



UiT Norges arktiske universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Radon i eksisterende bygninger

Radon in existing buildings

Masteroppgave i Integret bygningsteknologi BYG-3900-1
Robert Tarvudd Sundby, mai 2021



Forord

Denne rapporten er utarbeidet av en student fra sivilingeniørstudiet «Integrert bygningsteknologi» ved institutt for bygg, energi og materialteknologi ved UiT Norges arktiske universitet, avdeling Narvik. Rapporten er skrevet våsemesteret 2021, i egen regi.

Jeg ønsker å rette en stor takk til Odd Magne Solheim ved Radonor AS som har fungert som ekstern veileder, og gjennom denne rollen hjulpet med målinger og kunnskap, samt sponsing av radonmålinger og ny radonbrønn og vifte.

Jeg vil også takke hovedveileder ved UiT, Ph.D Svein-Erik Sveen, Overingeniør Nils Andreassen på IB-labben ved UiT for opplæring i og lån av måleutstyr, Fredrik Eide ved Ofotens Bygningsvern AS for hjelp med håndverk, Ingvild Finne og Jostein Hoftun ved DSA for informativ møte. Til slutt vil jeg takke foreldre og medstudent Åge Swensen for moralsk støtte gjennom semesteret.

Sammendrag

Denne oppgaven er en studie om radon i eksisterende bygninger med en casestudie. I forkant av utarbeidelse og utførelse av en tiltakspakke, ble det gjort en litteraturstudie innenfor temaet om radon, situasjonen i Norge og anbefalte tiltak for å redusere radonnivåene i eksisterende boliger. Norge er i verdenstoppen når det kommer til radon i inneluft, mye på grunn av det kalde klimaet og geologien, men også boform og byggeskikk blir trukket fram som faktorer som gjør at radonkonsentrasjonen i boligmassen har økt siden 1980. Stadig økende krav til energiøkonomisering og byggeteknikk uten at det har blitt tatt hensyn til opphopning av radongass, kan ha ført til endringer i radonkonsentrasjon i norske boliger. I de neste årene vil mange bygg i Norge ha behov for rehabilitering og ENØK-tiltak, og i den anledning bør det gjøres vurderinger om det er behov for radonreduserende tiltak. Det bør være et fokus på radonreduksjon i denne prosessen, gjerne med subsidier for å motivere byggeiere. I rundt 300 000 boliger overstiger konsentrasjonen anbefalt tiltaksgrense på 100 Bq/m³. Beregninger har vist at dersom radoneksponeringen av befolkningen reduseres til å ligge under en maksimumsgrense på 200 Bq/m³, vil dette være kostnadseffektivt med hensyn til helsegevinsten (sparte liv) i befolkningen. Med dette som bakteppe, ble det sett på anbefalte tiltak for radonreduksjon og utarbeidet en tiltakspakke for casestudien.

Casestudien omhandler en enebolig i Beisfjord, Narvik kommune. Det har blitt utført bytte av innvendig radonbrønn i boligen, med trykk/luftmengdemålinger før og etter bytte av vifte og brønn. Det har også blitt utført tetttiltak i utvalgte rom i boligen, der det har vært målt radon før og etter tetttiltakene. Tetttiltakene som ble valgt var å fuge med bunnfyllingslist i overgang gulv/vegg rundt et helt rom, i tillegg til å smøre membran på hele gulvet på et annet rom. Etter utførte tetttiltak og brønnoppgradering ble det målt radon som sammenliknes med eksisterende radonmålinger fra 2005, da det ikke var installert brønn og verdiene lå opp mot 400 Bq/m³, og fra 2020, da verdiene lå rundt 150 Bq/m³ med den gamle radonbrønnen. Hensikten med å utføre disse tiltakene og tilhørende målingene var å sørge for at case-objektet, boligen, fikk radonnivåer under myndighetene sin anbefalte tiltaksgrense, og gjerne så lavt som mulig. For å kunne dokumentere effekten av de ulike tiltakene ble det gjort måling av trykk og luftmengde i sugekanalen og trykk over gulvkonstruksjonen i utvalgte rom, i tillegg til radonmålinger.

Målingene fra trykk og luftmengde i sugekanalen med den gamle og den nye radonbrønnen viste en økning på 67%, fra 15 m³/h til 25 m³/h, i maksimal luftmengde oppnådd og en dobling av maksimal oppnådd trykkforandring over gulvkonstruksjonen på det målepunktet lengst unna brønnen. I det målepunktet nærmest brønnen ble også en økning i undertrykk under gulvet, fra 5,3 Pa med den gamle radonbrønnen til 8,8 Pa med den nye.

Radonmålingene som ble utført i for- og etterkant av tetttiltakene viste en klar reduksjon. I det rommet der det bare ble tettet med fugemasse rundt hele rommet, var radonreduksjonen 300 Bq/m³ eller 46%. I rommet der det i tillegg ble smurt membran på hele gulvet, var nedgangen hele 690 Bq/m³ eller 72%.

Etter å ha utført alle tiltak, ble det utført radonmålinger for å se hvordan verdiene hadde utviklet seg fra tidligere målinger, med boligen i normal drift. Sammenliknet med måleresultater fra 2005, var nedgangen i rommet der det ble smurt membran 420 Bq/m³ eller 88%. Sammenliknet med måleresultater fra 2020, var nedgangen i rommet 101 Bq/m³ eller 63%.

Det er planlagt en langtidsmåling av radon i boligen vinteren 2021/22. Skulle resultatene fra denne målingen tilsa at nivåene enda er for høye, bør det gjøres ytterligere tiltak for å redusere radonnivåene til man er under tiltaksgrensen. Forslag til tiltak er å opprette et nytt sugepunkt til radonbrønnen, mer omfattende tetttiltak, installering av balansert ventilasjon og eventuelt gjøre noe med dreneringen rundt huset.

Resultatene tyder på at den nye radonbrønnen har større kapasitet til å skape undertrykk under huset og reduserer mengden radonholdig jordluft som siver inn i boligen. Tetttiltakene synes å god effekt når man tar i betraktning at typisk reduksjon som følge av tetttiltak har vist seg å ligge rundt 10-50%.

Abstract

This thesis is a study of radon in existing buildings with a case study. Prior to the planning and execution of a package of measures, a literature study was conducted on the topic of radon, the situation in Norway and recommended measures to reduce radon levels in existing homes. Norway is at the top of the world when it comes to radon in indoor air, much due to the cold climate and geology, but also housing form and building customs are highlighted as factors that cause the radon concentration in the housing stock has increased since 1980. Ever-increasing demands for energy efficiency and construction technology without considering the accumulation of radon gas, may have led to changes in radon concentration in Norwegian homes. In the next few years, many buildings in Norway will need rehabilitation and energy efficiency measures, and on that occasion, assessments should be made as to whether there is a need for radon-reducing measures. There should be a focus on radon reduction in this process, preferably with subsidies to motivate building owners. In around 300,000 homes, the concentration exceeds the recommended action limit of 100 Bq/m³. Calculations have shown that if the radon exposure of the population is reduced to below a maximum limit of 200 Bq/m³, this will be cost-effective with regard to the health benefits (saved lives) in the population. With this as a backdrop, recommended measures for radon reduction were considered and a package of measures was prepared for the case study.

The case study deals with a detached house in Beisfjord, Narvik municipality. The active soil depressurization (ASD) system in the home has been replaced, with pressure/air flow measurements before and after the replacement of the fan and well. Sealing measures have also been carried out in selected rooms in the home, where radon has been measured before and after the sealing measures. The sealing measures that were chosen were to seal the transition floor / wall around an entire room, in addition to smearing membrane on the entire floor in another room. After sealing measures and well upgrades were carried out, radon was measured, which is compared with existing radon measurements from 2005, when no ASD was installed and the values were up to 400 Bq/m³, and from 2020, when the values were around 150 Bq/m³ with the old ASD. The purpose of carrying out these measures and the associated measurements was to ensure that the case object reduced radon levels below the authorities' recommended measure limit, and preferably as low as possible. To be able to document the effect of the various measures, measurements were made of pressure and air volume in the suction duct and pressure over the floor construction in selected rooms, in addition to radon measurements.

The measurements from pressure and air volume in the suction duct with the old and the new ASD showed an increase of 67%, from 15 m³/h to 25 m³/h, in maximum air volume achieved and a doubling of maximum achieved pressure change over the floor construction at the farthest measuring point from the ASD. At the measuring point closest to the ASD, there was also a decrease in pressure under the floor, from 5,3 Pa with the old radon well to 8,8 Pa with the new one.

The radon measurements carried out before and after the sealing measures showed a clear reduction. In the room where it was only sealed with sealant around the whole room, the radon reduction was 300 Bq/m³ or 46%. In the room where a membrane was also applied to the entire floor, the decrease was as much as 690 Bq/m³ or 72%.

After performing all measures, radon measurements were performed to see how the values had developed from previous measurements, with the home in normal operation. Compared with measurement results from 2005, the decrease in the room where the membrane was lubricated was 420 Bq/m³ or 88%. Compared with measurement results from 2020, the decrease in space was 101 Bq/m³ or 63%.

A long-term measurement of radon in the home is planned for the winter of 2021/22. Should the results from this measurement indicate that the levels are still too high, further measures should be taken to reduce the radon levels until one is below the measure limit. Proposed measures are to create a new suction point for the ASD, more comprehensive sealing measures, installation of balanced ventilation and possibly do something about the drainage around the house.

The results indicate that the new radon well has a greater capacity to create negative pressure under the house and reduces the amount of radon-containing soil air that seeps into the home. The sealing measures seem to have a good effect when one considers that the typical reduction as a result of sealing measures has been shown to be around 10-50%.

Figurliste

Figur 2.2-1. Radons elektrontetthet	6
Figur 2.3.2-1. Sarah Darby sine data.	9
Figur 2.3.2-2. Bernhard Cohen sine data.....	10
Figur 2.4.1-1. Historiske U-verdier basert på tall fra teknisk forskrift.....	11
Figur 2.4.2-1. Aktsomhetskart	12
Figur 2.4.3-1. Antall medieartikler per år fra 2009 til 2020 hvor både radon og DSA/strålevernet er nevnt.	13
Figur 2.4.4-1. Eksempler på infiltrasjon.....	14
Figur 2.5-1. Radonnivået i boligene varierer fra før tiltak, etter tiltak og helt frem til 2018	17
Figur 3.1-1. Viser hvor mange kvadratmeter grunnflate bygg som bygges årlig i Norge.....	18
Figur 3.2-1. Radonholdig jordluft kan trenge inn i huset gjennom utettheter	19
Figur 3.4.1-1. Radonbrønn i et hus med kjeller med fundamenter som blokkerer luftstrøm	23
Figur 3.4.1-2. Sugegropen og gjennomføringen til radonbrønnen.	23
Figur 3.5-1. Prosentvis redusering av radonnivå som vanligvis oppnås med ulike metoder.	24
Figur 4.2-1. Caseobjektet.....	25
Figur 4.2-2. Kartutsnitt av Beisfjord.....	26
Figur 4.2.1-1. Snitt av huset. Viser hvor mye av kjelleren som er under bakkenivå.	26
Figur 4.2.1-2. Plantegning av kjelleretasjen til huset.	27
Figur 4.2.2-1. Den gamle radonbrønnen	29
Figur 4.2.2-2. Den gamle viften	29
Figur 4.3.1-1. Brønnen som skal installeres i gropen.	30
Figur 4.3.1-2. Den nye viften.	30
Figur 4.3.2-1. Plantegning med tetttiltak illustrert.....	31
Figur 4.3.2-2. Viser prinsippet for fuging med bunnfyllingslist	32
Figur 4.3.2-3. Radonkonsentrasjonen måles før og etter tetttiltak.	32
Figur 4.3.2-4. Produkter.....	33
Figur 4.4.1-1. Plantegningen viser plasseringen av radonbrønnen.....	35
Figur 4.4.1-2. Måleinstrument TSI 9596 med probe 966.	35
Figur 5.1.1-1. Installering av ny radonbrønn	37
Figur 5.1.1-2. Riving av gammelt sugepunkt	38
Figur 5.1.1-3. Installering av ny radonbrønn	39
Figur 5.1.2-1. Tetting rundt dør.....	40
Figur 5.1.2-2. Tetting rundt dør.....	40
Figur 5.1.2-3. Tetting rundt skorstein.....	41
Figur 5.1.2-4. Tetting i overgang vegg/gulv.....	42

Figur 5.1.2-5. Tetting i overgang vegg/gulv.....	42
Figur 5.1.2-6. Tetting av overgang vegg/gulv i et hjørne.....	43
Figur 5.1.2-7. Klargjøring for tetting av soverom 1	44
Figur 5.1.2-8. Soverom 1 før påsmurt membran.....	45
Figur 5.1.2-9. Soverom 1 etter påsmurt membran	46
Figur 5.1.2-10. Tetting rundt gjennomføring i matkjeller	47
Figur 5.1.2-11. Tetting rundt gjennomføring i gulvet i vaskekjeller	47
Figur 5.1.2-12. Tetting rundt gjennomføring i veggen i vaskekjeller.....	48
Figur 5.2.1-1. Måling av luftmengde.	49
Figur 5.2.1-2. Måling av trykk i kanal.....	50
Figur 5.2.1-3. Trykk/luftmengde-diagram av den gamle og den nye radonbrønnen i drift.	50
Figur 5.2.1-4. Måling av trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen.....	51
Figur 5.2.1-5. Trykkdifferanse/luftmengde for gammel og ny radonbrønn, soverom 1.....	52
Figur 5.2.1-6. Trykkdifferanse/luftmengde for gammel og ny radonbrønn, bod.....	52
Figur 5.2.1-7. Måling av trykkdifferanse mellom inne og ute.	53
Figur 5.2.1-8. Radonmåling i etterkant av bytte av radonbrønn.....	53
Figur 5.2.2-1. Utvikling av radonkonsentrasjon i soverom 1.....	54
Figur 5.2.2-2. Målt gjennomsnittstemperatur.....	55

Liste over tabeller

Tabell 1. Konsentrasjon av radium i noen nordiske bergarter og jordtyper	5	
Tabell 2. Radonfamilien	Tabell 3. Thoronfamilien	7
Tabell 4. Oppsummering av tiltaksgrense og grenseverdi	16	
Tabell 5. Tiltak for å redusere radonkonsentrasjon i inneluft ved hjelp av tetting av konstruksjonen	20	
Tabell 6. Tiltak for å redusere radonkonsentrasjon i inneluft ved forbedring av ventilasjon.....	21	
Tabell 7. Tiltak for å redusere radonkonsentrasjon i inneluft ved hjelp av trykkendring	22	
Tabell 8. Oversikt over tidligere radonmålinger til utvalgte rom.....	28	
Tabell 9. Måling av luftmengder på den gamle viften.....	49	
Tabell 10. Måling av luftmengder på den nye viften.....	49	
Tabell 11. Trykk med den gamle viften. Tabell 12. Trykk med den nye viften.	50	
Tabell 13. Resultatene fra målinger av trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen med den gamle viften.	51	
Tabell 14. Resultatene fra målinger av trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen med den nye viften.	51	

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	v
Abstract	vii
1. Introduksjon	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Mål for oppgaven	2
1.3. Metodikk	2
1.4. Avgrensninger	3
1.5. Oppbygningen av rapporten	4
2. Radon	5
2.1. Forekomst.....	5
2.2. Radonfamiliene	6
2.3. Helseeffekter	8
2.3.1. Lungekreft som følge av radoneksponering.....	8
2.3.2. Studier om radon og lungekreft	9
2.3.3. Andre sykdommer	10
2.4. Radon i Norge.....	11
2.4.1. Norge i verdenstoppen	11
2.4.2. Radonkart.....	12
2.4.3. Nasjonal radonstrategi.....	13
2.4.4. Arktisk klima	14
2.4.5. Lungekreftforekomst knyttet til radoneksponering i norske boliger	15
2.5. Måling av radon og grenseverdier	16
3. Anbefalte tiltak mot radon	17
3.1. Nybygg – radonmembran	18
3.2. Tetting av konstruksjonen mot grunnen	19
3.3. Forbedring av ventilasjonen i bygningen.....	21
3.4. Trykkendring over eller under konstruksjonene mot grunnen	22
3.4.1. Innvendig radonbrønn.....	23
3.5. Tiltakenes effekt	24
4. Casestudie – enebolig i Beisfjord, Narvik kommune	25
4.1. Oppbygningen av kapittelet.....	25
4.2. Enebolig i Beisfjord, Narvik kommune.....	25
4.2.1. Snitt- og plantegninger	26
4.2.2. Historikk	28

4.3.	Planlagte tiltak	30
4.3.1.	Installering av ny radonbrønn	30
4.3.2.	Tettetiltak.....	31
4.4.	Planlagte målinger	34
4.4.1.	Trykk- og luftmengdemålinger for radonbrønn	34
4.4.2.	Måling av radon	36
5.	Utførte tiltak og måleresultater	37
5.1.	Tiltak.....	37
5.1.1.	Ny radonbrønn	37
5.1.2.	Tettetiltak.....	40
5.2.	Målinger	49
5.2.1.	Trykk- og luftmengdemålinger	49
5.2.2.	Radonmålinger.....	54
6.	Oppsummering og konklusjon.....	57
6.1.	Oppsummering.....	57
6.2.	Konklusjon	57
6.3.	Forslag til videre arbeid.....	59
6.4.	Oppgavens relevans til FNs bærekraftsmål.....	59
7.	Referanser.....	61
8.	Vedlegg	1
8.1.	Oppgavetekst	1
8.2.	Radonmålinger.....	5
8.2.1.	Langtidsmåling fra 2005	6
8.2.2.	Måling fra 2020.....	10
8.2.3.	Måling fra 2021.....	11
8.2.4.	Måling før tetteltak.....	13
8.2.5.	Måling etter tetteltak.....	15
8.3.	Produkter.....	17
8.3.1.	Nyvent XRn 100 datablad.....	18
8.3.2.	Radonbrønn teknisk godkjenning.....	38
8.3.3.	Siikaflex 11fc+ produktdatablad.....	41
8.3.4.	Hey'di kz produktdatablad	46
8.3.5.	Easyflex smøremembran	47
8.4.	Måleinstrumenter	51
8.4.1.	TSI 9596 med probe 966 spesifikasjoner	52
8.4.2.	Corentium Pro spesifikasjoner.....	56

1. Introduksjon

1.1. Bakgrunn

Radongass kan være et utbredt problem i norske hjem. Norge og andre nordiske land er i verdenstoppen når det kommer til radonkonsentrasjon i inneluft, mye på grunn av det kalde klimaet. Viktige faktorer som påvirker radonkonsentrasjonene i inneluft er byggets konstruksjon og tetthet mot byggegrunnen, ventilasjon, geologiske forhold og klima. Mange hus i Norge er bygd før radonsperre ble et krav i teknisk forskrift (2010) og kan være i faresonen. Langvarig eksponering av radongass er ifølge WHO kreftfremkallende og den nest ledende årsaken til lungekreft etter røyking. Når radonholdig luft pustet inn, fører det til bestråling av luftveier og lunger. I Norge dør ca. 300 mennesker hvert år av lungekreft som følge av radoneksponering. En systematisk reduksjon av radoneksponeringen i norsk bygningsmasse vil over tid kunne gi en betydelig reduksjon i antall tilfeller radonindusert lungekreft. Beregninger har vist at dersom radoneksponeringen av befolkningen reduseres til å ligge under en maksimumsgrense på 200 Bq/m^3 , vil dette være kostnadseffektivt med hensyn til helsegevinsten (sparte liv) i befolkningen. I kreftregisterets nasjonale statistikk for lungekreft er det en drastisk økning i lungekrefttilfeller siden 1955. Demografisk bomønster kan forklare noe av økningen, da mange sentraliserte seg i de store byene, der det mye mer luftforurensning enn andre steder og det kan forklare noe av økningen. Boform og byggeskikk blir også trukket fram som faktorer som gir høyere konsentrasjoner. Stadig økende krav til energiøkonomisering og byggeteknikk uten at det har blitt tatt hensyn til opphopning av radongass, kan ha ført til endringer i radonkonsentrasjon i norske boliger. Radonkonsentrasjonen i boligmassen økte med ca. 70% i perioden 1980 – 2000. I rundt 300 000 boliger overstiger konsentrasjonen anbefalt tiltaksgrense på 100 Bq/m^3 . Dette tilsvarer mer enn hver sjettede bolig. (DSA, 2020a; Stigum et al. 2003; Young Woo Jin et al., 2019; Manzetti, 2012; Hassfjell, 2017; SINTEF, 2018).

Opgaven er delt opp i to hoveddeler. Rapporten vil starte med det innledende arbeidet, en litteraturstudie om radon, situasjonen i Norge og anbefalte tiltak for å redusere radonnivåene i eksisterende boliger. I litteraturstudien vil det bli utdypet om blant annet hvor radongassen kommer fra, hvilke kjemiske prosesser den gjennomgår hele veien fra berggrunnen og ned i lungene fra luften vi pusten inn. I tillegg til hvilke helseeffekter dette har vist seg å gi, hvorfor Norge er et av landene med høyest radonverdier i boliger, hvordan man måler radonkonsentrasjonen og anbefalte tiltak mot radon.

Etter litteraturstudie om radon, vil det bli sett på en casestudie av en enebolig i Beisfjord, Narvik kommune. Huseier ble oppmerksom ble radonproblemet i 2005, og det ble da gjort en langtidsmåling. Resultatene var noe høye, og det ble besluttet å installere en innvendig radonbrønn. Problemet ble ansett som løst og det var ikke før vinteren 2020 at det ble gjort nye korttidsmålinger som viste at det ennå var for høye verdier (ca. 150 Bq/m^3). I oppgaven er det gjort målinger av luftmengde og trykk for å undersøke radonbrønnens effekt. Om det er et dårlig sugepunkt eller tette masser under huset, vil ikke radonsuget klare å skape undertrykk under hele grunnflaten. Noen rom har hatt høyere radonnivå enn andre og det var naturlig å rette tiltak, som tetting av bygg mot grunn, mot disse rommene. Radonmålinger vil bli utført for å dokumentere effekten av tiltak.

1.2. Mål for oppgaven

Effektmål: Hvilken betydning og relevans har oppgaven?

- Rapporten skal bidra til å sette lys på radonproblemet i Norge.
- Prosjektet er satt i gang for å øke kunnskapsnivået om radon og hvilke metoder man kan benytte for å redusere nivåene. Samt hvilken effekt de ulike radonreduserende tiltakene har.
- I løpet av prosjektet skal radonnivået i den aktuelle boligen reduseres til under tiltaksgrensen på 100 Bq/m³, og gjerne så lavt som mulig.

Resultatmål: Hva skal være resultatet av arbeidet?

- Utføre en litteraturstudie om radon for å øke kunnskapsnivået.
- Utarbeide en tiltakspakke for den aktuelle boligen.
- Utføre radonreduserende tiltak i den aktuelle boligen.
- Måle radonnivåene før og etter tiltak.

1.3. Metodikk

Det ble tatt kontakt med instanser som Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) og Radonor AS for å få veiledning til å skrive rapporten og utføre tiltak og målinger. Tok også kontakt med Fredrik Eide, tømrer i Ofotens Bygningsvern AS, for å få konsultasjon og hjelp med håndverkerarbeidet.

I litteraturstudien har det blitt benyttet kilder som vitenskapelige rapporter, artikler, DSA og Odd Magne Solheim fra Radonor AS for innhenting av faglig kunnskap, samt Strålsäkerhetscentralen (STUK) i Finland og SINTEF for innhenting av kunnskap om tiltak mot radon.

I casestudien er planskissen av kjelleren er utarbeidet med *Autodesk AutoCAD 2020* Student versjon. Planskissen av 1. etasje og snitt-tegningen av huset er hentet fra Narvik kommune sitt arkiv. Det er valgt å se grundig på én case, en enkelt enebolig. Dette er for å få tid til å sette seg inn i litteraturen, utarbeide en tiltakspakke, for så å utføre den og gjøre målinger i for- og etterkant. Boligen er og til dels valgt fordi det er forfatter sitt hus, og forfatter bor der med foreldrene sine.

1.4. Avgrensninger

- Langtidsmåling av radon
 - På grunn av tidsrammen til oppgaven, blir det ikke gjort en langtidsmålinger under prosjektperioden. Nivåene før tiltak baseres på radonmålinger gjort i 2005 og 2020.
 - I prosjektet vil det kun bli utført korttidsmålinger.
 - Det er planlagt en ny langtidsmåling vinteren 2021/22 for å forsikre at tiltakene har hatt ønsket effekt.
- Bare ett bygg
 - Casestudien omhandler kun én enkelt enebolig, og studier med flere objekter bør undersøkes og/eller utføres for å kunne tolke resultatene universelt.
 - Radonmålinger og tiltak avgrenses til utvalgte rom i kjelleren.
- Måleusikkerhet ved trykk- og luftmengdemålinger
- Dose-respons stråling
 - De biologiske effektene av forskjellige doser av ioniserende stråling er et komplisert tema som er mye diskutert innen medisin, og det vil ikke bli fordypet i noen særlig grad i rapporten. Det tas heller ikke stilling til de forskjellige studiene og modellene som blir lagt fram.
- Lungenes rensesystem
 - Som forrige punkt, er dette et tema som er komplisert og bør undersøkes av forskere innenfor medisin.
- Radontransmisjon og resistans i materialer
 - Rapporten har ikke gått dypere inn på radontransmisjon og radonresistans i bygningsmaterialer.
- Økonomi
 - Det blir ikke gjort noen økonomiske betraktninger i rapporten.

1.5. Oppbygningen av rapporten

Kapittel 1. Introduksjon

Kapittel 2. Radon

- Teoridel om radon. Dette er et kapittel som reder ut om radon, hvor det kommer fra, den radioaktive kjeden, helseeffekter på mennesker og hvordan man måler radon i boliger.

Kapittel 3. Tiltak mot radon

- Teoridel om hvordan man kan redusere radonnivåene i boligen. Her legges det fram alle de mest vanlige tiltakene, med et ekstra fokus på de tiltakene som utføres i casestudien. Det sees også på tidligere studier om tiltakenes effekt.

Kapittel 4. Casestudie – enebolig i Beisfjord, Narvik kommune

- Introduksjon av casestudie. Beskrivelse av den aktuelle boligen, herunder planskisser, byggetekniske detaljer og historikk.
- Innføring i hvilke tiltak og målinger som skal utføres.

Kapittel 5. Utførte tiltak og måleresultater

- Resultater fra utførte tiltak.
- Resultater fra utførte målinger.

Kapittel 6. Oppsummering og konklusjon

- Oppsummering/kortversjon av utført arbeid, herunder tiltak og målinger.
- Konklusjon av rapporten. Evaluering av utført arbeid med resultater.
- Diskusjon om målsetninger ble nådd og om tiltakene fungerte.
- Forslag til videre arbeid.
- Oppgavens relevans til FNs bærekraftsmål.

Kapittel 7. Referanser

Kapittel 8. Vedlegg

- Vedleggene er delt opp i kategorier:

8.1 Oppgavetekst

8.2 Radonmålinger

8.3 Produkter

8.4 Måleinstrumenter

2. Radon

2.1. Forekomst

I berggrunn og jordsmonn finnes det varierende konsentrasjoner av de naturlig radioaktive grunnstoffene uran og thorium. Når uran og thorium brytes ned, dannes en radioaktiv kjede helt fram til stabilt bly. I kjeden finner man radium og radon. Radium er metallisk, radioaktivt og dannes som et ledd i denne radioaktive serien, som deretter spaltes videre til radon (^{222}Rn) og thoron (^{220}Rn). Radiuminnhold i forskjellige bergarter og jordtyper er vist i tabell 1. Radonkonsentrasjonene utendørs er normalt lave. Mengden radon som kommer inn i atmosfæren ved diffusjon varierer med vind og lufttrykk. Konsentrasjonen av radon og radium i grunnen varierer fra sted til sted og det vil også radonmengden i luft. Utendørsmålinger har vist konsentrasjon på 10 Bq/m^3 for både (^{220}Rn) og (^{222}Rn). Variasjonen av (^{222}Rn) er ca. $1\text{-}100 \text{ Bq/m}^3$. Det er først når den oppkonsentreres i inneluften at radon vil kunne gi betydelige stråledoser. Radon er en edelgass som er usynlig og luktfri, med egenskaper som gjør at det ikke reagerer kjemisk med andre atomer eller molekyler. Dette gjør at den har mulighet til å frigjøres fra grunnen der det dannes og radonatomene kan slippes inn i boliger (SNL, 2018; Henriksen, 2011).

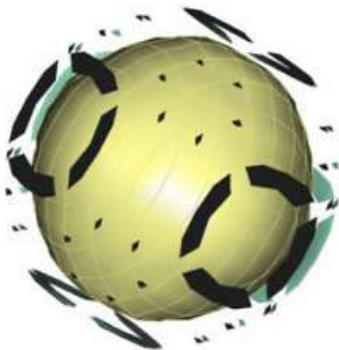
Tabell 1. Konsentrasjon av radium i noen nordiske bergarter og jordtyper (DSA, 2020b).

Bergart	Aktivitetskonsentrasjon av (^{226}Ra) [Bq/kg]
Normal granitt	20 – 120
Uranrik granitt	100 – 600
Gneis	20 – 100
Dioritt	1 – 10
Sandstein	5 – 60
Skifer	10 – 120
Alunskifer fra:	
• Midtre kambrium	120 – 600
• Øvre kambrium	600 – 5000
Alunskiferrik jord	100 – 2000
Morenejord	20 – 80
Leire	20 – 120
Sand og silt	5 – 25

Byggegrunnen er den største kilden til radon i norske bygninger. En rekke ulike bergarter avgir radon, blant annet uranrike bergarter som granitt og alunskifer (tabell 1). Den største medvirkende faktoren for at radongass strømmer til innelufta, er undertrykk skapt av «skorsteinseffekten» (kapittel 2.4.4). Pukk-/drenslag og sprengsteinsfyllinger kan også inneholde radonholdige bergarter. Benytter man betong, teglstein eller naturstein som bygningsmaterialer, kan konsentrasjon av radium i materialene teoretisk bidra til radongass i inneluften. Normalt utgjør dette ikke noe praktisk problem i Norge. Et unntak er noen få bygninger med lettbetong fra Nordnorsk Durox A/S som ble produsert i et kort tidsrom på slutten av 50-tallet i Narvik (Bergvesenet, 1959). Med borebrønner i fast fjell som vannforsyning til huset, kan det slippes ut radongass i lufta når det tappes vann. Konsentrasjonen i tappevannet må overstige 1000 Bq/l for at radonnivået i inneluften skal overstige maksimumsgrensen. Anbefalt tiltaksnivå for husholdningsvann er 500 Bq/l (SINTEF, 2018; Komperød, 2015).

2.2. Radonfamiliene

Radon ble oppdaget av professor Friedrich Ernst Dorn i 1900. Radon er den tyngste gassen i det periodiske system, noe som ble påvist av dr. William Ramsay og dr. Robert Gray i 1908. Siden 1923 har «radon» vært det vitenskapelige navnet (Manzetti, 2012).



Figur 2.2-1. Radons elektrontetthet. Gul kule: atomkjerne; Ytre soner: hovedsannsynligheter for størst elektrontetthet. Denne spesielle tettheten gjør at radon veier mer enn bly, selv om det er en gass (Manzetti, 2012).

Det finnes fire naturlige radioaktive serier eller familier. To av disse er nærmest utdødd og bare de to lengstlevende familiene blir omtalt her. Det er uran-radiumserien med uran (^{238}U) som utgangspunkt (halveringstid $4,5 \cdot 10^9$ år) og thorium-serien med thorium (^{232}Th) som utgangspunkt (halveringstid $1,4 \cdot 10^{10}$ år). De henfaller gjennom mange ledd til stabile blyisotoper. I løpet av denne veien mot en stabil tilstand går det via de to radiumisotopene (^{226}Ra) og (^{224}Ra). Når radiumisotopene henfaller ved å sende ut α -partikler, dannes radon med isotopene (^{222}Rn) i uranserien og (^{220}Rn) i thoriumserien. α -stråling er, kort sagt, heliumkjerner som mangler to elektroner. Heliumkjerner som mangler to elektroner er svært reaktive og kan derfor oksidere oksygen i lungene, DNA, enzymer og cellemembran for å prøve å finne elektroner i omgivelsene. Når α -stråling henfaller fra radon for å nå et mer stabilt kjerneenerginivå, fører strålingen til store skader. Cellene i lungene går over i «høyt beredskap», der enzymer og DNA prøver å kompensere skadene fra α -strålingen. Strålingen har kort rekkevidde og stoppes av hud og klær, problemet oppstår når vi puster inn luften og radondøtrene fester seg i luftveiene. Her avgis α -strålingen fra radondøtrene, som fører til at cellene blir skadet og risikoen for utvikling av lungekreft øker (Henriksen; Arbeidstilsynet, 2016; Manzetti, 2012).

Radon (^{222}Rn , halveringstid: 3,8 dager) og thoron (^{220}Rn , halveringstid: 56 sekunder) er kategorisert som naturlig forekommende radioaktive materialer og produseres når uran (^{238}U) og thorium (^{232}Th) er til stede i jordskorpen eller i bygningsmaterialer som sakte henfaller. (^{220}Rn) siver ut fra det radioaktive metallet thorium. Norge har et usedvanlig høyt innhold av thorium i det geologiske fundamentet. (^{220}Rn) stiger fra de enorme thoriumlagrene under jordoverflaten og siver inn i boliger. Selv om halveringstiden er relativt kort, vil det i områder hvor avstanden mellom thoriumlagrene og boligen er liten, kunne være høye konsentrasjoner. Dette kan spesielt være et problem der boliger er bygd på en morenehaug. Morenehauger tillater rask stigning av (^{220}Rn), reduserer lekkasje fra sidene og skaper en «lavvu-effekt» som leder radon helt til toppen av morenen. Hus med kjellere på morenehauger kan være derfor spesielt utsatt for oppsamling av (^{220}Rn). Selv om thoron (^{220}Rn) kan være en viktig isotop å undersøke videre, er radon (^{222}Rn) den viktigste kilden til eksponering av bakgrunnsstråling på grunn av thorons korte halveringstid. Likevel, både radon og thoron avgir begge alfapartikler og det er anslått at lik dose eksponering av begge isotopene vil være like farlig for helsen (Manzetti, 2012; Young Woo Jin et al., 2019).

Både (^{222}Rn) og (^{220}Rn) har korte halveringstider og når de henfaller går de over til såkalte radondøtre, som er positive metallioner. Ionene trekker til seg vannmolekyler og andre molekyler i luften og får raskt en diameter på ca. 5nm. De fleste av døtrene bindes til større aerosolpartikler (200-500nm i diameter) i luften. Deretter avsettes ionene på vegger, tak og gulv inne, og på hus, vegetasjon og på bakken ute. Den største delen av stråledosen ved innånding kommer fra radondøtre, som gjerne fester seg til støv og aerosoler. Det sendes ut flere typer stråling, men den mest kritiske er α -stråling (Henriksen, 2011).

Tabell 2 og 3 viser en oversikt over de to radonfamiliene og angir halveringstid og henfallstype, α - eller β -henfall.

Tabell 2. Radonfamilien (Henriksen, 2011).

Isotop	Henfall	Halveringstid
(^{222}Rn)	α	3,82 dager
(^{218}Po)	α	3,05 min
(^{214}Pb)	β	26,8 min
(^{214}Bi)	β	19,6 min
(^{214}Po)	α	0,164 ms
(^{210}Pb)	β	22,3 år
(^{210}Bi)	β	5,01 dager
(^{210}Po)	α	138,4 dager
(^{206}Pb)	Stabil	Stabil

Tabell 3. Thoronfamilien (Henriksen, 2011).

Isotop	Henfall	Halveringstid
(^{220}Rn)	α	55,6 s
(^{216}Po)	α	0,156 s
(^{212}Pb)	β	10,6 timer
(^{212}Bi)	α (36%) β (64%)	60,6 min
(^{212}Po)	α	$3 \cdot 10^{-7}$ s
(^{208}Pb)	Stabil	Stabil

(^{214}Po) spaltes og (^{210}Pb) dannes. Så følger (^{210}Bi) og (^{210}Po) før det ender med (^{206}Pb), en stabil blyisotop. Den lange halveringstiden til (^{210}Pb) på 22,3 år gjør at de siste isotopene i uranserien ikke regnes med til radonfamilien. Men om radondøtrene fester seg til luftveissystemet, vil også disse isotopene avgi stråling til omgivelsene. Røykere får i tillegg disse isotopene inn i lungene på grunn av at støvpartikler med radondøtre lander på alle planter, inkludert tobakksplanter. Isotopene finnes derfor i tobakksrøyk som røykere trekker ned i lungene (Henriksen, 2011).

2.3. Helseeffekter

2.3.1. Lungekreft som følge av radoneksponering

Radon er ifølge WHO kreftfremkallende og den nest ledende årsaken til lungekreft etter røyking. Når radonholdig luft pustet inn, fører det til bestråling av luftveier og lunger. Langvarig eksponering øker risikoen for lungekreft. Når radon (^{222}Rn) og thoron (^{220}Rn) brytes ned, dannes det kortlivede radioaktive isotoper av polonium, vismut og bly, alle under paraplybetegnelsen radondøtre (se kapittel 2.2). Lungene, strupehodet og hals blir mest utsatt for de giftige effektene av radon. Når radongass slipper ut heliumkjerner i luftveien, reagerer kjernene med oksygen som mister to elektroner og danner svært reaktive O_2^+ og O_2^{+} . Oksygenartene reagerer med enzymer, DNA og cellekomponenter, som fører til et høyt betennelsesnivå i lungene som kan gi pustevansker, lungekomplikasjoner, allergier og, etter langvarig eksponering, kreft. Både betennelsesfremmende oksygenarter og radioaktive tungmetaller er en stor belastning for lungecellene. Omtrent 3–14% av alle lungekreftkreftene over hele verden er rapportert å være forårsaket av radoneksponering, og sammenhengen mellom radon og lungekreft rapporteres konsekvent av studier som undersøker arbeidsmiljøer for minearbeidere og innendørs radoneksponering. Imidlertid er sammenhengen mellom radon og andre sykdommer ennå ikke etablert på grunn av inkonsekvente studieresultater og lav biologisk relevans. En grunn er at radon neppe vil trenge inn i andre organer enn lungene på grunn av den lave gjennomtrengeligheten til α -partikler som slippes ut under forfallet av radon (Manzetti, 2012; Young Woo Jin et al., 2019).

