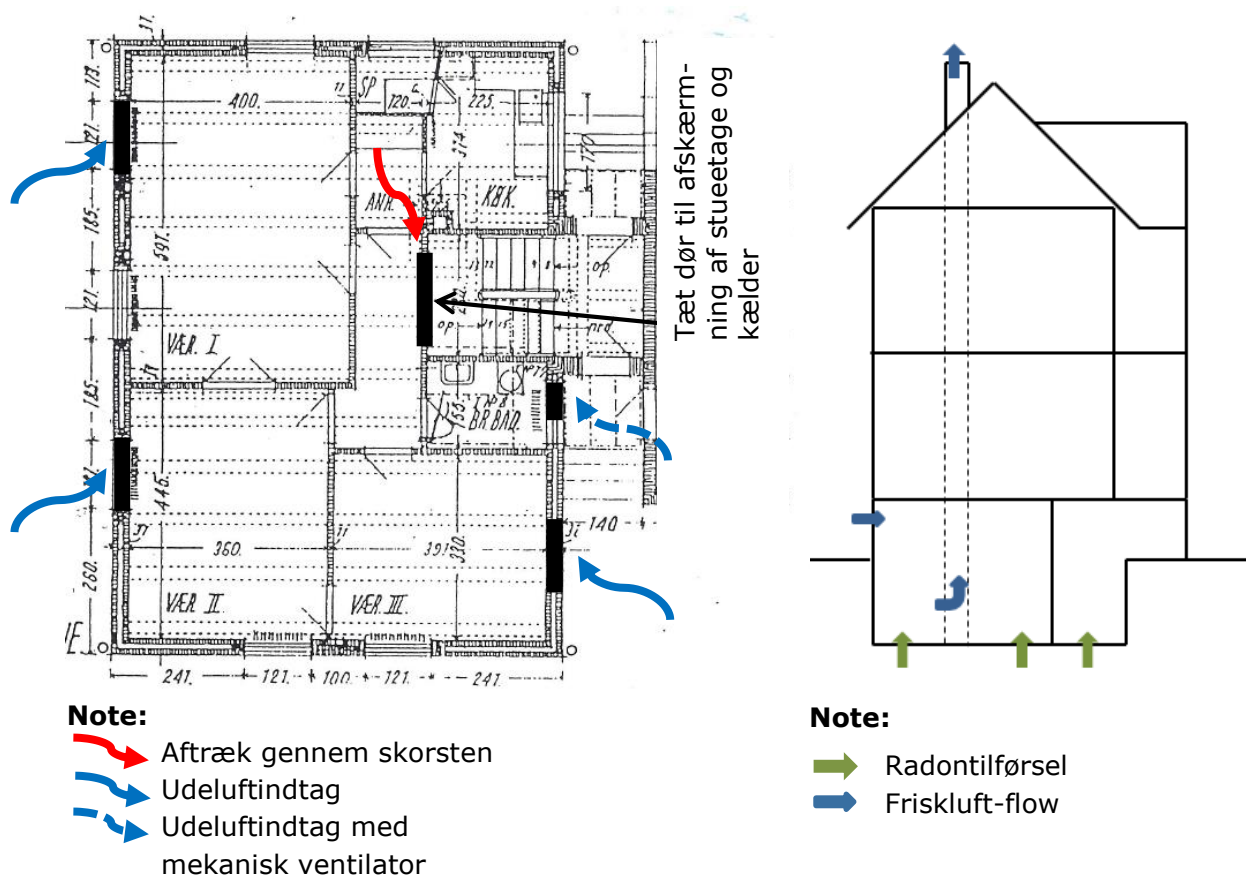
Drivkraften af det passive aftræk for at øge ventilation af kælderen er

- Termisk opdrift igennem skorstenen.
- Træk forårsaget af vindtryk på bygningen og træk der passerer hen over skorstenen.

Følgende er etableret for at øge ventilationen med aftræk fra kælder gennem skorsten:

A. Naturlig ventilation af kælderen med aftræk gennem skorsten:

- Udeluftventiler i tre af kældrens lokaler.
- Rist i skorsten, så luft fra kælderen kan strømme gennem skorstenen.



Figur 3: Principskitser over passiv aftræk fra kælder i grundplan og snit.

5.3. Case M

Bygningsbeskrivelse

Bygningen er et fritliggende stuehus opført i 1800-tallet, som er funderet på syldesten, har murede ydervægge og saddeltag. Terrændækskonstruktionen i stuehuset er i 2006 og 2009 blevet udskiftet til et tidssvarende terrændæk med hhv. strøgulv på en lastfordelende plade af beton på isolering med et kapillarbrydende lag mod jord. Betondækskonstruktion er udført med arealer med og uden gulvvarme. Ved siden af stuehuset står et separat fyrrum fra 1970-erne med en ikke nærmere kendt terrændækskonstruktion, murede ydervægge og saddeltag. Stuehus og fyrrum er forbundet med en mellemgang med fladt tag.

Fra fyrrummet er der ført gulvvarme og centralvarmeslanger, samt elinstallationer til stuehuset. Rør og ledninger er ført under betondækskonstruktionen i stuehuset.

Der er i 2015 udført radonsikring af huset ved at etablere et sug omkring rørføringer i terrændæk, med et sug fra området under mellemgangen med rørgennemføringer ført via en kanal i skorstenen til afkast over tag.

Forud for dette projektet er der efter gennemførelse af disse tiltag udført en kontrolmåling for radonkoncentration i indeklimaet. Der er målt ca. 180 Bq/m³.

Radonsug/-aftræk:

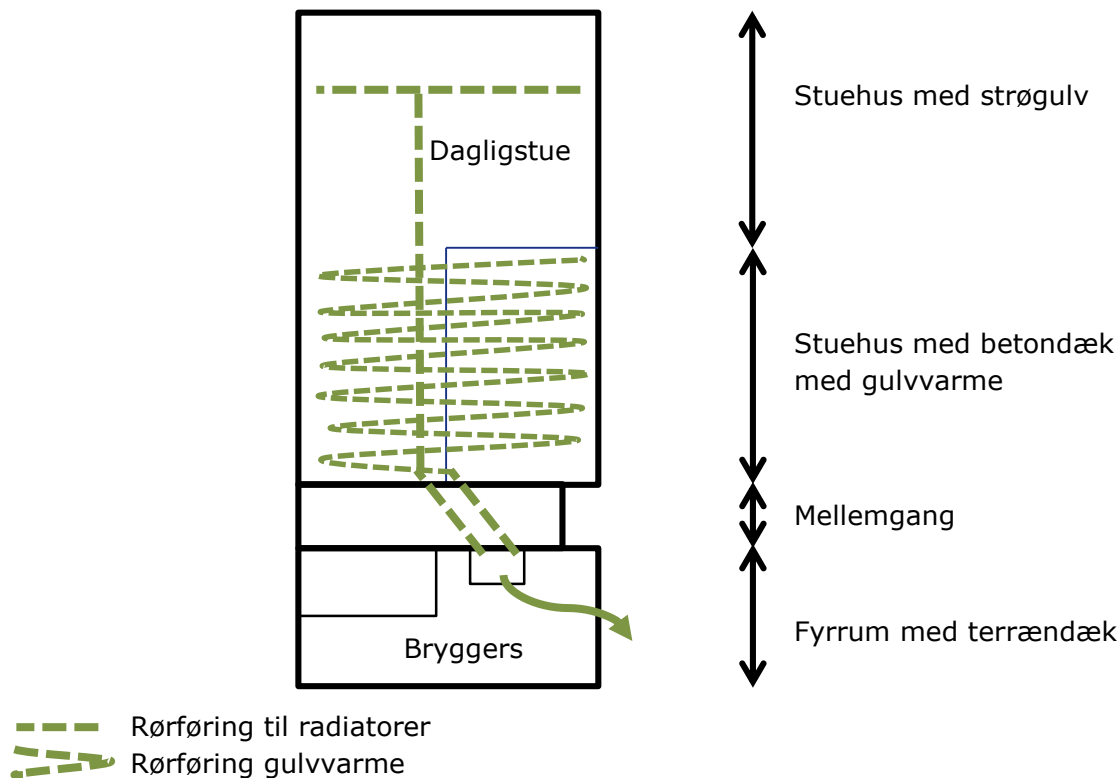
Drivkraften af det passive radonsug er:

- Termisk opdrift igennem skorstenen til afkast over tag.
- Træk forårsaget af vind der passerer hen over skorstenen.

