

SBi 2012:06

Udeluftindtag gennem kanaler i jord



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

Udeluftindtag gennem kanaler i jord

Niels C. Bergsøe

Titel Udeluftindtag gennem kanaler i jord
Serietitel SBI 2012:06
Udgave 1. udgave
Udgivelsesår 2012
Forfatter Niels C. Bergsøe
Sprog Dansk
Sidetal 49
Emneord Udeluftindtag, kanaler, skimmelsvamp, ventilationsluft

ISBN 978-87-92739-04-9

Tegninger Niels C. Bergsøe, medmindre andet er angivet
Fotos Niels C. Bergsøe, medmindre andet er angivet
Omslag Niels C. Bergsøe

Udgiver Statens Byggeforskningsinstitut,
Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm
E-post sbi@sbi.dk
www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

| | |
|---|----|
| Forord | 4 |
| Indledning | 5 |
| Baggrund | 5 |
| Hypotese og formål | 5 |
| Leverandører af systemer til luftindtag gennem kanaler i jord | 7 |
| Feltundersøgelser | 10 |
| Daginstitution | 10 |
| Bygningen | 10 |
| Systemudformning | 10 |
| Skole A | 16 |
| Bygningen | 16 |
| Systemudformning | 16 |
| Medborgerhus | 20 |
| Bygningen | 20 |
| Systemudformning | 20 |
| Etagehus | 24 |
| Bygningen | 24 |
| Systemudformning | 24 |
| Skole B | 27 |
| Bygningen | 27 |
| Systemudformning | 27 |
| Skole C | 31 |
| Bygningen | 31 |
| Systemudformning | 31 |
| Enfamiliehus | 37 |
| Bygningen | 37 |
| Systemudformning | 37 |
| Observationer ved feltundersøgelserne | 39 |
| Daginstitution | 39 |
| Skole A | 39 |
| Medborgerhus | 40 |
| Etagehus | 40 |
| Skole B | 40 |
| Skole C | 41 |
| Enfamiliehus | 41 |
| Resultater af skimmelsvampeanalyser | 42 |
| Vurdering af analyseresultater | 44 |
| Kommentarer til analyseresultater og ekspertvurderinger | 45 |
| Konklusion | 47 |

Forord

I kanaler nedgravet i jorden, som anvendes som indtag for ventilationsluft, kan der opstå betingelser, som fremmer vækst af skimmelsvampe, og i så fald vil skimmelsvampene kunne blive bragt ind i bygningerne med ventilationsluften.

Denne undersøgelse skal medvirke til at afklare, om udeluftindtag gennem ventilationskanaler anbragt i jorden udgør et potentielt sundhedsmæssigt problem.

Et antal anlæg er inspiceret, og der er taget prøver på filtre og i kanaler til påvisning af skimmelsvampe. Dyrkningsplader til prøvetagning og efterfølgende analyse af dyrkningsprøverne er foretaget af Teknologisk Institut, Svampelaboratoriet.

Rapporten er udarbejdet for Energistyrelsen, Byggeri og energieffektivisering. Undersøgelsen er oprindeligt igangsat af Erhvervs- og Byggestyrelsen.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energi og miljø
Juni 2012

Søren Aggerholm
Forskningschef

Indledning

Baggrund

Princippet med at tage udeluft til ventilationen ind gennem kanaler anbragt i jorden ses i stigende grad anvendt navnlig i forbindelse med lavenergibyggeri. Baggrunden for anvendelse af princippet er, at det er muligt at opnå en temperaturkonditionering af ventilationsluften, som kan udnyttes i energimæssig sammenhæng. Om vinteren kan der opnås en forvarmning af ventilationsluften, hvorved energiforbruget til opvarmning reduceres, og om sommeren kan der opnås en afkøling af ventilationsluften, så behovet for køling mindskes eller undgås.

Temperaturkonditionering af ventilationsluften kan om vinteren desuden udnyttes til at nedbringe risikoen for isdannelser i ventilationsanlæggets varmegenvindere. Der er særlig stor risiko for isdannelser i varmegenvindere af typen modstrømsvarmevekslere. Brugen af modstrømsvarmevekslere er stigende, idet temperaturvirkningsgraden i sådanne vekslere typisk er højere end i traditionelle krydsvarmevekslere.

Løsningen med at lade ventilationsluften passere gennem kanaler i jorden indebærer imidlertid en fare for, at der opstår sundhedsmæssigt uforvarligt indeklima. Passagen kan medføre, at ventilationsluften medbringer skimmelsvamp og svampesporer. Vand i kanalerne, som kan forekomme på grund af kondens, eller som kan være trængt ind på grund af utætheder, kan i sammenhæng med organisk materiale danne grobund for skimmelsvampe. Antages det, at udeluftens tilstand i en sommersituation er 18 °C/60 % RF, vil der begynde at optræde kondens, når luftens temperatur nærmer sig 11 °C, og antages tilstanden 20 °C/70 % RF, vil kondensdannelse forekomme, når luften afkøles til under 15 °C. Luftkvaliteten kan desuden blive forringet på grund lugt og gasser, som afgives fra det materiale, som kanalen er fremstillet af.

I tillæg til vilkår for selve kanalens konstruktion og udformning, er det afgørende for funktionen, at driftspersonalets eller ejerens opmærksomhed permanent er rettet mod driften af systemet. ETH i Zürich (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich) har gennemført undersøgelser i 12 kanaler i jord. Undersøgelserne (Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern, ETH, Zürich, 1997) omfattede blandt andet bestemmelse af koncentration og sammensætning af mikroorganismer i udeluften, i indtagsluften og i luften i kanalerne. Undersøgelsen pegede blandt andet på, at afgørende betingelser for, at en kanal i jord kan anvendes som indtagskanal for ventilationsluft er, at der foretages regelmæssig inspektion af kanalen, at fornøden rensning foretages, og at der anvendes passende filtre.

Hypotese og formål

I en ventilationskanal nedgravet i jorden anvendt som indtag for ventilationsluft, vil der forekomme kondens. Kondens samt nedbør og vand, som eventuelt trænger ind i kanalen, kan danne grobund for skimmelsvampe. Svampesporer, som bringes med ventilationsluften ind i bygningen, medfører et sundhedsmæssigt uforvarligt indeklima.

Hypotesen er, at løsningen med at anvende kanaler i jord som indtag for ventilationsluft udgør et potentielt alvorligt sundhedsmæssigt problem.

Gennem on-site inspektion af et antal anlæg med udeluftindtag gennem kanaler i jord har projektet til formål at efterprøve hypotesen på baggrund af undersøgelser og registreringer af kanalernes konstruktion, udformning, materialevalg, indretning herunder filtre og rensningsmuligheder samt de drifts- og vedligeholdelsesprocedurer, som praktiseres.

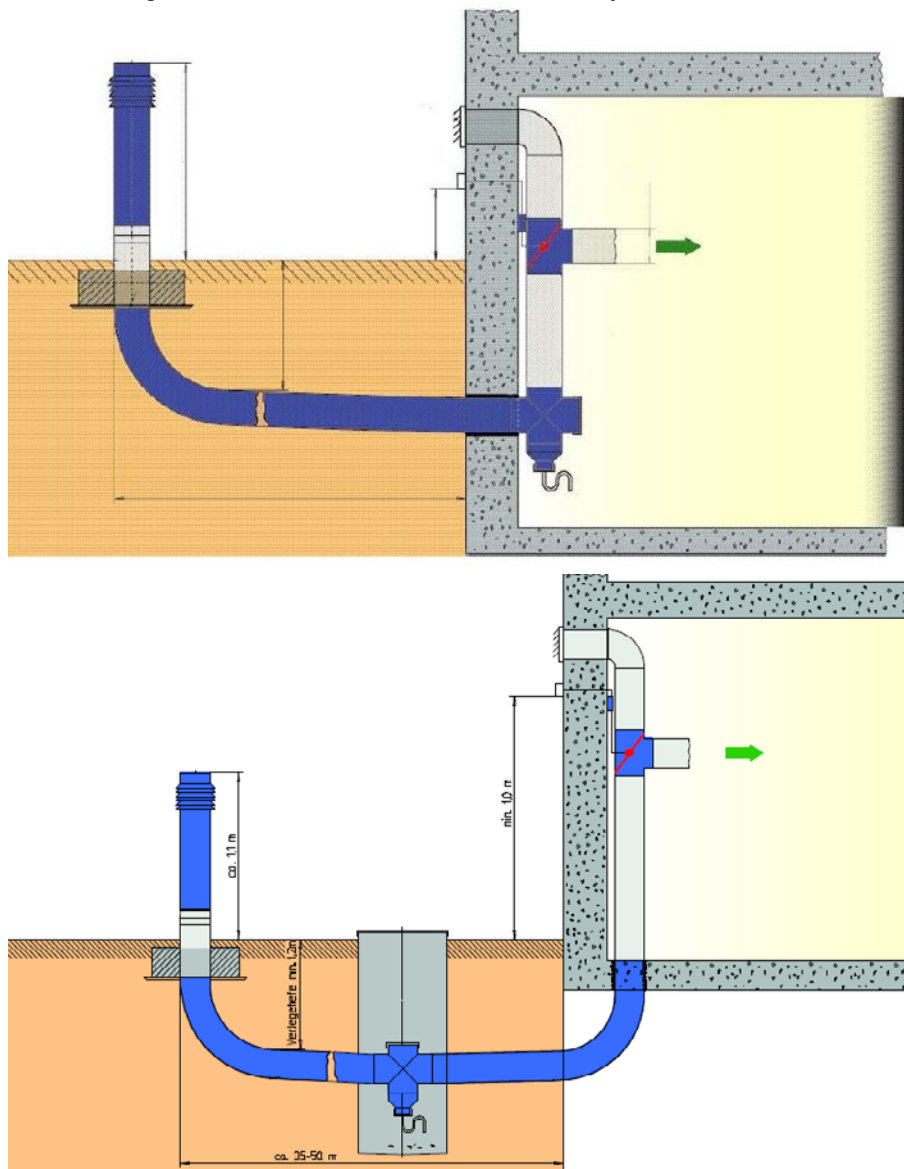
Leverandører af systemer til luftindtag gennem kanaler i jord

Der findes et mindre antal producenter og leverandører af kanalsystemer og anlægsløsninger til udeluftindtag gennem kanaler anbragt i jorden. Rockwool A/S har listet firmanavne [her](#)¹.