Allerede på 1500-tallet var det en kjent lungesykdom blant gruvearbeidere i Europa. I perioden 1876-1938 døde 60-80% av gruvearbeidere av denne sykdommen som varte 25 år i gjennomsnitt. Sykdommen som ble kalt «Bergkrankheit» var trolig oftest lungekreft. Det var hovedsakelig sølv de lette etter i gruvene, men det var også uran der (som lenge ble ansett som verdiløst). Uran er grunnlaget til uran-radiumkjeden, som er omtalt i kapittel 2.2, og arbeidsplassen til gruvearbeiderne var full av radon og radondøtre, i tillegg til en rekke andre kreftfremkallende stoffer som arsenforbindelser, eksos og silisiumstøv. Oppå dette røyket de aller fleste gruvearbeidere. Radonnivåene i gruvene er ikke godt kartlagt, men en måling fra 1924 fant verdier opp til $660\,000\text{ Bq/m}^3$. Det var først på 1950-tallet at radoneksponering ble utpekt som dødsårsak. Da ble det gjort studier på radon og minearbeidere og essensen i disse var at yrkesmessig eksponering for radon øker risikoen for lungekreft (Henriksen, 2011; Young Woo Jin et al., 2019).

For røykere kan redusering av radonkonsentrasjon i boligen være det viktigste risikoreduserende tiltaket mot lungekreft. Det mest risikoreduserende tiltaket vil være å slutte å røyke, men om dette ikke er et alternativ, bør røykere opplyses om dette aspektet ved risikoreduksjon (Hassfjell, 2017).

2.3.2. Studier om radon og lungekreft

Det har blitt utført mange epidemiologiske studier av radon og lungekreft. Det kan deles opp i såkalt case-control studier og økologiske studier. I case-control studiene vurderes to så like grupper som mulig, der den ene gruppen har fått lungekreft og den andre ikke. I en økologisk studie sammenlignes kreftforekomst for et område med midlere radonnivå i samme område.

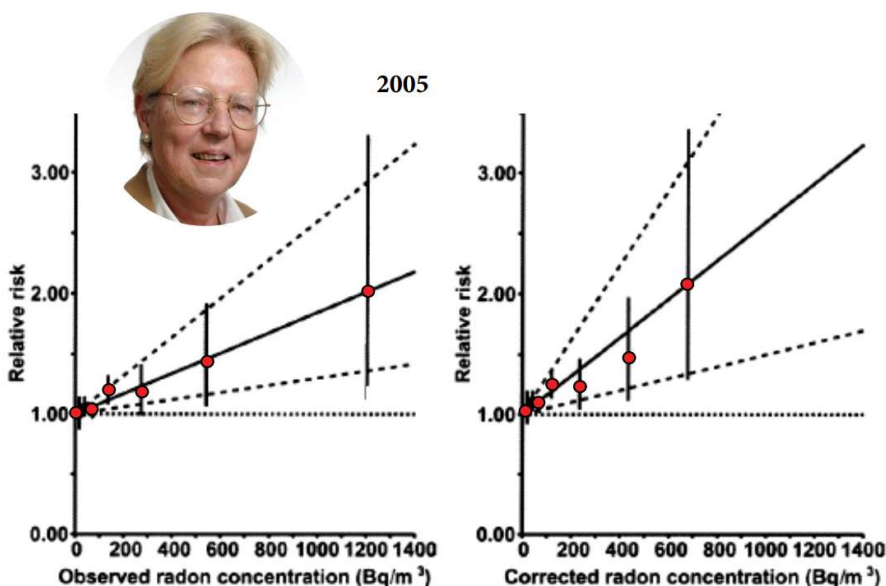
Resultatene av disse studiene er noe varierende, men kan grovt deles opp i to:

- 1) Forskergrupper som går ut ifra at resultatene skal tilpasses Linear No-Threshold model (LNT).
- 2) Forskergrupper som ikke antar LNT-kurve og resultatene tilpasses andre kurver.

Alle er dog enig i at høye verdier er farlig.

Linear No-Threshold model (LNT) er en dose-respons-modell som brukes i strålevern for å estimere stokastiske helseeffekter som lungekreft på grunn av eksponering for ioniserende stråling. Det er en lineær funksjon som viser at den biologiske effekten, også kreft, øker med dosen uten noen nedre terskelverdi. Modellen ble publisert av *International Committee on Radiation Protection* i 1959 (Henriksen, 2011). De fleste nasjonale tiltak er basert på denne modellen, der målet er å få radonnivåene så lave som mulig. Viser til en kjent studie som har resultater tilordnet LNT:

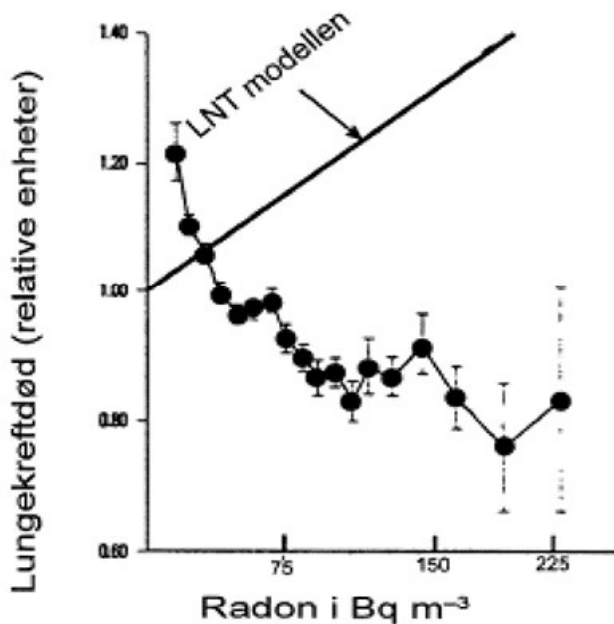
- 1) Sarah Darby publiserte i 2005 en case-control studie gjennomført i 13 europeiske land og fant ut at risikoen for lungekreftdødelighet økte med 16% ved 100 Bq/m³ økning av innendørs radonkonsentrasjon og dose-respons-forholdet støttet en lineær modell (LNT). Når røykere og ikke-røykere ble skilt ut, var kumulativ risiko for lungekreft hos ikke-røykere 0,4% ved 0 Bq/m³ og 0,7% ved 400 Bq/m³. Hos røykere var den 10% ved 0 Bq/m³ og 16% ved 400 Bq/m³. Med andre ord, økningen av risikoen for lungekreft med en økning i radoneksponering var ikke markant forskjellig i henhold til røykestatus. Risikoen for lungekreft var imidlertid vesentlig høyere blant røykere; derfor er den absolutte risikoen for lungekreft forårsaket av radoneksponering mye høyere, omtrent 25 ganger, blant røykere enn ikke-røykere (Darby et al. 2005; Young Woo Jin et al., 2019).



Figur 2.3.2-1. Sarah Darby sine data. Til venstre vises risiko for lungekreft i forhold til målt radon i boliger i Bq/m³. Til høyre er samme data, men radonkonsentrasjon-aksen er korrigert for å ta hensyn til virkninger over tid (Darby et al. 2005).

2) Det er knyttet en del kontroverser til dose-respons ved lave verdier. De fleste baserer studiene sine på LNT-modellen, men det finnes noen studier som viser en U-kurve, der det er gunstig med lave stråledoser. Det tas ikke stilling til noe her, men viser til noen eksempler:

- Bernhard Cohen publiserte en økologisk studie om sammenhengen mellom lungekreft og radon i USA i 1995. Radonnivået i hele USA (90% av befolkningen) ble sammenlignet med lungekreftforekomst. Cohen korrigerte for mange faktorer, blant annet andel pensjonister og røykevaner. Resultatet ble et helt annet enn hva som var forventet og direkte i strid med LNT-modellen (Cohen, 1995).



Figur 2.3.2-2. Bernhard Cohen sine data fra sin økologiske studie om sammenhengen mellom lungekreft og radon. Resultatet viser en U-kurve og skiller seg fra den mer anerkjente LNT-modellen (Cohen, 1995).

- R.E. Thompson publiserte i 2008 en case-control studie der han fant en U-formet kurve. Det ser ut til å være gunstig med radonkonsentrasjon opp til 270 Bq/m³. Thompson la større vekt på stråledose og røykevaner, men det var ikke like omfattende som noen av de andre studiene (Thompson, 2011).

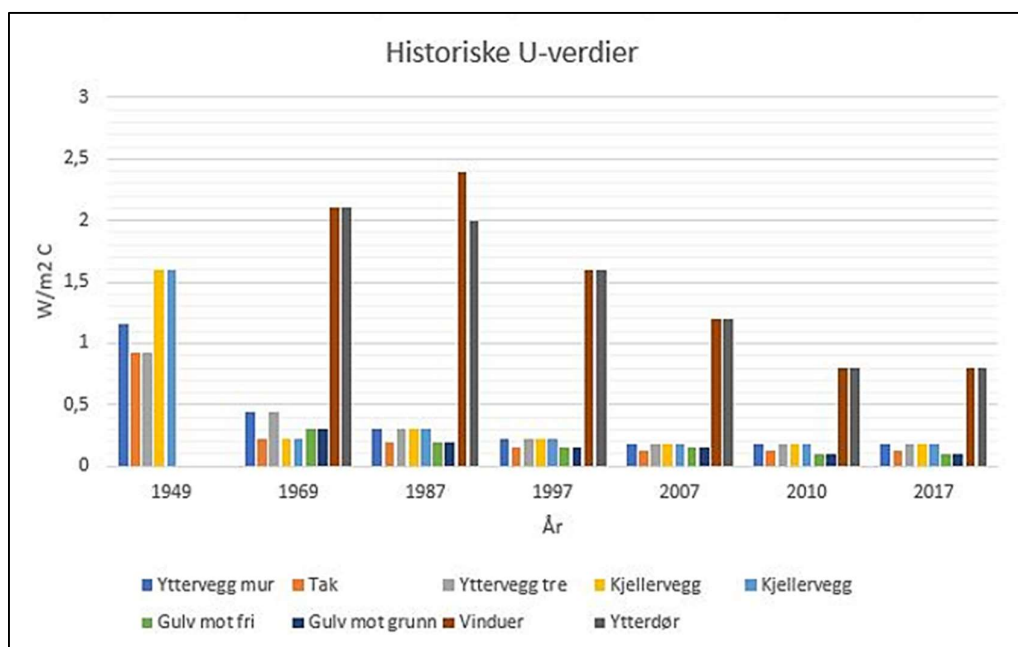
2.3.3. Andre sykdommer

Selv om den økte risikoen for lungekreft på grunn av radoneksposering er et velkjent vitenskapelig faktum, er ikke sammenhengen mellom radoneksposering og andre sykdommer etablert. Mange studier har spesielt undersøkt effekten av radoneksposering på leukemi, resultatene er dog noe inkonsekvent blant studiene. Det har også vært forsket på om radoneksposering kan forårsake svulster i sentralnervesystemet, da dette er blitt funnet blant minearbeidere. Det er usikkert om svulstene ble forårsaket av radoneksposering eller av ekstern eksponering i gruvene. Av samme årsak er det vanskelig å etablere en sammenheng mellom radoneksposering og kreft i skjoldbruskkjertel, hudkreft, nyrekreft og hjertesykdommer (Young Woo Jin et al., 2019).

2.4. Radon i Norge

2.4.1. Norge i verdenstoppen

Norge og andre nordiske land er i verdenstoppen når det kommer til radonkonsentrasjon i inneluft. Det er gjennomført flere landsomfattende kartlegginger i Norge. Gjennomsnittet på 88 Bq/m³ i norske boliger er høyere enn gjennomsnittet for vestlige land, som er ca. 67 Bq/m³. På verdensbasis er det oppgitt til 39 Bq/m³. Norges geologiske og klimatiske forhold gjør at norske boliger er mer utsatt. Boform og byggeskikk blir også trukket fram som faktorer som gir høyere konsentrasjoner. Stadig økende krav til energiøkonomisering og byggeteknikk uten at det har blitt tatt hensyn til opphopning av radongass, kan ha ført til endringer i radonkonsentrasjon i norske boliger. Figur 2.4.1-1 viser utviklingen til krav om U-verdi i teknisk forskrift i Norge. Radonkonsentrasjonen i boligmassen økte med ca. 70% i perioden 1980 – 2000. I rundt 300 000 boliger overstiger konsentrasjonen anbefalt tiltaksgrense på 100 Bq/m³. Dette tilsvarer mer enn hver sjettede bolig. Radonnivåene kan variere mye fra i forskjellige rom og fra hus til hus (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2000; Zeeb, 2009; Hassfjell, 2017; SINTEF, 2018).



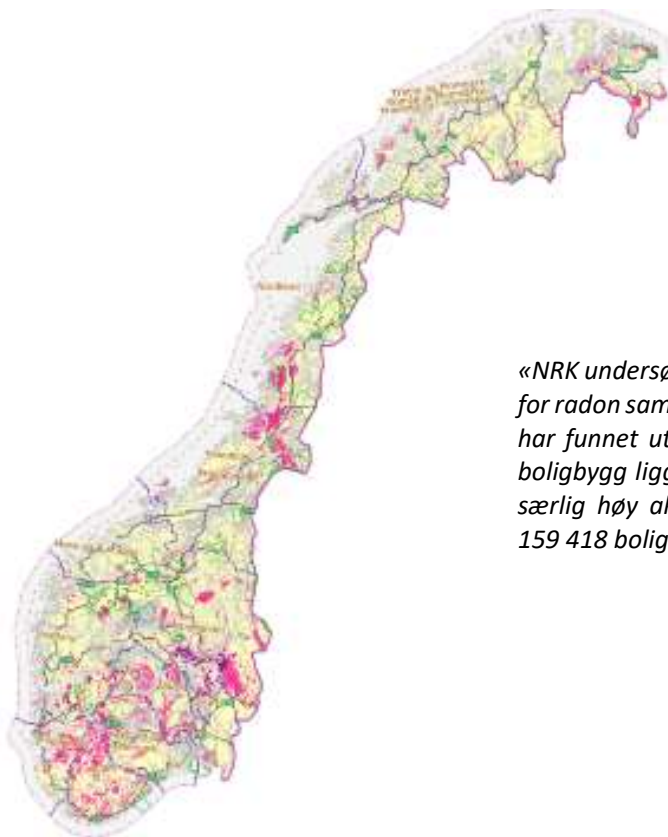
Figur 2.4.1-1. Historiske U-verdier basert på tall fra teknisk forskrift (Swensen, 2021).

DSA anbefaler at bygg for varlig opphold har et radonnivå under 100 Bq/m³, og gjør tiltak for å nå dette. Maks grensen er på 200 Bq/m³. I boliger som leies ut og offentlige bygg, som skoler og barnehager, skal det iverksettes tiltak ved årsmiddelverdi høyere enn 100 Bq/m³. Maks grensen på 200 Bq/m³ gjelder etter tiltak, det vil si at man først skal forsøke å komme lavere enn 100 Bq/m³. Er det ikke praktisk mulig, kan 200 Bq/m³ aksepteres. Dette er et krav i strålevernsforeskriften §6. I byggt teknisk forskrift (TEK17) §13-5 settes det krav til radonsikring av nye bygg, med detaljkrav om membran og mulighet for brønn. Dette ble først en del av forskriften i 2009 (TEK10). Da hadde allerede mange bygg blitt bygd med et fokus på energiøkonomisering, uten å ta hensyn til radonfaren. Fra TEK97 var det en radonparagraf med et «funksjonskrav» at man skulle være under 200 Bq/m³. I de neste årene vil mange bygg i Norge ha behov for rehabilitering og i den anledning bør det gjøres vurderinger om det er behov for radonreducerende tiltak.

2.4.2. Radonkart

Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) har utviklet et nasjonalt aktsomhetskart for radon. Det er viktig å påpeke at kartene ikke sier noe radonnivåene i det enkelte hus – da er man nødt til å foreta målinger i huset. Viktige faktorer i vurderinger for aktsomhet i kartene (DSA, 2020b; NGU, 2015):

- Tidligere resultater fra måling av radon i luft innendørs.
- Gammamålinger fra luften, noe som gir en generell oversikt over uranrike områder.
- Kartlegging av løsmasser med fokus på lett gjennomtrengelige løsmasser som sand og grus.
- Berggrunnen – bergarter som inneholder uran og gir økt risiko for radongass.



«NRK undersøkte i 2015 aktsomhetskartene for radon sammen med statistikk fra SSB, og har funnet ut at over ti prosent av norske boligbygg ligger på områder med høy eller særlig høy aktsomhet. Det tilsvarer minst 159 418 boligbygg.» (NRK, 2015).

Radon Aktsomhetsgrad

■ Særlig høy ■ Høy ■ Moderat ■ Usikker

Figur 2.4.2-1. Aktsomhetskart (NGU, 2015).

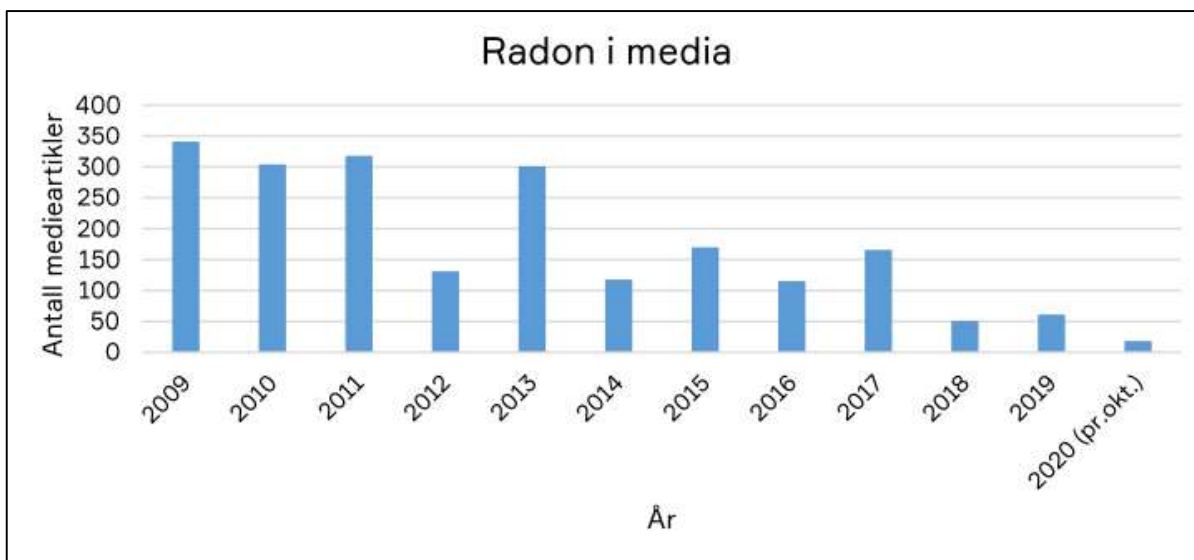
2.4.3. Nasjonal radonstrategi

Flere departement i regjeringen ga i 2009 ut den nasjonale radonstrategien, «Strategi for å redusere radoneksponeringen i Norge». Den har hatt som mål å redusere radoneksponeringen til befolkningen. Den hadde som strategisk mål å «arbeide for at radonnivåene i alle typer bygninger og lokaler ligger under gitte grenseverdier» og å «bidra til å senke radoneksponeringen i Norge så langt ned som praktisk mulig». Det ble også framsatt delstrategier, med foreslåtte tiltak for å nå målene, for arbeid med:

- Radon i arealplanleggingen
- Radon og oppføring av nye bygninger
- Lokalsamfunn i Norge med særdeles alvorlige radonproblemer
- Radon i bygninger og lokaler
- Radon i arbeidslokaler
- **Radon i eksisterende boliger.** Mål for delstrategi:

«Andelen boliger med radonkonsentrasjoner over 200 Bq/m³ skal reduseres betraktelig innen 2020. Gjennomsnittlig radonkonsentrasjon skal reduseres betraktelig innen 2020, og en stor andel av boligmassen skal ha oppnådd så lave radonnivåer som praktisk mulig.» (Departementene, 2009).

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) ga i desember 2020 ut rapporten «Evaluering av nasjonal radonstrategi 2009-2020». Her oppsummeres hva som er oppnådd gjennom en evaluering av arbeidet. Koordineringsgruppen, ledet av DSA, mener strategien har løftet radonarbeidet i relevante samfunnssektorer og mange av de foreslåtte tiltakene er iverksatt. Som følge av dette har strategien bidratt til å senke radoneksponering i Norge. Likevel gjenstår fortsatt mye arbeid for å senke radonnivåene i alle bygninger i hele landet. Andelen som har målt radonnivåer i egen bolig økte i perioden 2009-2020 fra 8% til over 20%. Økningen har flatet ut de siste årene, og gruppen mener fortsatt at det er for få som reduserer høye radonnivåer i egen bolig. Økt informasjon og nye insentiver for befolkningen blir nevnt som mulige tiltak for å stimulere til at flere måler og reduserer radonnivåer i egen bolig. Interessen har avtatt noe de siste årene, noe figur 2.4.3-1 viser. Gruppen mener det er behov for økt innsats og bedre insentiver for å få flere til å måle og gjøre radonreduserende tiltak (DSA, 2020f).



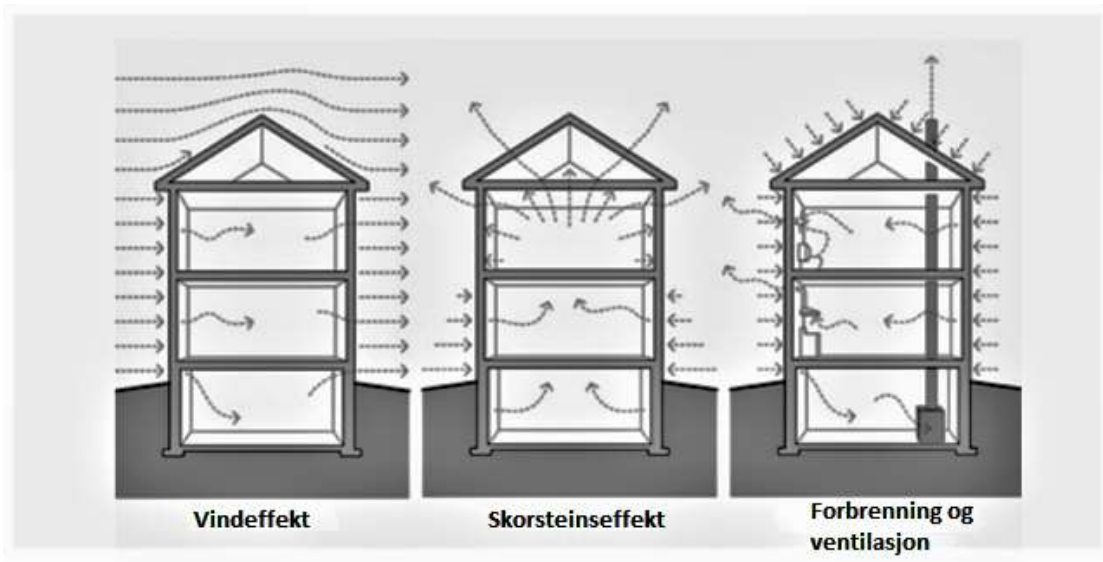
Figur 2.4.3-1. Antall medieartikler per år fra 2009 til 2020 hvor både radon og DSA/strålevernet er nevnt (DSA, 2020f).

2.4.4. Arktisk klima

Radonkonsentrasjonene følger en årlig variasjon med høyeste verdiene om vinteren. Dette er på grunn av temperaturforskjeller, mindre ventilering og at det er tele i bakken som fører til at gassen lettere tar veien inn i boligene.

Viktige faktorer som påvirker radonkonsentrasjonene i inneluft er byggets konstruksjon og tetthet mot byggegrunnen, ventilasjon, geologiske forhold og klima. Vårt kalde klima er en viktig årsak til de høye radonnivåene i Norge. Luftinfiltrasjon er forårsaket av vind, skorsteinseffekten og mekanisk utstyr i bygget, illustrert i figur 2.4.4-1. «Skorsteinseffekten» er når varm luft beveger seg oppover i en bygning, da varm luft er lettere enn kald luft. Dette skjer året rundt, men effekten er sterkest om vinteren da temperaturforskjellen mellom ute og inne er størst. Når inneluften er varmere enn uteluften, rømmer den ut av bygningens øvre nivåer, gjennom åpne vinduer, ventiler eller gjennomføringer og sprekker i bygningen.

Den stigende varme luften reduserer trykket i den nederste etasjen og tvinger kald luft til å infiltrere gjennom åpne dører, vinduer, ventiler, sprekker i gulv/vegg, sluker og gjennomføringer til grunnen. «Skorsteinseffekten» forårsaker i utgangspunktet luftinfiltrasjon i den nedre delen av en bygning og eksfiltrering i den øvre delen. Mekanisk utstyr som vifter og ventilasjon forårsaker bevegelse av luft i bygninger og gjennom utettheter, noe som kan skape trykkforskjeller. Hvis det suges ut mer luft fra en bygning enn det tilføres, skapes et netto undertrykk som kan indusere uønsket luftstrøm gjennom bygningens vegger og gulv (DSA, 2020a; NC State, 2014).



Figur 2.4.4-1. Eksempler på infiltrasjon. Radonnivåene påvirkes av de forskjellige effektene (Building Science Corporation, 2020).

2.4.5. Lungekreftforekomst knyttet til radoneksponering i norske boliger

Statens strålevern og Kreftregisteret har beregnet radonrelatert lungekreftisiko basert på risikotall fra Darbys case-control studie kombinert med radonkonsentrasjonsmålinger fra norske boliger. Ifølge beregningene blir det anslått at radon er medvirkende årsak til 12% av de årlige lungekrefttilfellene. Dette forutsetter en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon på 88 Bq/m³. Ca. 1/3 av de radonrelaterte tilfellene er ventet å kunne forebygges ved nasjonale radonreduserende tiltak i de boliger som har radonnivåer over DSAs tiltaksgrense på 100 Bq/m³. I 2015 ble det presentert lignende resultater i Sverige (Hassfjell, 2017; Axelsson et al., 2015).

I kreftregisterets nasjonale statistikk for lungekreft er det en drastisk økning i lungekrefttilfeller siden 1955. Demografisk bomønster kan forklare noe av økningen, da mange sentraliserte seg i de store byene, hovedsakelig Oslo. I Oslo er det mye mer luftforurensning enn andre steder og det kan forklare noe av økningen. Østlandet er utsatt for radon og en stor del av økningen kan forklares av radonforgiftning (Manzetti, 2012).

2.5. Måling av radon og grenseverdier

Måling av radon skal utføres som beskrevet i DSA sine måleprosedyrer. Radonmåling i bygg skal utføres i vinterhalvåret, mellom midten av oktober og midten av april. Resultatet blir korrigert med en faktor på 0,75 for å beregne årsmiddelverdi. Radonkonsentrasjonen er i gjennomsnitt for norske boliger cirka dobbelt så høy i vinterhalvåret som i sommerhalvåret (DSA, 2020d). For å få et sikkert resultat bør man måle over et tidsrom på minst to måneder. Konsentrasjonen av radon i inneluft varierer fra dag til dag og over et helt år. Det er derfor ikke mulig å beregne en årsmiddelverdi ved en måling over kort tid. Se mer om hvorfor temperatur, vind og trykk påvirker radonkonsentrasjonen i kapittel 2.4.4 Arktisk klima. Fordi radon er en gass og er i konstant bevegelse, hopper det seg opp konsentrasjoner rundt omkring i grunnen. I løpet av et år vil disse opphopningene være i nærheten av boliger og finne veien inn. Faktorer som temperatur, vind og ventilasjon varierer også over tid. Det er derfor lurt å måle radon kontinuerlig, eller i det minste en langtidsmåling, i flere rom i boligen. Da får man et mer riktig resultat og man kan også identifisere rom der opphopningen er størst, over tid. Radongass trenger seg inn i boligen uinvitert og til uvisse tider, og det er nødvendig med en langtidsmåling for å plukke opp variasjonene.

Radonnivået i luft benevnes med enheten becquerel per kubikkmeter luft (Bq/m^3), og i vann med becquerel per liter vann (Bq/l , eventuelt kBq/m^3). Radioaktive isotoper spaltes og sender ut energi i form av stråling samtidig som nye isotoper dannes. Prosessen kalles radioaktivt henfall. Én becquerel (Bq) er definert som ett henfall per sekund (DSA, 2020a). Man kan måle radon enten med sporfilmer eller med elektroniske målere. Med sporfilmer plasseres det ut en i hvert rom som det ønskes måles i. Så måler man radon ved å la α -partikler lage et spor i stoffer som polymerer, mineraler og glass, for så å synliggjøre sporene ved etsing og undersøke det mikroskopisk. Man kan også måle radon ved ulike elektroniske apparater. Prosedyrene er like og etter endt måleperiode kan årsmiddelverdien beregnes (DSA, 2020d; SINTEF 2018).

Statens strålevern endret i 2009 sine anbefalinger for radonnivåer. Nivåene ble forskriftsfestet av i teknisk forskrift (TEK10), i tillegg til krav om forebygging mot radon ved nybygging.

- Tiltaksgrense på $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$
- Grenseverdi på $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$

«Begrepet tiltaksgrense defineres som den grensen hvor DSA anbefaler at tiltak alltid iverksettes. Begrepet grenseverdi defineres som den grensen som DSA vurderer at alle oppholdsrom i alle bygninger bør tilfredsstillende.» (DSA, 2020c).

Skulle målingene vise årsmiddelverdier høyere enn grenseverdien, bør radonreducerende tiltak settes i gang, om nødvendig gjentatte ganger, etterfulgt av nye radonmålinger. Skulle verdiene ennå være over grenseverdien, bør prosessen gjentas. Oppholdsrom i bygninger hvor årsmiddelverdien ligger mellom $100\text{-}200 \text{ Bq}/\text{m}^3$, anbefaler DSA at effektive tiltak mot radon iverksettes (DSA, 2020c).

Tabell 4. Oppsummering av tiltaksgrense og grenseverdi (SINTEF, 2018).

Radonkonsentrasjon (Bq/m^3)	Anbefalte tiltak
Lavere enn 100	Enkle tiltak gjennomføres hvis reduksjon kan forventes
Mellom 100 og 200	Tiltak gjennomføres til verdien er så lav som praktisk mulig
Høyere enn 200	Tiltak gjennomføres, eventuelt i flere omganger, til verdien er så lav som praktisk mulig og maks $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$

3. Anbefalte tiltak mot radon

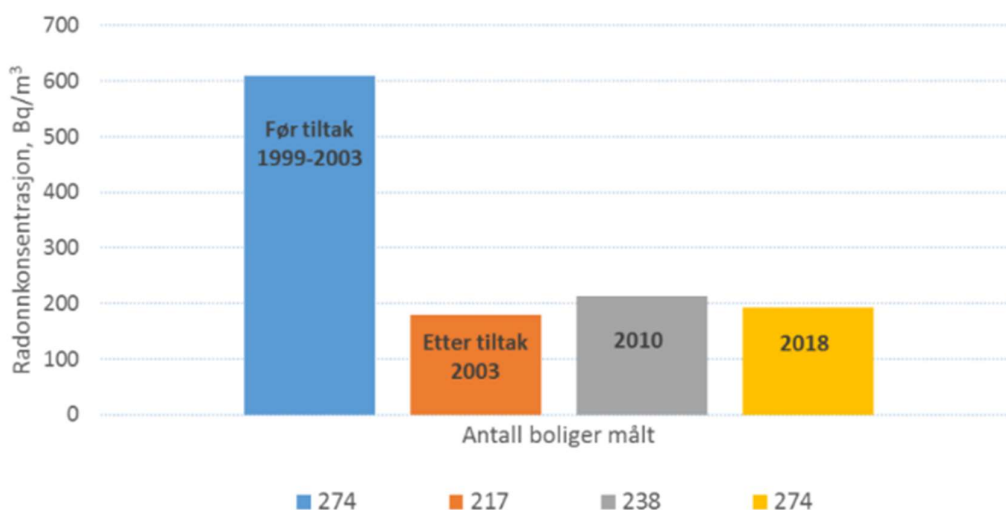
Det er hovedsakelig tre kilder til radon: byggegrunnen, husholdningsvannet og bygningsmaterialer. Det anbefales å rette tiltak mot kilden til radonproblemet, det vil si å velge tiltak som i størst mulig grad er årsakspesifikke. Hvilke tiltak, eller tiltakspakke, som er det mest effektive, må vurderes for det enkelte hus. Tiltak deles ofte opp i tre hovedtyper:

- Tetting av konstruksjonen mot grunnen
- Forbedring av ventilasjonen i bygningen
- Trykkendring over eller under konstruksjonene mot grunnen

Ofte kan en kombinasjon av flere typer tiltak være den beste løsningen for å redusere radonnivået. Trykkredusering av grunnen under en bygning er ofte det mest effektive tiltaket, gjerne i kombinasjon med å tette konstruksjonen mot grunnen. Dette vil øke trykkreduseringen tiltaket oppnår, ved at viften som skaper undertrykket ikke suger luft fra rommet. En økt tilførsel av frisk luft vil tynne ut radonkonsentrasjonen. Dette kan oppnås ved forskjellige ventilasjonstiltak, som for eksempel å installere balansert ventilasjon eller å åpne flere ventiler og installere avtrekksventilasjon. Radonreduserende tiltak bør:

- Forsikre at radon ikke lekker inn i bygget (tetting og trykkendring)
- Være varige og funksjonelle
- Være minst mulig skjemmende og bråkete
- Ha lave kostnader for installasjon, drift og vedlikehold
- Være enkle å kontrollere og vedlikeholde (DSA, 2020g).

«Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) har gjennomført nye målinger i boliger der det ble gjennomført tiltak mot radon for over 15 år siden. Resultatene viser at tiltakene reduserer radonnivået med 70% og effekten holder seg godt over tid.» (DSA, 2019).

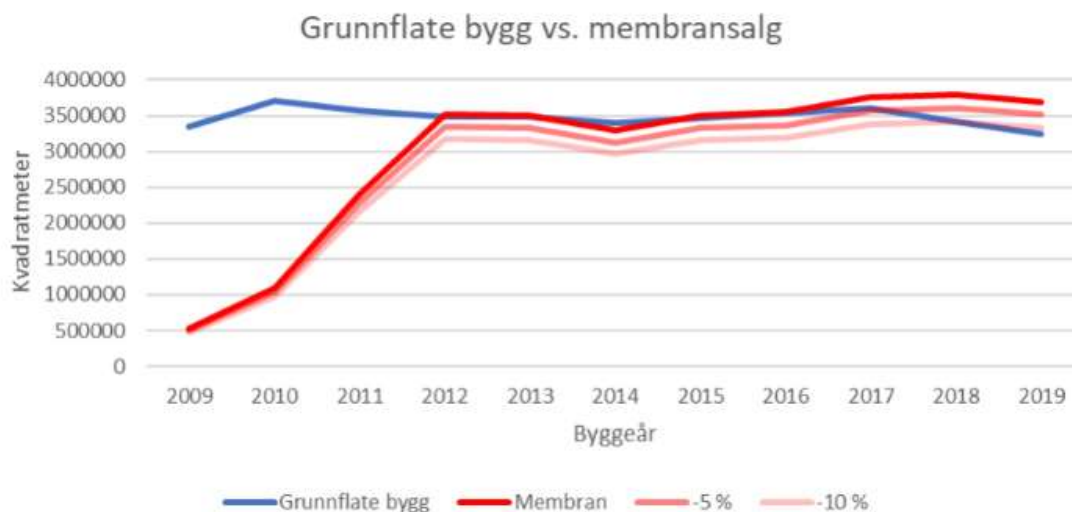


Figur 2.5-1. Radonnivået (median) i boligene varierer fra før tiltak, etter tiltak og helt frem til 2018 (DSA, 2019).

3.1. Nybygg – radonmembran

Det er enklere og billigere å utføre tiltak for å hindre radoninntrengning når de blir utført som en del av byggeprosessen. Det er sjelden mulig å avgjøre med forundersøkelser om en aktuell tomt er spesielt utsatt for radon. Slike undersøkelser er som regel dyre og usikre. Generelt bør alle nybygg ha god lufttetthet om grunnen, mulighet for enkle tiltak for ventilering/trykkendring og god ventilasjon. Det er viktig å velge materialer og detaljløsninger som gir en mest mulig tett konstruksjon som er fri for sprekker. Det anbefales å måle radonkonsentrasjonen i alle nye hus (SINTEF, 2009).

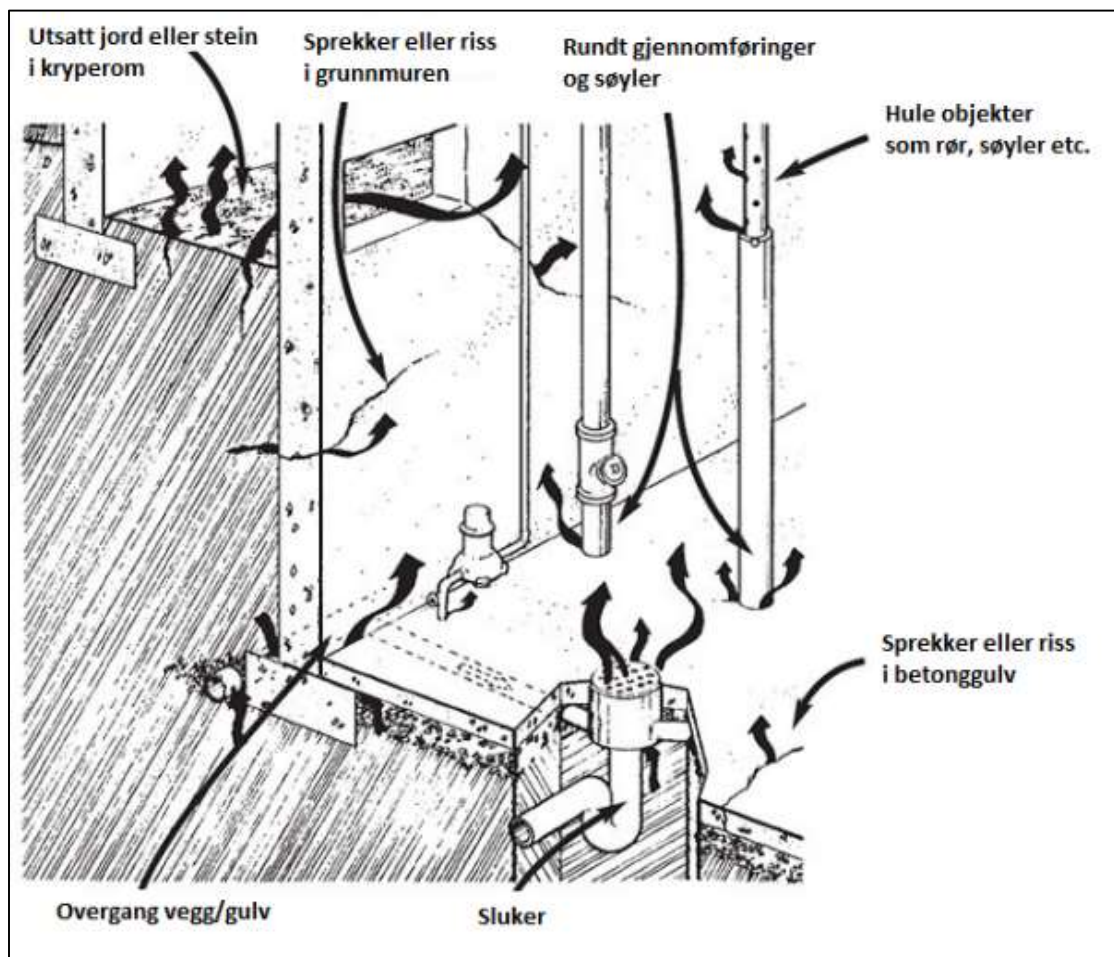
I nye bygg er det krav om å legge radonmembran/radonsperre i gulvet, i tillegg til at det skal tilrettelegges for radonbrønn (TEK17). En radonsperre erstatter i mange tilfeller den tradisjonelle fuktsperreren. Gjennomføringer, overganger og detaljer må være lufttette, og skjøter må sveises eller klebes. Radonsperren bør ha god diffusjonsmotstand mot radon som sikrer diffusjons- og lufttetthet over tid. En undersøkelse viser at bruken av radonmembran økte kraftig rundt 2010, etter innføring av krav om radonforebygging i nybygg. En sammenligning med bygningstall tyder på at de fleste nybygg føres opp med radonmembran i konstruksjonen (DSA, 2020e).