Følgende passive radonsug er etableret:

A. Radonsug langs rør- og kabelføringer fra tekniskskabet i fyrrummet til under terrændækskonstruktionen i stuehuset. Eksakt opbygning af terrændæk og rørføring er ikke kendt.

Hvor rør og kabler gennembryder terrændækket er der sat en plade på, som omhyggeligt er tætnet mod tilstødende bygningsdele og ved gennemføringerne. Fra pladen er der ført en aftrækskanal til afkast over tag. Suget etableres ved skorstenseffekten og føres via aftrækskanalen til under gulv.



Figur 4: Principskitse over passiv radonsug i grundplan.

5.4. Case H

Bygningsbeskrivelse

Bygningen er et fritliggende enfamilieshus opført i 2015. Huset er i 1,5 etage uden kælder og med åben forbindelse mellem stueetage og 1. sal. Terrændækket er stampet lergulv på et kapillarbrydende lag af opskummet genbrugsglas. Ydervæggene er lette skeletkonstruktioner med træ- eller stråbeklædning udvendigt og gipspladebeklædning, malet med en linolie-baseret maling, indvendigt. I huset er der placeret en skorsten til ventilation inklusiv aftræk til emhætte fra køkken og aftræk fra badeværelse.

Radonsug/-aftræk:

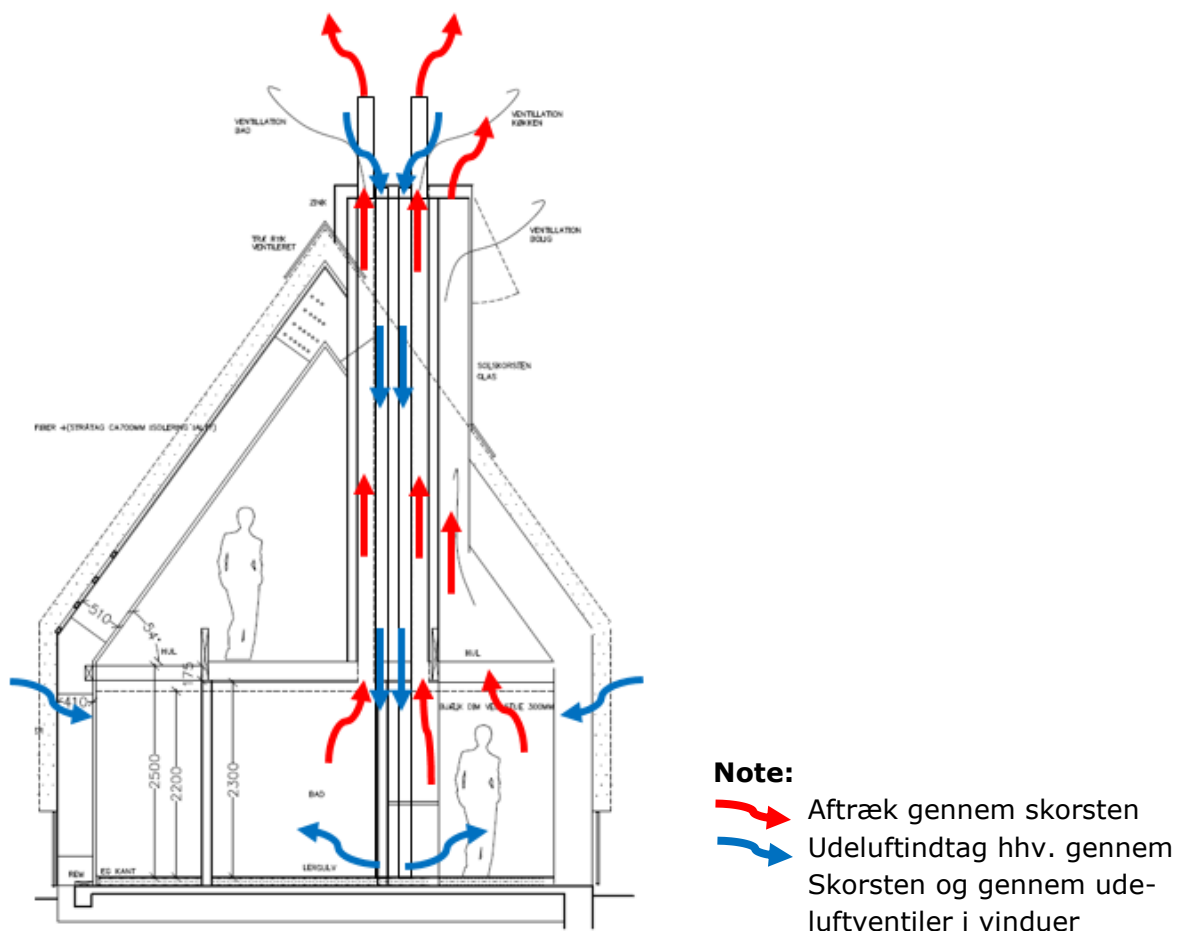
Drivkraften af det passive aftræk til sikring af ventilation er:

- Termisk opdrift igennem skorstenen.
- Træk forårsaget af vindtryk på bygningen og træk der passerer hen over skorstenen.

Følgende passive aftræk er etableret:

A. Naturlig ventilation af husets volumen

- Aftræk gennem skorsten
- Luftindtag gennem særskilte kanaler i skorstenen
- Udeluftventiler i vinduesrammer



Figur 5: Principskitse over passiv radonsug i grundplan.

6. Måleresultater og øvrige logninger

Varigheden af måleperioder tillader ikke beregning af årsmiddelværdi for alle perioder. Måleperioderne skal have en varighed på mindst 60 dage, for at der kan beregnes en årsmiddelværdi. Derfor er der angivet direkte målte værdier for hver måleperiode.