De listede firmaer er:

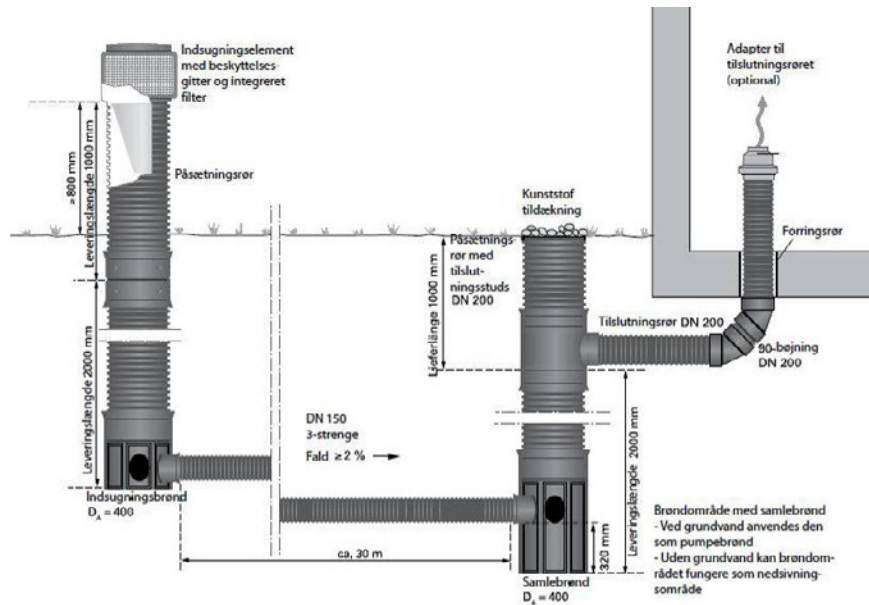
- EcoVent ApS
- Genvex A/S
- Nilan A/S
- REHAU A/S

Figur 1 – figur 4 nedenfor viser principudformninger, hentet fra firmaernes brochurer og informationsmateriale, af de enkelte systemer.

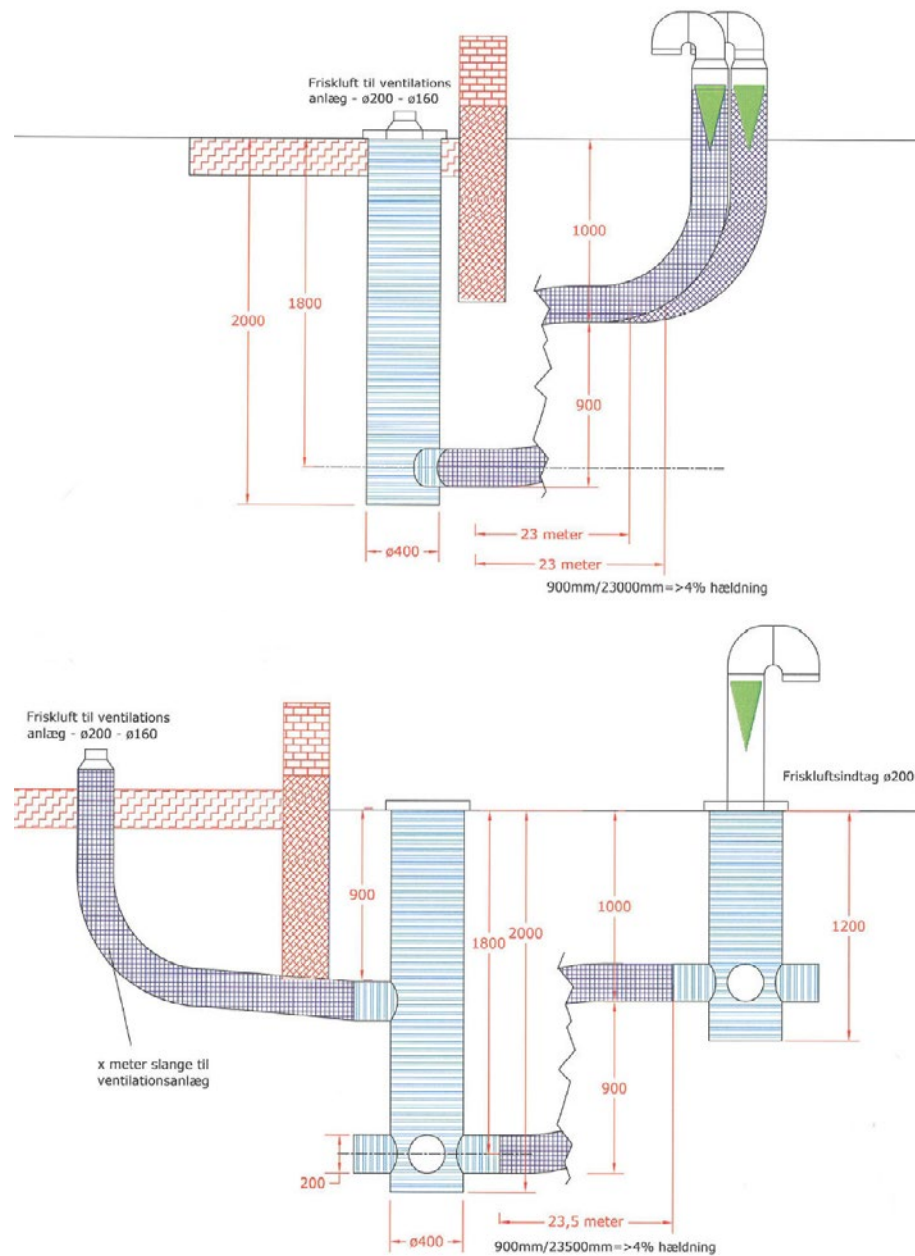


Figur 1. Ecovent, system LEWT til boliger med kælder (øverst) og uden kælder (nederst).

¹ <http://www.rockwool.dk/råd+og+vejledning/lavenergiguide/nybyg/leverandører+af+passivhus+komponenter/anlæg+til+forvarmning,+køling+af+friskluft+via+jorden>



Figur 2. Genvex system Airvex.



Figur 3. Nilan Energislange-system. To forskellige systemudlægninger er vist.



Figur 4. REHAU system AWADUKT Thermo.

AWADUKT Thermo fra REHAU A/S er anvendt i enfamiliehuset, som indgår i feltundersøgelserne, se side 37.

REHAU A/S oplyser, at rørens indvendige side er belagt med et patentret, integreret antimikrobielt lag, som er lavet af sølvpartikler. Laget har til formål at forhindre mikrobiel vækst i røret, hvilket ellers ville forårsage en muggen lugt.

Feltundersøgelser

Daginstitution



Figur 5. Daginstitution.

Bygningen

Daginstitutionen er i to etager og rummer en vuggestue i stueetagen og en børnehave på 1. sal.

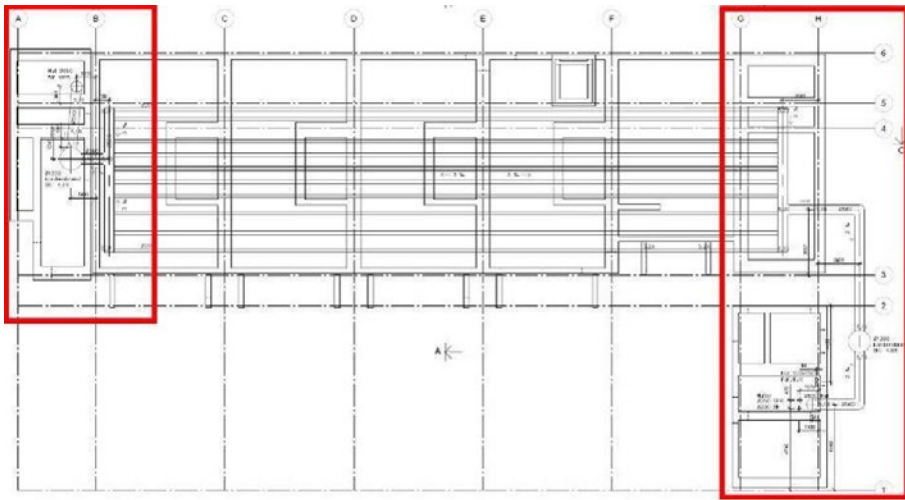
Bygningen er opført i 2009 og som passivhus med store glaspartier mod syd og minimale vinduespartier mod nord.