Figur 3.1-1. Viser hvor mange kvadratmeter grunnflate bygg som bygges årlig i Norge sammenlignet med salg av radonmembran. Viser membranmengder redusert med 5% og 10% på grunn av svinn ved installasjon (DSA, 2020e).

3.2. Tetting av konstruksjonen mot grunnen

Radongass trenger seg inn i hus hvor den finner åpninger der konstruksjonen er i kontakt med grunnen. Det kan sive inn fra kryperom, gjennom sprekker eller riss i betongen i gulv og vegger, rundt gjennomføringer gjennom gulv mot grunn (rør, søyler, ledninger etc.), skorsteiner, sluk i gulv på bakkeplan og i overgangen mellom vegg/gulv. For lettere å finne også små luftlekkasjer i konstruksjoner mot grunnen fins noen enkle grep som kan gjøres for å øke undertrykket i bygningen, som å lukke alle vinduer og ventiler og slå på alle avtrekksvifter høyeste hastighet. Man kan eventuelt benytte en dørvifte. Når man har skapt nok undertrykk, kan man undersøke lekkasjer visuelt med røyk e.l. eller bruke radonsniffere (Health Canada, 2013).



Figur 3.2-1. Radonholdig jordluft kan trenge inn i huset gjennom utettheter der konstruksjonen er i kontakt med grunnen. Bildet illustrerer typiske områder der det kan være utettheter (Health Canada, 2013).

Tetting av konstruksjonen minsker innstrømningen av radonholdig luft fra grunnen og inn i boligen. Den viktigste innstrømningsveien er sprekken mellom gulvet og veggen. Når man har tettet en lekkasje, søker jordluften en ny innstrømningsvei. En sprekke i betongen på bare 0,1 mm øker innstrømningen av jordluft gjennom betongen. Resultatet av tettingen har ofte blitt dårlig når det ikke har fått tettet alle innstrømningsveiene. Jo grovere masser under huset, desto høyere krav stilles til hvor omfattende tettingen må være og kvaliteten på arbeidet. Det er anbefalt å benytte polyuretanbasert fugemasse for å tette åpninger i betong (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009).

I tabellen er det satt opp en oversikt over SINTEF sine foreslåtte tiltak for å tette konstruksjonen.

Tabell 5. Tiltak for å redusere radonkonsentrasjon i inneluft ved hjelp av tetting av konstruksjonen (SINTEF, 2018).

Tetting av konstruksjonen	Tiltak
Fuger og støpeskjøter	Fuger mellom bygningsdeler og sprekker i støpeskjøter kan tettes med elastisk fugemasse på polyuretanbasis. Fugemassen kan legges i en utskåret sliss der man først monterer bunnfyllingslist.
Overgang mellom gulv og vegg	Overgangen mellom gulv og vegg kan tettes med elastisk fugemasse på polyuretanbasis. Her kan man eventuelt frese ut et spor for å nok plass til bunnfyllingslist og fugemasse.
Hull og sprekker	Til å tette hull eller pusse over mindre sprekker i betong kan man bruke sementbaserte produkter. Større sprekker bør tettes med elastisk fugemasse, eventuelt med bunnfyllingslist i utfrest spor.
Jord-/steingulv	På jord- eller steingulv kan støping av betonggulv være et viktig tiltak – gjerne kombinert med tilrettelegging for radonbrønn.
Luftgjennomtrengelig vegg	Upussede lettklinkerblokker er svært åpne for luftgjennomgang. For å tette godt mot luftlekkasjer fra grunnen bør blokkene spekkes og pusses eller slemmes. Utsparinger for dører, vinduer og ventiler bør pusses hvis de ikke er kledd med tett beslag eller utføring innvendig. Pussing av luftgjennomtrengelig vegg fra utsiden kan også vurderes.
Andre utsatte steder	<p>Eksempler på steder der det kan være aktuelt med tetting:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vann- og avløpsrør • inntaksrør for olje og gass • kabler som kommer fra grunnen • mellom kabel og trekkerør, for eksempel i sikringsskap • sluk i gulv på bakkeplan • stakekummer i gulv • gjennomføringer i kjøkkenbenk • fuge mellom lettbetongelementer på gulv og vegg • dør/luke og andre utettheter mellom kjeller og krypkjeller/blindkjeller • overgang mellom gulv og vegg, eventuelt bak gulvlist • fjernvarmeinntak
Radonmembran på gulv	Små sprekker i gulvet, for eksempel svinnsprekker, kan slippe gjennom luft fra grunnen. Hvis sprekken er mange, bør man legge radonmembran. Der fuktsperre og varmeisolasjon mangler, er den mest fuktsikre løsningen å legge påstøp eller flytende gulv på varmeisolasjon med radonmembran
Tiltak i kryperom	Man kan tette bjelkelag over kryperom på undersiden ved hjelp av en vindsperre som klemmes godt i alle skjøter og tilslutninger. Kryperom må alltid ventileres godt.

3.3. Forbedring av ventilasjonen i bygningen

Et godt ventilert hus gir et bedre inneklima med mindre helsefarlige faktorer, som svevestøv, mugg, radon eller lignende. En god ventilasjon holder konsentrasjonen av alle forurensninger i inneluften på et lavt nivå. Radonnivåene innomhus reduseres enten ved hjelp av økt ventilering eller ved å installere balansert ventilasjon. Radonnivået i kjelleren er betydelig høyere enn i andre etasjer, og radonreduisering kan oppnås ved å forbedre ventilasjonen i kjelleren. Effekten av ventilasjonstiltak avhenger av hvor god ventilasjonen i bygningen er i utgangspunktet. Hvis ventilasjonen er dårlig, kan man redusere radonkonsentrasjonen betraktelig ved å øke ventilasjonen til et normalt godt nivå. Har man allerede normalt god ventilasjon, vil man ikke redusere konsentrasjonen mye ved å øke ventilasjonen. I tabellen er det satt opp en oversikt over SINTEF sine foreslåtte tiltak for å forbedre ventilasjonen (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009; SINTEF, 2018).

Tabell 6. Tiltak for å redusere radonkonsentrasjon i inneluft ved forbedring av ventilasjon (SINTEF, 2018).

Ventilasjon	Tiltak
Passive ventiler	Ved lave konsentrasjoner av radon kan det være nok å åpne og rengjøre ventiler i yttervegg og i kanaler over tak. Blir ikke virkningen god nok, kan man sette inn flere ventiler. På grunn av skorsteinseffekten kan det være gunstig å plassere ventiler i andre etasje så lavt på veggen som mulig.
Vifter	Krypkjellere, kryperom og kjellere uten oppholdsrom kan ventileres effektivt med avtrekksvifte og ventiler. Monterer man avtrekksvifte, må man også lage flere ventiler mot friluft. Ellers øker undertrykket i rommet, og dermed også luftstrømmen fra grunnen.
Ventiler og vinduer nær grunnen	Der veggventiler ligger svært nær eller delvis nede i grunnen, kan radonholdig luft komme inn i bygningen den veien. Åpne terrengoverflater i nærheten av ventilen, bør tettes. En annen mulighet er å hente lufta høyere over terreng, for eksempel med en ventilhever.
Balansert ventilasjon	Installering av balansert ventilasjon reduserer radonkonsentrasjonen ved at radongassen fortynnes med friskluft og undertrykket senkes.

3.4. Trykkendring over eller under konstruksjonene mot grunnen

Ved å endre trykkforholdene og utjevne eller snu trykkforskjellen mellom utsiden og innsiden av konstruksjonene mot grunnen, kan man redusere innsig av radongass. Det bør skaffes opplysninger om massene inntil og under konstruksjonene mot grunnen for å finne ut hvor lett luft trenger gjennom. Hvis det er fundamentert direkte på tette masser, vil slike tiltak ikke fungere like godt. Da kan det første tiltaket være å legge ny drenering. Hus bygd etter ca. 1960 har ofte pukklag med nok luftgjennomtrengelighet (SINTEF, 2018).

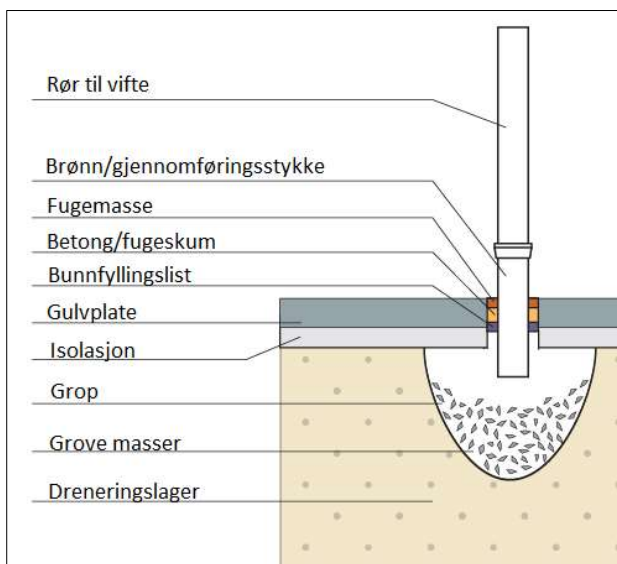
Tabell 7. Tiltak for å redusere radonkonsentrasjon i inneluft ved hjelp av trykkendring (SINTEF, 2018).

Trykkendring	Tiltak
Trykksetting av innvendig volum	Ved å blåse luft inn i kjelleren/kryperommet kan man oppnå overtrykk som hindrer radonholdig luft i å stige opp fra grunnen. Tiltaket forutsetter at man ikke senere lager åpning mellom kjeller og første etasje. Hvor effektivt tiltaket blir, avhenger av tettheten til ytterkonstruksjonene og etasjeskillet.
Innvendig radonbrønn (se 3.4.1 for flere detaljer)	Innvendig radonbrønn brukes vanligvis for å senke lufttrykket i grunnen under huset. Lufttrykket senkes ved at en vifte suger luft opp fra grunnen og ut av bygningen. Denne luftstrømmen gir også ventilering av jordlufta, avhengig av hvor tette massene er under og omkring bygningen. Hvis massene under huset er lite gjennomtrengelige eller oppdelt med innvendige fundamenter, kan det være nødvendig med flere brønner for å skape undertrykk under hele gulvet.
Utvendig radonbrønn	Utvendig radonbrønn kan være et alternativ hvis det ikke lar seg gjøre å etablere en innvendig radonbrønn. Det kan etableres på flere måter: <ul style="list-style-type: none"> • Avtrekk fra pukklag gjennom ringmur • Avtrekk fra perforerte rør • Punktbrønn utenfor bygningen • Tetting av overflaten rundt bygningen for å oppnå undertrykk i massene under bygningen

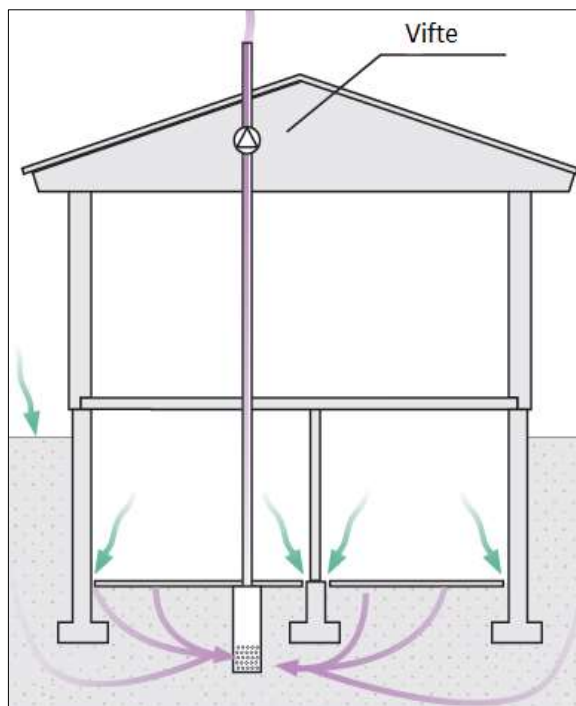
3.4.1. Innvendig radonbrønn

Man kan installere en innvendig radonbrønn (også kalt radonsug) om massene under gulvet har nok luftgjennomtrengelighet. Med et slikt system skaper man et undertrykk i grunnen under gulvet, noe som minsker luftstrømningen fra grunnen inn i boligen. Undertrykket skapes ved hjelp av en vifte som suger luft fra grunnen under gulvet. Kanalen kan enten gå ut gjennom veggen eller via taket. Har man kanalen via taket, med en vifte på kaldt loft, må man være klar over kondensfare som kan føre til fuktskader. Radonbrønnen vil også redusere radonkonsentrasjonen i luften som trenger inn i boligen, ved at jordluften har blitt fortynnet med uteluft som blir sugd ned i grunnen. Av denne grunn har metoden i Finland også blitt kalt «ventilering av grunnen».

Radonbrønnen suger luft via en grop i et hull i gulvet. Vanligvis kjernebores hullet til brønnen. Volumet og dybden på gropen bør prosjekteres ut ifra størrelsen på boligen, hvilke masser som er under boligen og om det er bærende innervegger med fundamenter som kan blokkere luftstrømmen. Vanlig volum på gropen er 20-30 liter, men det kan være mer ved behov. Antall sugepunkter må også vurderes, vanligvis holder det med ett sugepunkt for en bolig på 120 m² eller mindre. I gropen installeres brønnen til rørsystemet fra viften, og det fylles rundt med masser med god luftgjennomtrengelighet, som stor singel. Når alt er installert, tetter man igjen hullet og fuger rundt røret. Det er også viktig at det ikke er utettheter i nærheten av sugepunktet. Dette vil svekke effekten systemet har på resten av boligen. Generelt kan man gjennom tetting av boligen mot grunnen øke effektiviteten til radonbrønnen. Luftmengden som suges fra grunnen bør ligge mellom 0,2 og 0,3 m³/h per kvadratmeter (etter behov). Dette gir en avluftsmengde på 20-30 m³/h for 100 m². Vifter som benyttes har vanligvis en effekt mellom 50-150W (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009).



Figur 3.4.1-1. Sugegropen og gjennomføringen til radonbrønnen (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009).



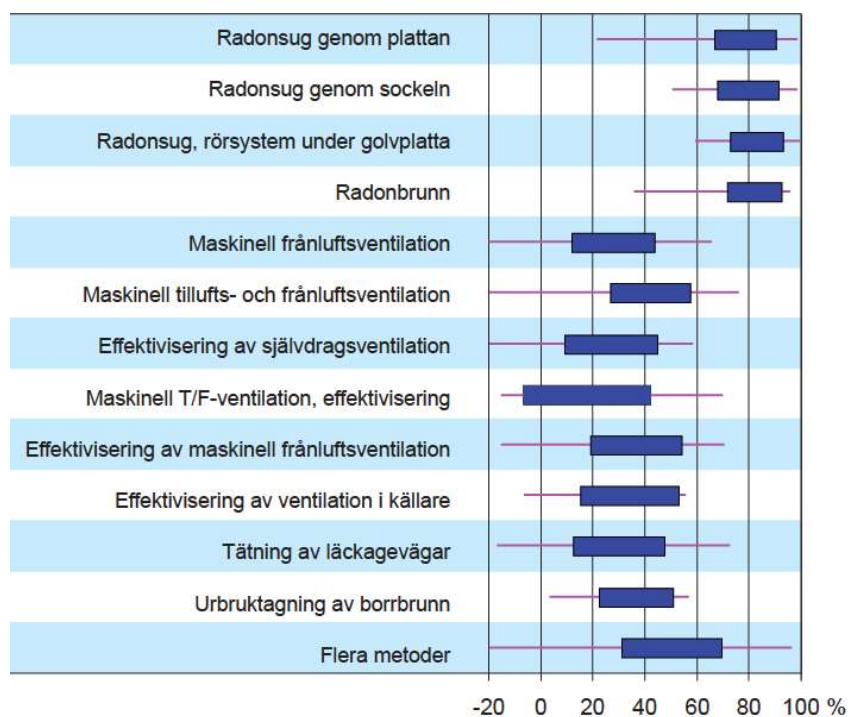
Figur 3.4.1-2. Radonbrønn i et hus med kjeller med fundamenter som blokkerer luftstrøm. Her bør man lage en dypere grop (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009).

3.5. Tiltakenes effekt

I årene 2000 og 2001 ble det i Finland gjennomført en undersøkelse hvor man kartla radonnivåer og fant husstander som hadde utført tiltak i perioden 1995-2000. Det var mulig å klassifisere tiltak og effekten i 400 hus. Radonnivåene som vurderes i rapporten baseres er målt med sporfilm to måneder før og etter utførte tiltak. Ved måling om vinteren var gjennomsnittsverdien i de undersøkte boligene 1150 Bq/m³ før tiltak og 350 Bq/m³ etter tiltak. Den gjennomsnittlige reduksjonen av radonnivået var dermed 800 Bq/m³. Ettersom årsmiddelverdien av radonnivåene er ca. 20% lavere enn det som måles på vinteren tilsvarer reduksjonen ca. 640 Bq/m³ reduksjon av årsmiddelverdi.

Radonsug og radonbrønn var vanligere å bruke i boligene med de høyeste nivåene. Derfor var også den gjennomsnittlige reduksjonen i en egen klasse, 1000 – 2500 Bq/m³. Både med sugesystem og radonbrønn har radonnivåene vanligvis blitt redusert med 70-90%. I boliger med høyt radonnivå kan man med radonsug eller radonbrønn redusere nivået med hele 99%. Det kan reduseres fra flere tusen Bq/m³ til et nivå under 100 Bq/m³. Ved å tette konstruksjonen kan man minske strømmingen av radonholdig luft fra bakken inn i boligen. Isolert sett vil tettingen kunne vanligvis redusere radonnivået med 10-50%, men det vil også effektivisere et eventuelt radonsug i en bolig.

Ved ventilasjonstekniske tiltak kan man redusere radonnivåene i en bolig. Ved å effektivisere ventilasjonen ble det oppnådd reduksjoner på 10-40%. I mange tilfeller har virkningen vært så liten at man ikke har kunnet se forskjell på effekt av tiltaket og den normale variasjonen. De beste resultatene innen ventilasjonstekniske tiltak har blitt oppnådd med å installere balansert ventilasjon i boliger med en dårlig fungerende avtrekksventilasjon. Da ble reduksjonen vanligvis 20-50% av utgangsnivået. Avtrekksventilasjon alene har gitt dårligere resultat, 10-40% reduksjon. Sammenliknet med radonbrønn og radonsug, er ventilasjonstekniske tiltak dyrere og mindre effektiv (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009).



Figur 3.5-1. Prosentvis reduksjon av radonnivå som vanligvis oppnås med ulike metoder (tykk strek representerer typisk verdi, kvartil 25% og 75%) samt variasjonsbredden (tynn strek). De negative verdiene er et resultat av den naturlige variasjonen i radonnivåene m radonnivåene mellom de to måleperioden, når reduksjonen er liten (Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009).

4. Casestudie – enebolig i Beisfjord, Narvik kommune

4.1. Oppbygningen av kapittelet

I dette kapittelet introduseres objektet i casestudien. Det gis en beskrivelse av boligen og historikken rundt radon og tidligere tiltak og målinger. Videre legges det fram planlagte tiltak og målinger som skal utføres.

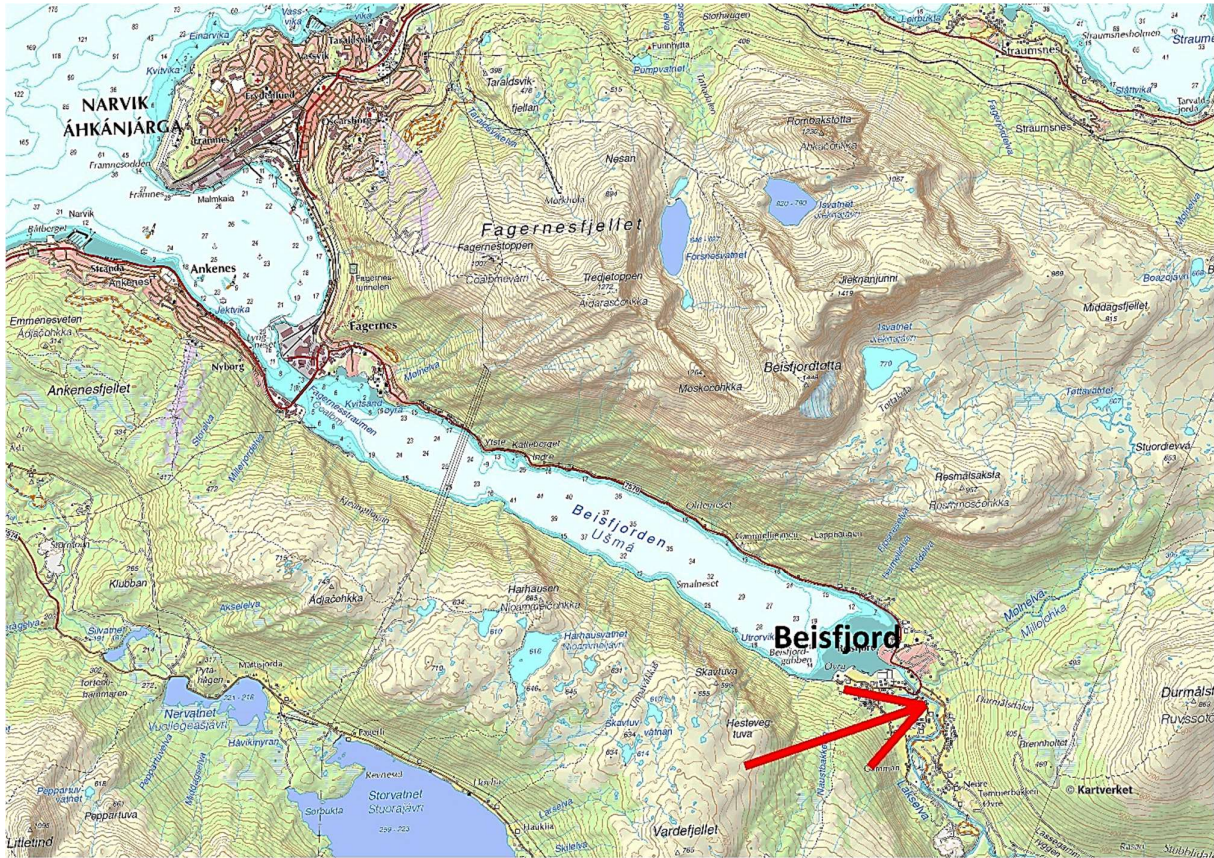
- 4.2 – Teknisk beskrivelse av boligen med bilder og plantegninger
- 4.3 – Tiltakspakke for boligen
- 4.4 – Målinger som skal utføres

4.2. Enebolig i Beisfjord, Narvik kommune



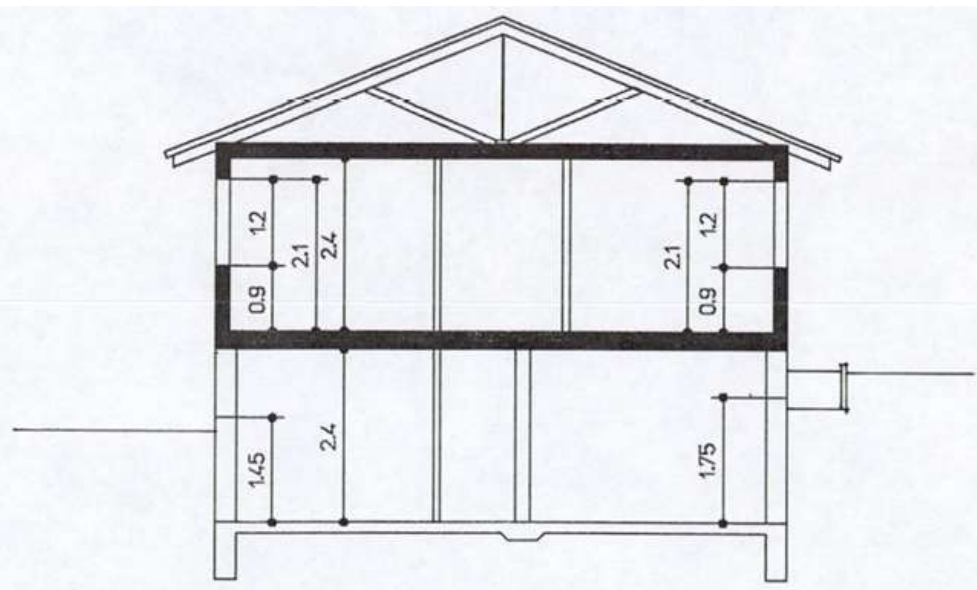
Figur 4.2-1. Caseobjektet.

Det aktuelle huset befinner seg i Stornesveien 34B, 8522 Beisfjord, Narvik kommune og har 98 m² brutto areal (BTA). Huset er bygd i 1989 og er et Moelven seksjonshus med mønetak. Det er en 2-etasjers enebolig hvor ca. halve kjelleretasjen er under bakkenivå (se snittegning, figur 4.2.1-1). Gulvet mot grunnen er en betongsåle i L-form, der ca. $\frac{3}{4}$ av gulvet er betong. Den resterende grunnflaten er bjelkelag av tre med en krypekjeller. Bjelkelaget av tre ligger under soverom 2 og deler av gang (rom vist på plantegning, figur 4.2.1-2). Muren er bygd opp av Leca-blokker 250 mm og puss. Huset har avtrekksventilasjon, i form av en vifte på takloftet, med kanaler til bad og kjøkken i 1. etasje og vaskekjeller i kjelleren. I kjelleren er det totalt 6 ventiler, 5 vindu med vindusventil (en av disse stengt da den er nært avkastventilen fra radonbrønnen) og en avtrekksvifte fra WC (brukes ved behov).

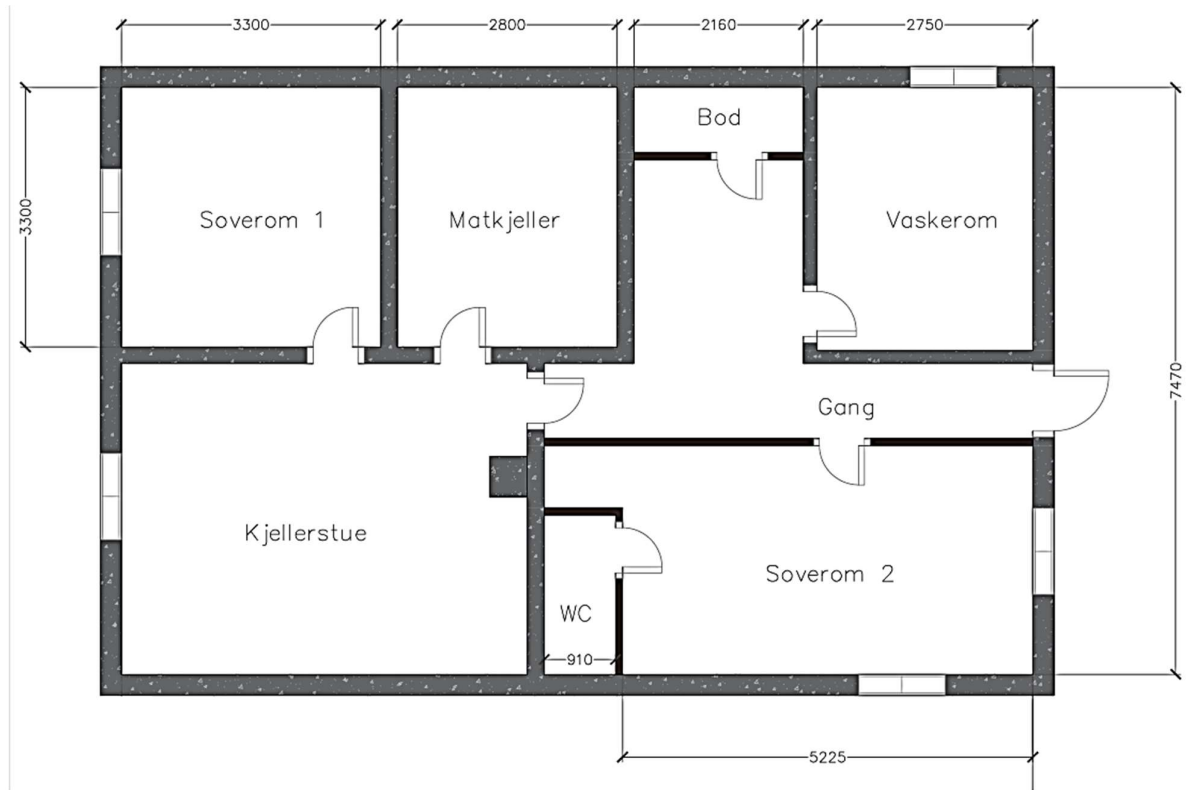


Figur 4.2-2. Kartutsnitt av Beisfjord. Narvik vist oppe til venstre, ca. 10 km unna.

4.2.1. Snitt- og plantegninger



Figur 4.2.1-1. Snitt av huset. Viser hvor mye av kjelleren som er under bakkenivå.



Figur 4.2.1-2. Plantegning av kjelleretasjen til huset. Alle tiltak og målinger i denne casestudien vil foregå i denne etasjen.

4.2.2. Historikk

I 2005 ble huseier oppmerksom på at det kunne være radon i huset og målinger ble satt i gang. Resultatene fra radonmålingene den gang ligger i vedlegg kapittel 8.2.1., side 6-9, men resultatene for de aktuelle rommene er presentert nedenfor. Verdier over grenseverdien førte til at det ble installert en innvendig radonbrønn i kjelleren og problemet ble ansett som løst. Det ble gjort en måling i mars 2020 (vedlegg kapittel 8.2.2., side 10) og det viste seg at verdiene ennå lå over tiltaksgrensen.

Tidligere målinger:

Tar med resultater for utvalgte, aktuelle rom. Se vedlegg for resultatet til alle rommene det ble målt i.

Langtidsmåling fra 2005 før radonsug ble installert. (vedlegg kapittel 8.2.1., side 6-9)

Måling utført 27.01.2005 – 05.05.2005.

- Soverom 1
 - **479 Bq/m³**
 - Utrechnet årsmiddelverdi: 360 Bq/m³ ± 90 Bq/m³
- Kjellerstue
 - **266 Bq/m³**
 - Utrechnet årsmiddelverdi: 200 Bq/m³ ± 50 Bq/m³

En ny langtidsmåling er planlagt vinteren 2021/2022 for å få endelige årsmiddelverdi.

Korttidsmåling fra 2020 med det gamle sugesystemet (vedlegg kapittel 8.2.2., side 10)

Måling utført 17.02.2020 – 01.03.2020.

Tabell 8. Oversikt over tidligere radonmålinger til utvalgte rom.

- Soverom 1
 - **160 Bq/m³ ± 45 Bq/m³**
- Kjellerstue
 - **163 Bq/m³ ± 45 Bq/m³**
- Vaskekjeller
 - **206 Bq/m³ ± 51 Bq/m³**

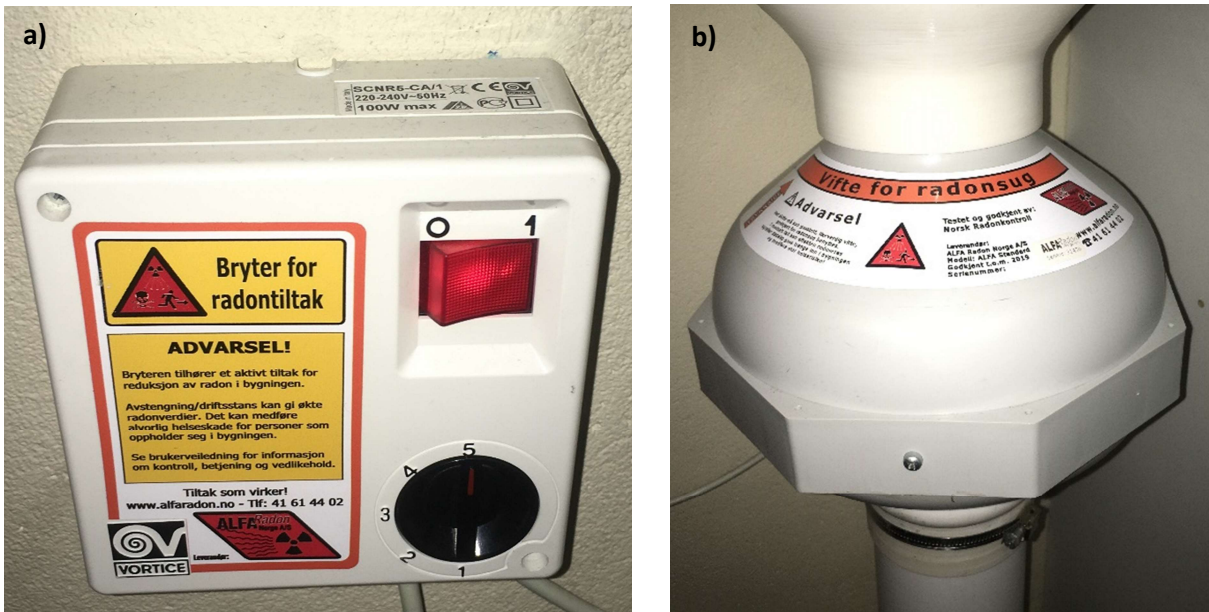
Radonhistorikk	2005	2020
Soverom 1	479 Bq/m³	160 Bq/m³
Kjellerstue	266 Bq/m³	163 Bq/m³

Den gamle viften med avkast ut veggen:



Figur 4.2.2-1. Den gamle radonbrønningen. Viser den gamle viften og kanalen til avkast ut veggen.

Den gamle viften er ved maks hastighet 100W og ca. 15 år gammel:



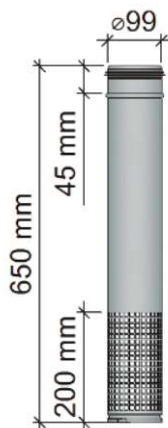
Figur 4.2.2-2. Den gamle viften, a) bryter for vifte; b) viften.

4.3. Planlagte tiltak

4.3.1. Installering av ny radonbrønn

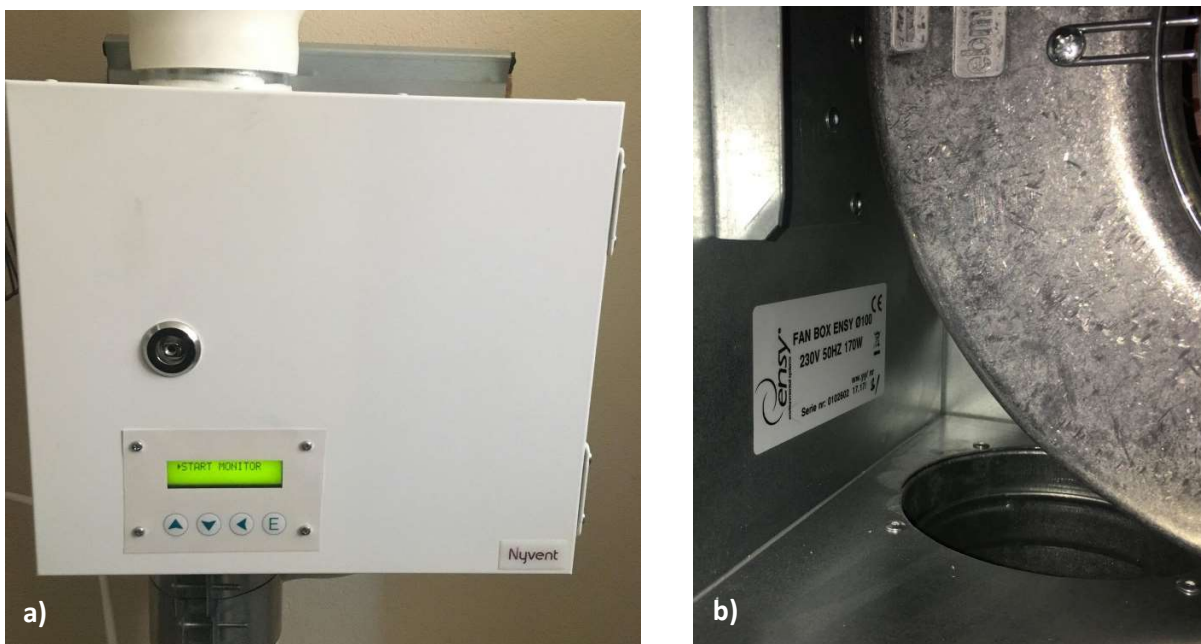
For å redusere radonnivået i boligen, skal det investeres i ny vifte til sugesystemet. I den forbindelse blir det også laget et nytt sugepunkt, der det blir installert en brønn (forlengelse av røret dypere ned i grunnen). Radonbrønnen er 650 mm lang og har en diameter på 99 mm (se figur 4.3.1-1). Det greves ut ca. 50 liter sand som blir erstattet med større stein, etter at brønnen er satt ned. Når det er lagt ned nok stein, legges det plast over også støpes hullet igjen med avretningsmasse. Se mer i kapittel 3.4.1. Innvendig radonbrønn.

For ytterligere spesifikasjoner, se vedlegg kapittel 8.3.2., side 38-40.