Den gennemsnitlige difference mellem inde- og udelufttemperatur i lokaler med konstruktioner mod jord er angivet i nedenstående tabel:

	Case R	Case G	Case M	Case H
	Kælder, hhv. kontor & depot	Kælder, depot	Stueetage, bryggers	Stueetage, garderobe
	[Grader]	[Grader]	[Grader]	[Grader]
1. måleperiode	15	12	22	13
2. måleperiode	5	2	4	5
3. måleperiode	6	4	8	5

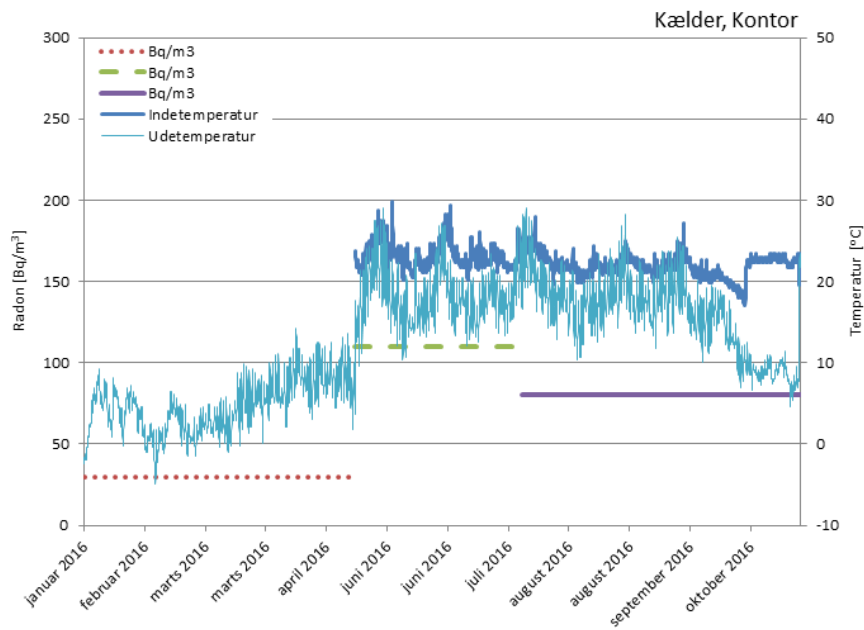
Figur 6: Temperaturdifference mellem inde- og udelufttemperatur som gennemsnit over måleperioden.

6.1. Case R

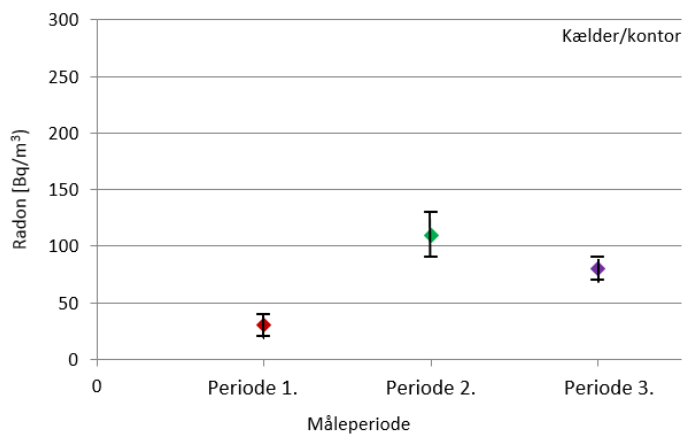
Radonmålinger

	Måleperiode	Kælder, depot	Kælder, kontor	Stueetage, køkken
Enhed		[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
Initial måling	16/3 – 18/6 2014	263 *	640 *	172 *
Kontrolmåling	Sidst 2015- start 2016	147 *	162 *	99 *
1. måleperiode	22/1 – 24/4 2016	30 ± 10	30 ± 10	< 30
2. måleperiode	25/5 – 21/7 2016	30 ± 10	110 ± 20	< 30
3. måleperiode	21/7 – 25/10 2016	50 ± 10	80 ± 10	40 ± 10

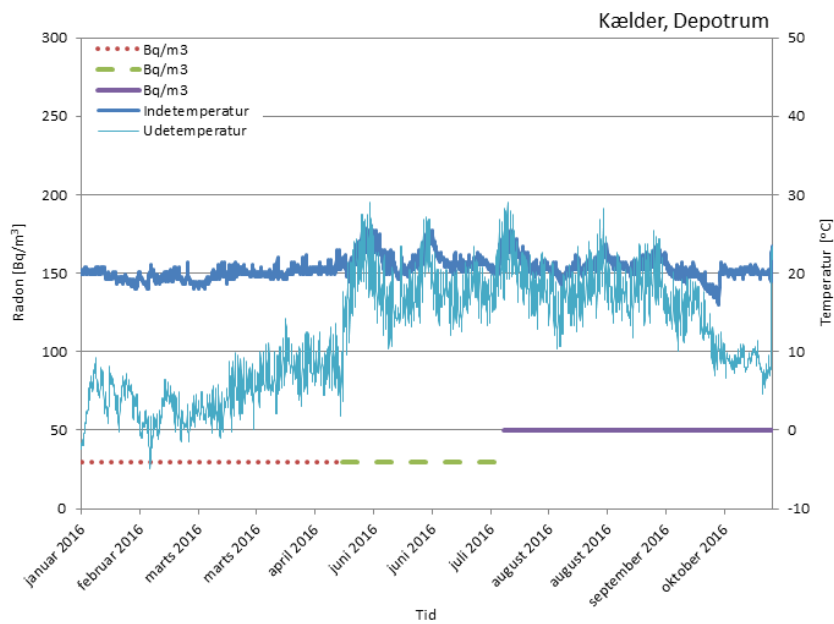
* Målinger foretaget uden for dette projektets regi.



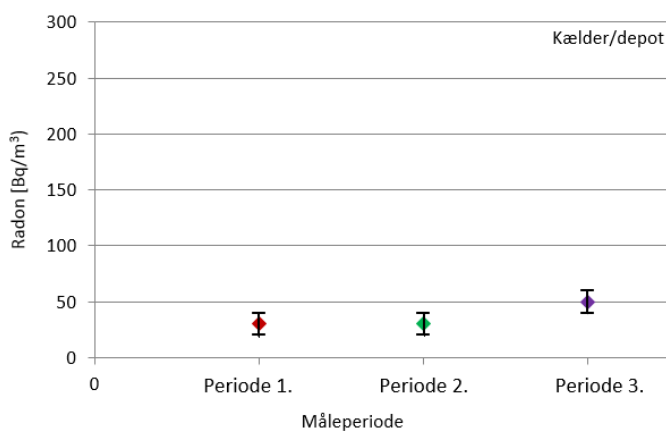
Figur 7: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



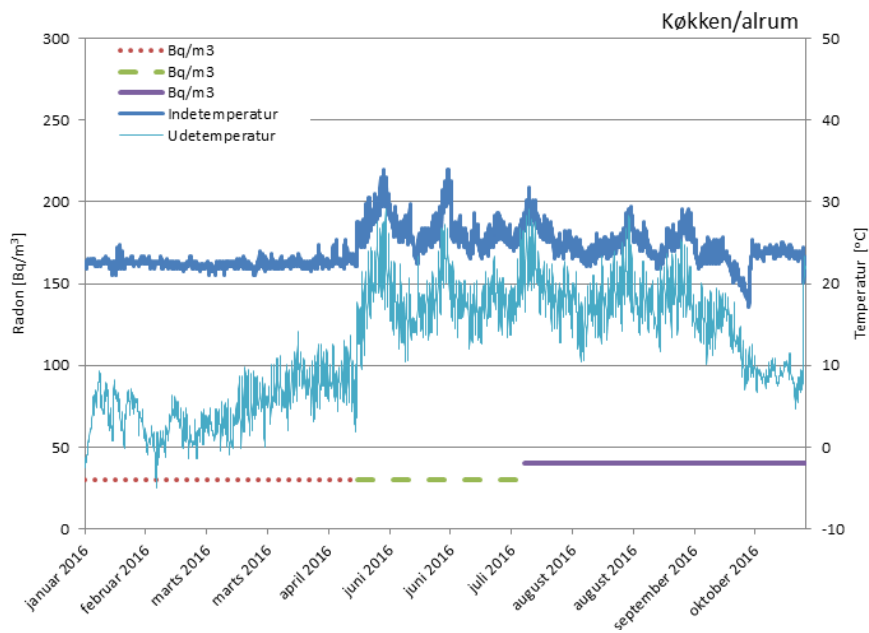
Figur 8: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.