Systemudformning

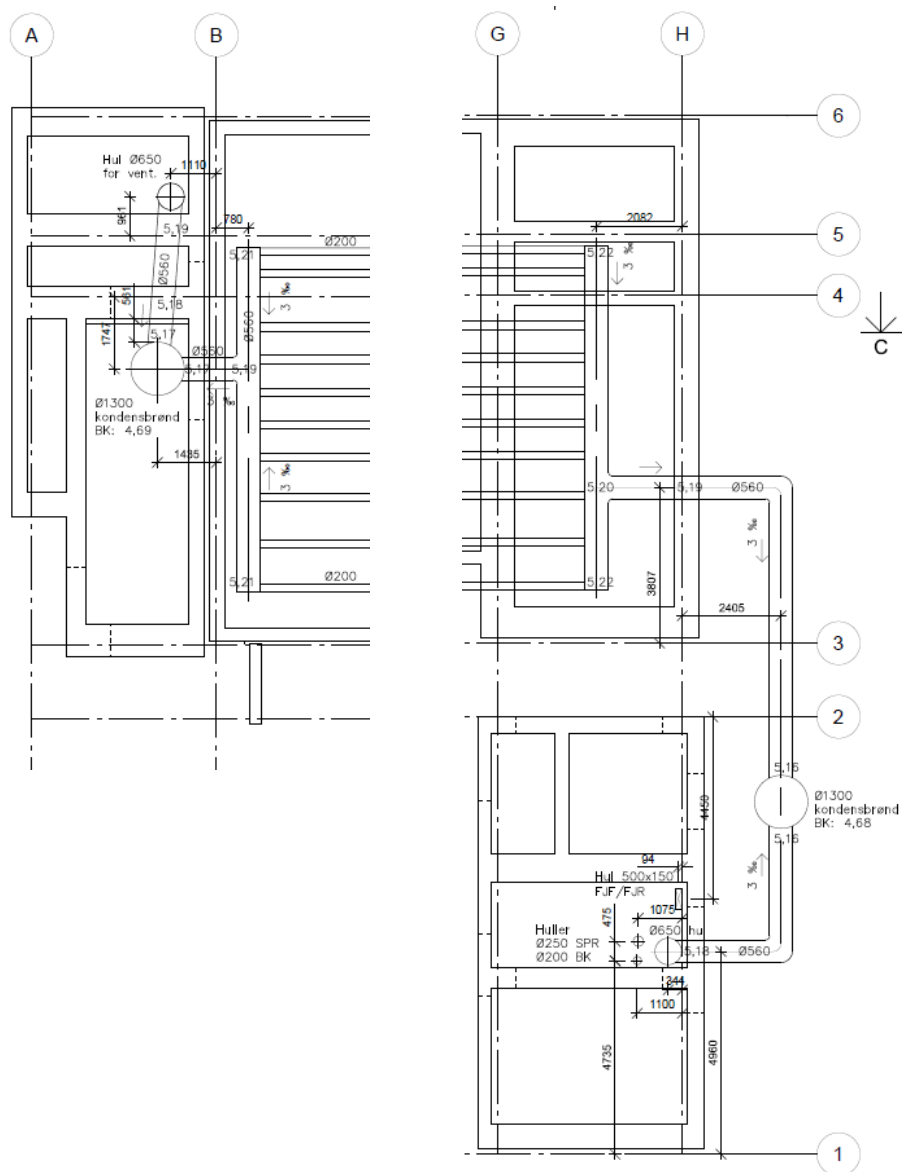
Plantegning af ventilationskanalerne i jord er vist i figur 6 og figur 7.

Udeluft tages ind i 1. sals højde i bygningens vestlige ende, figur 8. Herefter føres luften lodret nedad via et filter i stueetagen, figur 9 og figur 10, til en kanal, som går vandret under gulv til en kondensbrønd, figur 11 og figur 12. Efter kondensbrønden ændres kanalen fra 1 stk. Ø560 til 10 stk. Ø200, som går under bygningen i bygningens fulde længde, hvorefter rørene igen samles i en Ø560 kanal. I jorden uden for bygningen i bygningens østlige ende passerer kanalen endnu en kondensbrønd, figur 13 og figur 14, hvorefter kanalen føres lodret op gennem bygningen til ventilationsrummet på første sal, figur 15 og figur 16. I ventilationsrummet findes endnu et udeluftindtag, figur 17. Begge udeluftindtag går til ventilationsanlæggene, figur 18.

Figur 19 viser kanalerne under etablering under bygningen.



Figur 6. Plantegning (myndighedsprojekt) med ventilationskanaler under bygningen samt kondensbrønde. De markerede udsnit er vist i figur 7.



Figur 7. Kondensbrønde henholdsvis indendørs i bygningens vestlige ende og udendørs i bygningens østlige ende.



Figur 8. Udeluftindtag i 1. sals højde i bygningens vestlige ende.



Figur 9. Filter (klasse F7) i udeluftindtaget i stueetagen i bygningens vestlige ende. Én filtersektion er taget ud.



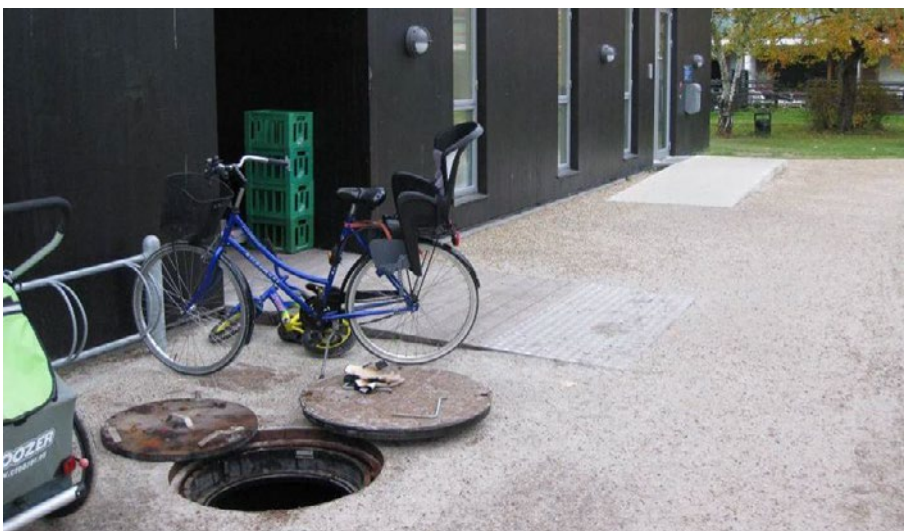
Figur 10. Til venstre: Kig opad i indtagskanalen fra filtersektionen i stueetagen mod udeluftindtaget i 1. sals højde. Til højre: Kig nedad i indtagskanalen fra filtersektion i stueetagen mod bøjning under gulv.



Figur 11. Kondensbrønd i bygningens vestlige ende. Brønden er indendørs. Til højre ses det nederste dæksel, som slutter lufttæt. Til venstre anes det overliggende støbejernsdæksel.



Figur 12. Kondensbrønden i bygningens vestlige ende. Kanaltilgangen "fra NV" er forbundet med filtersektion og udeluftindtag i bygningens vestlige ende, se figur 8 og figur 9. Kanalafgangen "mod NØ" går til kanalerne, som fører ind under bygningen, se figur 6.



Figur 13. Kondensbrønd uden for bygningens østfacade, se figur 7. Til venstre for brønden ses det nederste dæksel, som slutter lufttæt, og til højre ses det øverste støbejernsdæksel.



Figur 14. Kondensbrønden i bygningens østlige ende, se figur 7.



Figur 15. Bygningens facade mod øst. Kondensbrønden er omtrent under cyklen med den gule sadel. Midt i billedet i stueetagen ses dør til sprinklercentral. Teknikrummet er på 1. sal over sprinklercentralen.



Figur 16. Til venstre: Dør til sprinklercentral. I rummet ses indtagskanalen, som går lodret fra kanal i jorden til teknikrummet på 1. sal. Til højre: Kig opad og kig nedad på indtagskanalen i sprinklercentralen.



Figur 17. Teknikrum. Udeluftindtag i bygningens østlige ende.



Figur 18. Teknikrum. Den store, vandrette kanal til højre er udeluftindtaget i bygningens østlige ende. Den store, lodrette kanal midt i billedet udeluftindtaget i bygningens vestlige ende efter vandret passage under bygningen og lodret passage gennem sprinklercentralen.



Figur 19. Etablering af kanaler under bygningen. (Bo Christensen)

Skole A



Figur 20. Skole A.