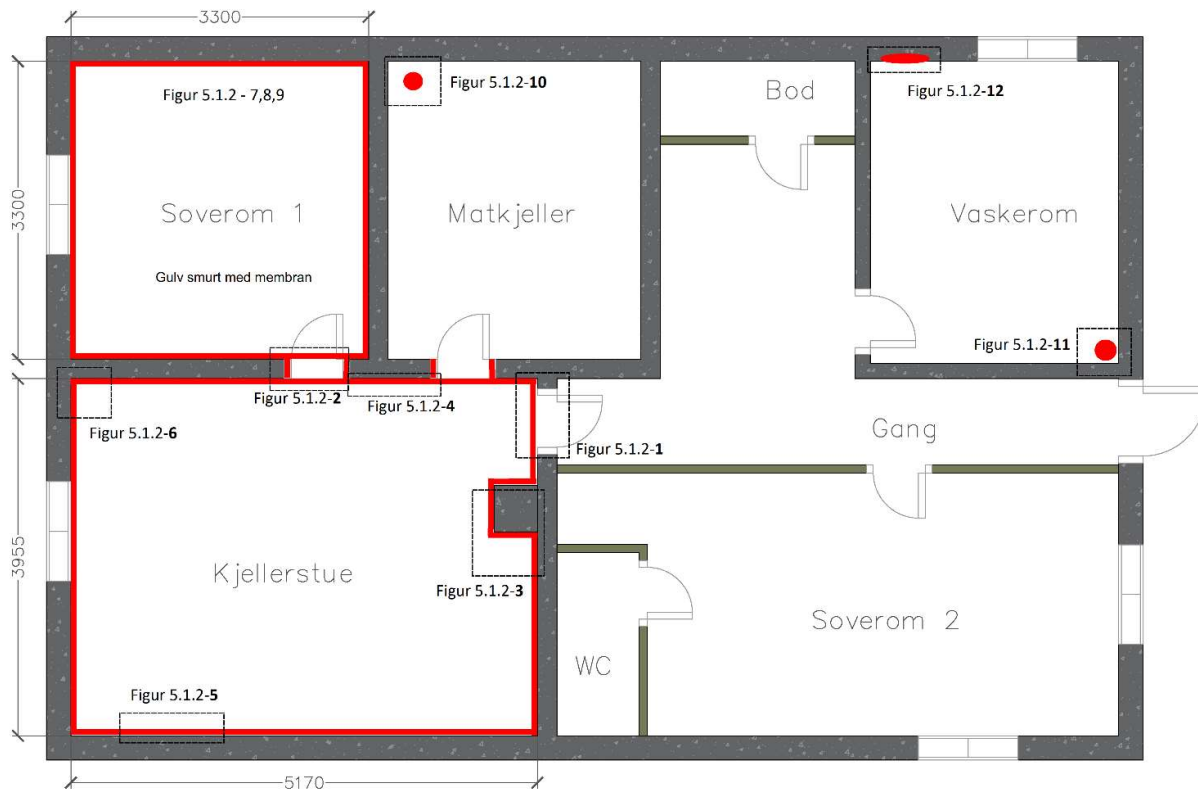
Figur 4.3.1-1. Brønnen som skal installeres i gropen.

Den nye viften er en Nyvent XRn 100 som ved maks hastighet er 170W. Ca. 60% effekt vil tilsvare den gamle viftens maksimale ytelse. For ytterligere spesifikasjoner, se vedlegg kapittel 8.3.1., side 18-37.



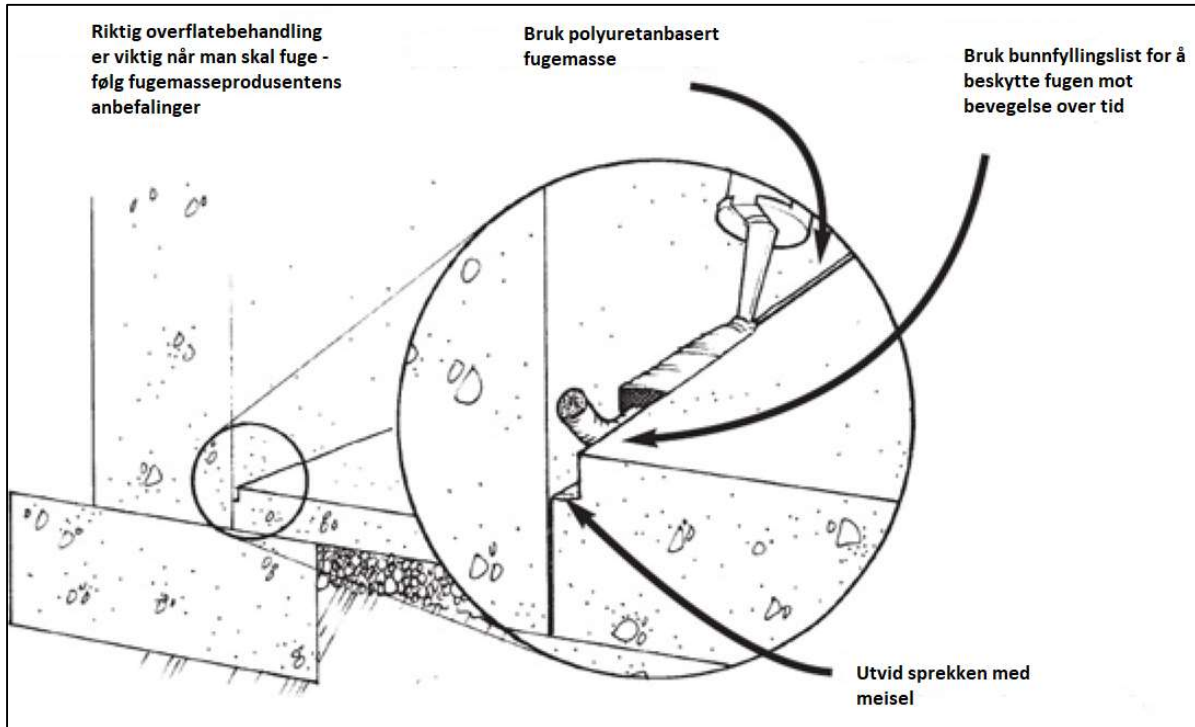
Figur 4.3.1-2. Den nye viften, a) utsiden av viften med kontrolldisplay; b) innsiden av viften med effektmerking.

4.3.2. Tettetiltak



Figur 4.3.2-1. Plantegning med tettetiltak illustrert. Det som er markert i rødt fuges. Soverom 1 smøres med membran.

Utføres tettetiltak i kjelleretasjen i boligen. Se mer om tetting av gulvet mot grunnen i kapittel 3.2. Tetter i overgang vegg/gulv i **kjellerstue**. Meisler ut større spor for å kunne legge bunnfyllingslist under fugen, se figur 4.3.2-2. Fuger rundt hele rommet. Ifølge SINTEF skal det benyttes polyuretanbasert fugemasse for å tette mindre åpninger i betong (SINTEF, 2018). Det er derfor benyttet Sikaflex 11fc+, se vedlegg kapittel 8.3.3. side 41-45 for alle spesifikasjoner. Før det fuges, blir betongen primet med Hey'di kz. Rommet kjellerstue har et innvendig areal på 20,5 m².



Figur 4.3.2-2. Viser prinsippet for fugging med bunnfyllingslist. Utvider først sprekken med meisel, for å få plass til listen og fuge over (Health Canada, 2013).

I **soverom 1** blir det tettet med Sikaflex 11fc+ i overgang vegg/gulv, uten bunnfyllingslist. Fuger rundt hele rommet. Smører hele gulvet og 15 cm opp langs veggen med smøremembran fra Easyflex. Før det fuges og påsmøres membran, blir betongen primet med Hey'di kz. Soverom 1 har et innvendig areal på 10,9 m².

Øvrige tett tiltak i kjelleretasjer inkluderer tetting rundt en gjennomføring i gulvet i **matkjeller** og tetting rundt gjennomføring i gulv og vegg i **vaskekjeller**. Tettingene utføres med Sikaflex 11fc+.

I for- og etterkant av tett tiltakene utføres det radonmålinger:



Figur 4.3.2-3. Radonkonsentrasjonen måles før og etter tett tiltak.

Produkter

a) Bunnfyllingslist

Ved å benytte en varmeisolerende list av polyetylenskum forhindrer man at fugemassen fester seg til bunnen av fugen, fugemassen skal optimalt sett bare feste seg til to overflater. Det gir også fugemassen riktig tverrsnitt og utforming, slik at fugen holder lenge, uten å sprekke opp eller slippe på noen av sidene. Bunnfyllingslist gir en fullstendig tetning og opptar minimalt med vann og fuktighet. Finnes i ulike størrelser, ved fuging i denne oppgaven benyttes **10 mm**.

b) Sikaflex 11fc+ (vedlegg kapittel 8.3.3. side 41-45)

1-komponent, polyuretanbasert fugemasse for både vertikale og horisontale fuger, overganger, vanntetting og lignende. Gir god vedheft til de fleste bygningsmaterialer, god mekanisk motstandsdyktighet og absorberer støt og vibrasjoner. Fugemassen er fleksibel og har god aldringsbestandighet. Bevegelseskapasitet på +/- 35% (ASTM C 719) (Sika, 2019).

a) Hey'di kz (vedlegg kapittel 8.3.4. side 46)

Som primer for betongen benyttes Hey'di kz. Betongen primes for å sikre vedheft, binding og porelukking mellom betongen og påførende lag, som fugemasse eller smøremembran (Heydi, 2019).

c) Easyflex/Elastopaz smøremembran (vedlegg kapittel 8.3.5. side 47-50)

Tyktflytende 1-komponent bitumen polymer membran som er spesielt egnet som radonsperre. Tørker som en hel, elastisk og sømløs membran som er vann-, damp- og radontett. Tester av Easyflex smøremembran viser høy radonmotstand. Membranen er vannbasert, elastisk og miljøvennlig. Membranen kan rulles eller påføres med kost på de fleste underlag. Påføres i 3 strøk. Den totale tykkelsen bør være ca. 2 mm. Det gir et forbruk på 2 kg per m² (Eurofins, 2016).



Figur 4.3.2-4. Produkter, a) bunnfyllingslist (Jem og fix, 2021); b) Sikaflex 11fc+ (Sika, 2019); c) Hey'di kz (Heydi, 2019); d) Easyflex smøremembran (Eurofins, 2016).

4.4. Planlagte målinger

4.4.1. Trykk- og luftmengdemålinger for radonbrønn

Følgende målinger utføres for å sammenlikne den gamle radonbrønnen og den nye. Oppnådd luftmengde/trykk for de to systemene blir framstilt i et diagram.

1) Luftmengde

Borer hull til proben for å måle luftmengden viften suger. Måler senterhastigheten i kanalen, korrigerer ned 20% og regner om til luftmengde ved forenklet metode:

$$q = v \times A$$

q = luftmengde [m³/s]

v = korrigert senterhastighet [m/s]

A = areal [m²]

2) Undertrykk i sugekanal

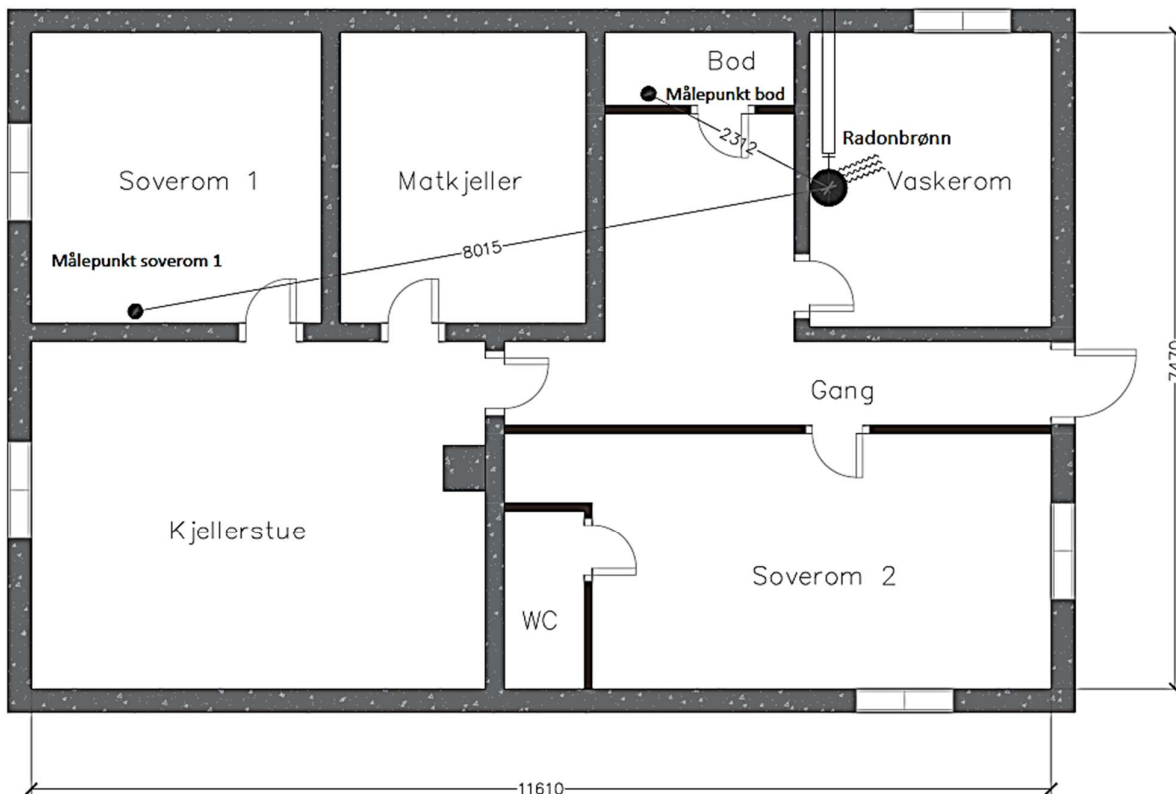
I samme hull som det måles luftmengde, måles statisk undertrykk og trykk i kanalen. Kobler en slange til måleinstrumentet, i minus-uttak, og klemmer den i hullet i sugekanal.

3) Trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen

Borer hull gjennom gulvkonstruksjonen i to forskjellige rom i kjelleretasjen, som vist på figur 4.4.1-1. Det ene hullet bores i soverom 1, ca. 8 meter unna radonsug. Det andre hullet bores i bod, ca. 2,3 meter unna radonsug. Måler trykkdifferanse med måleinstrument liggende på gulvet og en slange koblet til minus-uttaket. Slanges føres ned i hullet til under gulvkonstruksjonen og det tettes med silikon rundt slangen for å kunne måle trykkdifferansen over gulvet ved forskjellige viftehastigheter.

4) Trykkdifferanse mellom inne og ute

Måler trykkdifferansen mellom gulvnivå i kjelleren og ute. Måleinstrumentet liggende på gulvet, med pluss-uttaket koblet til en slange som går ut.



Figur 4.4.1-1. Plantegningen viser plasseringen av radonbrønnen, i tillegg til de to målepunktene hvor det måles trykk over gulvkonstruksjonen.

Måleinstrument

Diverse målinger utføres på det gamle og det nye sugesystemet og dets virkning. Målingene gjøres med viften på forskjellige hastigheter. Som måleinstrument for benyttes **TSI 9596** med probe 966 for luftmengdemålinger (se vedlegg kapittel 8.4.1. side 52-55 for spesifikasjoner). Instrumentet og proben er sist kalibrert 20.06.2019.

Målingene gjøres med intervall på 4 sekunder og over 5 minutter.

TSI 9596

Statisk/differentialtrykk:

- Rekkevidde: -3700 til +3700 Pa
- Nøyaktighet: $\pm 1\%$ eller ± 1 Pa
- Desimaler: 0,1 Pa

Probe 966:

Luftmengde:

- Rekkevidde: 0 til 50 m/s
- Nøyaktighet: $\pm 3\%$ eller $\pm 0,015$ m/s
- Desimaler: 0,01 m/s



Figur 4.4.1-2. Måleinstrument TSI 9596 med probe 966.

4.4.2. Måling av radon

Måling i henhold til DSA sine måleprosedyrer (DSA, 2020d). Tolkning av målingene avgrenser seg til utvalgte rom som det settes fokus på. Soverom 1, kjellerstue og vaskekjeller er de rommene det er flest måleresultater over tid, og det er også i disse rommene det utføres tiltak. Se mer om radonmålinger i kapittel 2.5.

Det benyttes flere måleresultater fra boligen:

1) Langtidsmåling fra 2005 før radonbrønn ble installert

Det finnes en eksisterende radonmåling fra før radonbrønnen ble installert, med tilhørende årsmiddelverdi. Sammenliknes med korttidsmåling med det nye sugesystemet og tettetilaktak i denne rapporten. En ny langtidsmåling er planlagt vinteren 2021/2022 for å få endelige årsmiddelverdi.

Dette er de eneste målingene som er gjort over en lang nok periode til å regne ut en årsmiddelverdi. Det vil derfor bli gjort flere korttidsmålinger for å kunne komme fram til noen resultater i denne oppgaven.

2) Korttidsmåling fra 2020 sammenlignet med korttidsmåling fra 2021 etter utførte tiltak

- Korttidsmåling fra 2020 med det gamle sugesystemet
- Korttidsmåling fra 2021 med det nye sugesystemet
- Sammenlikning med resultatene fra 2005.

En eksisterende måling fra mars 2020 sammenlignes med en måling utført i perioden 19.03.2021 – 22.04.2021. Denne målingen er gjort med 2 stk Corentium Pro elektroniske målere (se vedlegg kapittel 8.4.2. side 56 for spesifikasjoner).

3) Måling før og etter tettetilaktak

- Korttidsmåling 2021 i aktuelle rom før tettetilaktak
- Korttidsmåling 2021 i aktuelle rom etter tettetilaktak

Det gjøres en korttidsmåling på 10 dager av radon i inneluft før og etter utførte tettetilaktak. Som måleinstrument benyttes RapiDOS (lukket sporfilm). Sporfilmene blir analysert av Radonova. Radonsuget er slått av under målingene for å kunne se isolert på effekten av tettetilaktakene. De mest omfattende tettetilaktakene vil foregå i soverom 1 og kjellerstue. Det måles derfor i de to rommene. På soverom 1 har vinduet, vindusventilen, ventilen og døren vært lukket. I kjellerstue har vinduet og døren vært lukket, mens 1 vindusventil og 1 ventil åpen. Dette er på grunn av at deler av kjelleren har vært i bruk under målingene. Det er forsøkt å skape høyere verdier enn i normal drift, for å tydelig kunne se hvilken forskjell tettetilaktakene har gjort. Det har ellers vært strevd etter å skape så like forhold som mulig under de to måleperiodene. Det er av den grunn blitt målt gjennomsnittstemperatur utendørs hver dag i måleperiodene.

5. Utførte tiltak og måleresultater

5.1. Tiltak

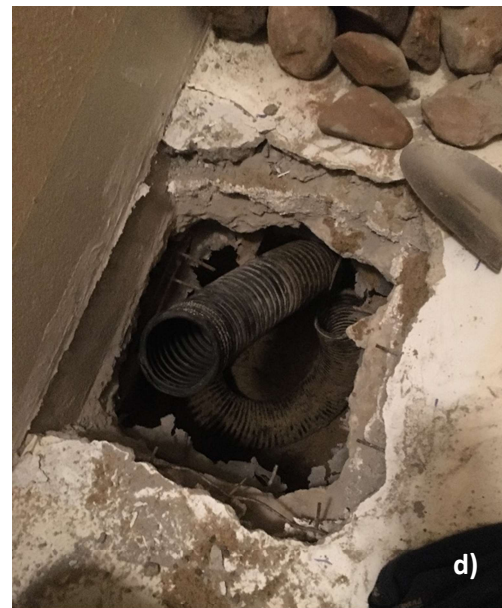
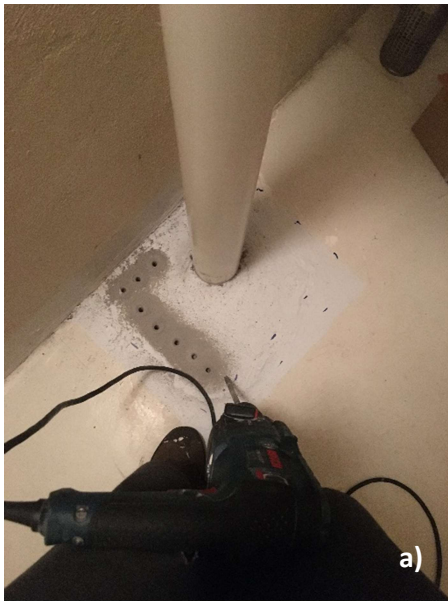
5.1.1. Ny radonbrønn

Viften ble byttet til den nye Nyvent XRn 100 fra den gamle viften med lavere kapasitet. Den er brukervennlig og stillestående, og alt fungerer som det skal. Sugepunktet ble meislet opp og fjernet ca. 50 liter sand og finkornet masse. Den nye brønnen ble plassert ned og koblet til rørsystemet. Deretter ble det fylt med grovere masser, som stein på rundt 5-10 cm i diameter. Hullet ble deretter støpt igjen og fuget rundt rørgjennomgangen. Radonbrønnens plassering er vist på plantegningen i figur 4.4.1-1. De neste sidene viser bilder fra arbeidet.



Figur 5.1.1-1. Installasjon av ny radonbrønn, a) den gamle viften og brønnen; b) den nye viften og brønnen.

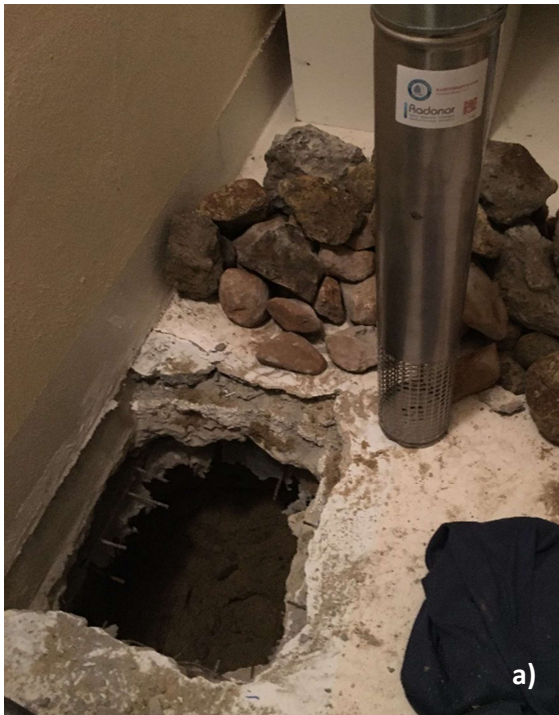
Riving av gammelt sugepunkt:



Figur 5.1.1-2. Riving av gammelt sugepunkt. Plassering vist på plantegning i figur 4.4.1-1, a) boring og meisling for å åpne hullet; b) hull åpnet; c) stein og masser fjernet; d) flexrør fra den gamle radonbrønnen.

Den gamle radonbrønnen ble fjernet ved å meisle opp gulvet rundt gjennomføringen. Dette ble gjort ved å først borre flere hull i området rundt røret, så meisle bort betonggulvet. Steiner og sand ble deretter fjernet. Den gamle radonbrønnen var koblet til et flexrør Ø10 på ca. 2 meter. Finere masser ble fjernet, ca 50 liter. Større stein ble midlertidig tatt ut. Den gamle viften ble skrudd ned og frakoblet.

Nytt sugepunkt med brønn påkoplet:



Figur 5.1.1-3. Installering av ny radonbrønn, a) den nye brønnen klar for det åpne hullet; b) den nye brønnen påkoblet kanalsystemet; c) den nye viften og brønnen koblet på; d) hull gjenstøpt og fuget.

Den nye radonbrønnen ble installert ved å plassere den nye brønnen ned i gropen, for så å fylle rundt med steiner og grovere masser. Deretter ble det lagt et lag med plast over, før det ble støpt over med avrettingsmasse. Brønnen stikker over betongen for eventuelt utskiftning, og er koblet til rørsystemet som fører til den nye viften. Overganger fra brønn til rør og rør til vifte ble skjøtet med muffe og nipler.

5.1.2. Tettetiltak

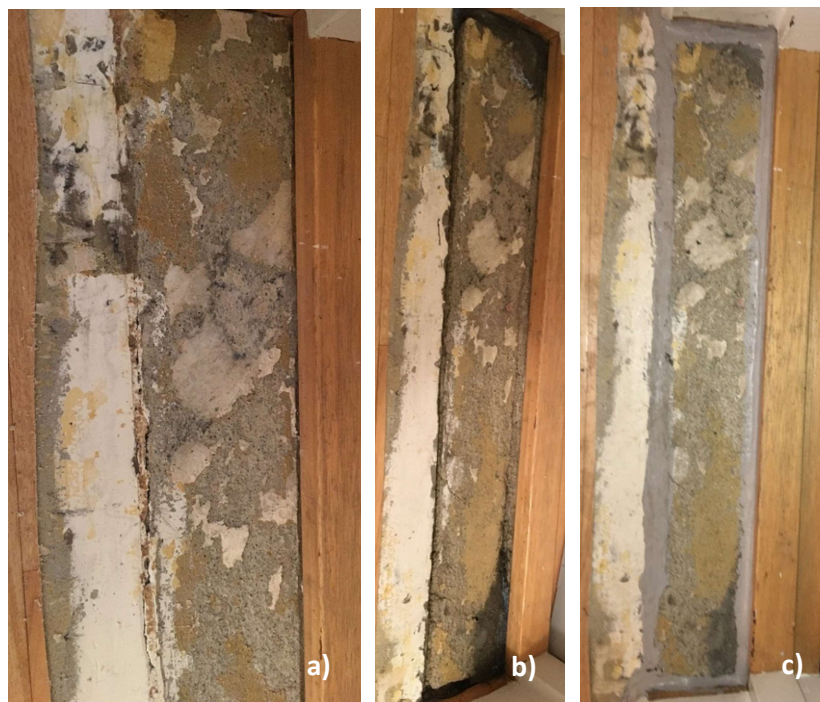
Kapitlet omhandler tettetiltak utført i kjelleren i den aktuelle bolig. Det gis en kort beskrivelse av observasjoner og utført jobb i forskjellige rom, etterfulgt av bilder fra arbeidsprosessen. I kapittel 4.3.2 er det beskrevet hva som skal gjøres, med tilhørende plantegning (figur 4.3.2-1) hvor er det illustrert hvor tettingen gjennomføres.

Kjellerstue:

Fuging i overgang gulv/vegg. For å komme til overgangen, ble en slisse på ca. 5 cm av gulvbelegget skåret av. Observerte krympesprekk rundt hele rommet, noen steder opp til 4 mm bred. Spor til bunnfyllingslist ble meislet opp, og det ble fuget rundt hele rommet. Videre følger bilder fra tettearbeidet i kjellerstue.

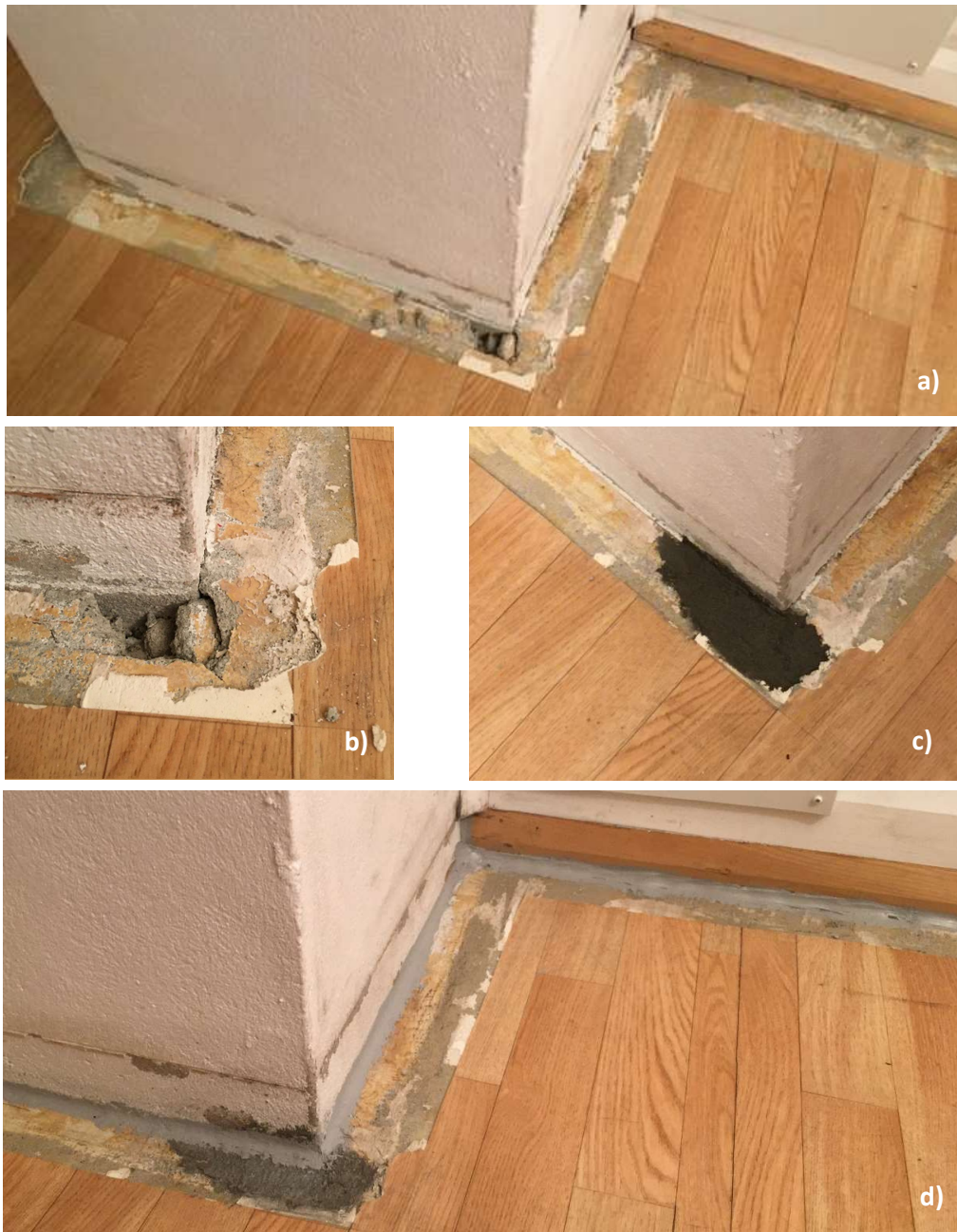


Figur 5.1.2-1. Tetting rundt dør. Plassering vist på tegning i figur 4.3.2-1, a) belegg revet av; b) meislet; c) fuget.



Figur 5.1.2-2. Tetting rundt dør. Plassering vist på tegning i figur 4.3.2-1, a) belegg revet av; b) meislet; c) fuget.

De to første bildegruppene er av det nedre karmpartiet til to dører, der det ble tettet. Fjernet gulvbelegg, meislet sporet som skulle fugues litt større, noe som førte til at det måtte støpes noe for å reparere gulvet. Deretter ble det fuget langs gulvskjøten fra veggen og mot karmen.



Figur 5.1.2-3. Tetting rundt skorstein. Plassering vist på tegning i figur 4.3.2-1, a) belegg revet av; b) hull i gulv; c) hull gjenstøpt; d) ferdig fuget.

Bildegruppen viser et parti i kjellerstuen rundt skorstein i huset. Her ble det oppdaget et hull i gulvet når gulvbelegget ble revet opp. Dette ble støpt igjen før det ble fuget rundt hele pipa og rundt resten av rommet.

Bildegruppene på denne siden viser prosessen ved å fuge med en bunnfyllingslist under fugen. Det ble gjort rundt store deler av rommet kjellerstue. Krympesprekken mellom gulv og vegg ble utvidet med meisel til ca. 1 cm, så ble det lagt ned bunnfyllingslist før det ble fuget over.

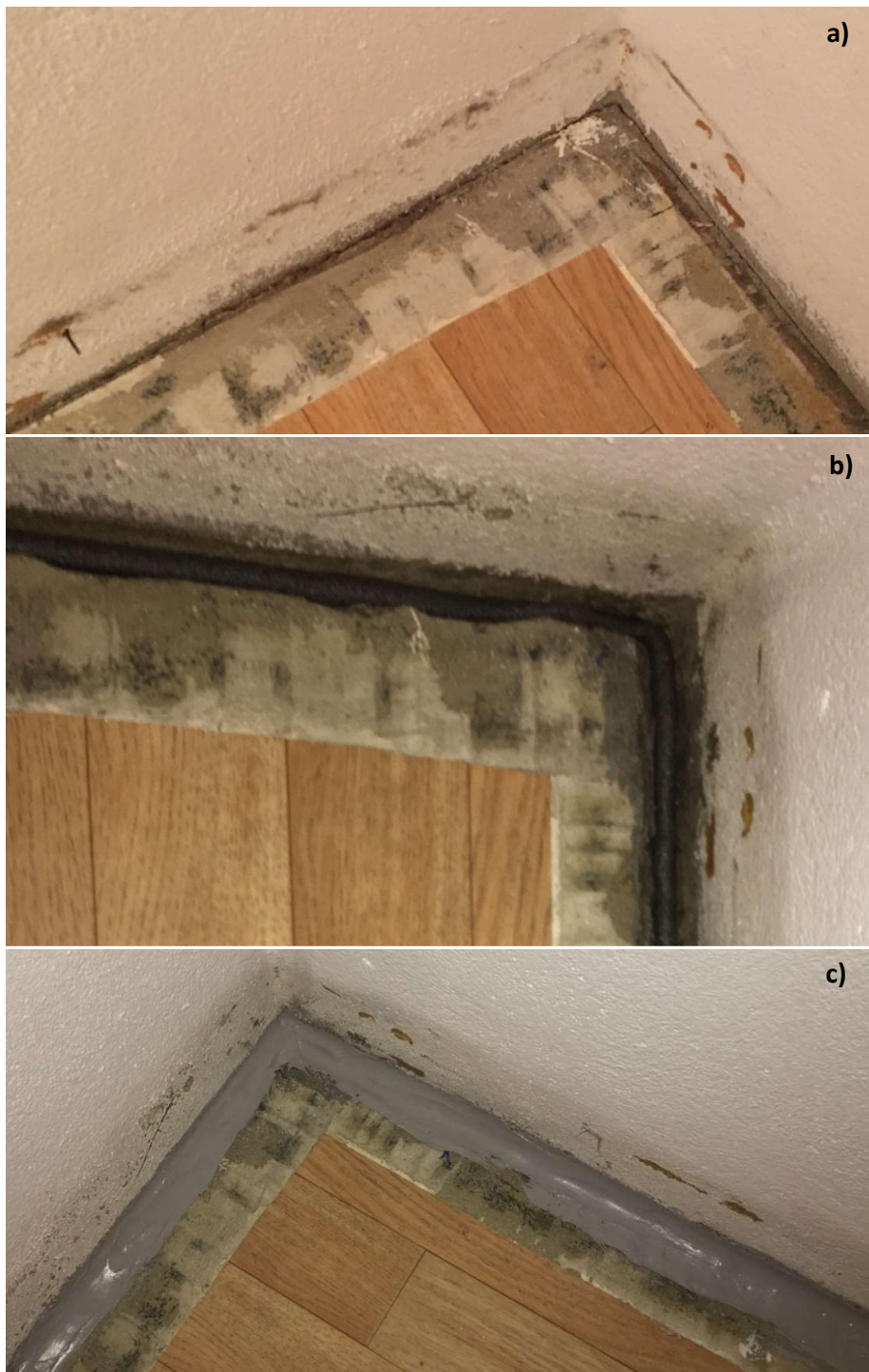


Figur 5.1.2-4. Tetting i overgang vegg/gulv. Plassering vist på tegning i figur 4.3.2-1, a) belegg revet av; b) store krympesprekker og utettheter; c) ferdig fuget.



Figur 5.1.2-5. Tetting i overgang vegg/gulv. Plassering vist på tegning i figur 4.3.2-1, a) belegg revet av, krympesprekk synes; b) meislet og bunnfyllingslist plassert; c) fuget over.

Bildegruppen viser et hjørne i kjellerstuen, der det ble fuget med bunnfyllingslist under. Gulvbelegg revet av, meislet opp spor, dyttet ned bunnfyllingslisten og så fuget igjen med fugemasse.



Figur 5.1.2-6. Tetting av overgang vegg/gulv i et hjørne. Plassering vist på tegning i figur 4.3.2-1, a) belegg revet bort; b) bunnfyllingslist plassert; c) fuget over.

Soverom 1:

I dette rommet ble det fuget i overgang gulv/vegg, for så å smøre hele gulvet med smøremembran. Gulvbelegget ble revet bort. Det var ingen tydelige skader eller sprekker i betonggulvet. Krympesprekk rundt hele rommet, helt opp til ca. 6 mm bred noen steder. Det ble deretter fuget rundt hele rommet. Når det var tørket, ble hele gulvet smurt med 3 strøk membran. Bildene de neste sidene viser arbeidet med å rive, noen krympesprekker også før og etter bilder av rommet smurt med membran. Se plantegning på figur 4.3.2-1 for plassering av rommet og dimensjoner.



Figur 5.1.2-7. Klargjøring for tetting av soverom 1. Plassering vist på plantegning i figur 4.3.2-1, a) riving av gulvbelegg påbegynt; b) Easyflex smøremembran; c); d) krympesprekker langs overgang vegg/gulv.



Figur 5.1.2-8. Soverom 1 før påsmurt membran.



Figur 5.1.2-9. Soverom 1 etter påsmurt membran.

Matkjeller

Tettet rundt en gjennomføring gjennom gulvet. Gulvbelegget ble midlertidig revet opp for å komme til gjennomføringen. Fjernet alle løse partikler, og fuget rundt hele gjennomføringen og langs vegg som ved inntil. Plassering vist på plantegning i figur 4.3.2-1.



Figur 5.1.2-10. Tetting rundt gjennomføring i matkjeller. Se i figur 4.3.2-1 for plassering, a) belegg brettet bort; b) krympesprekk langs vegg; c) fuget rundt gjennomføring; d) fuget langs vegg.