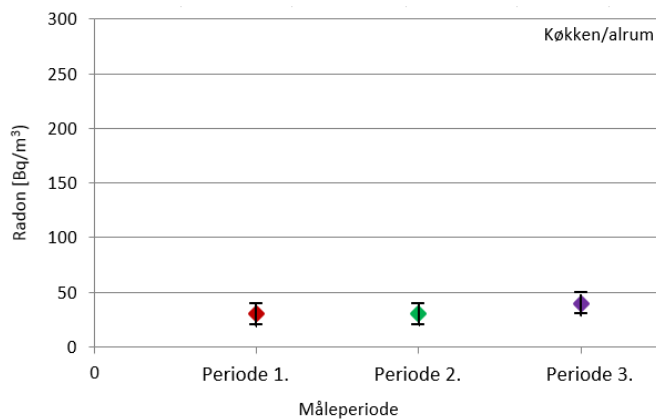
Figur 9: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



Figur 10: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.



Figur 11: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



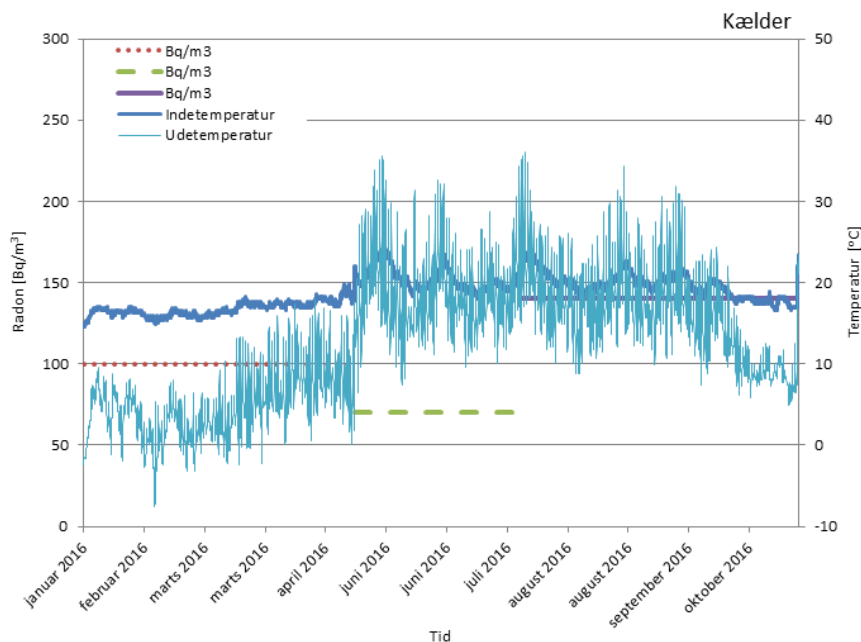
Figur 12: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.

6.2. Case G

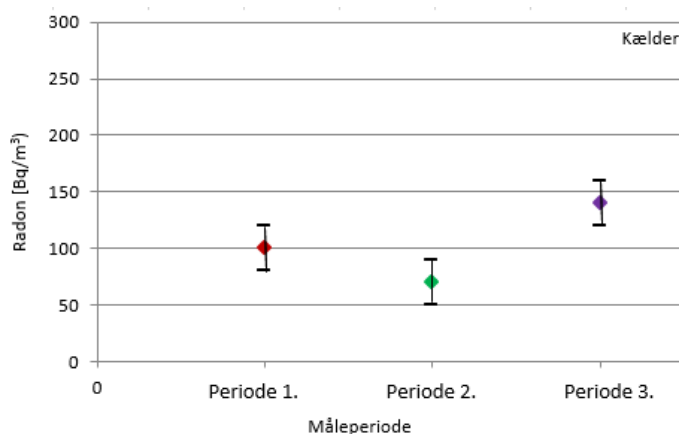
Radonmålinger

	Måleperiode	Kælder, kammer	Stueetage, spisestue	1. sal, kontor
Enhed		[Bq/m ³]	[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
Initial måling	16/3 – 18/6 2014	194 *	154 *	100 *
Kontrolmåling	Sidst 2015- start 2016	101 *	166 *	109 *
1. måleperiode	22/1 – 24/4 2016	100 ± 20	170 ± 20	90 ± 20
2. måleperiode	25/5 – 21/7 2016	70 ± 20	100 ± 10	110 ± 20
3. måleperiode	21/7 – 25/10 2016	140 ± 20	120 ± 10	

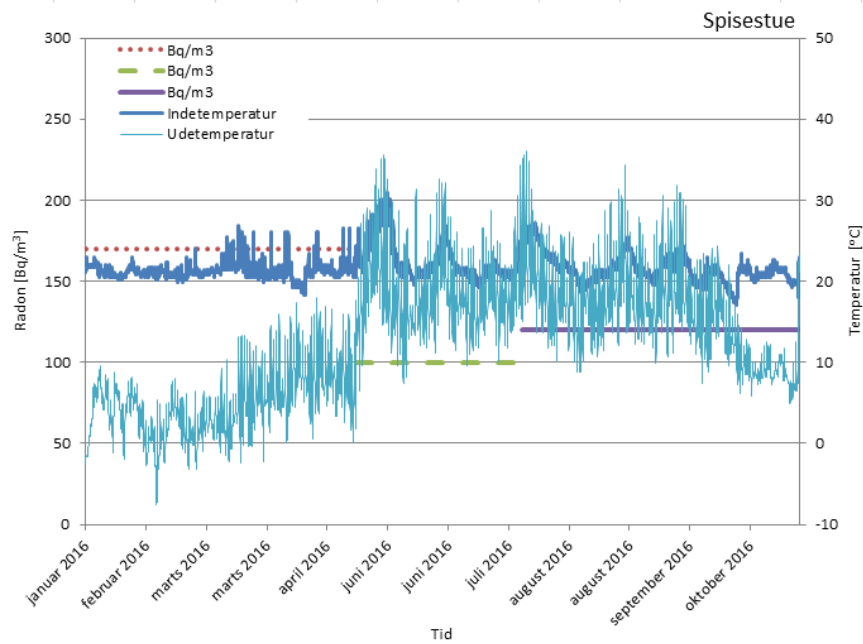
* Målinger foretaget uden for dette projektets regi.