Bygningen

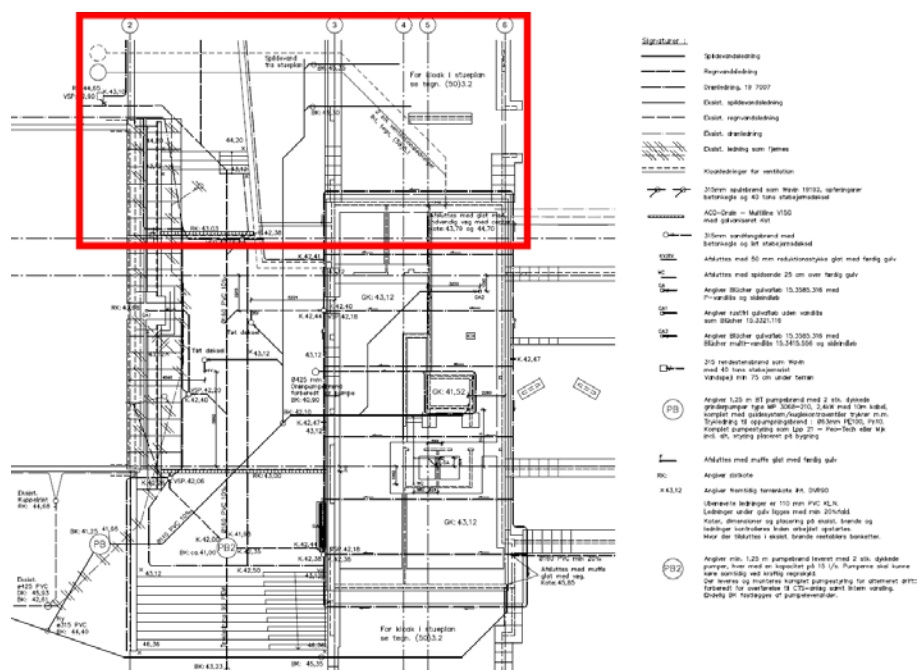
Skolen åbnede i august 2009 og er en overbygningsskole med 7., 8. og 9. klassetrin. Skolen er en tilbygning i to (tre) etager, som er orienteret nord-syd og sammenbygget med en eksisterende biblioteksfløj.

Systemudformning

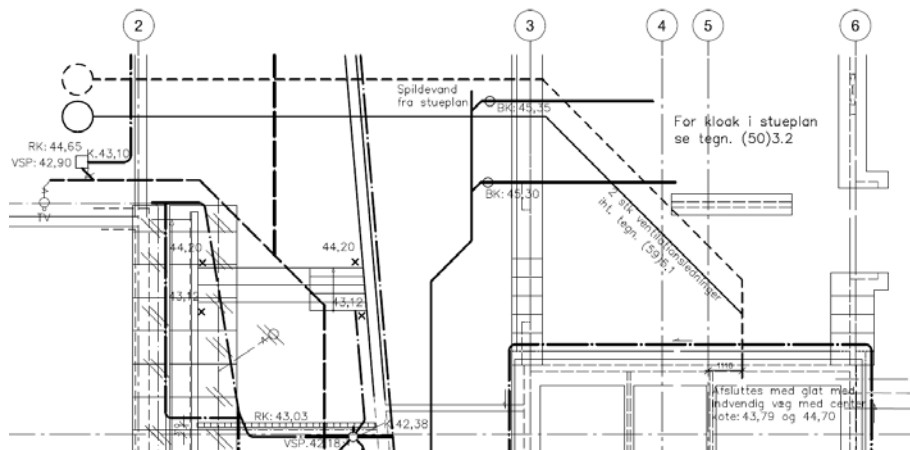
Figur 21 og figur 22 er kloakplaner, som også viser ventilationskanalerne i jord. Figur 23 viser anlægsdiagrammet.

Udeluft tages ind gennem et udeluftindtag i terrænen, figur 24 og figur 25. Figur 26 viser et kig ned i indtagskanalen. Via kanalen i jord føres udeluften til ventilationsanlægget, som står i bygningens kælder, figur 28. I udeluftindtaget før aggregatet er et filter klasse F7, figur 29. Fraluftkanalen, figur 30, forløber parallelt med indtagskanalen til en afkasthætte i terrænen, figur 25.

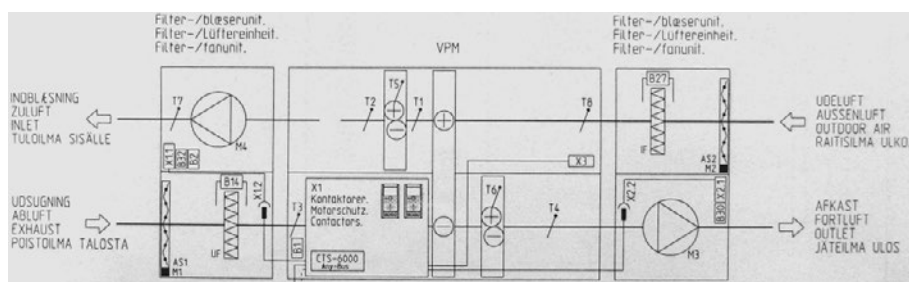
Figur 31 viser ventilationskanalerne under etablering.



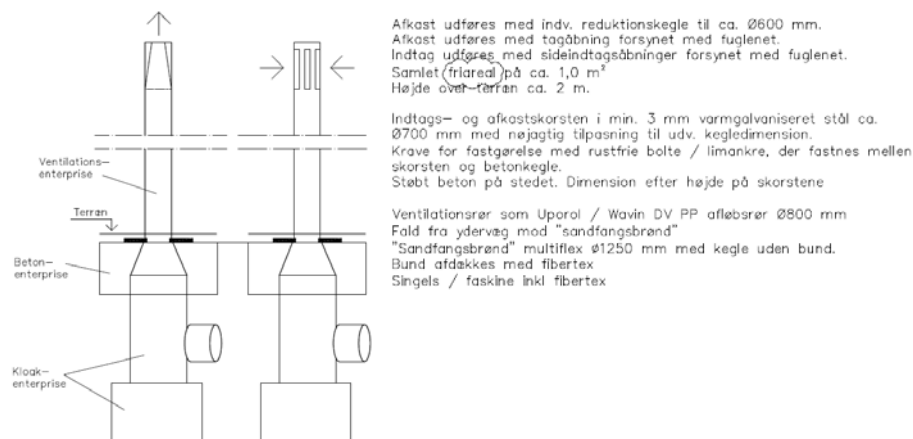
Figur 21. Kloakplan (myndighedsprojekt) som øverst på tegningen også viser føringen af ventilationskanalerne i jorden. Det markerede udsnit er vist i figur 22.



Figur 22. Udsnit af kloakplan, se figur 21.



Figur 23. Anlægsdiagram. (Nilan A/S)



Figur 24. Afkast- og indtag i terræn som projekteret (myndighedsprojekt).



Figur 25. Afkast- og indtagsskorstene i terræn som de ser ud nu (okt. 2011). Begge kanaler er afsluttet med en galvaniseret rist med en maskevidde på ca. 30x30 mm.



Figur 26. Kig ned i indtagskanalen.



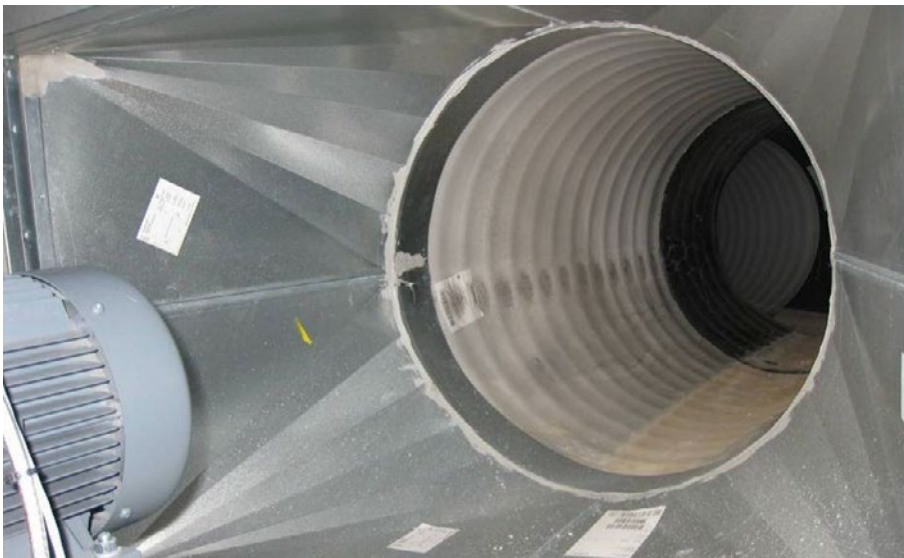
Figur 27. Kig ned i fraluftkanalen til venstre og indtagskanalen til højre.



Figur 28. Ventilationsanlæg i kælderen. Indtags- og afkastkanalerne går henholdsvis til og fra anlægget i den fjerneste ende. I forgrunden til venstre er indblæsning til bygningen.



Figur 29. Indtagskanal (til højre bag det lukkede spjæld), spjæld og filter, se figur 23. Én filtersektion er fjernet. Filtret er klasse F7. Ventilationsaggregatet befinder sig til venstre uden for billedet.



Figur 30. Kig ind i fraluftkanalen.



Figur 31. Fotoet er taget under etablering af kanalerne i jord. (Leif Nielsen)

Medborgerhus



Figur 32. Del af medborgerhuset.