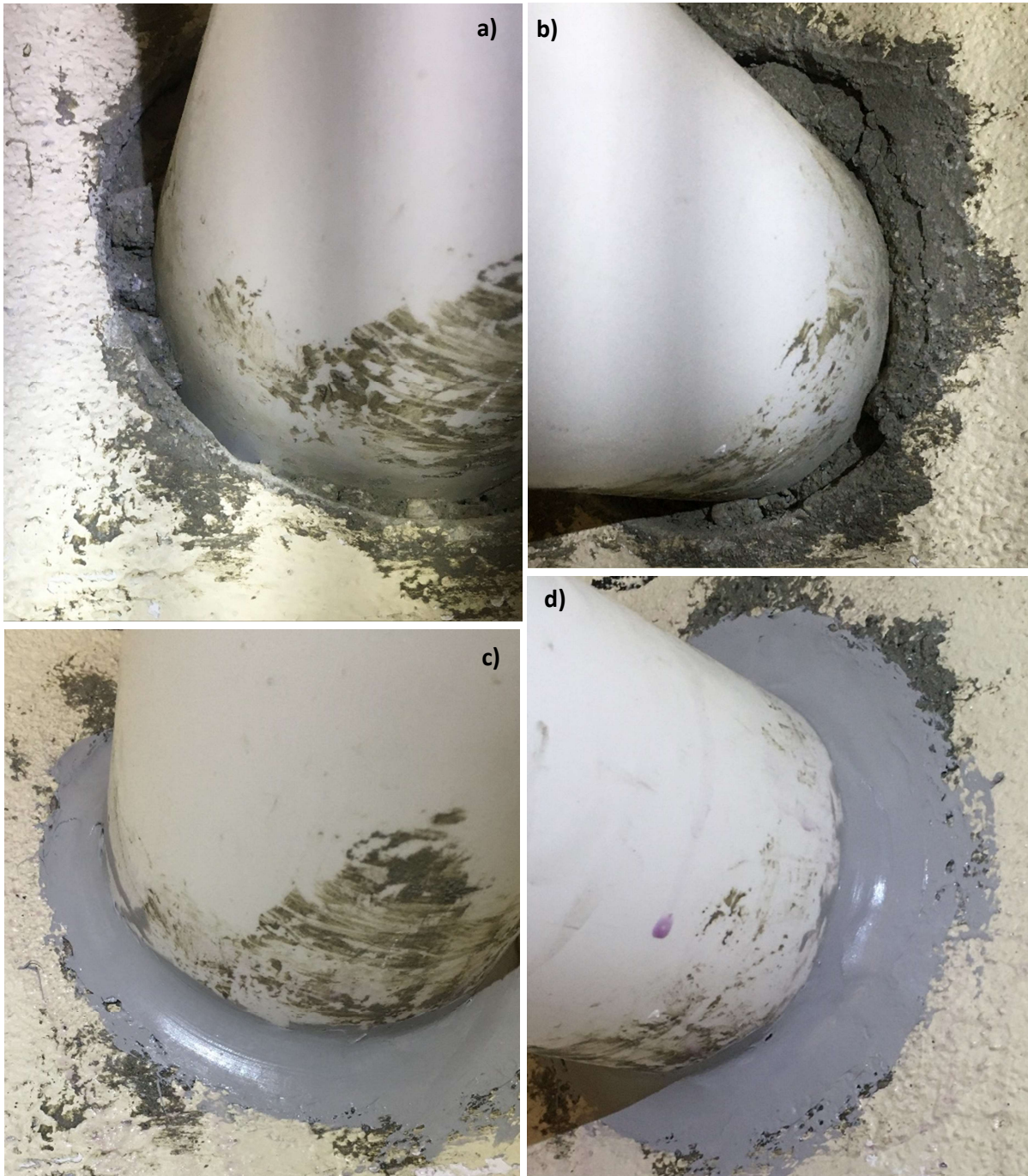
Vaskerom

Tettet rundt gjennomføring i gulvet. Store åpninger rundt gjennomføringer. Fjernet løse partikler, fuget rundt hele røret. Måtte være kreativ for å komme til på baksiden av røret. Plassering vist som rød ring på plantegningen i figur 4.3.2-1.



Figur 5.1.2-11. Tetting rundt gjennomføring i gulvet i vaskekjeller, a) før fuging; b) under fuging; c) fuget.

Tetting rundt kanal fra radonbrønnen og ut gjennom veggen. Betongen rundt røret som kommer fra radonbrønnen var skadet og ikke tett. Fjernet løs betong og fuget rundt hele gjennomføringen.



Figur 5.1.2-12. Tetting rundt gjennomføring i veggen i vaskekjeller. Se figur 4.3.2-1 for plassering, a); b) før fuging; c); d) etter fuging.

5.2. Målinger

5.2.1. Trykk- og luftmengdemålinger

Målingene ble utført 01.02.2021 i forkant av installering av ny radonbrønn og 18.03.2021 i etterkant.

Adresse: Stornesveien 34B i Beisfjord, Narvik kommune. Temperaturen ute begge måledagene kl. 16.00 er -10°C og det er lite vind.

Radonbrønneren er plassert som vist på figur 4.4.1.-1.

Målingene er gjort med viftene på forskjellige hastigheter.

1) Luftmengde

Resultatene fra luftmengdemålingene av den gamle og den nye vifta.

Innvendig diameter av kanal = 92 mm

Innvendig areal, $A = 6648 \text{ mm}^2 = 0,006648 \text{ m}^2$



Figur 5.2.1-1. Måling av luftmengde.

Tabell 9. Måling av luftmengder på den gamle viften.

Brønnefunksjon	Senterhastighet [m/s]	Korrigert, v [m/s]	Luftmengde $q = v * A$ [m ³ /s]	Luftmengde [m ³ /h]
Av	0	0	0	0
1 (20%)	0,57	0,46	0,0031	11,01
3 (60%)	0,69	0,55	0,0037	13,16
5 (100%)	0,77	0,62	0,0041	14,84

Tabell 10. Måling av luftmengder på den nye viften.

Brønnefunksjon	Senterhastighet [m/s]	Korrigert, v [m/s]	Luftmengde $q = v * A$ [m ³ /s]	Luftmengde [m ³ /h]
Av	0	0	0	0
20%	0,04	0,03	0,0002	0,72
40%	0,19	0,15	0,0010	3,60
60%	0,55	0,44	0,0029	10,44
80%	0,83	0,66	0,0044	15,84
99%	1,30	1,04	0,0069	24,84

2) Trykk i sugekanal

Resultatene fra målingene av statisk undertrykk og trykk i kanalen.

Tabell 11. Trykk med den gamle viften.

Brønnefunksjon	Trykk [Pa]
Av	- 2
1 (20%)	217
3 (60%)	313
5 (100%)	357

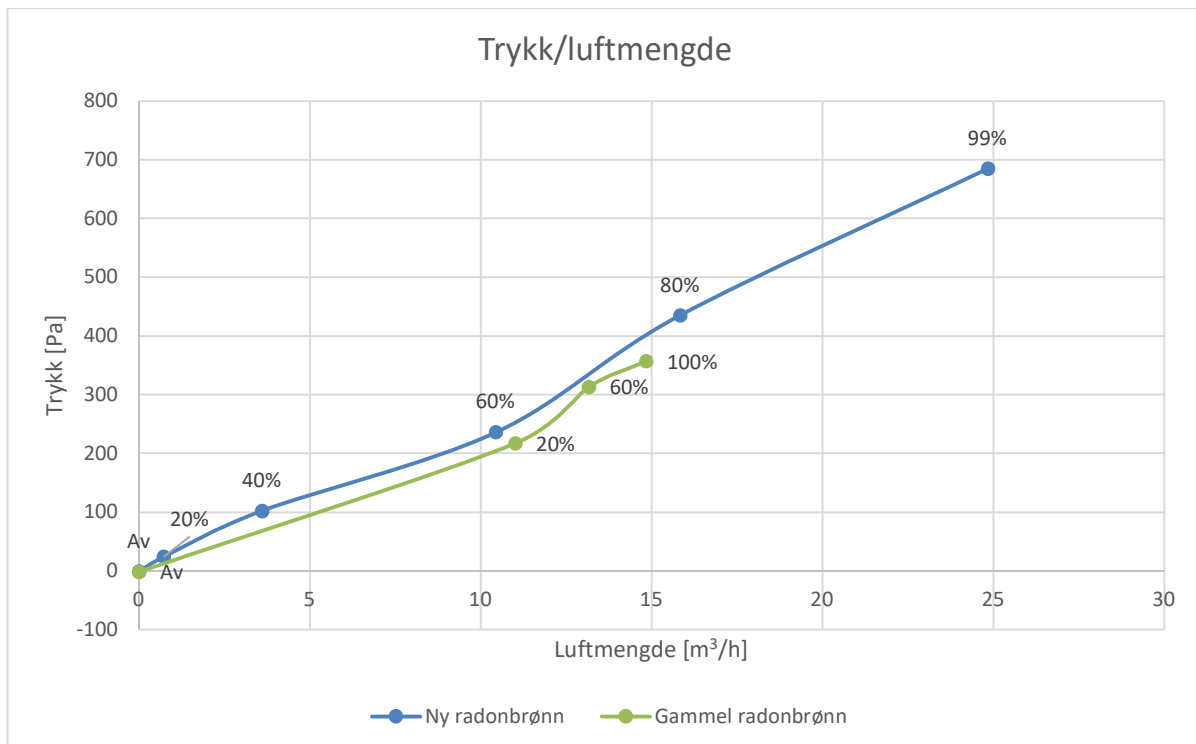
Tabell 12. Trykk med den nye viften.

Brønnefunksjon	Trykk [Pa]
Av	-1,4
20%	24
40%	102
60%	236
80%	435
99%	685



Figur 5.2.1-2. Måling av trykk i kanal.

Resultatene fra luftmengde og trykk i kanalen resulterer i et trykk/luftmengde-diagram som viser virkningen av den nye radonbrønnen.



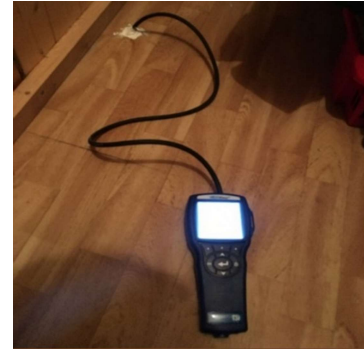
Figur 5.2.1-3. Trykk/luftmengde-diagram av den gamle og den nye radonbrønnen i drift.

3) Trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen

Resultatene fra trykkmålingene gjort over gulvkonstruksjonen i soverom 1 og bod. Se plantegning i figur 4.4.1-1 for plassering av målepunktene.

Boret 10 mm hull for slange på 8 mm. Brukte silikon for å tette rundt.

- Boret et hull i soverom 1, 8 meter unna brønn.
- Boret et hull i bod, 2,3 meter unna brønn.



Figur 5.2.1-4. Måling av trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen.

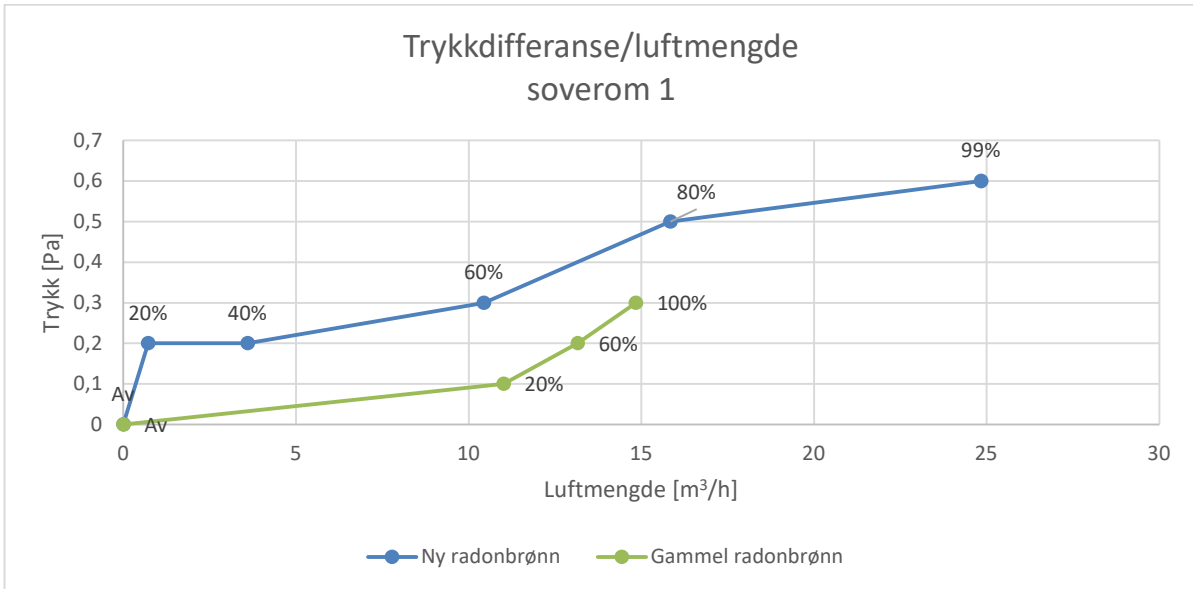
Tabell 13. Resultatene fra målinger av trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen med den gamle viften.

Brønnfunksjon	Soverom 1		Bod	
	Trykkdifferanse [Pa]	Forandring, Δ [Pa]	Trykkdifferanse [Pa]	Forandring, Δ [Pa]
Av	- 0,9		- 1,6	
1 (20%)	- 0,8	0,1	+ 1,6	3,2
3 (60%)	- 0,7	0,2	+ 3,3	4,9
5 (100%)	- 0,6	0,3	+ 3,7	5,3

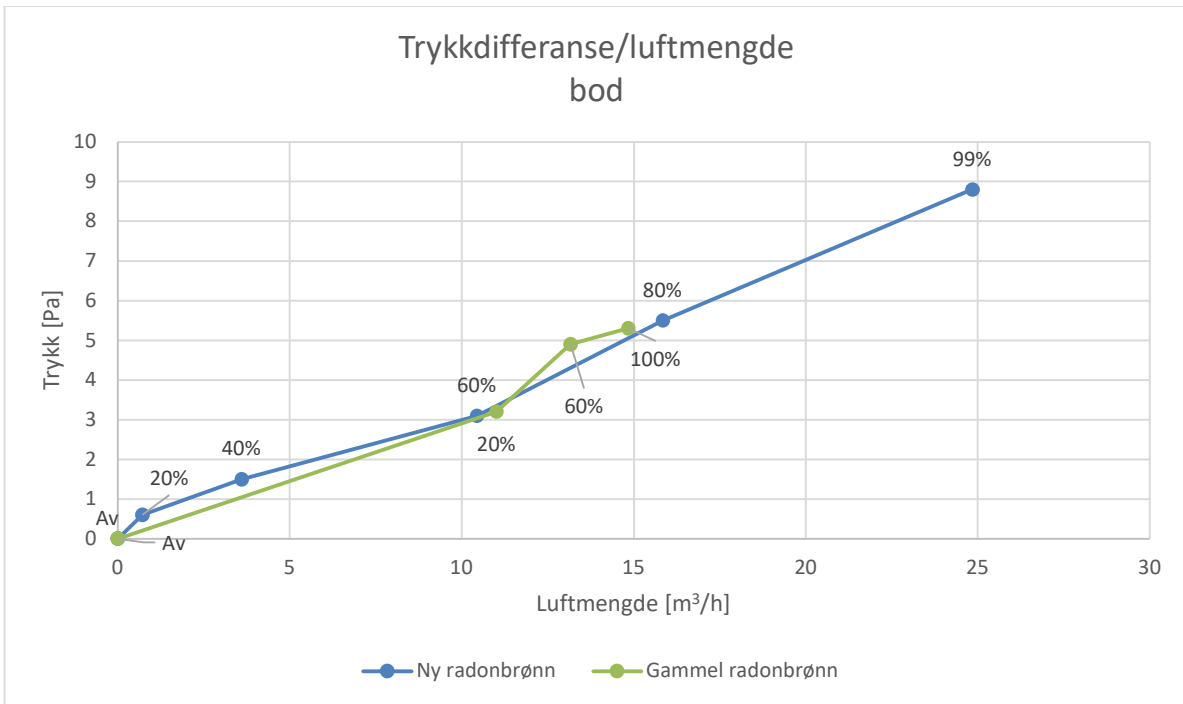
Tabell 14. Resultatene fra målinger av trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen med den nye viften.

Brønnfunksjon	Soverom 1		Bod	
	Trykkdifferanse [Pa]	Forandring, Δ [Pa]	Trykkdifferanse [Pa]	Forandring, Δ [Pa]
Av	- 1,3		- 1,2	
20%	- 1,1	0,2	- 0,6	0,6
40%	- 1,1	0,2	+ 0,3	1,5
60%	- 1,0	0,3	+ 1,9	3,1
80%	- 0,8	0,5	+ 4,3	5,5
99%	- 0,7	0,6	+ 7,6	8,8

Resultatene fra målingene av luftmengde og trykkdifferanse over gulvkonstruksjonen resulterer i et trykkdifferanse/luftmengde-diagram som viser virkningen av den nye radonbrønnen, ut ifra forandring i trykkdifferanse i aktuelle rom.



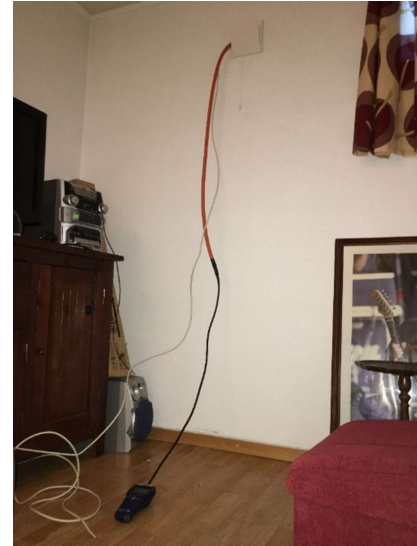
Figur 5.2.1-5. Trykkdifferanse/luftmengde for gammel og ny radonbrønn, soverom 1.



Figur 5.2.1-6. Trykkdifferanse/luftmengde for gammel og ny radonbrønn, bod.

4) Trykkdifferanse mellom inne (ved gulvnivå) og ute

- 01.02.2020: 2,0 – 2,4 Pa
- 18.03.2020: 1,4 – 1,8 Pa



Figur 5.2.1-7. Måling av trykkdifferanse mellom inne og ute.

PS: Etter at den nye vifteinstallasjonen har vært tatt i bruk, har det blitt målt radon med elektronisk måler. Det tyder på at det ikke er noen særlige lekkasjer i installasjonen, da radonnivåene er lik rundt brønnen som resten av etasjen. Se bilde under:



Figur 5.2.1-8. Radonmåling i etterkant av bytte av radonbrønn.

5.2.2. Radonmålinger

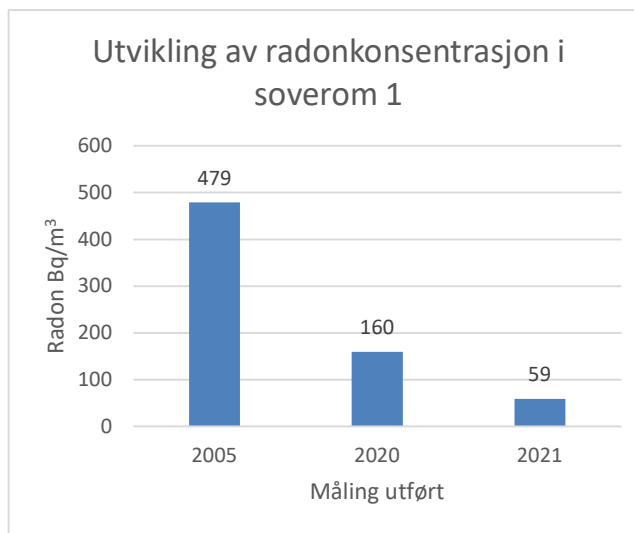
Ingen av målingene viser årsmiddelverdi, men det faktiske radonnivået i måleperioden.

Resultater fra tidligere målinger fra 2005 og 2020: Se kapittel 4.2.2. Historikk.

Korttidsmåling fra 2021 med det nye sugesystemet og tett tiltak (vedlegg kapittel 8.2.3. side 11-12).

Måling utført 19.03.2021 – 22.04.2021.

- Soverom 1
 - **59 Bq/m³ ± 7 Bq/m³**
- Vaskekjeller:
 - **57 Bq/m³ ± 7 Bq/m³**



Figur 5.2.2-1. Utvikling av radonkonsentrasjon i soverom 1.

1) Sammenlikninger med måleresultatene fra 2005:

- Sammenlignet med målingene i 2020 i **soverom 1**, er det en nedgang på **319 Bq/m³ eller 67%**.
- Sammenlignet med de siste målingene i 2021 i **soverom 1**, er det en nedgang på **420 Bq/m³ eller 88%**.
 - Dette gir **101 Bq/m³ eller 22% ekstra nedgang** i radon fra før sugesystemet ble oppgradert og tett tiltakene utført.

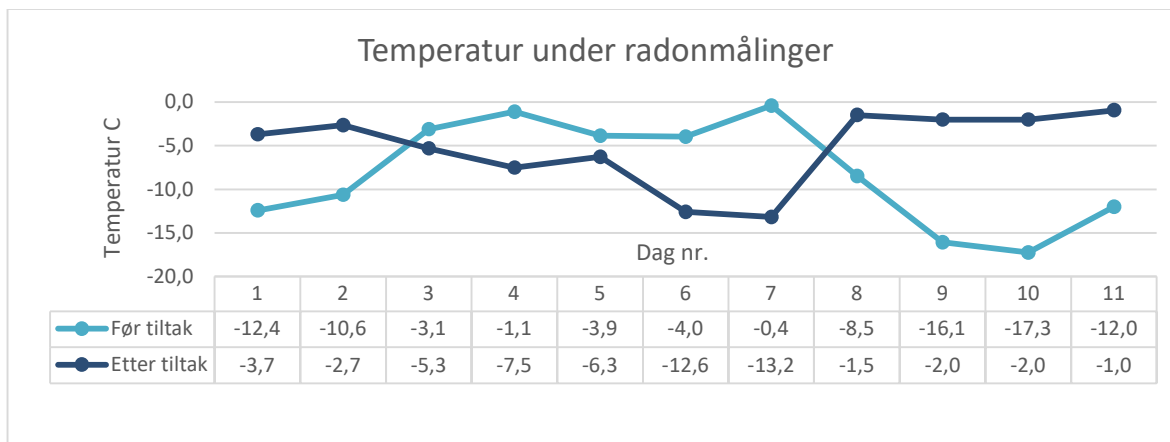
2) Sammenlikninger med måleresultatene fra 2020:

- Sammenlignet med de siste målingene i 2021 i **soverom 1**, er det en nedgang på **101 Bq/m³ eller 63%**.
- Sammenlignet med de siste målingene i 2021 i **vaskekjeller**, er det en nedgang på **149 Bq/m³ eller 72%**.

3) Målinger før og etter tetttiltak

- Målingen før utførte tetttiltak ble gjennomført i perioden 09.02.2021 til 19.02.2021.
- Målingen etter utførte tetttiltak ble gjennomført i perioden 04.03.2021 til 14.03.2021.

Temperatur er målt i begge måleperioden for å forsikre at ikke det påvirker resultatene for mye.



Figur 5.2.2-2. Målt gjennomsnittstemperatur per dag gjennom radonmålingsperiodene.

Gjennomsnittstemperaturen måleperiode **før tiltak: -7,8°C**

Gjennomsnittstemperaturen måleperiode **etter tiltak: -5,5°C**

Resultater fra radonmålingene:

Korttidsmåling 2021 i aktuelle rom **før** tetttiltak (vedlegg kapittel 8.2.4. side 13-14).

- Soverom 1
 - **960 Bq/m³ ± 132 Bq/m³**
- Kjellerstue
 - **650 Bq/m³ ± 90 Bq/m³**

Korttidsmåling 2021 i aktuelle rom **etter** tetttiltak (vedlegg kapittel 8.2.5. side 15-16).

- Soverom 1
 - **270 Bq/m³ ± 50 Bq/m³**
- Kjellerstue
 - **350 Bq/m³ ± 58 Bq/m³**

Radonreduksjon i soverom 1: **690 Bq/m³ eller 72%.**

Radonreduksjon i kjellerstue: **300 Bq/m³ eller 46%.**

6. Oppsummering og konklusjon

6.1. Oppsummering

Under arbeidet med rapporten ble det lagt en del vekt på å sette seg inn i litteraturen og ta kontakt med eksperter, for å kunne lære seg mest mulig om temaet og utarbeide en tiltakspakke for case-objektet. Det ble også brukt tid på å lære seg å bruke måleinstrumenter. Alle målingene og tiltakene ble også utført under skriving av rapporten. Dette kan ha ført til at det er en begrenset mengde data i rapporten (flere case-objekter, langtidsmålinger, etc.), noe som gir resultatene en viss usikkerhet.

Resultatet av arbeidet som har blitt utført under prosjektet har vært svært tilfredsstillende, og det virker som tiltakspakken og utførelsen har vært god. Under legges det fram noen nøkkeltall fra rapporten:

Ny radonbrønn:

- Maksimal luftmengde oppnådd: 24,84 m³/h (14,84 m³/h tidligere)
- Maksimal trykkforandring over gulvkonstruksjon
 - Soverom 1: 0,6 Pa (0,3 Pa tidligere)
 - Bod: 8,8 Pa (5,3 Pa tidligere)

Radonmålinger:

- Radonreduksjon som følge av tett tiltak
 - Soverom 1: 690 Bq/m³ eller 72%.
 - Kjellerstue: 300 Bq/m³ eller 46%.
- Måling fra 2020 sammenlignet med måling gjort i 2021 etter alle tiltakene i rapporten er utført
 - Soverom 1: 160 Bq/m³ → 59 Bq/m³
 - 63% nedgang
 - Vaskekjeller: 206 Bq/m³ → 57 Bq/m³
 - 72% nedgang

6.2. Konklusjon

Langvarig eksponering av radongass øker sannsynligheten for å få lungekreft i løpet av livet. En systematisk reduksjon av radoneksponering i norske boliger vil over tid kunne gi betydelig reduksjon i antall tilfeller radonindusert lungekreft. Det kalde klimaet samt geologien gjør at Norge er i verdenstoppen når det kommer til radonkonsentrasjon i inneluft. I kreftregisterets nasjonale statistikk for lungekreft er det en drastisk økning i lungekrefttilfeller siden 1955. Det viser det seg også at radonkonsentrasjonen i boligmassen økte med ca. 70% i perioden 1980 – 2000. Stadig økende krav til energiøkonomisering og byggeteknikk i teknisk forskrift, uten at det har blitt tatt hensyn til radon, kan ha ført til endringer i radonkonsentrasjon i norske boliger. I de neste årene vil mange bygg i Norge ha behov for rehabilitering og ENØK-tiltak, og i den anledning bør det gjøres vurderinger om det er behov for radonreducerende tiltak. Det bør være et fokus på radonreduksjon i denne prosessen, gjerne med subsidier for å motivere byggeiere. I følge DSA sin evaluering av nasjonal radonstrategi 2009-2020, har strategien bidratt til å senke radoneksponeringen i Norge. Andelen som har målt radonnivåer i egen bolig økte i perioden 2009-2020 fra 8% til over 20%. Likevel gjenstår fortsatt mye arbeid for å senke radonnivåene i alle bygninger i hele landet, og det er behov for økt innsats og bedre insentiver for å få flere til å måle og gjøre radonreducerende tiltak.

Det finnes flere måter å redusere radonnivåene på i en bolig, blant annet ved tetting, ventilering og trykkendring under gulvet. I boligen i casestudien ble det utarbeidet en tiltakspakke for boligen, ut ifra historikken til boligen og måleresultater fra radonmålinger og trykk/luftmengdemålinger. Bolig ble utstyrt med innvendig radonbrønn i 2005. Luftmengde og trykkmålinger på den gamle radonbrønnen viste lave luftmengder i forhold til hva som er anbefalt (20 m³/h for 100 m²). Det ble heller ikke oppnådd undertrykk under gulvkonstruksjonen ved målepunkt soverom 1. Dette tyder på tette masser under boligen og/eller et dårlig sugepunkt for radonbrønnen. Innvendige veggfundamenter av betong kan også stoppe luftstrømmen i den delen av boligen lengst unna brønnen. Resultatene fra trykk- og luftmengdemålinger på den gamle radonbrønnen gjorde at det ble besluttet å skifte ut viften og lage nytt sugepunkt, med en brønn installert.

Boligen hadde før 2005 radonnivåer opp til 400 Bq/m³ i enkelte rom. Det ble da installert radonbrønn, men målinger i etterkant har vist seg at radonnivået ennå var over tiltaksgrensen på 100 Bq/m³, ca. 150 Bq/m³ i hele kjelleren ved måling på vinteren. Målet for casen var derfor å få radonnivået i boligen under tiltaksgrensen, og gjerne så lavt som mulig. Tidligere måleresultater av radonkonsentrasjon har vist at det spesielt er en del av boligen som har høyere verdier, også med den gamle radonbrønnen i drift. Denne delen av boligen er også lengst unna radonbrønnen. Det ble derfor bestemt å utføre tett tiltak i to rom i denne delen av kjelleren, soverom 1 og kjellerstue. Soverom 1 har historisk sett hatt de høyeste radonnivåene, så det ble bestemt å gjøre de mest omfattende tett tiltakene der. I tillegg til å fuge overgangen mellom vegg og gulv, som også ble gjort i kjellerstue, ble også hele betonggulvet smurt med membran i soverom 1. For å dokumentere effekten av tett tiltakene, ble det gjort korttidsmålinger av radon før og etter tiltak. Under måleperioden ble ventiler og dører inn til rom stengt, samtidig som radonbrønnen var avslått. Dette var for å «provosere» fram høye verdier for å kunne se tydelig hvilken forskjell tett tiltakene gjorde. Det ble også målt utetemperatur under måleperiodene, og det viste seg å være noe kaldere i måleperioden før tett tiltakene (2,3 °C). «Skorsteinseffekten» øker med økt temperaturredifferanse mellom ute og inne, men 2,3 °C vil ikke påvirke måleresultatene for mye. Det er ellers strevd etter å gjøre forholdene så like som mulig under måleperiodene.

Etter bytting av radonbrønn og vifte var utført, ble resultatene dokumentert ved å gjøre nye trykk- og luftmengdemålinger og nye radonmålinger i utvalgte rom. Den nye radonbrønnen med den nye viften Nyvent XRn 100 viser seg å ha kapasitet til å suge større luftmengder og skape et større undertrykk under boligen. Ved full effekt suges det mer enn anbefalt luftmengde, og en effekt på 80% anbefales ut ifra målingene (20 m³/h er vanligvis tilstrekkelig). Det skapes fortsatt ikke undertrykk under målepunkt soverom 1, selv om det skapes en større trykkendring enn før. Dette kan tyde på tette masser under boligen og/eller at bærende betongveggs fundamenter stopper noe av luftstrømmen til den delen av boligen.

Tett tiltakene i de aktuelle rommene, soverom 1 og kjellerstue, synes å ha fungert veldig bra. Ifølge finske STUK resulterer vanligvis tett tiltak i en radonreduksjon på 10 - 50%. I denne case har det blitt vist reduksjoner på 72% og 46% i henholdsvis soverom 1 og kjellerstue. Smøremembranen som ble smurt i soverom 1 virker å ha god tetningseffekt mot radoninntrenging. Det samme kan sies om fugemassen som ble brukt i overgangen mellom gulv og vegg i både soverom 1 og kjellerstue. Tetting av konstruksjonen mot grunnen vil også gjøre lekkasjepunktene mindre, noe som i tillegg til reduksjon av luftinfiltrasjon, vil bidra til at radonbrønnen ikke suger inneluft ned i grunnen, men skaper større undertrykk under boligen.

Samlet sett, så er målsetningen om å redusere radonnivåene til under tiltaksgrensen, nådd. Selv om det ikke ble skapt undertrykk under målepunktet i soverom 1, er resultatet tilfredsstillende da viften har større kapasitet og tett tiltakene har hatt fungert godt. Det endelige resultatet på om årsmiddelverdien i alle rom i boligen er under tiltaksgrensen, vil ikke bli besvart før en ny langtidsmåling blir utført vinteren 2021/22.

6.3. Forslag til videre arbeid

Det er planlagt en langtidsmåling av radon i boligen vinteren 2021/22. Skulle resultatene fra denne målingen tilsi at nivåene enda er for høye, bør det gjøres ytterligere tiltak for å redusere radonnivåene til man er under tiltaksgrensen.

Forslag til tiltak:

- Opprette et nytt sugepunkt til radonbrønnen, så viften suger fra 2 punkter under gulvet. Dette vil kunne skape et undertrykk under huset der det ikke skapes undertrykk nå.
- Ytterligere tettetiltak i andre rom i kjelleren. Dette vil føre til mindre inntrengning av radongass og effektivisere radonbrønnen.
- Installere balansert ventilasjon. En mer effektiv ventilasjon vil tynne ut radonholdig inneluft med uteluft med lav radonkonsentrasjon.
- Gjøre noe med dreneringen og massene rundt huset.

6.4. Oppgavens relevans til FNs bærekraftsmål

Rapporten har relevans til punkt 11, bærekraftige byer og lokalsamfunn, samt punkt 15, livet på land.

7. Referanser

Arbeidstilsynet, 2016, <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/straling/radon/> (09.12.2020)

Arvela, H. & Reisbacka, H., 2009, Radonsanering av bostäder, ISBN 978-952-478-454-2, STUK – Säteilyturvakeskus, Helsinki, Finland.

Axelsson et al., 2015, Lung cancer risk from radon exposure in dwellings in Sweden: how many cases can be prevented if radon levels are lowered? *Cancer Causes Control*:541-7. doi: 10.1007/s10552-015-0531-6. PMID: 25677843; PMCID: PMC4365178.

Bergvesenet, 1959, Fabrikkasjon av Durox lettbetong, rapport nr. 7269, Direktoratet for mineralforvaltning.

Building Science Corporation, 2020, www.buildingscience.com (06.12.2020)

Cohen, 1995, Test of the Linear-No Threshold Theory of Radiation Carcinogenesis for Inhaled Radon Decay Products, *Health Phys* 68(2):157–174, PMID: 7814250, DOI: 10.1097/00004032-199502000-00002.

Darby et al., 2005, Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies, *British Medical Journal*, 330, 223-228, DOI: 10.1136/bmj.38308.477650.63.

Departementene, 2009, Strategi for å redusere radoneksposeringen i Norge, Publikasjonskode: I-1144 B

DSA, 2019, DSA rapport 5:2019 – Tiltak for å redusere radon i boliger er effektive over tid, ISSN 0806- 895[x].

DSA, 2020a, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, publisert 2020, <https://dsa.no/radon/hva-er-radon> (09.12.2020)

DSA, 2020b, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, publisert 2020, <https://dsa.no/radon/nasjonalt-aktsomhetskart-for-radon> (09.12.2020)

DSA, 2020c, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, publisert 2020, <https://dsa.no/radon/anbefalte-grenser-for-radon> (09.12.2020)

DSA, 2020d, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, publisert 2020, <https://dsa.no/radon/slik-maler-du-radon> (09.12.2020)

DSA, 2020e, DSA rapport 8:2020 – Bruk av radonmembran i Norge og sammenligning med bygningstall, ISSN 2535-7352.

DSA, 2020f, DSA rapport 11:2020 – Evaluering av nasjonal radonstrategi 2009–2020, ISSN 2535-7339

DSA, 2020g, Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, publisert 2020, <https://dsa.no/radon/tiltak-mot-radon> (23.04.2021)

Eurofins, 2016, Eurofins Radonlab AS, publisert 2016, <https://www.radonshop.no/shop/product/easyflex-18-kg-frakt-tilkommer?tm=&sm=produkter-for-radontiltak/radonmembraner> (03.05.2021).

Hassfjell, 2017, Lungekreftforekomst knyttet til radoneksponering i norske boliger, PMID 28828814, Den Norske Legeforening, Oslo.

Health Canada, 2013, Radon - Reduction Guide for Canadians, ISBN: 978-1-100-22761-0, Health Canada, Ottawa, Ontario.

Henriksen, 2011, Radon og lungekreft, Fra Fysikkens Verden, 73, Nr. 3, 92-98, ISSN-0015-9247, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Heydi, 2019, Hey'di AS, Publisert 2019, <https://www.heydi.no/prod/1281/no/heydi-kz> (03.05.2021).

Jem og fix, 2021, Jem og fix, <https://www.jemogfix.no/bunnfyllingslist/6125/9042251/> (03.05.2021).

Komperød, 2015, Stråledoser til befolkningen. Oppsummering av stråledoser fra planlagt strålebruk og miljøet i Norge, ISSN 1891-5205, Statens strålevern, Østerås.

Manzetti, 2012, Fjordforsk, publisert 2012, <https://forskning.no/kronikk-forebyggende-helse-geofag/kronikk-radongass-gir-helseproblemer/1177167> (18.04.2021)

NC State, 2014, North Carolina State University, publisert 2014, <https://energy.ces.ncsu.edu/stack-effect-defined/> (09.12.2020)

NGU, 2015, Norges Geologiske Undersøkelse, publisert 2015, <https://www.ngu.no/emne/radonfare> (07.12.2020)

NRK, 2015, Norsk rikskringkasting, publisert 2015, <https://www.nrk.no/dokumentar/mange-norske-bolighus-i-omrader-med-hoy-radonfare-1.12425861> (08.12.2020)

Sika, 2019, Sika Norge AS, Publisert 2019, <https://nor.sika.com/no/losninger-innen-bygg/ferdigstille/fug-og-lim/fugemasse/fugemasse-for-interior/fug-for-interior/sikaflex-11-fc-plus.html> (03.05.2021)

SINTEF, 2009, Hus og helse, ISSN 0802–9598, SINTEF Byggforsk, Oslo, Norge.

SINTEF, 2018, Byggforsk 701.706 Tiltak mot radon i eksisterende bygninger, ISSN 2387-6328. (05.12.2020)

SNL, 2018, Store Norske Leksikon, publisert 2018, <https://snl.no/radium> (09.12.2020)

Stigum et al., 2003, Should radon be reduced in homes? A cost-effect analysis, ISSN 84(2): 227-235, Health Physics.

Strålsäkerhetsmyndigheten, 2000, The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – Recommendations, ISBN 91-89230-00-0, Strålsäkerhetsmyndigheten, Stockholm, Sweden.

Swensen, 2021, Laget av Åge Swensen, student ved UiT, 2021.

Thompson, 2011, Epidemiological Evidence for possible radiation hormesis from radon exposure. A case-control study in Worcester, MA, Dose- Response, 9, 59-75, DOI: 10.2203/dose-response.10-026.Thompson.

Young Woo Jin et al., 2019, Health effects of exposure to radon: implications of the radon bed mattress incident, Epidemiology and health vol. 41: e2019004. doi:10.4178/epih.e2019004, National Radiation Emergency Medical Center, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences, Seoul, Korea.

Zeeb, 2009, WHO handbook on indoor radon: a public health perspective, ISBN 978-92-4-154767-3, World Health Organization, Genève.



8. Vedlegg

8. Vedlegg	1
8.1. Oppgavetekst.....	1
8.2. Radonmålinger.....	5
8.2.1. Langtidsmåling fra 2005.....	6
8.2.2. Måling fra 2020.....	10
8.2.3. Måling fra 2021.....	11
8.2.4. Måling før tetttiltak.....	13
8.2.5. Måling etter tetttiltak.....	15
8.3. Produkter.....	17
8.3.1. Nyvent XRn 100 datablad.....	18
8.3.2. Radonbrønn teknisk godkjenning.....	38
8.3.3. Siikaflex 11fc+ produktdatablad.....	41
8.3.4. Hey'di kz produktdatablad.....	46
8.3.5. Easyflex smøremembran.....	47
8.4. Måleinstrumenter.....	51
8.4.1. TSI 9596 med probe 966 spesifikasjoner.....	52
8.4.2. Corentium Pro spesifikasjoner.....	56

8.1. Oppgavetekst

Opgaveteksten til rapporten følger de neste 3 sidene.