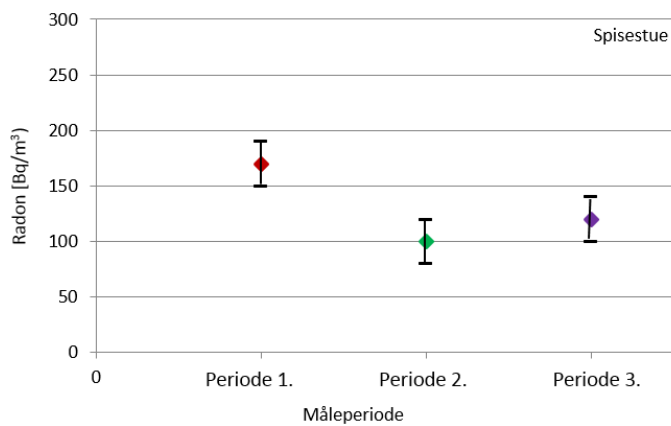
Figur 13: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



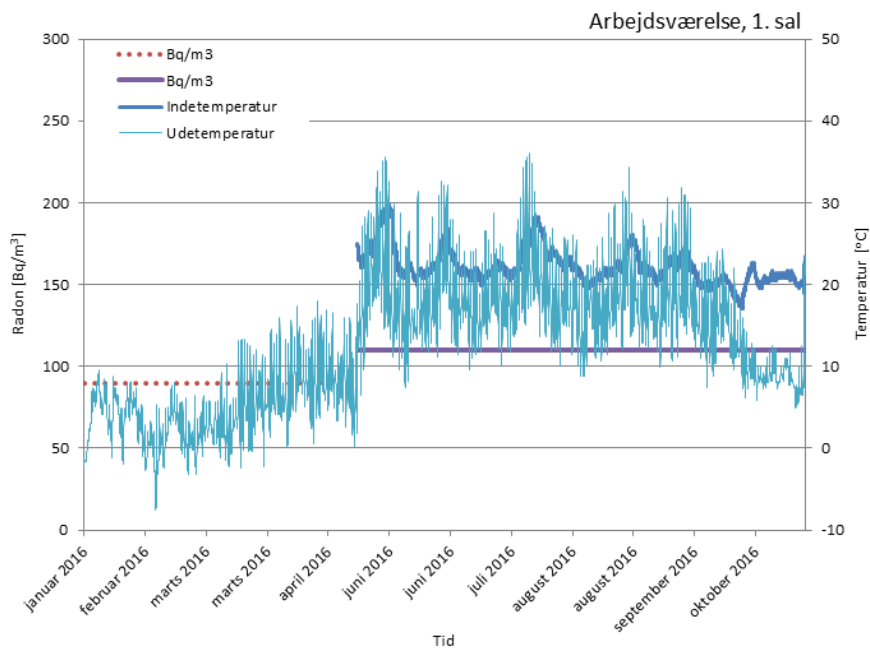
Figur 14: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.



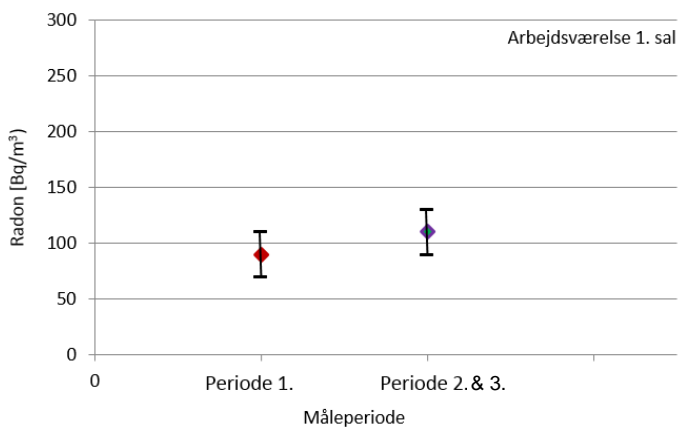
Figur 15: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



Figur 16: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.



Figur 17: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i måleperiode 1 og i en samlet måleperiode 2 & 3.



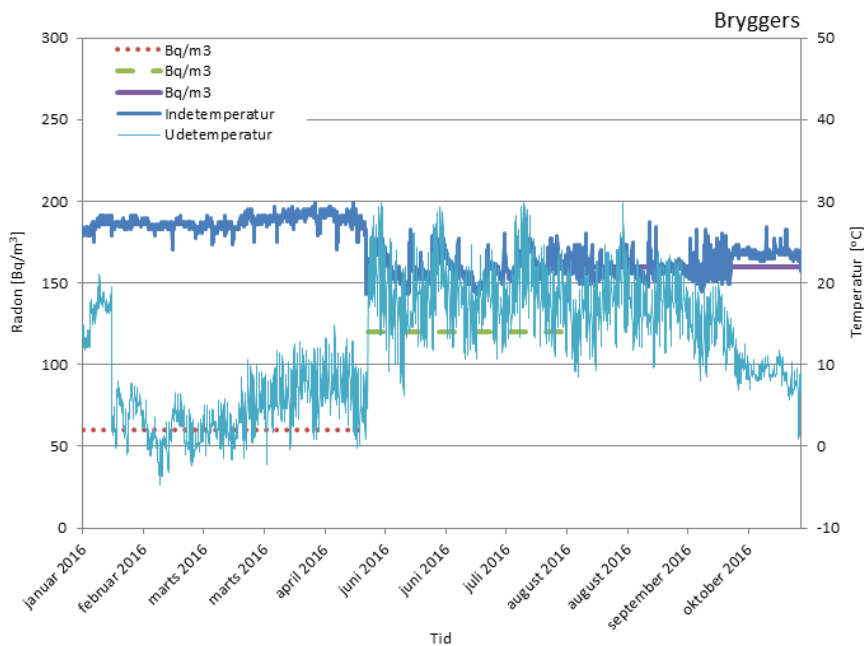
Figur 18: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i måleperiode 1 og en samlet måleperiode 2 & 3.

6.3. Case M

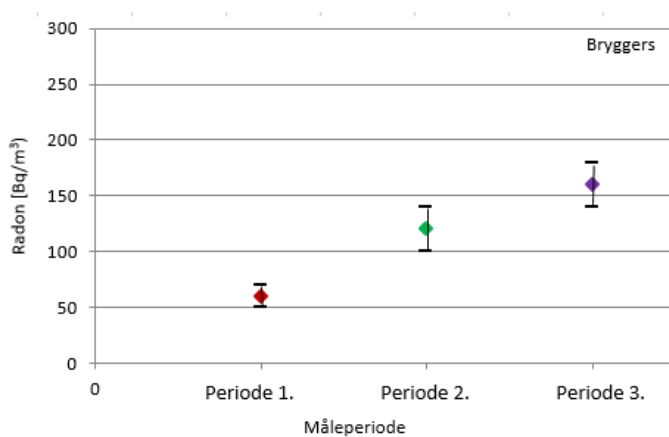
Radonmålinger

	Måleperiode	Stueetage, bryggers dosimeter	Stueetage bryggers, elektr. måler	Stueetage, dagligstue
Enhed		[Bq/m ³]		[Bq/m ³]
Initial måling	Ca. 2010	Ca. 180		Ca. 180
1. måleperiode	19/1 - 27/4 2016	60 ± 10	Ø 95 *	160 ± 20
2. måleperiode	30/5 - 11/8 2016	120 ± 20	Ø 85 *	170 ± 30
3. måleperiode	11/8 - 26/10 2016	160 ± 20	Ø 98 *	180 ± 30