Bygningen

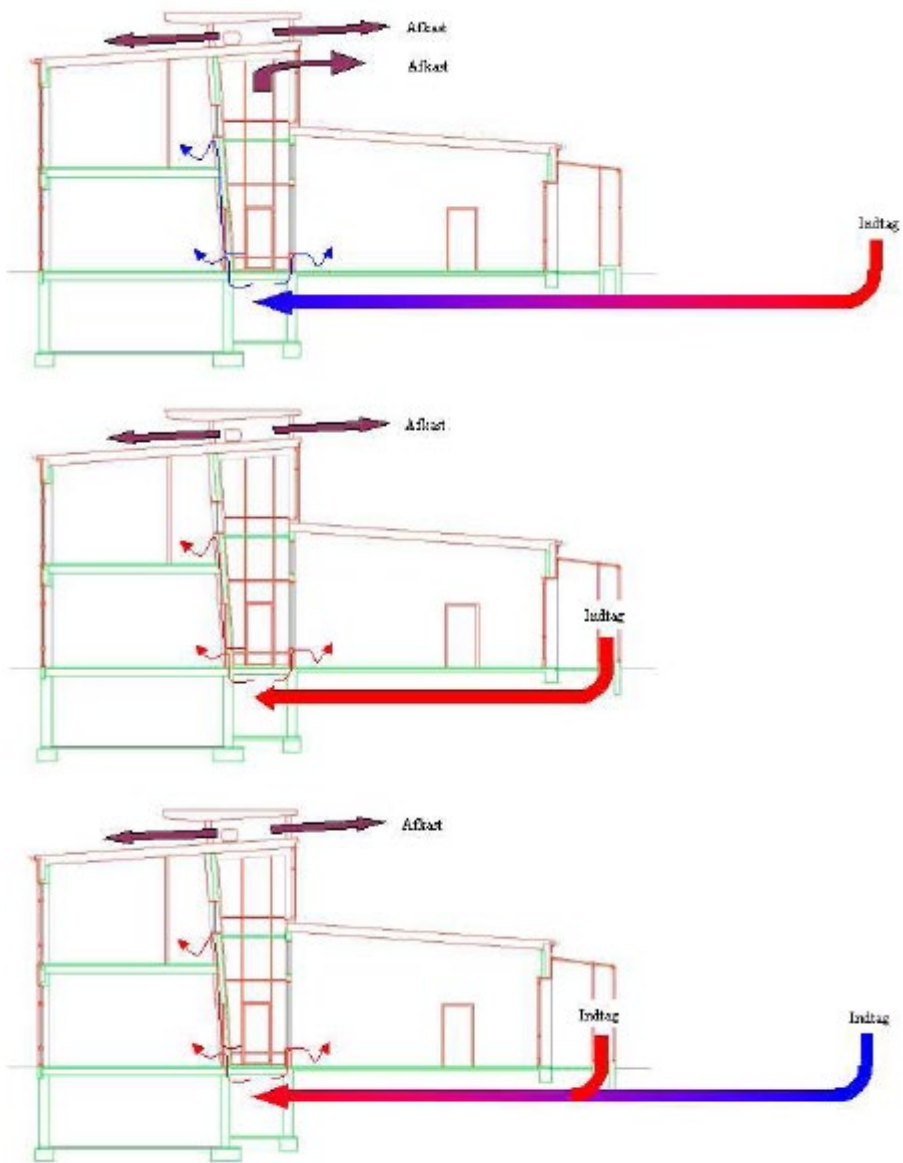
Medborgerhuset er for alle kvarterets beboere. Huset rummer et separat værested for unge samt café, køkkenfaciliteter, mediatek, værksteder, legestue og møde/undervisningsrum.

Bygningen er opført i 2001 som et led i kommunens overordnede kvarterløftprogram. Det samlede etageareal er ca. 1000 m², og huset er opdelt i to enheder; selve medborgerhuset, som mod nord er opført i to etager og et selvstændigt værested for områdets unge.

Systemudformning

Ved hjælp af et spjældarrangement, kan udeluft tages ind gennem en indtagshætte i terræn (sommersituation), figur 34, eller gennem en rist i en dobbeltfacade (vintersituation), figur 35. Figur 36 viser blandespjældet. Figur 33 viser de principielle funktionsmåder.

Fra blandespjældet føres luften gennem en betonkanal, figur 38, ind under bygningen til en ventilationskælder, figur 39. Fra ventilationskælderens fordeles luften til de ovenfor liggende rum i bygningen.



Figur 33. Principielle funktionsmåder henholdsvis sommer, vinter og overgangsperioder.



Figur 34. Indtagshætte i terræn.



Figur 35. Indtagsrist i dobbeltfacade.



Figur 36. Spjæld i indtagsristen i dobbeltfacaden. Der kan vælges mellem at tage udeluft ind gennem indtagshætten (figur 34), gennem risten i dobbeltfacaden (figur 35) eller en kombination.



Figur 37. Kig gennem risten i dobbeltfacaden til begyndelsen af indtagskanalen under bygningen.



Figur 38. Indtagskanalen under bygningen set inde fra kælderen.



Figur 39. Ventilationskælder med spjæld og hjælpeventilator.

Etagehus



Figur 40. Etagehus.

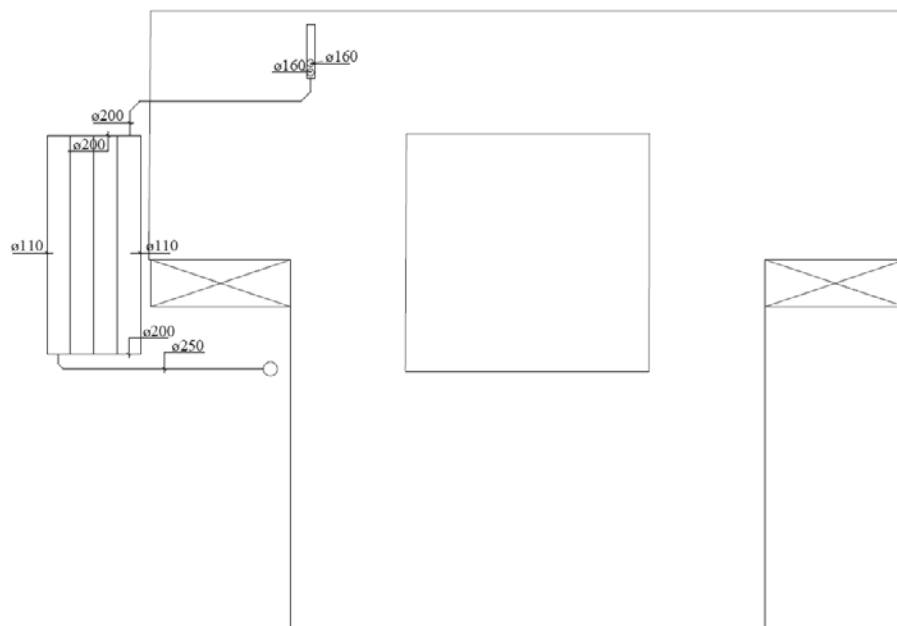
Bygningen

Boligbebyggelsen er opført i 2006. Byggeriet er i to etager og rummer 4+4 boliger, i alt 8. Bygningen er opført som passivhus, men er ikke certificeret.

Den enkelte bolig opvarmes dels ved hjælp af gulvvarme i boligens køkken/alrum, dels ved hjælp af en varmeflade i ventilationsanlægget. Der er et ventilationsanlæg i hver lejlighed.

Systemudformning

Udeluft tages ind gennem udeluftindtag i haven, figur 42. I forbindelse med opførelsen blev projektet ændret, så ikke alle boliger er forsynet med udeluftindtag gennem kanaler i jord. Figur 43 viser et ikke benyttet udeluftindtag. I lejlighederne føres udeluften ind i gennem gulvet i et lille teknikrum, Figur 44.



Figur 41. Rådgivers principskitse med omrids af bygningen og udførelsen af kanaler i jord til lejligheder.



Figur 42. Udeluftindtag.



Figur 43. Ikke benyttet udeluftindtag.



Figur 44. Indtagskanalens udmunding i lejlighedens teknikrum og tilslutningen til det væghængte ventilationsanlæg, som ses til højre.



Figur 45. Filter i udeluftindtaget, monteret.



Figur 46. Filter i udeluftindtaget, demonteret.

Skole B



Figur 47. Skole B.

Bygningen

Skolen er opført i 2000. Etagearealet er ca. 3000 m² og skolen rummer ca. 300 elever.

Systemudformning

Udeluft tages ind gennem et simpelt udeluftindtag omtrent i niveau med terrænen, figur 48 og figur 49. Udeluften føres gennem en kanal i jorden til et ældre ventilationsanlæg, som er anbragt i skolens kælder, figur 50 – figur 55.



Figur 48. Udeluftindtag i terræn.



Figur 49. Kig ned i indtagskanalen.



Figur 50. Indtagskanalens udmundning i ventilationsrummet i kælderen. Kanalen udmunder bag det lukkede spjæld til højre.



Figur 51. Indtagskanalens udmundning i kælderen. Kanalen udmunder bag det lukkede spjæld. Spjældet, som stammer fra en tidligere installation, er normalt lukket.



Figur 52. Indtagskanalens udmunding i kælderen. Kanalen udmunder i venstre side bag det åbne spjældet. Spjældet er normalt lukket.



Figur 53. Kig ind i indtagskanalen.



Figur 54. Kig ind i indtagskanalen.



Figur 55. Bunden i boksen, hvor indtagskanalen udmunder.

Skole C



Figur 56. Skole C.