MASTEROPPGAVE

for

Robert Sundby

(Studentnummer 140197)

Vår 2021

Radon i eksisterende bygninger

(Radon in existing buildings)

Bakgrunn

Radongass kan være et utbredt problem i norske hjem. Mange hus i Norge er bygd før radonsperre ble et krav i teknisk forskrift (2010) og kan være i faresonen. Langvarig eksponering av radongass kan være helseskadelig for mennesker. Det er den andre vanligste årsaken til lungekreft, kun slått av røyking. I Norge dør ca. 300 mennesker hvert år av lungekreft som følge av radoneksponering. En systematisk reduksjon av radoneksponeringen i norsk bygningsmasse vil over tid kunne gi en betydelig reduksjon i antall tilfeller radonindusert lungekreft. Beregninger har vist at dersom radoneksponeringen av befolkningen reduseres til å ligge under en maksimumsgrense på 200 Bq/m³, vil dette være kostnadseffektivt med hensyn til helsegevinsten (sparte liv) i befolkningen (Stigum et al. 2003)¹.

Oppgaven er tenkt delt opp i to hoveddeler. En litteraturstudie om radon, for så å se på en case om et eksisterende hus som fortsatt har for høye verdier (ca. 150 bq/m³) etter at radonbrønn har blitt installert. Hvilke tiltak som vil være de mest effektive, byggteknisk og økonomisk, for å redusere nivåene til under tiltaksgrensen, vil være et sentralt spørsmål.

Begrensning av oppgaven

Casestudiet omhandler én enkelt bolig i Beisfjord, Narvik. På grunn av tidsrammen til oppgaven, blir det ikke gjort en langtidsmåling i forkant av tiltak. Nivåene før tiltak baseres på korttidsmålinger gjort mars 2020. Dette gjør at sammenlikningen med resultater fra langtidsmåling i etterkant av tiltak vil være noe begrenset.

¹ Stigum et al., 2003, Should radon be reduced in homes? A cost-effect analysis, ISSN 84(2): 227-235, Health Physics.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Generelt om radongass, herunder:
 - Opphav og utbredelse.
 - Historisk utvikling.
 - Helseaspektet ved moderate eller høye radonnivåer.
 - Metoder for måling av radon.
3. Erfaringer fra andre bygg og forskning innen radon i eksisterende bygninger
 - Betydningen av «skorsteinseffekten» og hvordan dette fører til infiltrasjon av luft fra grunnen.
 - Tiltak av ulikt omfang og kompleksitet. Individuelle vurderinger for hvert bygg med sine respektive bygningsmaterialer og radonnivåer.
4. Casestudie: Enebolig i Beisfjord, Narvik. Resultater fra 1-3 benyttes i casestudiet.
 - Modellere boligen for å kunne illustrere nivåer før og etter tiltak, samt hvor tiltak gjøres. Som programvare for modellering benyttes AutoCad og Revit.
 - Foreslå tiltakspakke for boligen og gjennomføre tiltakene.
 - Gjøre langtidsmåling (2 måneder) etter gjennomførte tiltak for å forsikre at tiltakene har ønsket effekt.
5. Faglig og samfunnsmessig relevans
 - Vurdering av oppgavens relevans opp mot FNs bærekraftsmål.

Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres ikke i samarbeid med noen. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) er involvert for å gi faglig støtte. Odd Magne Solheim fra Radonor AS har tilbudt seg å fungere som en ekstern veileder.

Generelt

Senest 14 dager etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid være ferdigstilt og levert i form av en forstudierapport. Forstudierapporten skal godkjennes av veileder før kandidaten har anledning til å fortsette på resten av hovedoppgaven. Det innledende arbeid skal være en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i hovedoppgaven og skal inneholde:

- Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
- Definisjon i forhold til begrensninger og omfang av oppgaven.
- Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven med definisjoner av arbeidsoppgavenes innhold og omfang.
- En tidsplan for framdriften av prosjektet.

Sluttrapporten skal være vitenskapelig oppbygget med tanke på litteraturstudie, arbeidsmetodikk, kildehenvisninger etc. Alle beregninger og valgte løsninger må dokumenteres og argumenteres for. Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, referanser, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logisk argumentasjonsrekker. I tillegg til norsk tittel skal det være en engelsk tittel på oppgaven. Oppgaveteksten skal være en del av besvarelsen (plasseres foran Forord).

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare/kildekoder eller fysisk utstyr, er å betrakte som en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato:	11.01.2021
Innleveringsdato:	15.05.2021
Kontaktperson bedrift: Ingen (eget initiativ)	
Veileder UiT - IVT: Svein-Erik Sveen	Førsteamanuensis Telefon: 76 96 62 47 / 414 25654 E-post: svein-erik.sveen@uit.no

UiT – Norges Arktiske Universitet
Institutt for bygg, energi og materialteknologi



Svein-Erik Sveen
Faglig ansvarlig/veileder

8.2. Radonmålinger

Måleresultater fra radonmålinger:

- Langtidsmåling fra 2005
- Måling fra 2020
- Måling fra 2021
- Måling før tettetiltak
- Måling etter tettetiltak

RADON RAPPORT



3486 D - 194230

Postboks 94
3107 SEM
Tlf: 33 33 25 50
Fax: 33 33 25 80

Torbjørn Sundby
Stornesveien 34 B
8522 Beisfjord

MÅLETIDSPUNKT: 27.01.2005 - 05.05.2005

MÅLESTED: Barnerom 2
Normal temperatur, antatt normalt lufttrykk
Normal ventilasjon

MÅLERESULTAT (i Becquerel pr. kubikkmeter, Bq/m³)

RADONINNHOLD I MÅLEPERIODEN ER MÅLT TIL: **479 Bq/m³**
BEREGNET ÅRSMIDDELVERDI: **360 Bq/m³ (+/- 25%)**

Statens Strålevern (SSV) og Verdens Helseorganisasjon (WHO) anbefaler følgende

Ved beregnet årsmiddelverdi:

0 - 200 Bq/m³ : Ingen mottiltak påkrevet
200 - 400 Bq/m³ : Enkle mottiltak bør vurderes
Over 400 Bq/m³ : Mottiltak bør gjennomføres

KOMMENTAR:

Målingen viser noe høye verdier. Vår vurdering er at enkle mottiltak bør vurderes, som for eksempel bedring av ventilasjon.

Tønsberg, 27.05.2005
for Terra Control A/S

Per-Jon Moen
Per-Jon Moen
Daglig leder

RADON RAPPORT



3486

D - 194231

Postboks 94
3107 SEM
Tlf: 33 33 25 50
Fax: 33 33 25 80

Torbjørn Sundby
Stornesveien 34 B
8522 Beisfjord

MÅLETIDSPUNKT: 27.01.2005 - 05.05.2005

MÅLESTED: Soveværelse 1

Normal temperatur, antatt normalt lufttrykk
Normal ventilasjon

MÅLERESULTAT (i Becquerel pr. kubikkmeter, Bq/m³)

RADONINNHOLD I MÅLEPERIODEN ER MÅLT TIL:

123 Bq/m³

BEREGNET ÅRSMIDDELVERDI:

92 Bq/m³ (+/- 25%)

Statens Strålevern (SSV) og Verdens Helseorganisasjon (WHO) anbefaler følgende

Ved beregnet årsmiddelverdi:

0 - 200 Bq/m³ : Ingen mottiltak påkrevet
200 - 400 Bq/m³ : Enkle mottiltak bør vurderes
Over 400 Bq/m³ : Mottiltak bør gjennomføres

KOMMENTAR:

Målingen viser lave verdier. Vår vurdering er at tiltak ikke er påkrevet.

Tønsberg, 27.05.2005
for Terra Control A/S

for *B. Moen*
Per-Jon Moen
Daglig leder

RADON RAPPORT



3486

D - 194232

Postboks 94
3107 SEM
Tlf: 33 33 25 50
Fax: 33 33 25 80

Torbjørn Sundby
Stornesveien 34 B
8522 Beisfjord

MÅLETIDSPUNKT: 27.01.2005 - 05.05.2005

MÅLESTED: Stue

Normal temperatur, antatt normalt lufttrykk
Normal ventilasjon

MÅLERESULTAT (i Becquerel pr. kubikkmeter, Bq/m³)

RADONINNHOLD I MÅLEPERIODEN ER MÅLT TIL:
BEREGNET ÅRSMIDDELVERDI:

266 Bq/m³

200 Bq/m³ (+/- 25%)

Statens Strålevern (SSV) og Verdens Helseorganisasjon (WHO) anbefaler følgende

Ved beregnet årsmiddelverdi:

0 - 200 Bq/m³ : Ingen mottiltak påkrevet
200 - 400 Bq/m³ : Enkle mottiltak bør vurderes
Over 400 Bq/m³ : Mottiltak bør gjennomføres

KOMMENTAR:

Målingen viser lave verdier. Vår vurdering er at tiltak ikke er påkrevet.

Tønsberg, 27.05.2005
for Terra Control A/S

for *B. Moen*
Per-Jon Moen
Daglig leder

RADON RAPPORT



3486 D - 194233

Postboks 94
3107 SEM
Tlf: 33 33 25 50
Fax: 33 33 25 80

Torbjørn Sundby
Stornesveien 34 B
8522 Beisfjord

MÅLETIDSPUNKT: 27.01.2005 - 05.05.2005

MÅLESTED: Barnerom 1
Normal temperatur, antatt normalt lufttrykk
Normal ventilasjon

MÅLLERESULTAT (i Becquerel pr. kubikkmeter, Bq/m³)

RADONINNHOLD I MÅLEPERIODEN ER MÅLT TIL:

252 Bq/m³

BEREGNET ÅRSMIDDELVERDI:

189 Bq/m³ (+/- 25%)

Statens Strålevern (SSV) og Verdens Helseorganisasjon (WHO) anbefaler følgende

Ved beregnet årsmiddelverdi:

0 - 200 Bq/m³ : Ingen mottiltak påkrevet
200 - 400 Bq/m³ : Enkle mottiltak bør vurderes
Over 400 Bq/m³ : Mottiltak bør gjennomføres

KOMMENTAR:

Målingen viser lave verdier. Vår vurdering er at tiltak ikke er påkrevet.

Tønsberg, 27.05.2005
for Terra Control A/S

Per-Jon Moen
Per-Jon Moen
Daglig leder



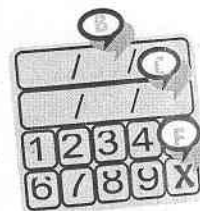
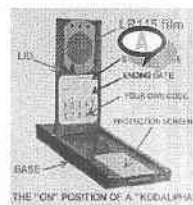
KODALPHA RADONMÅLING

Fylles ut av kunde:				Fylles ut av Norsk Radonkontroll		
Filmnummer	Rom	Måling start dato	Måling stopp dato	Resultater		Nøyaktighet +/-
513777	Sov-Mi	17.02.20	01.03.20	160		45
513778	Stue-kj	17.02.20	01.03.20	163		45
513779	Sov-Rob	17.02.20	01.03.20	157		45
513780	Vaskekj	17.02.20	01.03.20	206		51
513781	Sov Eil	17.02.20	01.03.20	197		-
513782	Stue 1.etg	17.02.20	01.03.20	104		35

Brukerveiledning korttidsfilm

- 1) Alle filmer settes ut i samtlige rom på samme dag!
- 2) Luft minst mulig før og under målingen.
- 3) Hold dører mellom rom mest mulig lukket under målingen.
- 4) For å starte målingen pakkes enheten ut og åpnes slik bilde A viser*. Målingen har nå begynt.
- 5) Skriv da ned **dagens dato** i det øvre feltet slik B viser og på dette arket.
- 6) Merket har et avkrysset felt eller filmnummer, slik F viser. Dette for at du skal kunne skille enhetenes resultat. Merk deg hvem du har satt på hvilket rom i feltet på dette arket.
- 7) Enheten plasseres 75-150 cm over gulvet. IKKE trekkfullt, ved yttervegg, vinduer, vifter, ovner, fuktig luft eller i sterkt sollys. Du kan godt «dele» enheten og lime «lokket» med filmen fast under et bord med tosidig tape slik bilde D viser. Da er den ikke i veien eller utsatt for støv og skitt. (En skitten film kan ikke fremkalles). Det må være minst 10cm fritt luftrom foran filmen.
- 8) Når du avslutter målingen 10-14 dager, skriver du ned dato på dette arket og i det nedre feltet slik C viser og lukker enheten igjen*. Om du "glemmer" sporfilmene slik at de står over dato, gjør ikke det noe.
- 9) Legg filmen(e) i en returkonvolutt (bilde E) og send tilbake til oss, sammen med dette arket ferdig utfyllt. Ta gjerne en kopi. Retur bør skje snarest.

*Noen filmserier kommer uten "fot". Målingen starter da, når enheten tas ut av etuiet og avsluttes igjen når filmen stikkes tilbake inn i dette spesial etuiet.



Radon rapport - Måling av radon i inneluft

Vaskerom

Rapport generert 2021-04-22 20:15

Informasjon om målingen

Navn	Robert Sundby
Gateadresse	Stornesveien 34B
Postnummer	8522
Poststed	Beisfjord
Telefon	46780087
E-post	rsu009@uit.no
Rom	Vaskerom
Etasje	Kjeller
Bygningstype	Bolig
Ventilasjon	Naturlig, 1 avtrekk

Målt radonkonsentrasjon og beregnet årsmiddel

Måling startet	Måling avsluttet	⁽¹⁾ Måleverdi radonkonsentrasjon	⁽²⁾ Beregnet årsmiddel
2021-Mar-19 Fre 09:22	2021-Apr-22 Tor 19:22 34 dager 9 timer	57 Bq/m ³ (±13%)	--- Bq/m ³
⁽¹⁾ Måleverdien er oppgitt som den målte radonkonsentrasjonen ± en estimert måleusikkerhet (et standardavvik).			
⁽²⁾ Dette er ikke et gyldig årsmiddel for Norge. Det er et krav til et gyldig årsmiddel at det skal måles i 60 dager eller mer, og at minst 60 dager er innefor tidsintervallet 15. oktober til 15. april.			

Instrumentopplysninger

Instrument datafil	vaskerom.cor
Instrumentets serienummer	SN:2201500029
Instrumentets fulle måleperiode	34 dager 9 timer 51 minutter. Instrument startet 2021-03-19 09:22. Instrument utlest 2021-04-22 20:13.

Jeg bevitner at målingen er gjort i henhold til anbefalinger fra Corentium og Statens Strålevern, se www.nrpa.no/radon

Sted

Dato

Signatur

Radon rapport - Måling av radon i inneluft

Soverom

Rapport generert 2021-04-22 20:11

Informasjon om målingen

Navn	Robert Sundby
Gateadresse	Stornesveien 34B
Postnummer	8522
Poststed	Beisfjord
Telefon	46780087
E-post	rsu009@uit.no
Rom	Soverom
Etasje	Kjeller
Bygningstype	Bolig
Ventilasjon	Naturlig, 1 avtrekk

Målt radonkonsentrasjon og beregnet årsmiddel

Måling startet	Måling avsluttet	⁽¹⁾ Måleverdi radonkonsentrasjon	⁽²⁾ Beregnet årsmiddel
2021-Mar-19 Fre 09:21	2021-Apr-22 Tor 19:21 34 dager 9 timer	59 Bq/m ³ (±12%)	--- Bq/m ³
⁽¹⁾ Måleverdien er oppgitt som den målte radonkonsentrasjonen ± en estimert måleusikkerhet (et standardavvik).			
⁽²⁾ Dette er ikke et gyldig årsmiddel for Norge. Det er et krav til et gyldig årsmiddel at det skal måles i 60 dager eller mer, og at minst 60 dager er innefor tidsintervallet 15. oktober til 15. april.			

Instrumentopplysninger

Instrument datafil	soverom.cor
Instrumentets serienummer	SN:2201500008
Instrumentets fulle måleperiode	34 dager 9 timer 43 minutter. Instrument startet 2021-03-19 09:21. Instrument utlest 2021-04-22 20:04.

Jeg bevitner at målingen er gjort i henhold til anbefalinger fra Corentium og Statens Strålevern, se www.nrpa.no/radon

Sted

Dato

Signatur

Måling av radon

Måling av radon i inneluft gjøres ved hjelp av sporfilmmetoden. Stråling fra radon og radondøtre (alfapartikler), har evnen til å påføre mikroskopiske skader eller "spor" i visse typer materialer. Disse sporene gjøres synlige gjennom kjemisk etsing. Et avansert mikroskop leser tettheten av spor som igjen gir gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i måleperioden. Radonkonsentrasjonen i inneluft kan variere mye over tid, men det samlet eksponering over lang tid som har betydning for helseisikoen.

Målt radonkonsentrasjon

Måleverdi er gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i måleperioden. For hver måleverdi er det oppgitt en usikkerhet (95% konfidensnivå). En verdi på f. eks. 100 ± 20 Bq/m³ betyr at radonkonsentrasjonen med stor sannsynlighet ligger i intervallet 80 – 120 Bq/m³, men med 100 Bq/m³ som den mest sannsynlige verdi. Den minste detekterbare aktivitetskonsentrasjonen (MDA) for en måleperiode på 3 måneder er 10 Bq/m³.

Årsmiddelverdi

Årsmiddelverdien er det mest sannsynlige gjennomsnittet for et helt år. Radonkonsentrasjonen er vanligvis høyere om vinteren enn om sommeren. Derfor korrigeres målt radonkonsentrasjon med årstidsfaktorer gitt av Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA). Det er årsmiddelverdien som skal sammenliknes med tiltaksgrenser og relevante lovkrav, f.eks. ved utleie av bolig (strålevernforskriften) og nybygg (byggteknisk forskrift).

Tiltaksgrense på 100 Bq/m³

DSA anbefaler at effektive radonreducerende tiltak iverksettes så snart som mulig for å senke radonnivåene hvis årsmiddelverdi i oppholdsrom er høyere enn 100 Bq/m³. Dersom målinger avdekker radonnivåer som ligger under tiltaksgrensen, men hvor det anses som mulig å oppnå en vesentlig reduksjon av nivåene gjennom gitte tiltak, bør slike tiltak iverksettes.

Grenseverdi på 200 Bq/m³

Begrepet grenseverdi defineres som den grensen som DSA vurderer at alle oppholdsrom i alle bygninger bør tilfredssette. Dersom radonmålinger avdekker årsmiddelverdier høyere enn grenseverdien, anbefales det tiltak, helt inntil radonkonsentrasjonene er så lave som praktisk mulig og under grenseverdien.

Radonnivå i brukstiden

For skoler, barnehager og arbeidsplasser med balansert ventilasjon, kan det være nødvendig å gjennomføre trinn 2-målinger for å beregne radonnivået i brukstiden.

Koder for urapporterte detektorer

DNR	Ikke rapportert – Ikke returnert
VTW	Ikke rapportert – Synlig manipulert
FBD	Ikke rapportert – Skadet ved retur
LIL	Ikke rapportert – Skadet i laboratoriet
DTO	Ikke rapportert – For gammel for analyse

Signatur på rapporten

Ved signatur på rapporten bekrefter den analyseansvarlige hos Radonova Laboratories AB at analyse og beregninger er utført i henhold til DSAs prosedyrer og oppfyller SWEDACs krav. Ved elektronisk signatur må den analyseansvarlige oppgi et personlig passord i hvert enkelt tilfelle. På rapporten er det også oppgitt om den personen som har plassert ut detektorene, har attestert at Radonova Laboratories ABs anvisning er fulgt.

Akkreditering

Målingen er utført i henhold til DSAs «Måleprosedyre for radon i boliger», utgitt 2013 eller «Måleprosedyre for radon i skoler og barnehager», utgitt 2015. (Denne er også egnet for øvrige arbeidsplasser.) Radonova er akkreditert (nr. 1489) av SWEDAC til å utføre målinger av radonkonsentrasjonen etter disse metodene. Analyseutstyret kontrolleres daglig og det kalibreres regelmessig i henhold til ISO 11665-4.

Måling av radon

Måling av radon i inneluft gjøres ved hjelp av sporfilmmetoden. Stråling fra radon og radondøtre (alfapartikler), har evnen til å påføre mikroskopiske skader eller "spor" i visse typer materialer. Disse sporene gjøres synlige gjennom kjemisk etsing. Et avansert mikroskop leser tettheten av spor som igjen gir gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i måleperioden. Radonkonsentrasjonen i inneluft kan variere mye over tid, men det samlet eksponering over lang tid som har betydning for helseisikoen.

Målt radonkonsentrasjon

Måleverdi er gjennomsnittlig radonkonsentrasjon i måleperioden. For hver måleverdi er det oppgitt en usikkerhet (95% konfidensnivå). En verdi på f. eks. 100 ± 20 Bq/m³ betyr at radonkonsentrasjonen med stor sannsynlighet ligger i intervallet 80 – 120 Bq/m³, men med 100 Bq/m³ som den mest sannsynlige verdi. Den minste detekterbare aktivitetskonsentrasjonen (MDA) for en måleperiode på 3 måneder er 10 Bq/m³.

Årsmiddelverdi

Årsmiddelverdien er det mest sannsynlige gjennomsnittet for et helt år. Radonkonsentrasjonen er vanligvis høyere om vinteren enn om sommeren. Derfor korrigeres målt radonkonsentrasjon med årstidsfaktorer gitt av Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA). Det er årsmiddelverdien som skal sammenliknes med tiltaksgrenser og relevante lovkrav, f.eks. ved utleie av bolig (strålevernforskriften) og nybygg (byggteknisk forskrift).

Tiltaksgrense på 100 Bq/m³

DSA anbefaler at effektive radonreduserende tiltak iverksettes så snart som mulig for å senke radonnivåene hvis årsmiddelverdi i oppholdsrom er høyere enn 100 Bq/m³. Dersom målinger avdekker radonnivåer som ligger under tiltaksgrensen, men hvor det anses som mulig å oppnå en vesentlig reduksjon av nivåene gjennom gitte tiltak, bør slike tiltak iverksettes.

Grenseverdi på 200 Bq/m³

Begrepet grenseverdi defineres som den grensen som DSA vurderer at alle oppholdsrom i alle bygninger bør tilfredssette. Dersom radonmålinger avdekker årsmiddelverdier høyere enn grenseverdien, anbefales det tiltak, helt inntil radonkonsentrasjonene er så lave som praktisk mulig og under grenseverdien.

Radonnivå i brukstiden

For skoler, barnehager og arbeidsplasser med balansert ventilasjon, kan det være nødvendig å gjennomføre trinn 2-målinger for å beregne radonnivået i brukstiden.

Koder for urapporterte detektorer

DNR	Ikke rapportert – Ikke returnert
VTW	Ikke rapportert – Synlig manipulert
FBD	Ikke rapportert – Skadet ved retur
LIL	Ikke rapportert – Skadet i laboratoriet
DTO	Ikke rapportert – For gammel for analyse

Signatur på rapporten

Ved signatur på rapporten bekrefter den analyseansvarlige hos Radonova Laboratories AB at analyse og beregninger er utført i henhold til DSAs prosedyrer og oppfyller SWEDACs krav. Ved elektronisk signatur må den analyseansvarlige oppgi et personlig passord i hvert enkelt tilfelle. På rapporten er det også oppgitt om den personen som har plassert ut detektorene, har attestert at Radonova Laboratories ABs anvisning er fulgt.

Akkreditering

Målingen er utført i henhold til DSAs «Måleprosedyre for radon i boliger», utgitt 2013 eller «Måleprosedyre for radon i skoler og barnehager», utgitt 2015. (Denne er også egnet for øvrige arbeidsplasser.) Radonova er akkreditert (nr. 1489) av SWEDAC til å utføre målinger av radonkonsentrasjonen etter disse metodene. Analyseutstyret kontrolleres daglig og det kalibreres regelmessig i henhold til ISO 11665-4.



8.3. Produkter

Videre følger datablad for produkter benyttet under oppgaven:

- Nyvent XRn 100
- Radonbrønn
- Sikaflex 11fc+
- Hey'di kz
- Easyflex smøremembran

DATABLAD:

VIFTE XRn



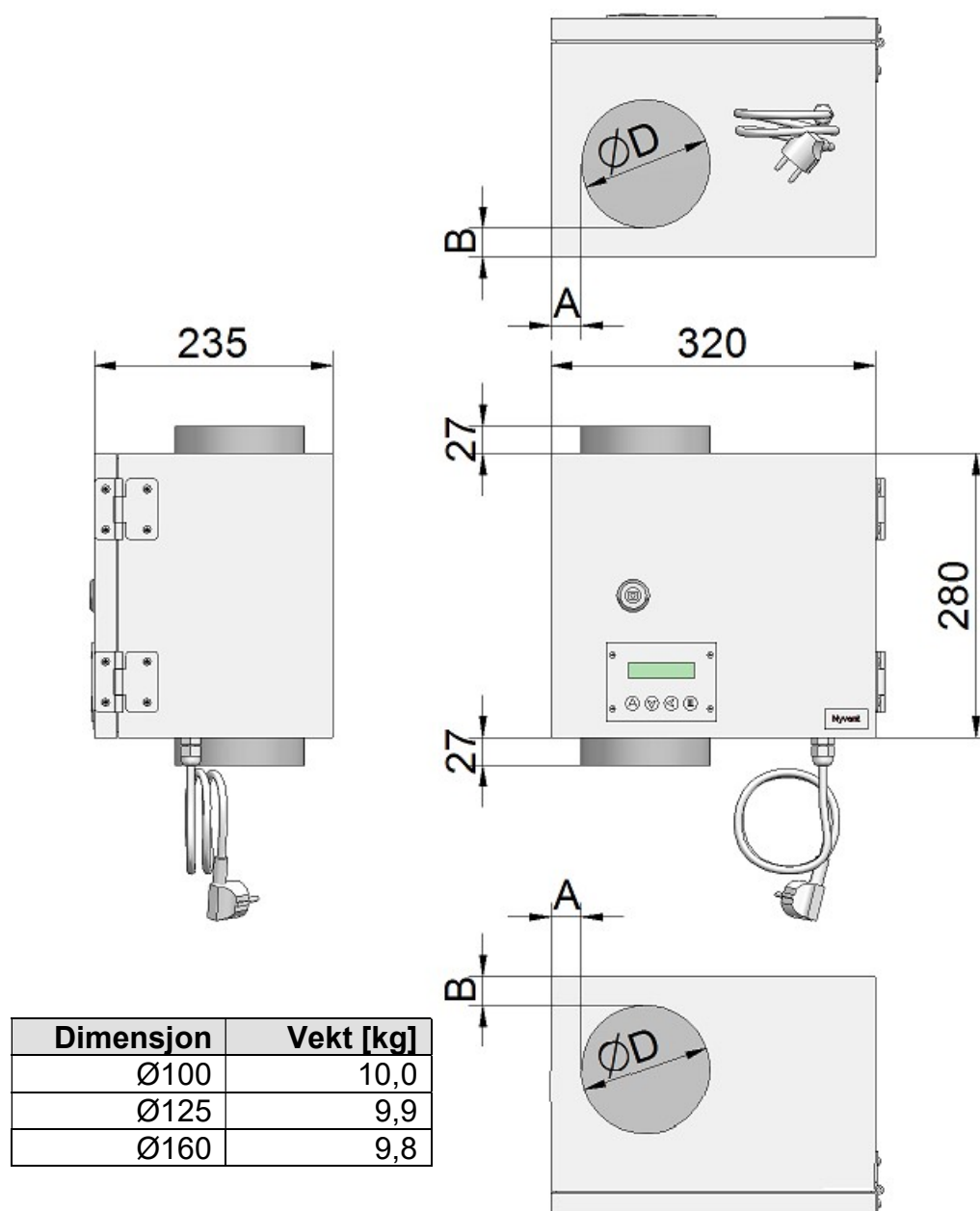
INNHold

- 1. Mål og vekt**
- 2. Luftmengde, trykkøkning og energiforbruk**
- 3. Akustiske data**
- 4. Monteringsanvisning**
- 5. Drifts- og vedlikeholdsinstruks**
- 6. Motorspesifikasjoner**
- 7. Samsvarserklæring (CE)**
- 8. Testrapport fra SINTEF Byggforsk**

DATABLAD:

VIFTE XRn

Mål og vekt

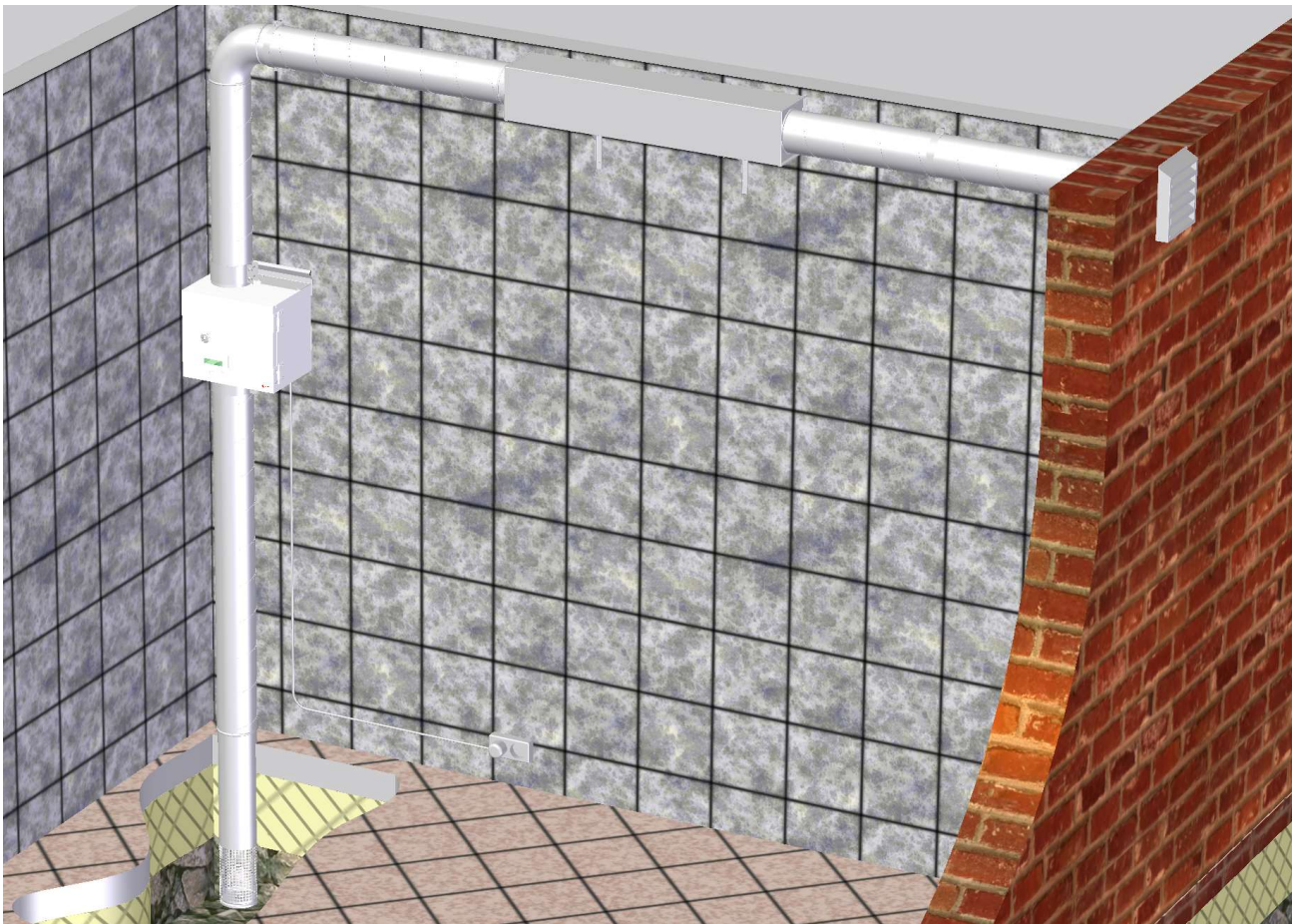


DATABLAD:

VIFTE XRn

Luftmengde, trykkøkning og energiforbruk

Diagrammene på neste side angir viftenes totale trykkøkning som funksjon av luftmengden. Punktene 1 – 7 er driftspunkter ved en typisk radonbrønninstallasjon med avtrekk fra pukk under en bygning. Figuren nedenfor viser en slik typisk installasjon.



I tabellene er energiforbruket for hvert driftspunkt oppgitt. Dataene i tabellene er målt hos SINTEF Byggforsk, målerapport SINTEF 2017:00020.

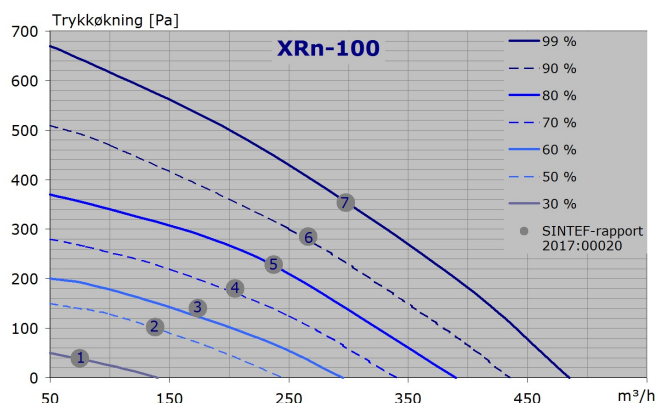


Diagram-punkt	Vifte-innstilling %	Luft-mengde [m³/h]	Trykk-økning [Pa]	Effekt [W]
7 (100)	99	296	350	112
6 (100)	90	266	282	86
5 (100)	80	238	228	64
4 (100)	70	210	178	48
3 (100)	60	178	127	32
2 (100)	50	132	105	17
1 (100)	30	74	35	5

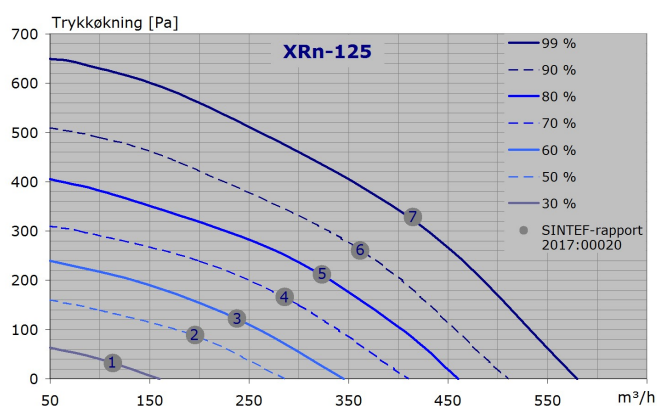


Diagram-punkt	Vifte-innstilling %	Luft-mengde [m³/h]	Trykk-økning [Pa]	Effekt [W]
7 (125)	99	415	329	129
6 (125)	90	358	262	97
5 (125)	80	324	212	68
4 (125)	70	286	166	52
3 (125)	60	236	124	35
2 (125)	50	194	91	22
1 (125)	30	113	32	9

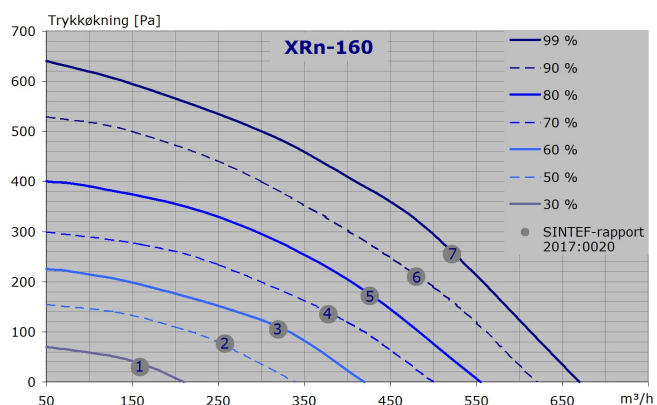


Diagram-punkt	Vifte-innstilling %	Luft-mengde [m³/h]	Trykk-økning [Pa]	Effekt [W]
7 (160)	99	517	250	150
6 (160)	90	474	206	122
5 (160)	80	424	168	90
4 (160)	70	378	131	66
3 (160)	60	315	104	45
2 (160)	50	255	78	29
1 (160)	30	154	27	11

DATABLAD:

VIFTE XRn

Akustiske data

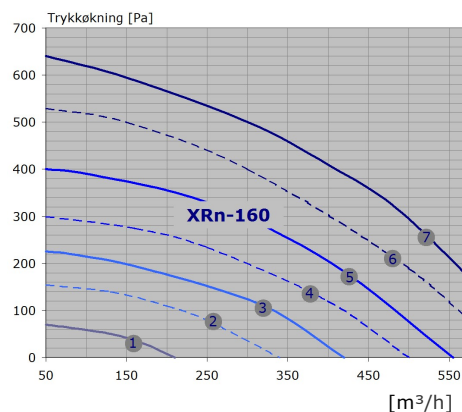
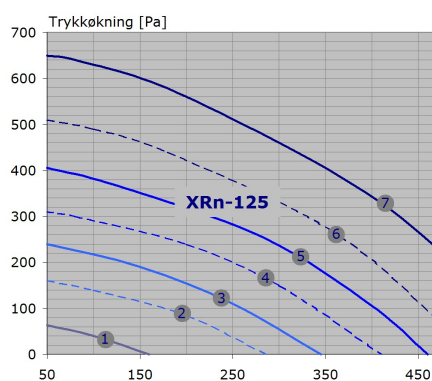
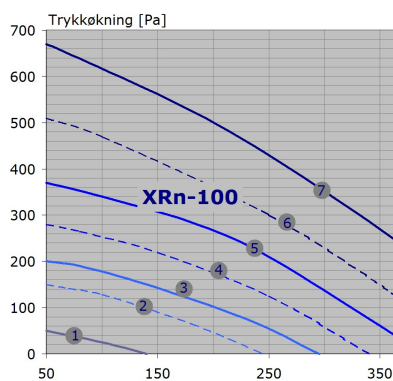
Tabellene viser akustiske data for viften ved driftspunkter for typiske radonbrønninstallasjoner som vist i diagrammene nedenfor.