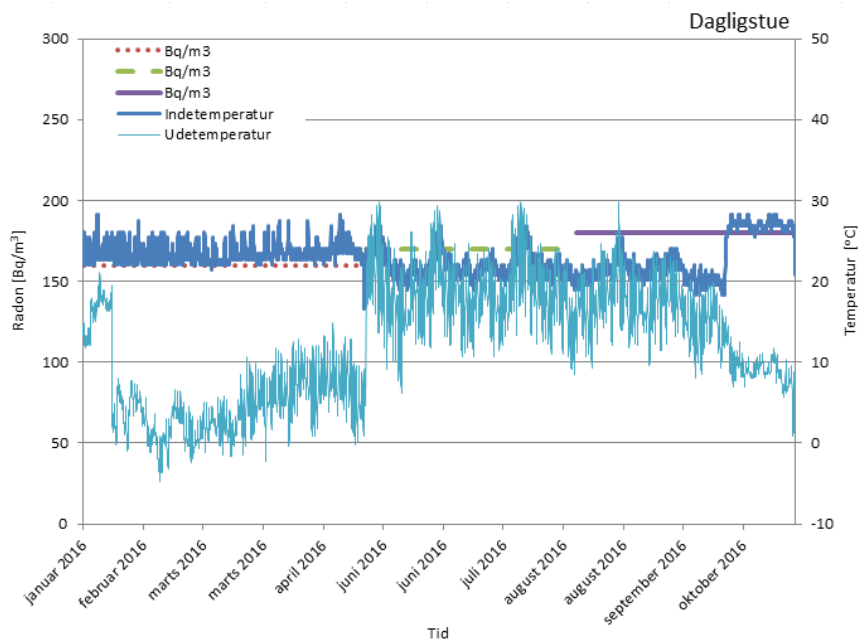
* Elektroniske målinger foretaget med elektronisk måler af typen R3 Radon Monitor.
Usikkerhed ikke angivet



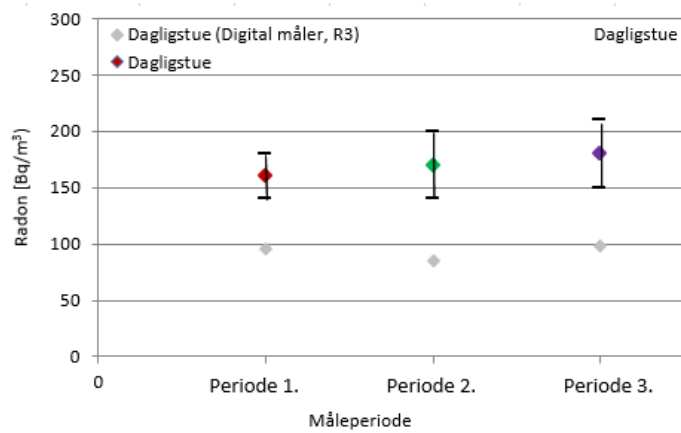
Figur 19: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



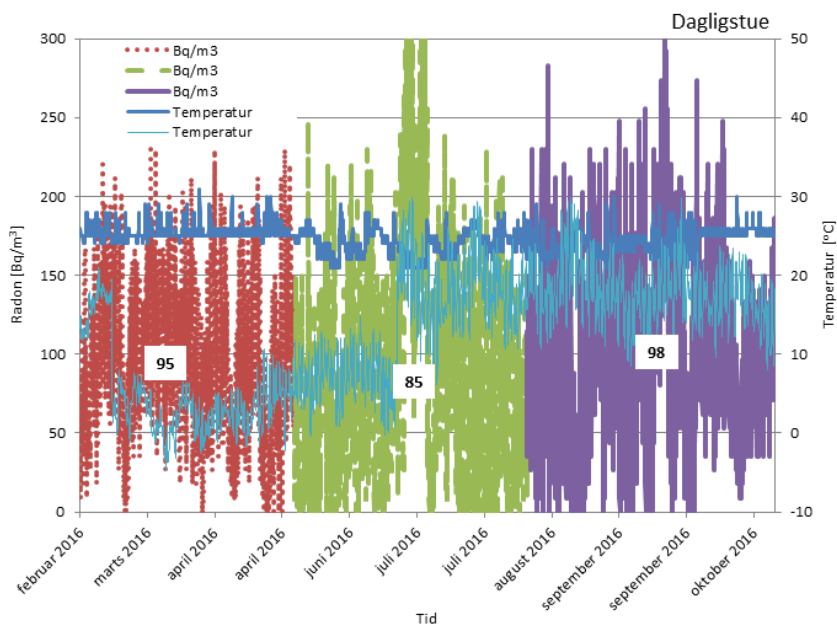
Figur 20: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.



Figur 21: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



Figur 22: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.

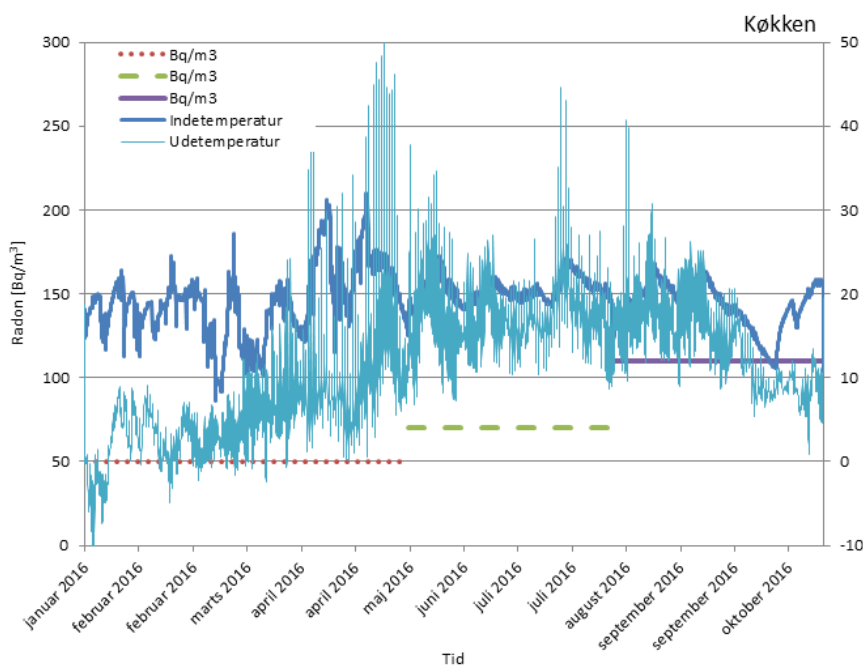


Figur 23: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration målt med en elektronisk måler af typen R3 Radon Monitor over de tre måleperioder. Gennemsnitsværdien for den enkelte periode er angivet som talværdi uden angivelse af usikkerheden på gennemsnitsværdien.

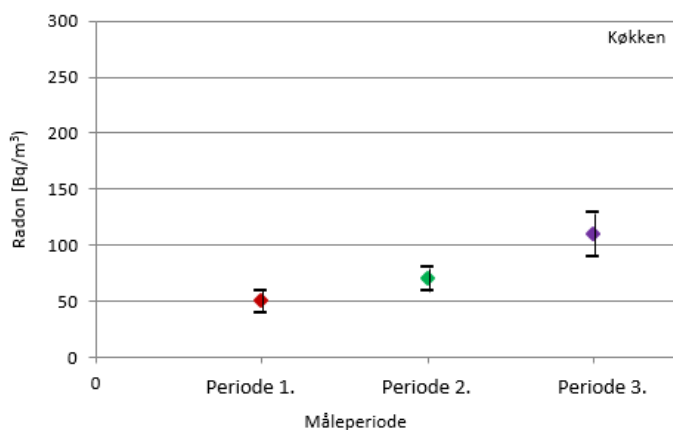
6.4. Case H

	Måleperiode	Stueetage, køkken	Stueetage, garderobe
Enhed		[Bq/m ³]	[Bq/m ³]
1. måleperiode	14/1 – 17/5 2016	50 ± 10	50 ± 10
2. måleperiode	30/5 – 11/8 2016	70 ± 10	80 ± 10
3. måleperiode	11/8 – 31/10 2016	110 ± 20	90 ± 30