Bygningen

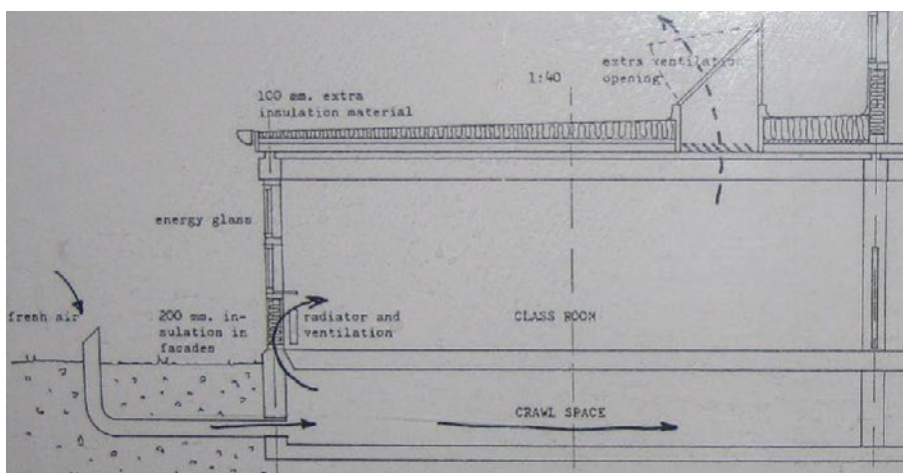
Den oprindelige skole er bygget i årene 1973-81. Bygningerne, som betjenes af ventilationskanalerne i jord, er renoveret i årene 1997-98. Etagearealet af de renoverede bygninger er ca. 1700 m².

Systemudformning

Der findes to principielt ens opbyggede systemer. I det følgende beskrives systemet, som befinder sig på skolens østside.

Figur 57 viser principsnit i systemet. Udeluft tages ind gennem fire indtag i terræn, figur 58. Under jorden samles de fire indtag i to kanaler, som via to inspektionsbrønde, figur 59, føres under jorden, figur 60, til krybekælderen, figur 61, figur 62 og figur 63. De to inspektionsbrønde fungerer samtidig som 90-graders vandret bøjning. Fra krybekælderen føres luften til klasserummene via riste ved gulvet i klasserummene, figur 64.

Figur 65, figur 66 og figur 67 viser mere detaljeret de to inspektionsbrønde. Figur 68 viser mere detaljeret de fire udeluftindtag.



Figur 57. Principsnit. (Skolen)



Figur 58. Østside. Udeluftindtag.



Figur 59. Østside. Inspektionsbrønde i forgrunden og udeluftindtag i baggrunden.



Figur 60. Østside. Kanalerne i jorden går ind til bygningen her. Inspektionsbrøndene (se figur 59) er til venstre umiddelbart uden for billedet.



Figur 61. Krybekælder, tilslutning mellem kanaler i jord og kanaler i krybekælder.



Figur 62. Krybekælder, kanaler i krybekælder.



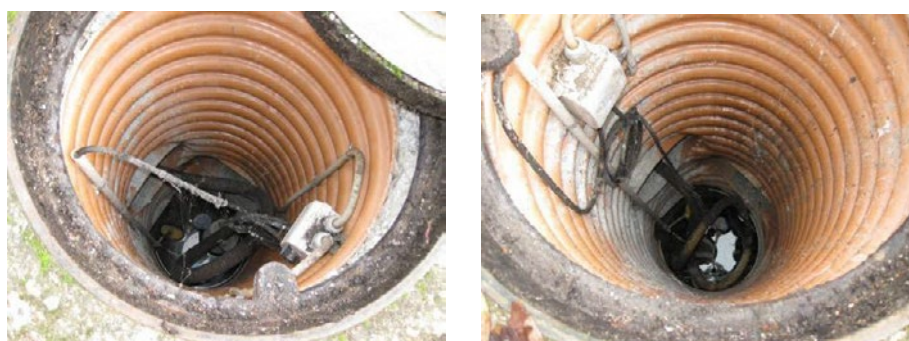
Figur 63. Krybekælder, kanaler i krybekælder.



Figur 64. Tilluftsrister i klasserum.



Figur 65. Østside. Inspektionsbrønde. I baggrunden ses udeluftindtagene.



Figur 66. Østside. Inspektionsbrønde.



Figur 67. Østside. Én af inspektionsbrøndene. Kanaltilgangen "fra NV" er forbundet med udeluftindtagene, se figur 58 og figur 68. Kanalafgangen "mod NØ" er forbundet med kanalerne i krybekælderen, se figur 61. Slangen i kanaltilgangen "fra NV" er afløb fra dykpumpen i bunden af brønden. Slangen udmunder i ét af udeluftindtagene, se figur 68.



Figur 68. Østside. Udeluftindtag. Slangerne øverst til venstre og nederst til højre er forbundet med dykpumperne i inspektionsbrøndene, se figur 66 og figur 67.



Figur 69. Vestside. Udeluftindtag.



Figur 70. Vestside. Udeluftindtag.

Enfamiliehus.



Figur 71. Enfamiliehus.

Bygningen

Huset er et enfamiliehus opført i 2010. Huset er certificeret Passiv Plus Hus.

Systemudformning

Huset er forsynet med ventilationsanlæg og varmepumpe, og der benyttes lavtemperatur-gulvvarme som opvarmning.

Udeluft tages ind gennem en indtagshætte i haven og føres gennem ca. 60 m kanal i jorden til anlægget. Undervejs – i haven – er der en kondensbrønd.



Figur 72. Udeluftindtag i haven.



Figur 73. Filter i udeluffindtag.



Figur 74. Ventilationsanlægget. Den hvide "skuffe" omtrent midt i billedet er udeluffiltret.



Figur 75. Udeluffilter, klasse G4, trukket ud.

Observationer ved feltundersøgelserne

Daginstitution

Som det fremgår af plantegningen i figur 7 er ventilationskanalerne i jorden projekteret med fald mod de to kondensbrønde, og kanalernes "tilgang" og "afgang" i kondensbrøndene er åbne. Dækslerne til kondensbrøndene er lufttætte. Hensigten er, at kondensvand i kanalerne kan løbe ud af kanalerne i brøndene, og samtidig er det muligt at inspicere og i det mindste delvis rense kanalerne.

Ved besøget viste det sig, at ventilationskanalernes "tilgang" og "afgang" i kondensbrøndene er forbundet, se figur 12 og figur 14. Ifølge rådgiveren er årsagen, at det ved ibrugtagning af anlægget viste sig vanskeligt at opnå tilstrækkeligt tryk i ventilationssystemet på trods af lufttætte dæksler. Kanalerne blev herefter forbundet i kondensbrøndene.

Kanalsystemet er således et lukket system fra udeluftindtaget i bygningens vestlige ende, figur 8, gennem kanalerne i jorden under bygningen til ventilationsrummet på 1. sal i bygningens østlige ende, figur 17. Konstruktionen gør, at det ikke har været muligt – uden destruktiv indgriben – at tage prøver af luften efter kanalen i jorden.

Konstruktionen gør det også meget vanskeligt at inspicere og eventuelt rense ventilationskanalerne.

Visuel inspektion af kanalerne samt prøvetagning for skimmelsvampeanalyse inde i selve kanalerne er nødvendige procedurer, for at kunne vurdere, om udeluftindtag gennem ventilationskanaler i jord er en acceptabel løsning. Som systemet er konstrueret, kan dette ikke lade sig gøre.

Driftspersonalets kendskab til systemets opbygning og funktion er uklar, og der kunne ikke opnås svar på spørgsmål om baggrunden for de slanger, der befinder sig i kondensbrøndene, se figur 12 og figur 14. Rådgiveren har efterfølgende oplyst, at slangerne blev monteret i forbindelse med løsning af problemerne med at opnå tilstrækkeligt tryk i ventilationssystemet ved ibrugtagningen.

Mærkater, fx på isoleret kanal i sprinklerrum, er dateret ultimo 2009, hvor anlægget er taget i brug. Udeluftfiltret (filterklasse F7) i bygningens vestlige ende var ikke tilsmudset i nævneværdig grad.

Skole A

Afkast og udeluftindtag er projekteret som skorstene med en højde over terræn på ca. 2 m, udeluftindtaget med sideindtagsåbninger og et samlet friareal på ca. 1 m², figur 24.

I praksis består afkast og indtag af to betonrør, som udmunder ca. 1,2 m over terræn, og som alene er afsluttet med en vandret, galvaniseret rist med maskevidde på ca. 30x30 mm.

Som det fremgår af figur 26 og figur 27, er der gode muligheder for, at der kan samles store mængder organisk materiale i bunden af rørene tæt ved selve indtagskanalen; materiale som kan bringes ind i kanalen. Regn og sne vil desuden nemt kunne samles i bunden.

Figur 30, som viser afkastkanalen set inde fra ventilationsrummet, antyder, at der har været vand i kanalen. Indtagskanalen er beliggende ca. 1 m højere end afkastkanalen, men det er muligt, at der på samme måde, og måske ved samme lejlighed, har været vand i indtagskanalen. Det er dog ikke muligt at se ind i indtagskanalen, da udeluftspjældet automatisk lukker, når anlægget stoppes, figur 29.

I bunden af ventilationsaggregatet mellem indtagsspjældet og filtret var der mindre ansamlinger af sand og noget større ansamlinger af døde hvepse.

Driftspersonalet har overblik over anlægget og driften. Selve anlægget serviceres regelmæssigt og udeluftfiltret (filterklasse F7), skiftet i januar 2011, så pænt, rent ud.

Kanalerne i jorden bliver imidlertid ikke hverken kontrolleret eller renses regelmæssigt. Kanalernes udformning, adgangen til kanalerne og deres dimension gør det muligt forholdsvis nemt at rense kanalerne. Det vil dog være nødvendigt at demontere udeluftspjældet. De meget åbne indtags- og afkaståbninger medfører et øget behov for, at kanalerne i jorden inspiceres og sandsynligvis også renses.