Lydnivå i rom *			
Dimensjon:	Ø100	Ø125	Ø160
Driftspunkt	dB(A)	dB(A)	dB(A)
7 (99 %)	45	44	43
6 (90 %)	42	40	39
5 (80 %)	39	37	35
4 (70 %)	36	35	33
3 (60 %)	33	31	30
2 (50 %)	28	27	26
1 (30 %)	< 20	< 20	< 20

* Direktestøy fra vifte. Lydtryknivå i etterklangsfelt i rom med 4 dB romabsorpsjon (10 m² Sabine)

Lydnivå utendørs *						
Dimensjon:	Ø100		Ø125		Ø160	
Lyddemper:	900 mm	600 mm	900 mm	600 mm	900 mm	600 mm
Driftspunkt	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
7 (99 %)	31	34	29	32	33	36
6 (90 %)	28	31	27	30	31	33
5 (80 %)	24	28	24	27	28	31
4 (70 %)	21	24	20	23	24	27
3 (60 %)	< 20	21	< 20	20	21	24
2 (50 %)	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	21
1 (30 %)	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

* Luftbåren støy fra vifte via kanal. Lydtryknivå 3 m fra avkast



DATABLAD:

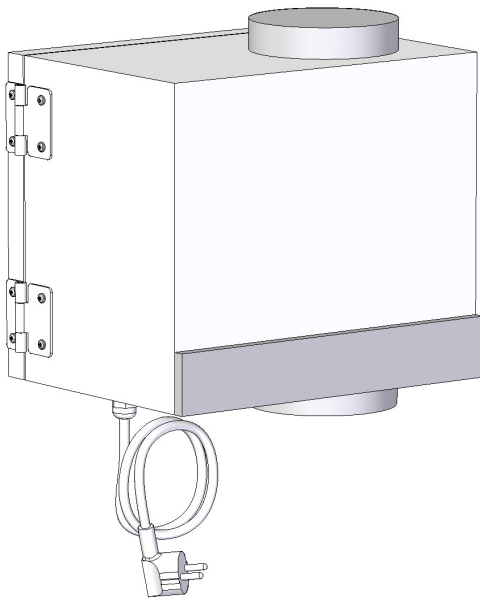
VIFTE XRn

Monteringsanvisning

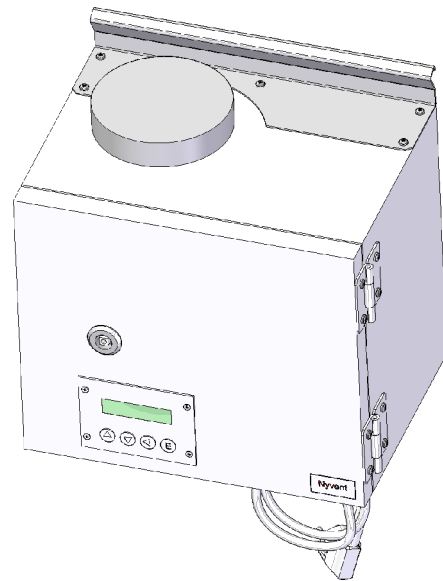
1. Fest veggbrakett med 6 skruer.



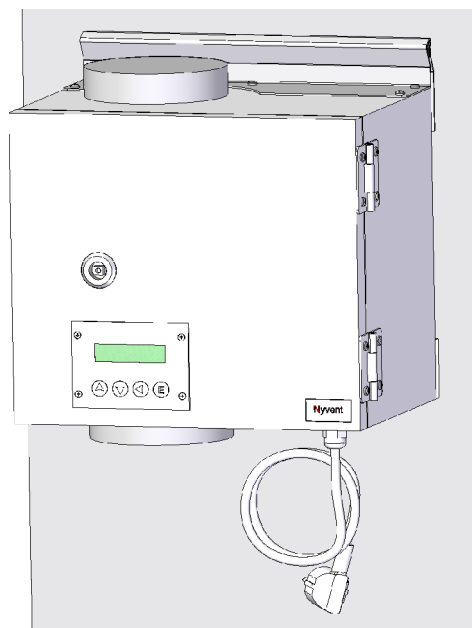
2. Lim grå vibrasjonsisolering nederst på den vifteflaten som skal mot vegg.



3. Fest viftebrakett med 5 skruer.

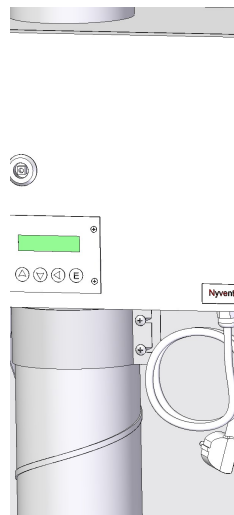
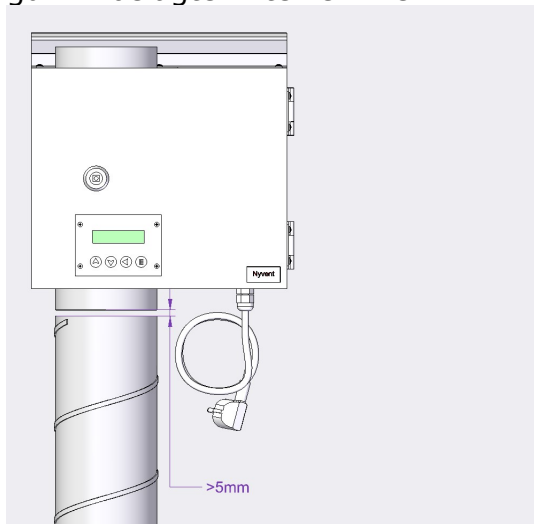


4. Hekt vifte over veggbrakett.

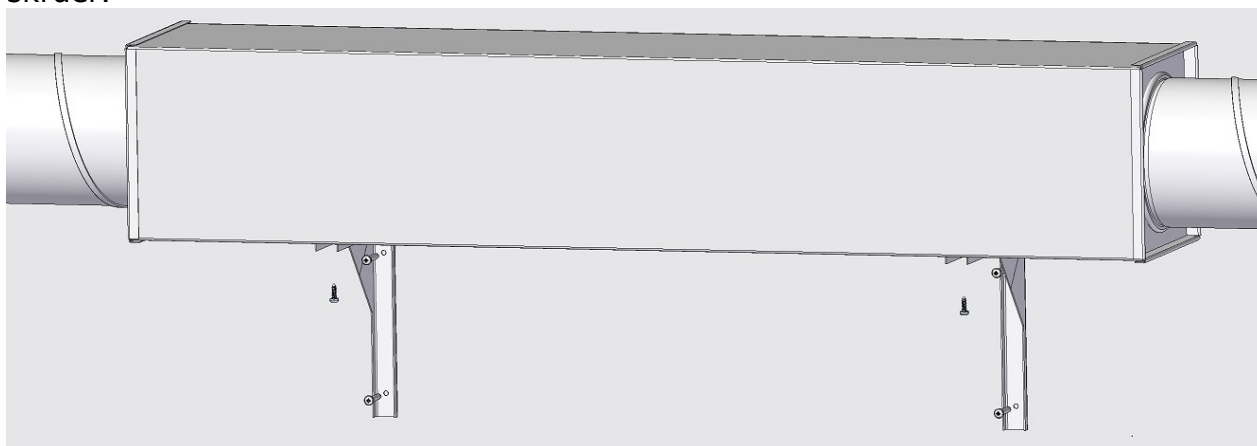


Nyvent

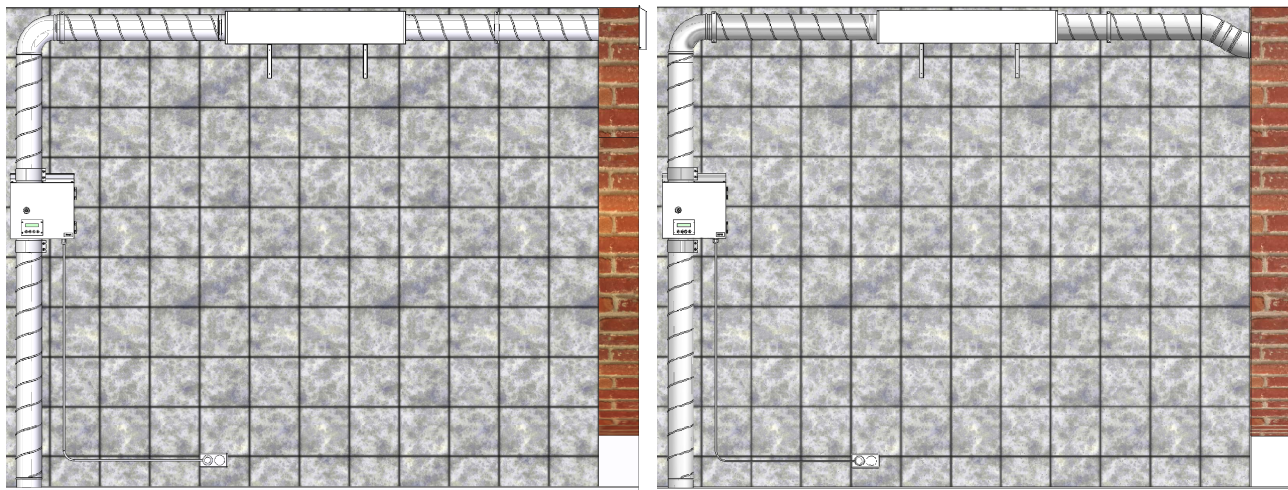
5. Monter kanaler før og etter vifte med gummibelagte vifteklemmer.



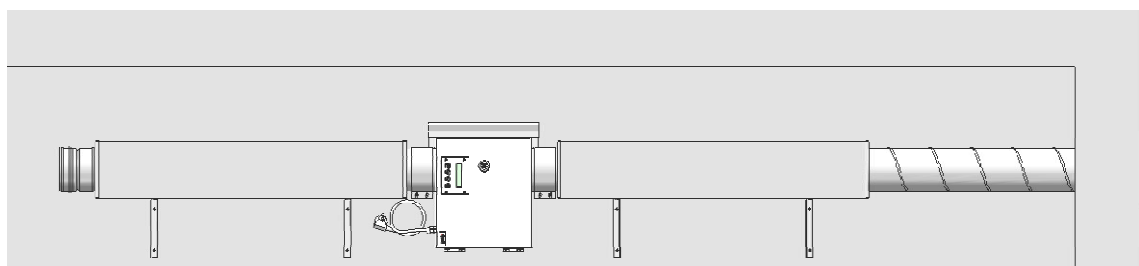
7. Skru fast lyddemperbraketter i vegg. Skru braketter fast i lyddemper med selvborende skruer.



8. Fest kanaler til vegg eller tak med rørklammer. Kanal må ha fall mot avkastventil eller avsluttes med "kondensfelle" (2 bend) som vist på tegning til høyre nedenfor:



9. Vifte kan alternativt monteres horisontalt som vist på eksempel nedenfor.



10. Installasjonen krever omgivelsestemperatur på minst 16 °C gjennom hele året. Kanaler som føres gjennom kalde rom, må kondensisolereres. Alternativt kan hele installasjonen bygges inn i isolert kasse. Da må det lages inspeksjonsluke for tilsyn av vifte.

DATABLAD:

VIFTE XRn

Drifts- og vedlikeholdsinstruks

Styrepanelet har 4 knapper:



"Opp"



"Ned"

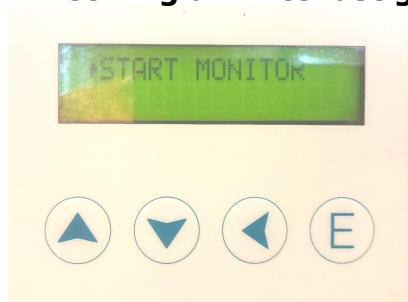


"Tilbake"



"Enter"

Innstilling av viftehastighet:



1. Trykk "Enter".

2. Trykk "Ned".
Velg "Set fan speed".
Trykk "Enter".

3. Hold inne "Opp" eller "Ned"
til ønsket innstilling.
Trykk "Enter".

99 % gir maksimal viftehastighet. (Ved 100 % stopper viften!) Nedre grense for viftehastighet avhenger av trykktapet (motstanden) i systemet. Kontrollér at det blåser luft ut av avkastventilen. Normal innstilling for en radonbrønninstallasjon er 30 – 80 %, men dette må endelig bestemmes etter radonmåling.

Strømbrudd

Etter et strømbrudd vil viften automatisk starte med samme innstilling som før strømbruddet.

Rengjøring

NB! Før rengjøring, må støpselet trekkes ut fra stikkontakten.

Innside: Det anbefales å inspisere viftens innside minst én gang i året. Vifte-kassen åpnes med firkantnøkkel. Ved behov kan innsiden støvsuges eller rengjøres med lett fuktet klut. Unngå belastning på ledninger og elektriske komponenter. Påse at lokket er helt stengt før støpsel settes i.

Utside: Viftens ytre overflate kan rengjøres med fuktig klut. Unngå vann på styrepanel.

DATABLAD:

VIFTE XRn

Motorspesifikasjoner

Nominal data

Type	G3G160-CU09-11	
Motor	M3G055-DF	
Phase		1~
Nominal voltage	VAC	230
Nominal voltage range	VAC	200 .. 240
Frequency	Hz	50/60
Type of data definition		ml
Speed	min ⁻¹	2100
Power input	W	170
Current draw	A	1.35
Min. back pressure	Pa	0
Min. ambient temperature	°C	-25
Max. ambient temperature	°C	50

ml = Max. load · me = Max. efficiency · fa = Running at free air · cs = Customer specs · cu = Customer unit
Subject to alterations

ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG

Bachmühle 2 · D-74673 Mulfingen

Phone +49 7938 81-0

Fax +49 7938 81-110

info1@de.ebmpapst.com

www.ebmpapst.com

Limited partnership · Headquarters Mulfingen

County court Stuttgart · HRA 590344

General partner Elektrobau Mulfingen GmbH · Headquarters Mulfingen

County court Stuttgart · HRB 590142



Data according to ErP directive

Installation category	A	
Efficiency category	Static	
Variable speed drive	Yes	
Specific ratio*	1.01	

* Specific ratio = $1 + p_{fs} / 100\,000\text{ Pa}$

		Actual	Request 2013	Request 2015
Overall efficiency η_{es}	%	46.4	25.1	32.1
Efficiency grade N		58.3	37	44
Power input P_{ed}	kW	0.13		
Air flow q_v	m ³ /h	350		
Pressure increase p_{fs}	Pa	558		
Speed n	min ⁻¹	2730		

Data definition with optimum efficiency.

The ErP data is determined using a motor-impeller combination in a standardised measurement configuration.

DATABLAD:

VIFTE XRn

Samsvarserklæring

ebmpapst

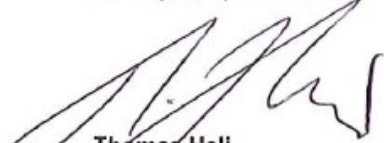
Identity Declaration G3G160-CU09-11

Herewith we declare that the fan assembly G3G160-CU09-11 is based on motor model M3G055-DF E05515.

The difference for the fan model G3G160-CU09-11 compared to the motor model M3G055-DF E05515, that is approved by the VDE Testing and Certification Institute according to the standard EN 60335-1 as stated in the Certificate No. 40033634, updated 2013-04-25, is related to the blower wheel and blower housing only.

The fan is assembled by using the motor model M3G055-DF E05515 and mounting the blower wheel to the external rotor of the motor. This combination is then completed to the fan model G3G160-CU09-11 by adding the housing around motor and blower wheel.

Mulfingen, April 26th, 2013



Thomas Heli
Head of R&D
Product Division EA-2

DATABLAD:

VIFTE XRn

Testrapport fra SINTEF Byggforsk



2017:00020 - Fortrolig

Prøverapport

Måling av luftmengde, trykkøkning og energiforbruk for viftetype XRn

Forfatter
Marius Hammer



SINTEF Byggforsk
Energi og inn klima
2017-05-18

**SINTEF Byggforsk**

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 Oslo

Sentralbord: 73593000
Telefaks: 22699438

byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Prøverapport

Måling av luftmengde, trykkøkning og energiforbruk for viftetype XRn

EMNEORD:
Luftgjennomstrømning
Trykktap
Kapasitet
Vifte
Energiforbruk

VERSJON
1

DATO
2017-05-18

FORFATTER(E)
Marius Hammer

OPPDRAGSGIVER(E)
Nyvent AS
Postboks 2
2712 Brandbu

OPPDRAGSGIVERS REF.
Odd Magne Solheim

PROSJEKTNR
2017:00020

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
9

PRØVEOBJEKT
XRn-100: 0102602 15/17/02
XRn-125: 0102600 14/17/09
XRn-160: 0102601 14/17/01

PRØVEOBJEKT MOTTATT
2017-05-03

PRØVEPROGRAM
Måling av luftmengde,
trykkøkning og
strømforbruk

PRØVESTED
Oslo

PRØVEDATO
2017-05-16

SAMMENDRAG

Kapasitet i form av luftmengde som funksjon av trykkøkning er målt for viftetype XRn i dimensjon $\varnothing 100$, $\varnothing 125$ og $\varnothing 160$. For hvert driftspunkt er det også målt strømforbruk (vifteeffekt).

Prøveresultatene gjelder kun de objekter som er prøvd.

UTARBEIDET AV
Marius Hammer

SIGNATUR

GODKJENT AV
Kari Thunshelle

SIGNATUR

Rapporten er oppdragsgivers eiendom og kan ikke uten vedkommendes skriftlige tillatelse overlates til tredjepart. Uten SINTEF sin skriftlige godkjenning kan rapporten kun reproduseres i sin helhet

1 av 7



SINTEF Byggforsk

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 Oslo

Sentralbord: 73593000
Telefaks: 22699438

byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>

Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

RAPPORTNR

2017:00020

GRADERING

Fortrolig

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
2	Prøveobjekter	3
3	Prøvemetode	4
4	Måleresultater	6
4.1	XRn-100	6
4.2	XRn-125	7
4.3	XRn-160	7

Rapporten er oppdragsgivers eiendom og kan ikke uten vedkommendes skriftlige tillatelse
overlates til tredjepart. Uten SINTEF sin skriftlige godkjenning kan rapporten kun
reproduseres i sin helhet

2 av 8



1 Innledning

På oppdrag fra Nyvent AS har SINTEF Byggforsk målt luftmengde som funksjon av trykkøkning og vifteeffekt for tre vifter som primært skal benyttes til tiltak mot radon. Målingene skal benyttes til produktdokumentasjon. Målingene ble gjort 7. og 16. mai 2017 i ventilasjonslaboratoriet ved SINTEF Byggforsk i Oslo av Marius Hammer.

2 Prøveobjekter

Prøveobjektene ble levert til laboratoriet av Nyvent AS. De er produsert av Ensy AS for Nyvent AS. I følge oppdragsgiver var de tre testobjektene tilfeldig valgt fra ordinære produksjonsserier. Det er oppgitt at produksjonen skal være sporbar gjennom fabrikkens ISO-sertifiserte kvalitetssystem.

Viftene var merket med følgende serienumre:

XRn-100: 0102602 15/17/02

XRn-125: 0102600 14/17/09

XRn-160: 0102601 14/17/01

Prøveobjektene er innkapslede sentrifugalvifter i viftehus av støpt aluminium med permanentmagnetmotor (EC-motor). Vifter og motorer er produsert hos EBM Papst. Viftene er montert inn i en ytterkapsling av dobbeltmantlet stål med mellomliggende termisk og akustisk isolasjon. Det er en hengslet inspeksjonsluke med integrert styrepanel. Viftene leveres ferdig koplet med kabel og støpsel som vist på bilde 1.

Bilde 2 viser måltegning.



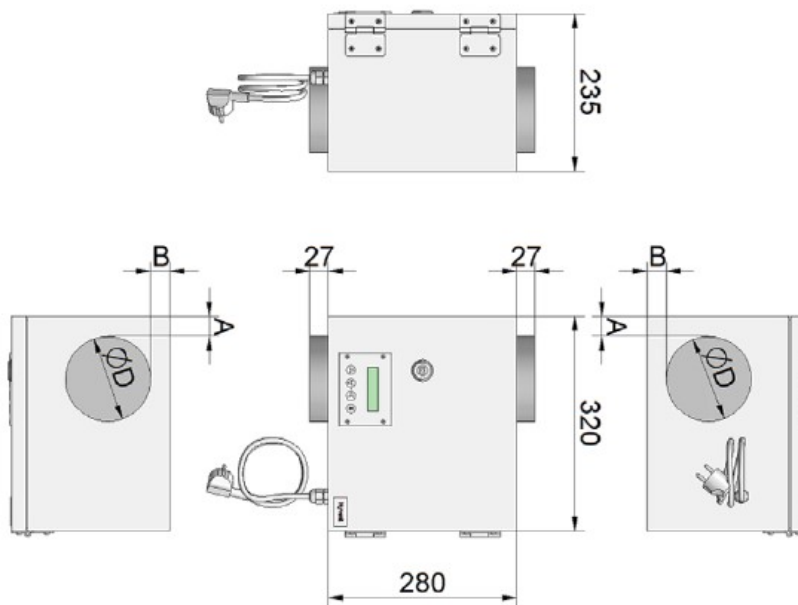
Bilde 1: Vifte XRn-125

PROSJEKTNR
102015990

RAPPORTNR
2017-00020

VERSJON
1

3 av 8



Bilde 2: Måltegning for XRn (ØD = 100, 125 og 160)

3 Prøvemethode

Viftene ble montert i en kanal med samme diameter som vifteanslutningen med rettstrekk på 2 m på sugesiden og 1,2 m før fritt kanalutløp på trykksiden. Statisk trykk ble målt 0,3 meter før vifteinnløp. Med denne oppstillingen kan total trykkøkning over vifte settes lik målt statisk trykk.

Det ble målt i driftspunkter (kombinasjon av trykkøkning og luftmengde) angitt av oppdragsgiver. Driftspunktene ble valgt etter trykktapsberegning for en typisk installasjon med avtrekk fra radonbrønn som vist på bilde 3. Trykktapsberegningen er vist i tabell 1.

Sugesiden ble koplet til blendestrekk for måling av luftmengde og regulering av anleggsmotstand.

Viftenes hastighet ble stilt inn på det integrerte styrepanelet. Hastigheten er oppgitt i prosent av maksimalt turtall. 99 % er dog det maksimalt oppnåelige.

Måleutstyr:

SINTEF Byggforsk blendestrekk, ISO 5167-2

Avlesning av blendestrekk:

Fumess FCO510, s.nr. 941060

Avlesning av statisk trykk:

dpm TT 570 SV, s.nr. 5786

Elektrisk effekt:

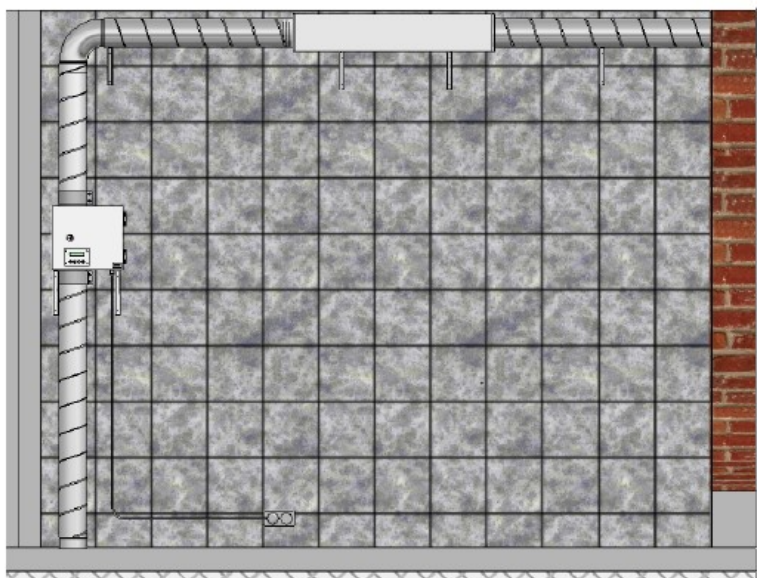
Wattmeter Lutron DW-6066, serienummer 090636

PROSJEKTNR
102015990

RAPPORTNR
2017.00020

VERSJON
1

4 av 8



Bilde 3: Typisk radonbrønninstallasjon

Tabell 1: Beregning av totaltrykk gjennom typisk radonbrønninstallasjon

Totaltrykktap [Pa]				
Ø100	100 m³/h	200 m³/h	300 m³/h	Grunnlag
Brønn i 11/16-pukk	22	66	145	SINTEF TG 2406
Lyddemper LKR-900	7	22	50	Datablad Trox Auranor
90 ° bend	3	11	25	Ventilasjonsteknikk I
5 m kanal	10	26	60	Ventilasjonsteknikk I
Avkastventil	10	40	91	Datablad Nyvent
Sum:	52	165	371	
Ø125	100 m³/h	300 m³/h	400 m³/h	Grunnlag
Brønn i 11/16-pukk	14	94	129	SINTEF TG 2406
Lyddemper LKR-900	3	20	36	Datablad Trox Auranor
90 ° bend	1	8	14	Ventilasjonsteknikk I
5 m kanal	3	20	36	Ventilasjonsteknikk I
Avkastventil	5	46	67	Datablad Nyvent
Sum:	26	188	302	
Ø160	100 m³/h	300 m³/h	500 m³/h	Grunnlag
Brønn i 11/16-pukk	8	52	126	SINTEF TG 2406
Lyddemper LKR-900	1	6	17	Datablad Trox Auranor
90 ° bend	1	3	8	Ventilasjonsteknikk I
5 m kanal	1	10	28	Ventilasjonsteknikk I
Avkastventil	3	23	65	Datablad Nyvent
Sum:	14	94	244	

PROSJEKTNR
102015990

RAPPORTNR
2017-00020

VERSJON
1

5 av 8



4 Måleresultater

4.1

Resultater fra målingene gjelder for trykkforhold i en typisk radonbrønnstallasjoner utformet i henhold til Nyvents beregninger i Tabell 1.

XRn-100

SINTEF Byggforsk - ventilasjonslaboratoriet			Dato:		04.05.2017	Utført av:		MH	
P_{atm} :	1024 hPa	Temperatur:			20,6 °C	RF:	24 %		
Vifte XRn	Innstilling %	Effekt W	ps Pa	Δp Pa	Rho-korrigert Pa	Blende mm	Blende k	n	q m ³ /h
100	99	112	350	84	83,1	120	33,154	0,495	295,6
100	90	86	282	68	67,3	120	33,154	0,495	266,3
100	80	64	228	54	53,4	120	33,154	0,495	237,5
100	70	48	178	42	41,5	120	33,154	0,495	209,8
100	60	32	127	30	29,7	120	33,154	0,495	177,6
100	50	17	105	151	149,4	70	10,931	0,4969	131,5
100	30	5	35	48	47,5	70	10,931	0,4969	74,4

PROSJEKTNR
102015990

RAPPORTNR
2017-00020

VERSJON
1

6 av 8



4.2 XRn-125

SINTEF Byggforsk - ventilasjonslaboratoriet			Dato:		16.05.2017	Utført av:		MH	
P_{atm} :	1016 hPa		Temperatur:		19,2 °C		RF:		43 %
Vifte XRn	Innstilling %	Effekt W	ps Pa	Δp Pa	Rho-korrigert Pa	Blende mm	Blende k	n	q m ³ /h
125	99	129	329	165	164,5	120	33,154	0,495	414,5
125	90	97	262	123	122,6	120	33,154	0,495	358,4
125	80	68	212	100	99,7	120	33,154	0,495	323,5
125	70	52	166	78	77,8	120	33,154	0,495	286,1
125	60	35	124	486	484,6	70	10,931	0,4969	236,1
125	50	22	91	328	327,0	70	10,931	0,4969	194,2
125	30	9	32	111	110,7	70	10,931	0,4969	113,3

4.3 XRn-160

SINTEF Byggforsk - ventilasjonslaboratoriet			Dato:		16.05.2017	Utført av:		MH	
P_{atm} :	1016 hPa		Temperatur:		19,5 °C		RF:		43 %
Vifte XRn	Innstilling %	Effekt W	ps Pa	Δp Pa	Rho-korrigert Pa	Blende mm	Blende k	n	q m ³ /h
160	99	150	250	258	257,2	120	33,154	0,495	517,2
160	90	122	206	216	215,4	120	33,154	0,495	473,6
160	80	90	168	173	172,5	120	33,154	0,495	424,4
160	70	66	131	137	136,6	120	33,154	0,495	378,1
160	60	45	104	95	94,7	120	33,154	0,495	315,4
160	50	29	78	62	61,8	120	33,154	0,495	255,3
160	30	11	27	75	74,8	90	18,139	0,496	154,4

PROSJEKTNR
102015990

RAPPORTNR
2017:00020

VERSJON
1

7 av 8

Nyvent



PROSJEKTNR
102015990

RAPPORTNR
2017-00020

VERSJON
1

8 av 8

SINTEF bekrefter at

Radonor Radonbrønn

er vurdert å være egnet i bruk og tilfredsstillende krav til produktdokumentasjon i henhold til forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) og forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK), for de egenskaper, bruksområder og betingelser for bruk som er angitt i dette dokumentet.



1. Innehaver av godkjenningen

Radonor as
Postboks 2
2712 Brandbu
www.radon.no

2. Produktbeskrivelse

Radonor Radonbrønn er delvis perforerte rør til bruk som radonbrønner. Rørene er utført av 0,7 mm rustfritt stål, og med delvis perforerte endestykker. Brønnene leveres i fire dimensjoner $\varnothing 100$, $\varnothing 125$, $\varnothing 160$ og $\varnothing 200$ mm.

Et felt på ca. 180/200 mm ved den ene enden er perforert med henholdsvis 540, 684, 882 og 1050 kvadratiske hull i størrelse 7,5 x 7,5 mm, se figur 1. I den andre enden har radonbrønnene en pakning av EPDM-gummi for å oppnå tette tilslutninger.

Alle brønnene har diameter tilpasset tilkopling til ventilasjonskanal eller PVC rør. Dimensjon $\varnothing 100$, $\varnothing 125$ og $\varnothing 160$ leveres med lufttett, lakkert lokk.

3. Bruksområder

Radonor Radonbrønn benyttes som radonbrønn i eksisterende bygninger og som tilrettelegging for radonbrønn i nye bygninger jfr. forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK). Produktene kan benyttes i alle småhus og større bygninger der det skal tilrettelegges for trykkendring/ventilering av byggegrunnen.

Dimensjon $\varnothing 200$ er ment for horisontal montering i pukklag der flere brønner koples til samme rør for felles oppstikk. Dimensjon $\varnothing 100$, $\varnothing 125$ og $\varnothing 160$ kan i tillegg monteres som en gjennomføring i golv eller vegg.

Figur 2 og 3 viser radonbrønn montert i en golvkonstruksjon. Figur 4 viser prinsipp for tilkopling av radonbrønn til vifte. Figur 5 viser prinsipp for horisontal montering av radonbrønn på større flater.

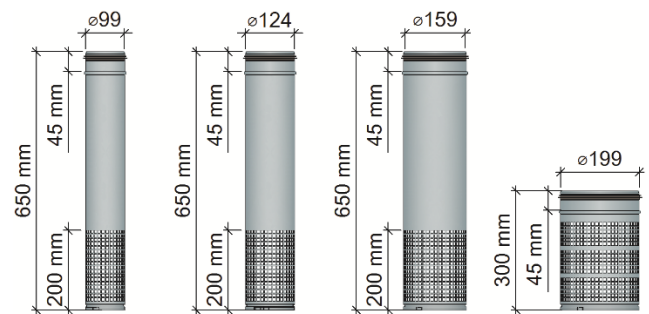


Fig. 1
Radonor Radonbrønn $\varnothing 100$, $\varnothing 125$, $\varnothing 160$ og $\varnothing 200$

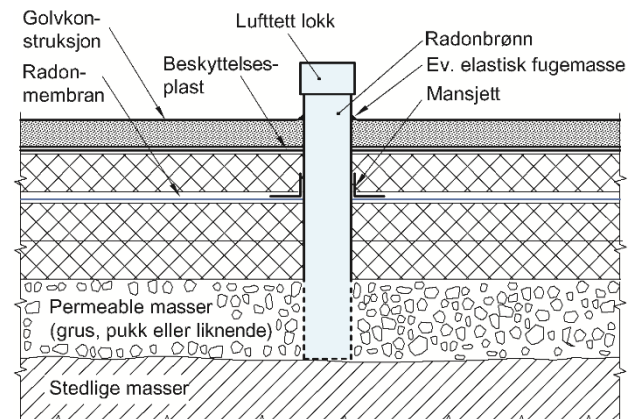


Fig. 2
Radonor Radonbrønn ($\varnothing 100$, $\varnothing 125$ eller $\varnothing 160$) montert vertikalt i en golvkonstruksjon

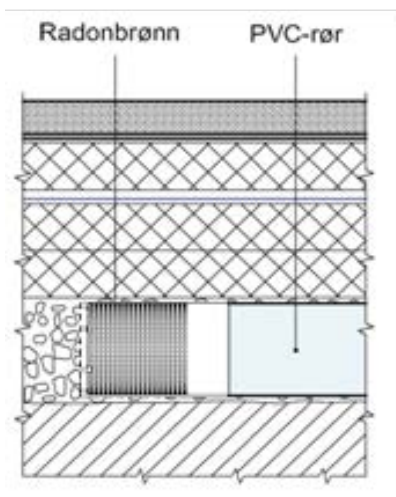


Fig. 3
Radonor Radonbrønn Ø200 montert til horisontalt PVC-rør i en golvkonstruksjon. Det benyttes muffeør eller løsmuffe i skjøtene.

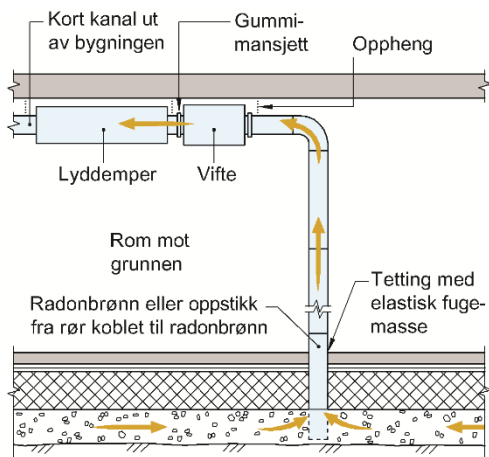


Fig. 4
Prinsipp for tilkopling av Radonor Radonbrønn (Ø100, Ø125 eller 160) til vifte.

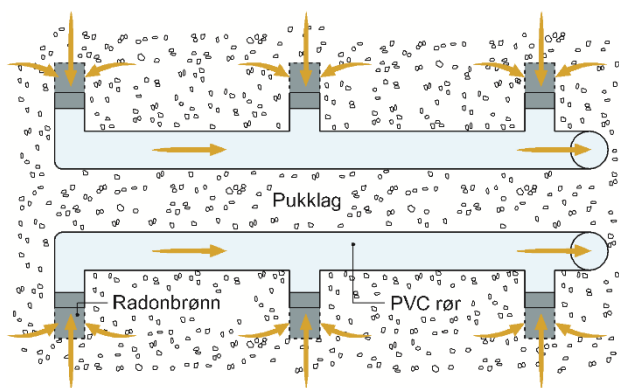


Fig. 5
Prinsippskisse (sett ovenfra) for montering av radonbrønner på større flater. Det benyttes muffeør eller løsmuffe i skjøtene.

4. Egenskaper

Bestandighet

Radonor Radonbrønn er bedømt å ha tilstrekkelig korrosjonsbestandighet for det angitte bruksområdet.

Kapasitet

Trykkfallskurene for montering i 11/16 mm pukk er vist for avtrekk i figur 6, for tilluft i fig. 7.

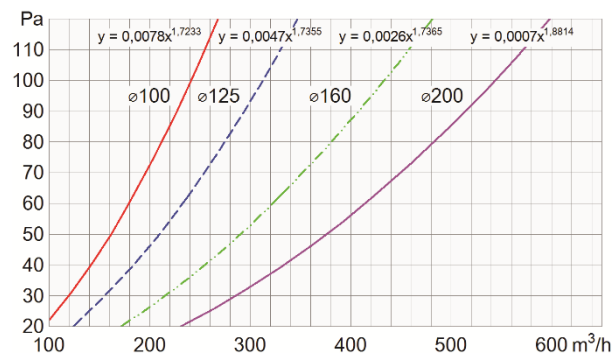


Fig. 6
Totaltrykktap for Radonor Radonbrønn målt med avtrekk i 11/16 pukk for dimensjon Ø100, Ø125, Ø160 og Ø200

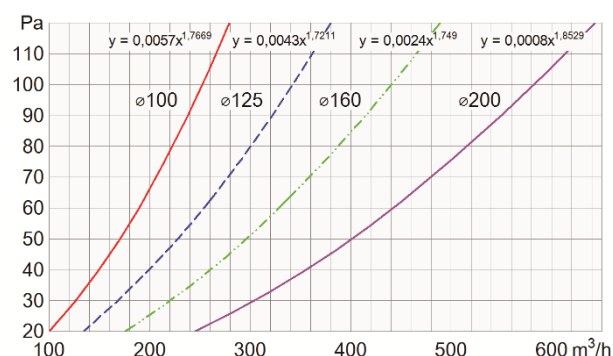


Fig. 7
Totaltrykktap for Radonor Radonbrønn målt med tilluft i 11/16 pukk for dimensjon Ø100, Ø125, Ø160 og Ø200

5.5. Miljømessige forhold

Helse- og miljøfarlige kjemikalier

Radonor Radonbrønn inneholder ingen prioriterte miljøgifter, eller andre relevante stoffer i en mengde som vurderes som helse- og miljøfarlige. Prioriterte miljøgifter omfatter CMR, PBT og vPvB stoffer.

Inneklimapåvirkning

Radonor Radonbrønn er bedømt å ikke avgi partikler, gasser eller stråling som gir negativ påvirkning på inneklimaet, eller som har helsemessig betydning.

Miljødeklarasjon (EPD)

Det er ikke utarbeidet egen miljødeklarasjon (EPD) for Radonor Radonbrønn.

Avfallshåndtering/gjenbruksmuligheter

Radonor Radonbrønn skal kildesorteres som metall ved avhending. Produktet skal leveres til godkjent avfallsmottak der det kan materialgjenvinnes.

6. Betingelser for bruk

Prosjektering

Prosjekteringen bør foretas i henhold til Byggforskserien 520.706 *Sikring mot radon ved nybygging* og 701.706 *Tiltak mot radon i eksisterende bygninger*.

Montasje

Ved gjennomføring i golv/vegg skal det fuges mellom betong og Radonor Radonbrønn. Der Radonor Radonbrønn føres gjennom radonmembran bør gjennomføringen planlegges og tettes med elastisk fugemasse eller spesielle mansjetter etter anvisning fra leverandøren av membranen.

Golv på grunn må bygges opp med permeable masser med en tykkelse på 200 mm i samme nivå som radonbrønnens perforeringer. Se figur 2. De permeable massene skal ha minimum kornstørrelse på 8 mm.

Sikkerhet ved brann

Brennbar isolasjon må tildekkes, mures eller støpes inn slik at muligheten for tidlig involvering i brann begrenses

7. Produkt- og produksjonskontroll

Radonor Radonbrønn produseres av Trox Auranor Norge AS, Brandbu for Radonor as, Brandbu.

Innehaver av godkjenningen er ansvarlig for produksjonskontrollen for å sikre at produktet blir produsert i henhold til de forutsetninger som er lagt til grunn for godkjenningen.

Fabrikkfremstillingen av Radonor Radonbrønn er underlagt overvåkende produkt- og produksjonskontroll i henhold til kontrakt om SINTEF Teknisk Godkjenning.