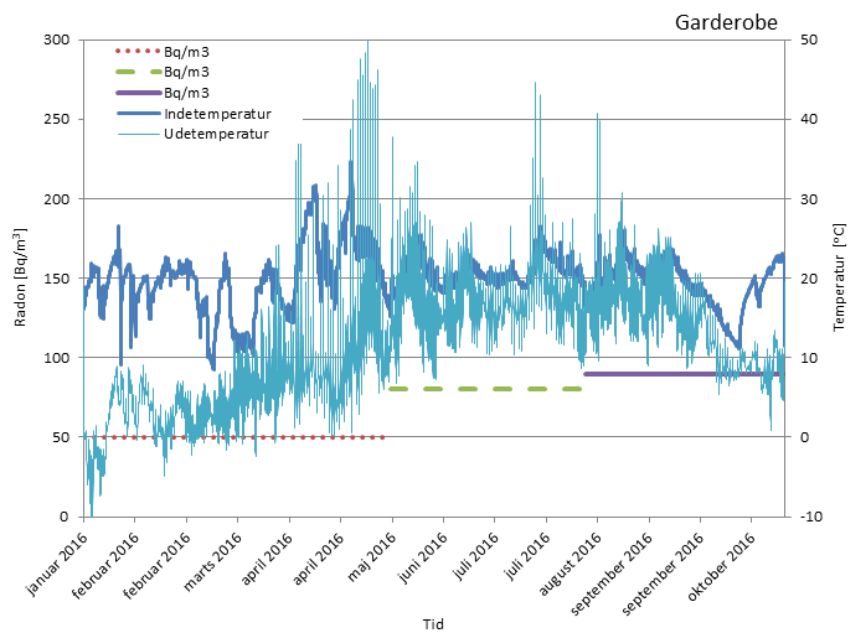
Der er i denne case i forbindelse med en Blower-Door-test blevet lukket for den naturlige ventilation gennem skorstenen d. 4. maj 2016. Lige efter testen er aftrækket til emhætte blevet åbnet igen. Den øvrige ventilation blev åbnet d. 9. september 2016.



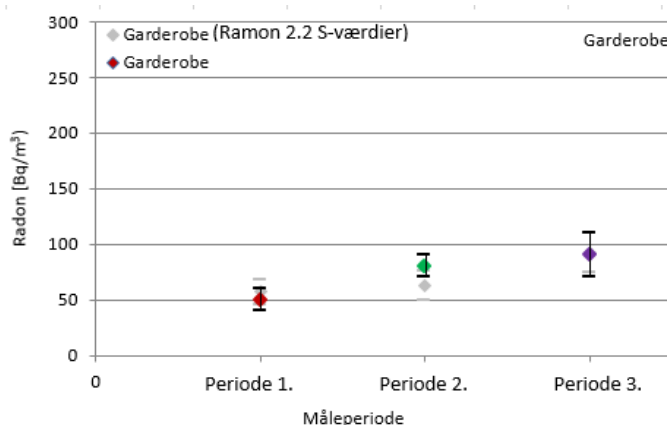
Figur 24: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



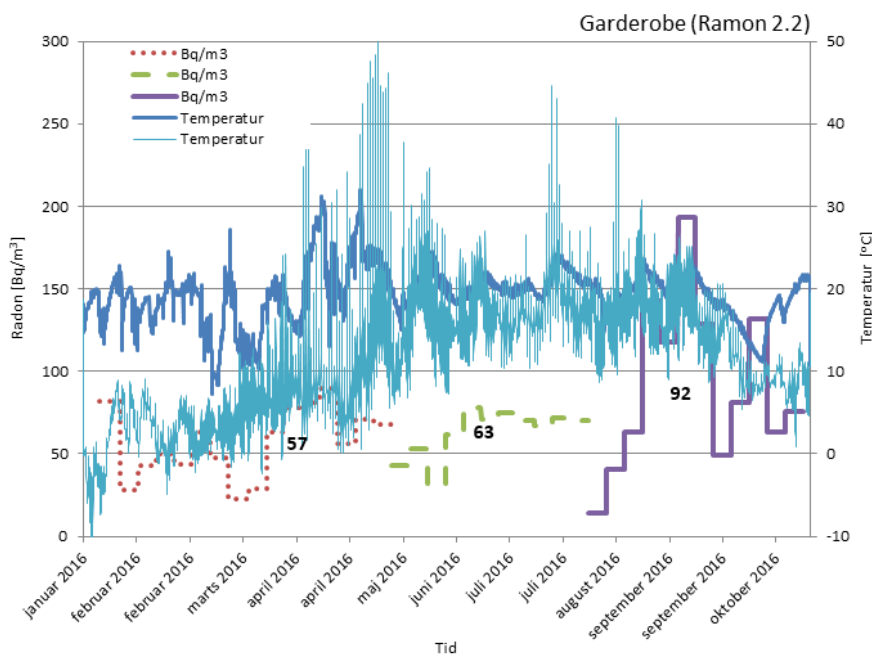
Figur 25: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder.



Figur 26: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration i hver af de tre måleperioder.



Figur 27: Radonkoncentration med tilhørende usikkerhed i de tre måleperioder. Radonkoncentrationen er angivet med målingens usikkerhed ved anvendelse af dosimetre og ved anvendelse af en radonmåler af typen Ramon 2.2. For måling af radon med radonmåleren af typen Ramon 2.2 er S-værdier angivet, som er den målte værdi for de løbende seneste 7 døgn. Aflæsning af Ramon 2.2 blev foretaget hver fredag i de tre måleperioder, se Figur 28.



Figur 28: Inde- og udetemperatur, samt radonkoncentration målt med en elektronisk måler af typen Ramon 2.2 over de tre måleperioder. Aflæsning er foretaget hver 7. dag. Der er angivet S-værdier, som er et gennemsnit af de løbende sidste 7 døgn.

7. Diskussion af resultater

Projektets formål er at undersøge effekten af radonsikringstiltag, der er drevet af termisk opdrift, over tidsperioder med typiske temperaturdifferencer mellem inde og ude. Der er frembragt målinger til undersøgelse af, om der er en sammenhæng mellem indeluftens radonkoncentration og temperaturforskellen mellem inde- og udeluft.

I Figur 6 ses, at den gennemsnitlige udendørstemperatur i den 1. måleperiode (januar til april) i de fire cases er mellem 12 og 22 grader lavere end indendørstemperaturen. I 2. måleperiode (maj til juli) er den gennemsnitlige udendørstemperatur mellem 2 og 5 grader lavere end indendørstemperaturen. I 3. måleperiode (august til oktober) er den gennemsnitlige udendørstemperatur mellem 4 og 8 grader lavere end indendørstemperaturen. Dvs. at temperaturdifferencen mellem inde- og udelufttemperatur i den 2. og 3. måleperiode er betydelig mindre end i den 1. måleperiode.

Til vurdering af måleresultaterne anvendes direkte målte værdier for radonkoncentrationer fra målinger foretaget med dosimetre. Værdier for radon i indeluften er ikke omsat eller vurderet i forhold til bestemmelsen af årsmiddelværdier. For det første er ikke alle måleperioder lange nok til at kunne bestemme en årsmiddelværdi, for det andet kan der ved systemer drevet af termisk opdrift ikke beregnes valide årsmiddelværdier på den sædvanlige måde, hvilket forklares i afsnit 8.