Skolen er beliggende i et forholdsvis åbent område i nogen afstand fra bebyggelse.

Medborgerhus

Hele systemet er meget åbent og tilgængeligt. Indtagskanalen er let tilgængelig fra kælderen. Ikke desto mindre bliver hverken udeluftindtag eller indtagskanal, figur 38, rensed konsekvent. Der er ikke noget udeluftfilter i tilknytning til indtagskanalen.

Indtagskanalen er af beton, og ved besøget virkede kanalen tør og støvet. Aftryksprøver er taget henholdsvis forneden og foroven i kanalen ca. 75 cm inde i kanalen målt fra kælderen.

Udeluftindtaget, figur 34, er anbragt midt i en beplantning, som må antages at kunne være årsag til, at der bringes organisk materiale ned i indtagskanalen.

Den driftsansvarlige har fuldt overblik over systemet og dets funktionsmåde, og alle dele, som har direkte indflydelse på lufttilførslen til rummene, bliver eftersat og kontrolleret regelmæssigt.

Etagehus

Hele kanalsystemet er et lukket system, fra udeluftindtag i haven, figur 42, til udeluftfilter i lejlighedens ventilationsanlæg, figur 45.

Det er ikke muligt at inspicere kanalerne, og det er ikke muligt at tage aftryksprøver før udeluftfiltret.

Den driftsansvarlige er interesseret i at drive byggeriets tekniske installationer hensigtsmæssigt, men er samtidig relativt nyansat, så nøjere kendskab til systemets opbygning og funktion er af den grund begrænset. Udeluftfiltre bliver skiftet. Kontrol og inspektion af kanalsystemet i jorden er ikke mulig.

Skole B

Udeluft tages ind gennem et primitivt indtag, figur 48, bestående af en 10 cm betonring med en elefantrist lagt ovenpå et betonrør. Oversiden af indtaget befinder sig blot 10-15 cm over terræn.

Som det fremgår af figur 49, befinder der sig lidt af hvert i bunden af indtaget. Udover organisk materiale som blade, grene og bær, er der forskelligt affald, som med sikkerhed hidrører fra skoleelever. Det formodes, at græsset om sommeren benyttes til ophold, og at der ved den lejlighed "tabes" affald ned i udeluftindtaget. Endvidere vil nedbør samles i bunden.

Kanalens udmunding i kælderens er vist i figur 53 (blandt andre). Prøvetagning er sket i bunden af boksen.

Filtersektionen, som ses i baggrunden, var tilsmudset, men tilsyneladende ikke i kritisk grad. Til gengæld havde der samlet sig visne blade foran filtret, hvilket indikerer, at en del af det materiale, som samler sig i bunden af indtagskanalen, bringes gennem kanalen til ventilationsaggregatet. Desuden viser bunden af boksen tegn på, at der kan forekomme vand i kanalen.

Skole C

Udeluft tages ind gennem fire udeluftindtag, som under jorden samles til to kanaler. Kanalerne går til hver sin inspektionsbrønd. Inspektionsbrøndene er vist i figur 66 og figur 67.

I hver af inspektionsbrøndene er der en dykpumpe i bunden. På besøgstidspunktet var der klart vand ca. 1 meter under ventilationskanalernes tilgange og afgange. Som det også fremgår af figur 67 er der deponeret en del materiale – sten, jord, sand – i ventilationskanalernes tilgange og afgange. Endvidere må inspektionsbrøndenes sider betegnes som mindre rene, og brønddækslerne er ikke lufttætte. Alt i alt kan luften, som føres fra brøndene til krybekælderen, således næppe betegnes som pletfri.

Adgangen til ventilationskanalerne gennem inspektionsbrøndene kan anvendes til rensning af kanalerne, men det sker ikke. Eventuel rensning af kanalstykkerne mellem inspektionsbrøndene og udeluftindtagene vanskeliggøres af dykpuernes afløbsslanger.

De to kanaler fra inspektionsbrøndene udmunder i krybekælderen, som vist i figur 61 og figur 62. Det fremgår, at rensning af kanalstykkerne fra inspektionsbrøndene til krybekælderen er kompliceret.

Desuden fremgår det af figurene, at der ikke er adgang for prøvetagning inden i kanalerne i krybekælderen.

Fra krybekælderen føres luften til klasserummene via riste ved gulvet i klasserummene, figur 64. Der er monteret filtre i ristene, og driftspersonalet er klar over vigtigheden af, at filtrene skiftes regelmæssigt. Ikke desto mindre skete seneste filterskift enten i 2008 eller i 2006. Ifølge personalet begrænses filterskift af økonomiske grunde.

Enfamiliehus

Anlægget er nyt – installeret i 2010.

Der er filter såvel i udeluftindtaget, figur 73, som ved ventilationsaggregatet, figur 75.

Ejeren har anbragt et skab nær ventilationsaggregatet, hvorved det ikke er muligt at komme til hverken ventilationskanalerne eller udeluftfiltret. Prøvetagningen på filtret skete med filtret i stillingen som vist på figur 75.

I haven er der en kondensbrønd, men det må betragtes som vanskeligt at inspicere og rense kanalerne. Prøvetagning i kanalen er ikke mulig.

Ejeren er klar over anlæggets opbygning, funktion og drift.









Ejeren udtrykte forundring over udgifterne til filterskift. Ifølge ejeren angiver leverandøren, at både filtret i udeluftindtaget og filtret ved aggregatet bør skiftes for hver 90 dage. Da hvert filter koster ca. 400 kr. er den årlige udgift til filtre ca. 3000 kr.

Resultater af skimmelsvampeanalyser

Der er udtaget prøver til påvisning af skimmelsvampe i syv bygninger. Prøverne er taget ved aftryk på filtre og kanalundersider med dyrkningsplader indeholdende V8-agar tilsat antibiotika. Pladerne er leveret af Teknologisk Institut, Svampelaboratoriet. Efter prøvetagningen er dyrkningspladerne returneret til Teknologisk Institut. Pladerne er inkuberet 7 dage ved 26 °C, og efterfølgende er de fremvoksede skimmelsvampe bestemt kvalitativt og kvantitativt ved mikroskopi. Analyseresultaterne er vist i tabel 1 nedenfor.








I daginstitutionen er der desuden taget luftanalyser ved passiv opsamling på V8-agar plader. Dyrknings svar er vist i tabel 2.

Tabel 1. Analyseresultater V8-agar dyrkningsplader. Pladerne er leveret og analyseret af TI.

| Bygning | Prøveudtagningssted | CFU ¹⁾ | Skimmelsvampe |
|--|---|-------------------|--|
| Daginstitution  (Figur 5, side 10) | Udeluftindtag, vest  (Figur 9, side 12) | Før filter | ~ 50 <i>Alternaria tenuissima</i> 5 <i>Chaetomium sp.</i> ~ 30 <i>Cladosporium herbarum</i> |
| | | Efter filter | Ingen vækst |
| | | Efter filter | Ingen vækst |
| Skole A  (Figur 20, side 16) | Filter ved aggregat  (Figur 29, side 19) | Før filter | ~ 40 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Fusarium sp.</i> 1 <i>Mucor racemosus</i> 5 <i>Penicillium sp.</i> |
| | | Før filter | ~ 50 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Fusarium sp.</i> 2 <i>Mucor racemosus</i> ~10 <i>Penicillium sp.</i> |
| | | Efter filter | 2 <i>Alternaria tenuissima</i> 1 <i>Aspergillus niger</i> |
| Medborgerhus  (Figur 32, side 20) | Udeluftkanal  (Figur 38, side 23) | Kanal, formeden | >50 <i>Cladosporium sphaerospermum</i> ~ 20 <i>Acremonium sp.</i> 10 <i>Alternaria tenuissima</i> |
| | | Kanal, foroven | ~ 30 <i>Cladosporium sphaerospermum</i> |
| Etagehus  (Figur 40, side 24) | Filter ved aggregat  (Figur 46, side 26) | Før filter | 5 <i>Alternaria tenuissima</i> 3 <i>Aspergillus fumigatus</i> 10 <i>Aspergillus niger</i> ~ 30 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Fusarium sp.</i> ~ 30 <i>Penicillium sp.</i> |
| | | Før filter | 8 <i>Aspergillus fumigatus</i> 15 <i>Aspergillus niger</i> ~ 30 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Fusarium sp.</i> 2 <i>Mucor sp.</i> ~ 40 <i>Penicillium sp.</i> |
| | | Efter filter | 1 <i>Paecilomyces variotii</i> 2 <i>Penicillium sp.</i> |