8. runnlag for godkjenningen

Radonor Radonbrønn er vurdert på grunnlag av rapporter som er innehavers eiendom.

9. Merking

Radonor Radonbrønn skal være merket på rør med produktnavn, produksjonsmåned og navn på leverandør. Dimensjon Ø100, Ø125 og Ø160 er også merket på lokket.

Godkjenningsmerket for SINTEF Teknisk Godkjenning TG 2406 kan benyttes på produkt og emballasje.

10. Ansvar

Innehaver/produsent har det selvstendige produktansvar i henhold til gjeldende rett. Krav kan ikke fremmes overfor SINTEF utover det som er nevnt i NS 8402.

for SINTEF

Hans Boye Skogstad
Godkjenningsleder

PRODUKTDATABLAD

Sikaflex®-11 FC+

ELASTISK FUGEMASSE OG ALLSIDIG LIM/TETTEMASSE TIL INNE OG UTENDØRS BRUK.



PRODUKTBESKRIVELSE

Sikaflex®-11 FC+ er en 1 komponent, løsemiddelfri fugemasse og et allsidig lim med bra våthugg.

BRUKSOMRÅDER

Sikaflex®-11 FC+ er en fugemasse for både vertikale og horisontale fuger, lydtetting av rør mellom betong og vindsperre, fusing av overganger, vanntetting, tetting av metall og trekonstruksjoner og ventilasjon.

Sikaflex®-11 FC+ er et allsidig lim for inne- og utendørs bruk for liming av vannbrett, terskler, trappetrinn, lister, utforinger, beskyttelsesplater, dekkplater og pre-fabrikerte elementer.

PRODUKTEGENSKAPER

- Bevegelseskapasitet på +/- 35 % (ASTM C 719)
- God vedheft til de fleste bygningsmaterialer
- Meget god mekanisk motstandsdyktighet
- God vær- og aldringsbestandighet
- Absorberer støt og vibrasjoner
- Meget lave emisjoner
- Lim/fugemasse med CE merking

MILJØ INFORMASJON

- EMICODE EC1^{PLUS} R
- LEED® EQc 4.1
- SCAQMD, Regel 1168
- BAAQMD, Reg. 8, Regel 51
- NEPD305-MR fra EPD-Norge AS

GODKJENNELSER / STANDARDER

- CE Merking og Ytelseserklæring iht. EN 15651-1 - Fugemasser for ikke-bærende fuger i fasader: Klasse F EXT-INT CC 25 HM.
- CE Merking og Ytelseserklæring iht. EN 15651-4 - Fugemasser for ikke bærende fuger i bygninger - Fugemasser for for gulv og gangveier: Klasse PW EXT-INT CC 25 HM.
- ASTM C920-11 Klasse 35, Sikaflex-11 FC+, MST, Rapport
- ISEGA sertifikat for bruk i områder med matvarer.
- Godkjent av Nasjonalt Folkehelseinstitutt for bruk i kontakt med drikkevann.
- Testet for gjennomtrenging av radon ved Statens Provningsanstalt

PRODUKTINFORMASJON

Kjemisk base	i-Cure Teknologi polyuretan
Forpakning	300 ml patron

Produktdatablad
Sikaflex®-11 FC+
Mars 2019, Versjon 01.02
02051301000000019

	600 ml pose	
Farge	Hvit, lys grå, betonggrå, svart, brun.	
Holdbarhet	Sikaflex®-11 FC+ har en holdbarhet på 15 måneder fra produksjonsdato, dersom den er lagret i ikke beskadiget, original, uåpnet emballasje og i henhold til de oppgitte lagringsforhold.	
Lagringsforhold	Sikaflex®-11 FC+ skal lagres i tørre omgivelser, beskyttet mot direkte sollys og ved temperaturer mellom +5°C og +25°C.	
Tetthet	Ca.1,30 kg/l.	(ISO 1138-1)

TEKNISK INFORMASJON

Shore A Hardhet	Ca. 37 (Etter 28 dager)	(ISO 868)
Strekfasthet	Ca. 1,5 N/mm ² .	(ISO 37)
Sekant strekkmodul	Ca.0,60 N/mm ² (Etter 28 dager) (23 °C)	(ISO 8339)
Forlengelse ved brudd	Ca. 700 %	(ISO 37)
Elastisk tilbakegang	Ca. 75 % (Etter 28 dager)	(ISO 7389)
Rivefasthet	Ca. 8,0 N/mm.	(ISO 34)
Kjemisk bestandighet	Sikaflex®-11 FC+ er resistent mot vann, sjøvann, fortynnede alkalier, sementmørtel og vannfortynnede vaskemidler. Sikaflex®-11 FC+ er ikke motstandsdyktig mot alkoholer, organiske syrer, konsentrerte alkalier, konsentrerte syrer, klor og drivstoff. For mer detaljert informasjon kontakt vår tekniske service.	
Temperaturbestandighet	-40 °C til +80 °C	

Fugeutførelse

Fugen skal utformes slik at den er tilpasset bevegelsene i fugen og fuge-massens bevegelseskapasitet. Fugebredden skal være ≥ 10 mm og ≤ 35 mm. Fugedybden skal være ≥ 6 mm og ≤ 15 mm. Bredde/dybde forholdet skal være 1:0.8 for gulvfuger og 2:1 for veggfuger.

Standard fugebredder for fuger mellom betongelementer:

Fugeavstand [m]	Min. fugebredde [mm]	Min. fugedybde [mm]
2	10	10
4	15	10
6	20	10
8	30	15
10	35	17

Alle fuger må være korrekt utformet og dimensjonert i henhold til de relevante standarder før fugging. Grunnlaget for beregningen av den nødvendige fugebredden er typen konstruksjon og dens dimensjoner, de tekniske verdiene av tilstøtende bygningsmaterialer og fugemateriale, så vel som den spesifikke eksponeringen av bygningen og fugene. Fuger < 10 mm er kun for risskontroll og dermed ikke bevegelsesfuger.

Den relevante bredden er den fugen har ved påføring (verdi ved +10 °C). For større fuger vennligst kontakt vår teknisk avdeling.

BRUKSINFORMASJON

Forbruk

Omtrentlig forbruk for gulvfuger:

Fugelengde [m] per 600 ml	Fugelengde [m] per 300 ml	Fugebredde [mm]	Fugedybde [mm]
6	3	10	10
2.5-3	1.5	15	12-15
1.8	0.9	20	17
1.2	0.6	25	20
0.8	0.4	30	25

Minimum fugebredde for forbindelsesfuger rundt vinduer er 10 mm.

Bynnfyllingsmateriale	Bruk bunnfyllingslist av polyetylenkum med lukkede celler.	
Sigehastighet	6 mm (20 mm profil, 23 °C)	(ISO 7390)
Lufttemperatur	+ 5 °C til + 40 °C, min. 3 °C over duggpunktstemperaturen	
Relativ luftfuktighet	30 % til 90 %	
Overflatetemperatur	+5 °C til +40 °C	
Herdehastighet	Ca. 3,5 mm/24 timer (23 °C / 50 % r.f.)	(CQP 049-2)
Hinnedannelse	Ca. 70 minutter. (23 °C / 50 % r.f.)	(CQP 019-1)

BRUKERVEILEDNING

FORBEHANDLING AV UNDERLAGET

Underlaget skal være rent, tørt, fast og homogent, fritt for olje og fett, støv og løse eller løstsittende partikler. Maling, sement slam og andre svake sjikt må fjernes. Sikaflex®-11 FC+ fester uten primer og/eller aktivatører.

Derimot, for optimal vedheft og krevende oppgaver som bygninger med flere etasjer, fuger som er utsatt for store belastninger, krevende værbelastninger eller konstant vannbelastning, skal følgende prosedyrer for priming og forbehandling følges:

Ikke porøse underlag.

Glasserte fliser, pulverlakkerte metaller, aluminium, anodisert aluminium, rustfritt stål og galvanisert stål må slipes med veldig fint slipepapir og Sika® Aktivator-205 påføres med en ren klut. Før fuging gis en tørketid på minst 15 minutter. Alle metallflater som ikke er nevnt ovenfor må slipes med veldig fint slipepapir og påføres Sika® Primer-3 N med en pensel eller rulle. Før fuging gis en tørketid på minst 30 minutter. (Ikke over 8 timer). PVC må primes med Sika® Primer-215 påført med en ren pensel. Før fuging gis en tørketid på minst 30 minutter. (Ikke over 8 timer).

Porøse underlag.

Betong, porebetong og sement baserte pussmørtler, mørtler og tegl skal primes med Sika® Primer-3 N påført med en ren pensel. Før fuging gis en tørketid på minst 30 minutter (Ikke over 8 timer).

For mer detaljerte råd og instruksjoner vennligst kontakt Sika Teknisk service.

Bemerk: Primere er kun til forbedring av vedheft. De kan hverken virke som en erstatning for riktig rengjøring av overflaten, eller øke flatens styrke i betydelig grad.

ARBEIDSMETODE/VERKTØY

Sikaflex®-11 FC+ leveres ferdig til bruk. Etter nødvendig forbehandling av underlaget, monteres en

passende bunnfyllingslist i riktig dybde og om nødvendig påføres en primer. Legg en pose eller patron i en fugepistol og påfør Sikaflex®-11 FC+ i fugen og sørg for at fugemassen får full kontakt med fuge-sidene og at det ikke oppstår luftbobler. Sikaflex®-11 FC+ skal komprimeres godt mot fugesidene for å sikre god vedheft. Det anbefales å bruke maskeringstape der en skarp og nøyaktig kant er ønsket. Fjern tapen før hinnedannelse. Ikke bruk glattemidler som inneholder løsemidler.

Etter at underlaget er ferdigbehandlet påføres Sikaflex®-11 FC+ i striper eller punkter på limflaten med noen centimeters avstand. Press delene sammen for hånd og juster. Dersom nødvendig, benytt fikseringstape, kiler, eller annen innfestning for å holde sammen de limte gjenstandene i de første timene. Ved upresis plassering kan elementene lett tas fra hverandre og justeres i løpet av de første minuttene etter påføring. Optimal limstyrke vil oppnås etter gjenomherding av Sikaflex®-11 FC+, dvs. etter 24 til 48 timer ved +23 °C og en limtykkelse på 2 til 3 mm.

RENGJØRING AV VERKTØY

Rengjør verktøy og påføringsutstyr med Sika® Remover-208 og/eller Sika® Power Wipes umiddelbart etter bruk.

Herdet materiale kan kun fjernes mekanisk.

TILHØRENDE DOKUMENTER

- Sikkerhetsdatablad(SDB)
- Primertabell
- Metodebeskrivelse for fasadefuger
- Metodebeskrivelse for vedlikehold av fuger, rengjøring og utskifting.
- Teknisk Manual for fasadefuger.

BEGRENSNINGER

- Elastiske fugemasser bør ikke overmales da malinger har begrenset elastisitet, og derfor vil krakelere ved bevegelser i fugen.
- Fargeforandringer kan forekomme dersom massen eksponeres for kjemikalier, høye temperaturer og/eller UV stråling (spesielt på hvit farge). Imidlertid vil ikke en forandring i farge influere på den tekniske ytelsen og holdbarheten til produktet.
- Før bruk av Sikaflex®-11 FC+ på naturstein, ta kontakt med Sika teknisk avdeling for veiledning.
- Ikke bruk Sikaflex®-11 FC+ til forsegling av glass, på bituminøse underlag, naturgummi, EPDM gummi eller andre bygningsmaterialer som kan svette olje, myknere eller løsemilder som kan angripe fugen.
- Ikke bruk Sikaflex®-11 FC+ til fugging av svømmebasseng.
- Ikke bruk Sikaflex®-11 FC+ til fuger med vanntrykk eller fuger som står permanent under vann.
- Ikke eksponer uherdet Sikaflex®-11 FC+ for produkter som inneholder alkohol da dette kan påvirke herdeprosessen.

PRODUKTDATAGRUNNLAG

Alle tekniske data i dette produktdatabladet er basert på laboratorietester. Faktiske målte data kan avvike på

grunn av omstendigheter utenfor vår kontroll.

LOKALE REGLER

Vennligst bemerk at som et resultat av lokale bestemmelser kan egenskapene til dette produktet variere fra land til land. Vennligst konferer lokale produktdatablad for eksakt beskrivelse av bruksområder og egenskaper.

ØKOLOGI, HELSE OG SIKKERHET

For informasjon og råd om sikker håndtering, lagring og avhending av kjemiske produkter, skal brukerne forholde seg til siste sikkerhetsdatablad om produktet inneholder fysiske, økologiske, toksikologiske og andre sikkerhetsrelaterte data .

JURIDISK INFORMASJON

Denne informasjonen, og i særdeleshet anbefalingene i forbindelse med anvendelse av Sika-produkter er gitt i god tro, basert på Sikas inneværende kunnskap og erfaring med produktene når de er riktig lagret, behandlet og anvendt under normale forhold i h.t. Sikas anbefalinger. Opplysningene gjelder kun for utførelsen(e) og produkt (er) uttrykkelig referert til her. Ved endringer i utførelsesparameterne, for eksempel endringer i underlag etc., eller i tilfelle av en annerledes utførelse, ta kontakt med Sikas Tekniske service før bruk av våre produkter. Informasjonen i dette dokumentet fritar ikke brukeren av produktene fra å teste dem for det tiltenkte formålet og hensikten. Enhver ordre aksepteres i henhold til Sikas gjeldende salgs- og leveringsbetingelser. Brukere skal alltid forholde seg til sist oppdaterte versjon av produktdatablad og sikkerhetsdatablad for det aktuelle produktet. Kopier av sist oppdaterte versjon finnes på Sika Norge AS' internettsider: www.sika.no

Sika Norge AS

Sanitetsveien 1
2013 Skjetten
Postboks 71, 2026 Skjetten
Tlf.: +47 67 06 79 00
E-post: kundeservice@no.sika.com
www.sika.no



Produktdatablad

Sikaflex®-11 FC+
Mars 2019, Versjon 01.02
02051301000000019

Sikaflex-11FC+-no-NO-(03-2019)-1-2.pdf

HEY'DI PRODUKTDATABLAD

FOR FLERE PRODUKTER OG PRODUKTDOKUMENTASJON SE WWW.HEYDI.NO



HEY'DI KZ

Mørteltilsetning - Primer - Grunning.

Beskrivelse - Egenskaper

Hey'di KZ er en flytende latex-tilsetning for mur, puss og spesialmørtler. Benyttes også til priming/grunning for støp og sparkelmasser. Hey'di KZ forbedrer mørtelens bruks-egenskaper, og sikrer god heft til underlaget.

Bruksmåte priming

Utblanding - Forbruk

Underlaget skal være rent og tørt, primeren påføres med kost eller rull.

Betong, puss, gips: Bland 1 del Hey'di KZ med 3 deler vann. 1 liter dekker ca. 15 m².

Spon, treunderlag: Benyttes uforynnnet. 1 liter dekker 5-7 m².

Ikke sugende underlag: Bland 1 del Hey'di KZ med 1 del vann, til sett mørtelen til vellign konsistens som kastes ut som grunning (gysing). 1 liter dekker ca. 5 m².

Bruksmåte tilsetning

Utblanding - Forbruk

Mørtel og puss: Bland 1 del Hey'di KZ med 5 deler vann. 1 liter til ca. 60 kilo mørtel.

Hey'di slemming: Bland 1 del Hey'di med 5 deler vann. 1 liter til ca. 20 kilo slemming. Bruksmåte med Hey'di KZ er beskrevet på de enkelte Hey'di pakninger. Tilsett væskeblandingen i pulveret til passende konsistens oppnås. Ved behov kan tilsetningen av Hey'di KZ økes. Redskap rengjøres med vann.

Lagring

Lagres frostfritt. Oppbevares utilgjengelig for barn.

Pakning

1 ltr flaske, 2,5 , 5, 10 og 25 ltr kanne.



TEKNISKE DATA

Tørrstoffinnhold:ca. 47%

PRODUKTKODER

Hey'di varenr:

1 ltr:	106
2,5 ltr:	107
5 ltr:	108
10 ltr:	109
25 ltr:	110

GTIN nr:

1 ltr:	7054150000048
2,5 ltr:	7054150000055
5 ltr:	7054150000062
10 ltr:	7054150000079
25 ltr:	7054150000086

Nobb nr:

1 ltr:	10156958
2,5 ltr:	10156966
5 ltr:	10156974
10 ltr:	10156982
25 ltr:	10156990

Arbeidshygiene forhold/Vernetiltak

Produktet er vurdert ikke merkepliktig.

Revisjonsdato: 25.11.11



HEY'DI QR KODE

Bruk internett eller mobilen for å se våre produktveiledninger og laste ned produktdatablad og sikkerhetsdatablad.



Easyflex/Elastopaz

Vannbasert Bitumen smøremembran som skaper et tykt, tettende lag i ett strøk.

Easyflex/Elastopaz er en tyktflytende en-komponent bitumen polymer membran laget for mange bruksområder. Den har et utmerket vedheft , og tørker til en sterk, svart sømløs fleksibel og vanntett membran.

Bruksområder

- Vanntett membran for strukturer under bakkeplan
- Vanntett membran for kjellere, krypkjellere og underetasjer
- Vanntett membran for våtrom
- Beskyttelse mot trykk/press av underjordiske betongelementer
- Vanntett membran for balkonger og dekket tak.

Fordeler og muligheter

Tykt vanntett lag i ett strøk | 100 % vanntett | Høy påføringshastighet |
Miljøvennlig | Meget sterk og elastisk | Enkel å påføre | Meget god vedheft
| Samme kvalitet for ulike bruksområder



Generell instruksjon for all påføring:

1. Easyflex/Elastopaz kan påføres med stempelsprøye (uten luft) eller murskje.
2. Alle overflater som skal påføres Easyflex/Elastopaz må være hele og stabile med en jevn overflate, samt være rengjort for olje, grus og støv etc.
3. Porøse overflater må primes med en vannbasert primer – Paz Primer, oppløst i vann 1:1, med en mengde på 250-300 gr/m²
4. La det tørke i 2 - 4 timer
5. Ny betong kan gjøres vanntett 48 timer etter ferdigstillelse av avstøpning.

A. Vanntetting av vegger: Lag en tykk påføring i ett strøk

1. Påføres med stempelsprøye (uten luft) / murskje i et tykt lag i ett strøk med en mengde av 3,0-5,0 kg/m²
2. La tørke i 48 timer
3. Det vanntette laget må tildekkes før masse fylles på. Det gjøres ved å benytte geotekstil eller lignende. Komprimering av massen inntil 2 m fra bygninger bør gjøres med en håndholdt komprimator.

B. Våtrom

1. Påføres med stempelsprøye (uten luft) / murskje i et tykt lag i ett strøk med en mengde på 3,0-5,0 kg/m²
2. La tørke i ca. 3-5 dager



Description	Property	Standard
Appearance	Brown paste (dries to black membrane)	
Specific gravity	1.0	
Solid content	65% +/- 2% (wt)	
Coverage	5.2-8.6 gal/100 sq.ft (3.0-5.0 kg/m ²)	
Dry film thickness	80-140 mils (2.0-3.5 mm)	
Flashpoint	Non flammable	
Application temperature:	41°F -104°F (+5°C to 40°C)	
Heat stability	194°F (>90°C)	ASTM D 2939
Cold flexibility	<19 °F (<-7°C)	ASTM D 522
Tensile Strength	> 71 psi (> 0.5 MPa)	ASTM D 412
Elongation at break	> 170%	ASTM D 412
Resistance to water pressure	>7.3 psi, 24 hr (> 0.5 atm, 24 hr)	DIN 52123
Resistance to water	Passed	ASTM D2939





Vedlikehold av utstyr

Utstyret rengjøres med såpevann.

Dersom materialet allerede har tørket, rengjøres det med parafin eller white spirit.

Forpakninger

Easyflex/Elastopaz leveres i følgende forpakninger:

- 180 kg trommel
- 18 kg spann
- 4,5 kg spann

Lagring

- Lagres under tak beskyttet mot direkte sollys og beskyttet fra ekstreme temperaturer
- I tropiske strøk må produktet lagres i air-condition i kalde strøk må produktet lagres ved temperatur over 10°C
- Unngå frost

MERK: Om de anbefalte langringsforhold ikke overholdes, kan det resultere i skade på eller forringelse av produkt eller forpakning.

Kontakt PazkarNor for veiledning

For detaljerte sikkerhets-instruksjoner vennligst se PazkarNor's notat om sikkerhet (MSDS).

Garanti

Pazkar's produkter er produsert etter strenge standarder for kvalitet.

Pazkar gir ingen garantier med hensyn til nøyaktigheten eller fullstendigheten av innholdet i denne publikasjonen og forbeholder seg retten til å foreta endringer i spesifikasjoner og produktbeskrivelser når som helst uten varsel. Brukere skal alltid forholde seg til den nyeste utgaven av det lokale produktets data publisering for det aktuelle produkt.

Brukeren av produktet må teste produktets egnethet for bestemt formål på grunn av forskjeller i materialer, underlag og lokale forhold. Pazkar påtar seg intet ansvar, og fraskriver seg uttrykt eller underforstått garanti, knyttet til sine produkter inkludert men ikke begrenset til, underforståtte garantier om salgbarhet, egnethet for et bestemt formål, og heller ikke noe erstatningsansvar for eventuelle juridiske forhold.

Alle ordre aksepteres underlagt vår nåværende fortegnelse, vilkår og vilkår for salg og levering.



8.4. Måleinstrumenter

Videre følger spesifikasjoner og datablad for måleinstrumenter benyttet i oppgaven:

- TSI 9596 med probe 966
- Corentium Pro elektroniske målere



Model 9565

Features and Benefits

- Best-in-class air velocity accuracy
- Optional “smart” plug-in probes, including VOC, CO₂, and rotating vane probes
- Accommodates up to two K-alloy thermocouples
- Large graphic display
 - Displays up to five measurements simultaneously
 - On-screen messages and instructions
 - Program for local language
- Intuitive menu structure allows for ease of use and setup
- Multiple data logging formats
- Bluetooth communications for transferring data or remote polling
- Includes TRAKPRO™ and LogDat2™ downloading software with USB cable

VELOCICALC® Multi-Function Ventilation Meter Model 9565

The VELOCICALC® Model 9565 series are portable, handheld, Multi-Function Ventilation Test Instruments featuring a menu-driven user interface for easy operation in your local language. On-screen prompts and step-by-step instructions guide the user through instrument setup, operation, and field calibration. The 9565 also features an ergonomic, overmolded case design with probe holder and a keypad lockout to prevent tampering during unattended use. These instruments are available with or without a differential pressure sensor and are designed to work with a wide range of plug-in probes.

Applications

- HVAC testing and balancing
- Clean room testing
- Biological safety cabinet and laboratory fume hood testing
- HVAC commissioning and troubleshooting
- IAQ investigations
- Thermal comfort studies
- Ventilation evaluations
- Process air flow testing



TRUST. SCIENCE. INNOVATION.



VELOCI-CALC Plug-In Probes

The plug-in probes allow users to make various measurements by simply plugging in a different probe that has the features and functions best suited for a particular application.

Plug-in probes for the VELOCI-CALC series can be ordered at any time and include a data sheet with certificate of traceability. When it's time for servicing, only the probe needs to be returned since all the calibration data is stored within the probe.

Thermoanemometer Air Velocity Probes

TSI offers four models featuring multiple measurements in a compact, robust probe design. These telescopic probes are available in straight or articulating construction, and with or without a relative humidity sensor. Models with a relative humidity sensor can also calculate wet bulb and dewpoint temperature.

Common applications include duct traversing, face velocity testing of chemical fume hoods, biological safety cabinets and HEPA filters. When combined with the 9565, advanced measurement applications can be performed including heat flow, draft rate and turbulence intensity.

Rotating Vane Anemometer Probes

Rotating vane probes are available in 1.5" (35 mm) and 4" (100 mm) diameters, and measure air velocity and temperature with flow calculation. Measurement applications include face velocity as well as air velocity in turbulent airstreams. An optional telescopic articulating probe is available for both models, and an Aircone kit is available for the 4" vane head model.

Pitot Probes and Airflow Probe 800187

Pitot probes are used to obtain air velocity and air volume measurements within ductwork by performing a duct traverse. Consult factory for sizes and part numbers.

The Airflow Probe Model 800187 is an 18" (46 cm) straight Pitot probe that can be used to perform duct traverses and are ideally suited for measuring in small diameter ductwork.



LogDat2™ Downloading Software

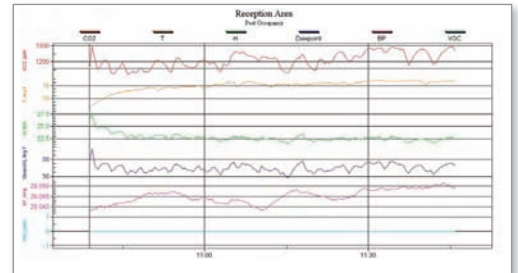
The VELOCICALC Model 9565 Series includes downloading software called LogDat2. LogDat2 software transfers the stored data from the Model 9565 to a computer as a spreadsheet file. This software is useful for applications such as duct traverses, fume hood, and filter face velocity testing.

Reading Type	Standard					
Temperature	70.0deg F					
Pressure	29.92inHg					
Statistics	Channel:	Vel	T	H	Dewpoint	Wetbulb
	Units:	ft/min	deg F	%rh	deg F	deg F
	Average:		827	71.9	22.1	31.3
	Minimum:		806	71.9	22.1	31.3
Date	Time	Vel	T	H	Dewpoint	Wetbulb
MM/dd/yyyy	hh:mm:ss	ft/min	deg F	%rh	deg F	deg F
3/1/2011	8:41:38	828	71.9	22.1	31.3	51.6
3/1/2011	8:41:40	842	71.9	22.1	31.3	51.6
3/1/2011	8:41:42	836	71.9	22.1	31.3	51.6
3/1/2011	8:41:44	809	71.9	22.1	31.3	51.6
3/1/2011	8:41:46	806	71.9	22.1	31.3	51.6
3/1/2011	8:41:48	819	71.9	22.1	31.3	51.7
3/1/2011	8:41:50	838	71.9	22.1	31.3	51.7
3/1/2011	8:41:52	837	71.9	22.2	31.3	51.7

Data Collection and Reporting

Expanded data logging capacity and the inclusion of TRAKPRO Data Analysis Software provides the capabilities to work more effectively and efficiently. The 9565 can store up to 38.9 days of data collected at one-minute log intervals. The stored data can be recalled, reviewed on screen, and downloaded for easy reporting.

- Log multiple parameters to investigate trends.
- Store up to 38.9 days of data collected at one-minute log intervals
- User-selectable logging intervals and start/stop times
- Download data to TRAKPRO data analysis software
- Report generation
- Instrument programming
- Graph creation



Probe Specifications

Models 960, 962, 964, 966, 496, 995, 980, 982, 792, 794, 984, 985, 986, and 987

960 Thermoanemometer Straight Probe Velocity and Temperature

Range 0 to 9,999 ft/min (0 to 50 m/s) 0 to 200°F (-18 to 93°C)
Accuracy ±3% of reading or ±3 ft/min (±0.015 m/s), whichever is greater^{4&5} ±0.5°F (±0.3°C)⁶
Resolution 1 ft/min (0.01 m/s) 0.1°F (0.1°C)

962 Thermoanemometer Articulating Probe Velocity and Temperature

Range 0 to 9,999 ft/min (0 to 50 m/s) 0 to 200°F (-18 to 93°C)
Accuracy ±3% of reading or ±3 ft/min (±0.015 m/s), whichever is greater^{4&5} ±0.5°F (±0.3°C)⁶
Resolution 1 ft/min (0.01 m/s) 0.1°F (0.1°C)

964 Thermoanemometer Straight Probe Velocity, Temperature and Humidity

Range 0 to 9,999 ft/min (0 to 50 m/s) 14 to 140°F (-10 to 60°C) 5 to 95% RH
Accuracy ±3% of reading or ±3 ft/min (±0.015 m/s), whichever is greater^{4&5} ±0.5°F (±0.3°C)⁶ ±3% RH⁷
Resolution 1 ft/min (0.01 m/s) 0.1°F (0.1°C)

966 Thermoanemometer Articulating Probe Velocity, Temperature and Humidity

Range 0 to 9,999 ft/min (0 to 50 m/s) 14 to 140°F (-10 to 60°C) 5 to 95% RH
Accuracy ±3% of reading or ±3 ft/min (±0.015 m/s), whichever is greater^{4&5} ±0.5°F (±0.3°C)⁶ ±3% RH⁷
Resolution 1 ft/min (0.01 m/s) 0.1°F (0.1°C)

496 Rotating Vane 1.5 in. (35 mm) Velocity and Temperature

Range 100 to 3,000 ft/min (0.50 to 15.00 m/s) 32 to 140°F (0 to 60°C)
Accuracy ±3% of reading ±4 ft/min (±0.02 m/s) ±2.0°F (±1.0°C)
Resolution 1 ft/min (0.01 m/s) 0.1°F (0.1°C)

995 Rotating Vane 4 in. (100 mm) Probe Velocity and Temperature

Range 50 to 6,000 ft/min (0.25 to 30 m/s) 32 to 140°F (0 to 60°C)
Accuracy ±1% of reading ±4 ft/min (±0.02 m/s) ±2.0°F (±1.0°C)
Resolution 1 ft/min (0.01 m/s) 0.1°F (0.1°C)

980 IAQ Probes CO₂, Temperature and Humidity

Range 0 to 5,000 ppm CO₂, 5 to 95% RH, 14 to 140°F (-10 to 60°C)
Accuracy ±3% of reading or ±50 ppm, whichever is greater⁹
 CO₂ ±3% RH⁷ ±1.0°F (±0.6°C)⁶
Resolution 1 ppm CO₂ 0.1% RH 0.1°F (0.1°C)

982 IAQ Probes Model CO, CO₂, Temperature and Humidity

Range 0 to 500 ppm CO 0 to 5000 ppm CO₂
 5 to 95% RH 14 to 140°F (-10 to 60°C)
Accuracy ±3% of reading or ±3 ppm, whichever is greater⁸ CO
 ±3% of reading or ±50 ppm, whichever is greater⁹
 CO₂ ±3% RH⁷ ±1.0°F (±0.6°C)⁶
Resolution 0.1 ppm CO 1 ppm CO₂ 0.1% RH 0.1°F (0.1°C)

792 and 794 Thermocouple Probes Temperature

Range -40 to 1200°F (-40 to 650°C)
Accuracy ±0.1% of reading +2°F (±0.056% of reading +1.1°C)
Resolution 0.1°F (0.1°C)

984 Low Concentration (ppb) VOC and Temperature

Range 10 to 20,000 ppb, -10 to 60°C (14 to 140°F)
Accuracy ±0.5°C (±1.0°F)¹
Resolution Up to 10 ppb, 0.1°C (0.1°F)

985 High Concentration (ppm) VOC and Temperature

Range 1 to 2,000 ppm, -10 to 60°C (14 to 140°F)
Accuracy ±0.5°C (±1.0°F)¹
Resolution Up to 10 ppm, 0.1°C (0.1°F)

986 Low Concentration (ppb) VOC, Temperature, CO₂, and Humidity

Range 10 to 20,000 ppb, 0 to 5,000 ppm CO₂
 -10 to 60°C (14 to 140°F), 5 to 95% RH
Accuracy ±3% of reading or 50 ppm, whichever is greater
 ±0.5°C (±1.0°F)¹, ±3% RH²
Resolution Up to 10 ppb, 0.1 ppm CO₂, 0.1°C (0.1°F), 0.1% RH

987 High Concentration (ppm) VOC, Temperature, CO₂, and Humidity

Range 1 to 2,000 ppm, 0 to 5,000 ppm CO₂
 -10 to 60°C (14 to 140°F), 5 to 95% RH
Accuracy ±3% of reading or 50 ppm, whichever is greater
 ±0.5°C (±1.0°F)¹, ±3% RH²
Resolution Up to 10 ppm, 0.1 ppm CO₂, 0.1°C (0.1°F), 0.1% RH

Specifications

VELOCI-CALC Multi-Function Ventilation Meter Models 9565, 9565-A, 9565-P, 9565-X and Optional Probes

Velocity (Pitot or Airflow probe for Meter Models 9565, 9565-A, 9565-P)

Range ¹	250 to 15,500 ft/min (1.27 to 78.7 m/s)
Accuracy ²	±1.5% at 2,000 ft/min (10.16 m/s)
Resolution	1 ft/min (0.01 m/s)

Duct Size

Dimensions	1 to 500 inches in increments of 0.1 in. (2.5 to 1,270 cm in increments of 0.1 cm)
------------	---

Volumetric Flow Rate

Range	Actual range is a function of velocity, pressure, duct size, and K factor
-------	---

Static/Differential Pressure (Meter Models 9565, 9565-A, 9565-P)

Range ³	-15 to +15 in. H ₂ O (-28.0 to +28.0 mm Hg, -3,735 to +3,735 Pa)
Accuracy	±1% of reading ±0.005 in. H ₂ O (±0.01 mm Hg, ±1 Pa)
Resolution	0.001 in. H ₂ O (0.1 Pa, 0.01 mm Hg)

Barometric Pressure

Range	20.36 to 36.648 in. Hg (517.15 to 930.87 mm Hg)
Accuracy	±2% of reading

Instrument Temperature Range

Operating (Electronics)	40 to 113°F (5 to 45°C)
Storage	-4 to 140°F (-20 to 60°C)

Data Storage Capabilities

Range	26,500+ samples and 100 test IDs
-------	----------------------------------

Logging Interval

1 second to 1 hour

Time Constant

User selectable

External Meter Dimensions

3.8 in. x 8.3 in. x 2.1 in. (9.7 cm x 21.1 cm x 5.3 cm)

Meter Weight with Batteries

0.8 lbs. (0.36 kg)

Power Requirements

Four AA-size batteries or AC adapter



To Order

Multi-Function Ventilation Meter with differential pressure sensor and Thermoanemometer Probe

Specify	Description
9565	Multi-function ventilation meter 9565-P with straight air velocity probe Model 964
9565-A	Multi-function ventilation meter 9565-P with articulated air velocity probe Model 966

Multi-function Ventilation Meter Only. Choose a probe most appropriate for your measurement needs.

Specify	Description
9565-X	Multi-function ventilation meter, no plug-in probes, no differential pressure sensor
9565-P	Multi-function ventilation meter, no plug-in probes, with differential pressure sensor, tubing and static pressure probe

NOTE: All models include: Instrument, hard carrying case, 4 alkaline batteries, USB cable, universal power supply, instruction manual, calibration certificate, LogDat2 and TRAKPRO downloading software.

Models 9565, 9565-A, and 9565-P also include (1) 8-ft. (2.4-m) rubber tube and (1) static pressure tip.

¹ Pressure velocity measurements are not recommended below 5 m/s (1,000 ft/min) and are best suited to velocities over 10.00 m/s (2,000 ft/min). Range can vary depending on barometric pressure.

² Accuracy is a function of converting pressure to velocity. Conversion accuracy improves when actual pressure values increase.

³ Overpressure range = 360 mmHg, 48 kPa (190 in. H₂O).

⁴ Temperature compensated over an air temperature range of 5 to 65°C (40 to 150°F).

⁵ The accuracy statement begins at 0.15 m/s through 50 m/s (30 ft/min through 9,999 ft/min).

⁶ Accuracy with instrument case at 25°C (77°F), add uncertainty of 0.03°C/°C (0.05°F/°F) for change in instrument temperature.

⁷ Accuracy with probe at 25°C (77°F). Add uncertainty of 0.2% RH/°C (0.1% RH/°F) for change in probe temperature. Includes 1% hysteresis.

⁸ At 25°C (77°F). Add uncertainty of 0.36%/°C (±0.2%/°F) for change in temperature.

⁹ At calibration temperature. Add uncertainty of 0.5%/°C (±0.28%/°F) for change in temperature.

TSI Incorporated - 500 Cardigan Road, Shoreview, MN 55126-3996 USA

USA	Tel: +1 800 874 2811	E-mail: info@tsi.com	Website: www.tsi.com
UK	Tel: +44 149 4 459200	E-mail: tsiuk@tsi.com	Website: www.tsiinc.co.uk
France	Tel: +33 491 11 87 64	E-mail: tsifrance@tsi.com	Website: www.tsiinc.fr
Germany	Tel: +49 241 523030	E-mail: tsigmbh@tsi.com	Website: www.tsiinc.de
India	Tel: +91 80 41132470	E-mail: tsi-india@tsi.com	
China	Tel: +86 10 8251 6588	E-mail: tsi-beijing@tsi.com	
Singapore	Tel: +65 6595 6388	E-mail: tsi-singapore@tsi.com	

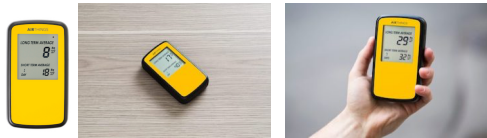


TRUST. SCIENCE. INNOVATION.

Contact your local TSI Distributor or visit our website www.tsi.com for more detailed specifications.

Corentium Plus by Airthings

DOWNLOADS



Corentium Plus is the radon monitor that brings data to life. Built with multiple state-of-the-art sensors, it records everything you will need to know about your fluctuating radon levels.

SPECIFICATIONS

Radon sampling: passive diffusion chamber

Detection method: alpha spectrometry

Detector: 1 silicon photodiode

Diffusion time constant: 25 min

Measurement range: 0 - 50 000 Bq/m³

Sampling rate: 1 hour

Operation environment

- 4°C to 40°C
- 5% RH to 85% RH non-condensing
- 50 kPa to 110 kPa

LONG BATTERY LIFE

Approximately 1.5 year of continuous monitoring

Comes with replaceable AA batteries

ADDITIONAL INFORMATION

PACKAGE CONTENTS

Radon detector

3 x alkaline batteries type AAA (LR03)

User manual

Memory stick w/software

1x USB-cable (micro-B plug to Type-A plug)

Software manual

DETECTOR

Weight: 148g (with batteries)

Dimension: 119x69x26 mm

PACKAGE

Weight: 250g

Dimension: 140x72x60 mm

PRODUCT CODES

EAN: 7090031102319

SKU: 240

ENVIRONMENTAL SENSORS

Temperature: 0.336°C resolution, ± 1°C accuracy

Humidity: 0.5% RH resolution, ± 4.5 % accuracy

Barometric pressure: 0.01 kPa resolution, ± 1 kPa accuracy

FUNCTIONS

Air quality measures: radon, temperature, humidity

Reset button: resets the device

Mode button: displays total days measured

Reporting: free web-based reporting

Software: Custom Reporting and Analysis (CRA)

Memory: up to 10 years of data at 1-hour resolution

DATA & ACCURACY

Free reporting and analysis software for PC

Unaffected by other radiation

After 7 days: $\sigma < 12\%$ at 50 to 350 Bq/m³

After 1 month: $\sigma < 9\%$ at 90 to 220 Bq/m³