Ved at sammenligne radonkoncentrationer fra måleperiode 1 med radonkoncentrationer fra måleperiode 2 og 3 kan det vurderes, om den større temperaturdifference i måleperiode 1 har haft betydning for radonkoncentrationen i indeklimaet.

I case R er der foretaget målinger i to lokaler med konstruktioner mod jord. Det ene er kontoret i kælderen, som både er udstyret med rumventilation og radonsug under terrændækket, begge drevet af termisk opdrift, suppleret med en vindhætte. I kontoret er radonkoncentrationen i måleperiode 2 og 3 højere end i måleperiode 1 (se Figur 8). Det er overvejende sandsynligt, at der er en direkte sammenhæng mellem stor temperaturforskelle mellem inde og ude og det lave niveau for radonkoncentrationen. Det andet lokale, depotet i kælderen, er udstyret med ventilation drevet af termisk opdrift. Her kan der ikke ses sammenhæng mellem temperaturforskellen mellem inde og ude og radonkoncentrationen (se Figur 10). I stueetagen (køkkenet) kan der heller ingen sammenhæng ses (se Figur 12). Radonkoncentrationen i depotet og i køkkenet er på et lavt niveau i alle tre måleperioder.

I case G er der målt i et lokale med konstruktioner mod jord i kælderen. Kælderen er udstyret med ventilation drevet af termisk opdrift. Her kan der ikke ses en sammenhæng mellem temperaturforskellen mellem inde og ude og radonkoncentration (se Figur 14). I stueetagens spisestue (se Figur 16) og i arbejdsværelset på 1. sal (se Figur 18) kan der heller ingen sammenhæng ses.

I case H er der målt i to lokaler i stueetagen med konstruktioner mod jord. Begge lokaler er udstyret med ventilation drevet af termisk opdrift. I garderoben er radonkoncentrationen i måleperiode 2 og 3 højere end i måleperiode 1 (se Figur 27). Den naturlige ventilation gennem skorstenen har fra den 4. maj 2016 til den 9. september 2016 været lukket. Kun trækket fra emhætten gennem skorstenen har været åben i denne periode. Der kan ved målingerne ses et sammenfald af stor temperaturforskelle og lav radonkoncentration i garderoben og en lignende tendens ses i køkkenet. I køkkenet kan en reel forskel dog kun ses fra måleperiode 1 til måleperiode 3 (se Figur 25).

Der har i garderoben været opsat en elektronisk radonmåler af type Ramon 2.2 sammen med dosimetre. Gennemsnittet af de elektroniske målinger er i god overensstemmelse med målinger foretaget med dosimetre (se Figur 27 og Figur 28).

I case M er der foretaget målinger i to lokaler i stueetagen med konstruktioner mod jord. Bryggerset er udstyret med radonsug drevet af termisk opdrift. I dagligstuen forventes det ikke, at radonsuget har den store effekt. I bryggerset er radonkoncentrationen i måleperiode 2 og 3 højere end i måleperiode 1 (se Figur 20). Det er overvejende sandsynligt, at der er en direkte sammenhæng mellem stor temperaturforskelle mellem inde og ude og det lave niveau for radonkoncentrationen. I dagligstuen kan der, som forventet, ikke ses forskel i radonkoncentrationen over de tre måleperioder (se Figur 22).

Der har i dagligstuen været opsat en elektronisk radonmåler af type R3 sammen med dosimetre. Gennemsnittet af de elektroniske målinger ligger over 50 Bq/m³ lavere end målinger foretaget ved dosimetre (se Figur 22 og Figur 23). Variationen i målingerne imellem ligner variationen i de målte radonindhold i indeluften foretaget med dosimetre. Det vurderes, at den elektroniske måler ikke er kalibreret korrekt forud for opsætningen.

8. Konklusion

Projektets formål er at undersøge effekten af radonsikringstiltag, der er drevet af termisk opdrift, i forhold til årstidsbetingede temperaturforskelle mellem inde- og udetemperatur. Der er frembragt målinger til undersøgelse af, om der er en sammenhæng mellem indeluftens radonkoncentration og temperaturforskellen mellem inde- og udeluft.

På baggrund af målingerne kan der i to (case R og case M) ud af fire huse ses en sammenhæng mellem lave radonkoncentrationer og en stor temperaturdifference mellem inde- og udeluften i lokaler med konstruktioner mod jord. Det er derfor overvejende sandsynligt, at temperaturforskellen mellem inde og ude kan drive hhv. ventilationen og radonsuget. Når denne drivkraft ikke er til stede, ses en stigning i radonkoncentrationen i indeklimaet.

I et andet hus (case H) kan der ligeledes ses en sådan sammenhæng, men der er i måleperiode 2 og i måleperiode 3 ændret i funktionen af det naturlige aftræk gennem skorstenen, så målingerne i denne case ikke entydigt kan bekræfte funktionen af den termisk drevne ventilation. I det sidste hus (case G) kan der ikke ses nogen sammenhæng mellem radonindholdet i indeluften og temperaturforskellen mellem inde og ude.

Den i to huse konstaterede sammenhæng mellem lave radonkoncentrationer og en stor temperaturdifference mellem inde- og udeluften i lokaler med konstruktioner mod jord giver anledning til to konklusioner:

1. Radonsug eller ventilation, som er drevet af termisk opdrift, har en effekt, og kan anvendes i forbindelse med reduktion af radonniveauer. Effekten ses dog at være begrænset i perioder med lille forskel mellem inde- og udetemperaturen. Effekten er størst i opvarmingsperioden og mindre i sommerhalvåret.
2. Den manglende drivkraft på grund af lav temperaturdifference i sommerhalvåret gør, at der ved kontrolmålinger af systemer, som er baseret på termisk opdrift, skal tages højde for netop denne manglende drivkraft om sommeren. Kontrolmålinger til bestemmelse af årsmiddelværdien af radonkoncentrationen i bygninger, hvor disse systemer er installeret, anbefales udført med en langtidsmåling over et helt år, dvs. 12 måneder. Ved bestemmelsen af årsmiddelværdien i kortere perioder vil vurderingen af årsmiddelværdien afhænge af om der måles i en periode, hvor der er termisk opdrift. Algoritmerne til bestemmelse af årsmiddelværdier på grundlag af målinger med dosimetre tager ikke højde for de årstidsbestemte effekter af radonsug eller ventilation drevet af termisk opdrift, og vil derfor ikke give valide årsmiddelværdier på baggrund af kortere måleperioder.

9. Referencer

- [1] SBI-anvisning 232 Radon – kilder og måling. Torben Valdbjørn Rasmussen, Ida Wraber. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. 2011.
- [2] SBI-anvisning 247 Radonsikring af eksisterende bygninger. Torben Valdbjørn Rasmussen. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. 2011.
- [3] SBI-anvisning 233 Radonsikring af nye bygninger. Torben Valdbjørn Rasmussen. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. 2011.
- [4] Radonsikring – nye bygninger. BYG-ERFA: Byggetekniske erfaringer. Østergaard, J. (red.). Byg-Erfa, (99) 2 s. 150102.
- [5] Radonsug – i eksisterende enfamiliehuse. BYG-ERFA: Byggetekniske erfaringer. Østergaard, J. (red.). Byg-Erfa, Kap. (13) 2 s. 141210.
- [6] Radonguiden på Boligejer.dk, Trafik- og Byggestyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse, Kræftens Bekæmpelse <http://boligejer.dk/hvad-er-radon>