Tabellen fortsættes

Tabel 1 fortsat

| Bygning | Prøveudtagningssted | CFU ¹⁾ | Skimmelsvampe |
|--|---|--------------------------|--|
| Skole B  (Figur 47, side 27) | Indtagskanal  (Figur 55, side 30) | Kanalbund før filter | 8 <i>Alternaria tenuissima</i> 12 <i>Aspergillus niger</i> 5 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Mucor sp.</i> |
| | | Kanalbund før filter | 4 <i>Alternaria tenuissima</i> 1 <i>Aspergillus flavus</i> 15 <i>Aspergillus niger</i> 1 <i>Fusarium sp.</i> 3 <i>Mucor sp.</i> 5 <i>Penicillium sp.</i> |
| Skole C  (Figur 56, side 31) | Krybekælder  (Figur 63, side 33) | Gitter foran kanal | 1 <i>Arthrinium phaeospermum</i> 1 <i>Aspergillus fumigatus</i> 4 <i>Chaetomium sp.</i> 1 <i>Drechslera sp.</i> 1 <i>Fusarium sp.</i> 8 <i>Penicillium sp.</i> |
| | | Gitter foran kanal | 1 <i>Aspergillus flavus</i> 6 <i>Aspergillus fumigatus</i> 1 <i>Aspergillus niger</i> 6 <i>Chaetomium sp.</i> 3 <i>Penicillium sp.</i> |
| | Klasserum  (Figur 64, side 34) | Tilluftsrist i klasserum | 1 <i>Alternaria tenuissima</i> 1 <i>Aspergillus fumigatus</i> 1 <i>Trichosporon pullulans</i> |
| | | Tilluftsrist i klasserum | 1 <i>Trichosporon pullulans</i> |
| Enfamiliehus  (Figur 71, side 37) | Filter ved aggregat  (Figur 75, side 38) | Før filter | 1 <i>Aspergillus niger</i> 10 <i>Penicillium sp.</i> 1 <i>Rhizopus nigricans</i> |
| | | Før filter | 2 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Alternaria tenuissima</i> 5 <i>Aspergillus fumigatus</i> 3 <i>Chaetomium sp.</i> 4 <i>Cladosporium herbarum</i> 12 <i>Penicillium sp.</i> 5 <i>Rhodotorula muc./ aeroc.</i> |
| | | Efter filter | 1 <i>Alternaria tenuissima</i> 1 <i>Aspergillus fumigatus</i> 12 <i>Penicillium sp.</i> |
| | | Efter filter | 1 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Aspergillus fumigatus</i> 2 <i>Cladosporium herbarum</i> |

¹⁾ CFU: Colony Forming Units

Tabel 2. Analyseresultater, passiv opsamling i luftstrøm, V8-agar dyrkningsplader.

| Bygning | Prøveudtagningssted | CFU/20 min ¹⁾ | Skimmelsvampe |
|---|--|--------------------------|--|
| Daginstitution  (Figur 5, side 10) | Udeluftindtag, vest  (Figur 9, side 12) | Uden filter | 2 <i>Cladosporium herbarum</i> |
| | | Uden filter | 1 <i>Alternaria sp.</i> 2 <i>Aspergillus niger</i> 6 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Trichosporon pullulans</i> |

¹⁾ CFU/20 min: Colony Forming Units per 20 minutters eksponeringstid.

Vurdering af analyseresultater



Vurdering af analyseresultater fra dyrkningsplader er i vid udstrækning et spørgsmål om ekspertise og personlige erfaringer. Af denne grund er der indhentet vurderinger fra to eksperter: Lisbeth Larsen, Svampelaboratoriet, Teknologisk Institut og Kristian Fog Nielsen, Institut for Systembiologi, DTU. Ekspertvurderingerne er sammenstillet i tabel 3 nedenfor.

Tabel 3. Sammenstilling af ekspertvurderinger af analyseresultaterne, se tabel 1 og tabel 2.

| Bygning | Vurdering, TI, Svampelaboratoriet | Vurdering, DTU, Inst. f. Systembiologi |
|--|--|---|
| Daginstitution  (Figur 5, side 10) | I hovedsagen ses almindelige, udendørs, luftbårne skimmelsvampe. Forekomst af <i>Chaetomium</i> indikerer dog tilstedeværelse af opfugtet biologisk materiale. | Tilstedeværelsen af flere <i>Chaetomium</i> -kolonier er betænkelig. |
| Skole A  (Figur 20, side 16) | Analyseresultaterne indikerer forekomst af almindelige skimmelsvampe fra støv. | Resultaterne ser ikke mærkelige ud, svampediversiteten ser normal ud. |
| Medborgerhus  (Figur 32, side 20) | På baggrund af analyseresultatet af <i>Cladosporium sphaerospermum</i> er vurderingen, at det ikke kan udelukkes, at der er vækst. <i>Cladosporium sphaerospermum</i> kan tåle gentagne udtøringer og opfugtninger. Forekomst af <i>Acremonium sp.</i> understøtter mistanken om forhøjet fugtniveau. Analyseresultatet skal ses i lyset af, at kanalen er af beton, og aftrykket er taget på betonen. | Den høje frekvens af <i>Acremonium</i> er noget betænkelig. Prøverne er taget på indersiden af betonkanalen, hvor denne udmunder i kælderens. |
| Etagebolig  (Figur 40, side 24) | Der er god overensstemmelse mellem de to prøver, der er taget før filtret, og i begge prøver forekommer <i>Aspergillus niger</i> , som er en problematisk skimmelsvamp. | Den høje frekvens af <i>Aspergillus niger</i> og delvist <i>Penicillium</i> er lidt mærkelig. Ligeledes er det betænkeligt at finde <i>Paecilomyces variotii</i> efter filtret, da det er en svamp, som jeg vurderer, kan gro i ventilationsfiltre, og som er en betænkelig indeklimasvamp. |
| Skole B  (Figur 47, side 27) | <i>Aspergillus niger</i> udgør 50 % af CFU. Svampen betragtes som en problematisk skimmelsvamp. | Den meget høje frekvens af <i>Aspergillus niger</i> er unaturlig og betænkelig. |

Tabellen fortsættes

Tabel 3 fortsat

| Bygning | Vurdering, TI, Svampelaboratoriet | Vurdering, DTU, Inst. f. Systembiologi |
|---|---|---|
| Skole C  | Forekomst af <i>Chaetomium</i> indikerer tilstedeværelse af opfugtet biologisk materiale. | Den høje frekvens af den toksigene <i>Chaetomium</i> er problematisk, og da dens sporer nemt dør (men stadig er toksiske) kunne de stadig være til stede i lokalerne. |
| Enfamiliehus  | Analyseresultaterne viser forekomst af <i>Chaetomium</i> . Forekomsten indikerer tilstedeværelse af opfugtet biologisk materiale, og mistanken understøttes af forekomst af <i>Acremonium</i> . Både <i>Chaetomium</i> og <i>Acremonium</i> betragtes som problematiske skimmelsvampe. I filtret kan der være forekomster af døde <i>Chaetomium</i> -sporer, som ikke afsløres ved den anvendte analysemetode. | Artsvariationen er lidt speciel, og specielt er tilstedeværelsen af <i>Chaetomium</i> og <i>Acremonium</i> problematisk. |

(Figur 56, side 31)

(Figur 71, side 37)

Kommentarer til analyseresultater og ekspertvurderinger

Eksperterne udtrykker enighed om, at analyseresultaterne fra medborgerhuset antyder, at der kan forekomme forhøjet fugtniveau. TI vurderer, at det på baggrund af tilstedeværelsen af *Cladosporium sphaerospermum* ikke kan udelukkes, at der forekommer vækst, og både TI og DTU vurderer tilstedeværelsen af *Acremonium sp.* som indikator for forhøjet fugtniveau.

Acremonium sp. forekommer desuden i enfamiliehuset.

Tilstedeværelsen af *Chaetomium*-kolonier i både daginstitutionen, skole B og enfamiliehuset vurderes som problematisk. DTU oplyser, at svampens sporer nemt dør, men stadig er toksiske, og sporer kan være til stede i klasserummene på skolen. Endvidere kan der i filtret være forekomster af døde sporer, som ikke afsløres ved den anvendte analysemetode.

Aspergillus niger, som betragtes som en problematisk skimmelsvamp, er fundet både i etagehuset og i skole B. Forekomst af *Paecilomyces variotii* efter filtret i etageboligen betragtes af DTU som betænkelig. Det vurderes, at det er en svamp, som kan gro på ventilationsfiltre, og som er en betænkelig indeklimasvamp.

Overordnet bedømmer DTU, at resultaterne viser lidt for høj frekvens af problematiske skimmelsvampe som *Chaetomium*, *Aspergillus niger*, og *Acremonium*.

Prøverne er i de undersøgte bygninger taget ved hjælp af dyrkningsplader indeholdende V8-agar tilsat antibiotika, og der er taget aftryk på overfladen af filtre og kanalindersider. Efter 7 dages inkubation ved 26 °C er antallet af fremkomne kolonier optalt. Resultatet af tællingen kan inddeles, og dansk praksis er at tolke op til 10 kolonier som "ringe vækst", 10-50 kolonier som "moderat vækst" og mere end 50 kolonier som "massiv vækst". Inddelingen er ikke baseret på videnskab, og det bør samtidig bemærkes, at såfremt der er støv på prøvestedet, vil prøven kunne vise "massiv vækst", selvom der ikke er vækst.

Af de problematiske skimmelsvampe forekommer *Aspergillus niger* i "moderat vækst" i etagehuset og i skole B og i "ringe vækst" i skole A, i skole C og i enfamiliehuset. *Acremonium* forekommer i "moderat vækst" i medborgerhuset og i "ringe vækst" i enfamiliehuset. *Chaetomium* forekommer i "ringe vækst" i daginstitutionen, i skole C og i enfamiliehuset.

Den afgørende betingelse for vækst af skimmelsvampe er fugt. Derudover fordres organisk materiale og en passende temperatur.

Der skal meget høj fugtighed til (95-99 % relativ fugtighed på overfladen), før skimmelsvampevækst opstår på uorganiske materialer. Kanalerne i de undersøgte bygninger er konstrueret af beton, stål eller kunststof – hvad angår enfamiliehuset er det desuden oplyst, at den indvendige side af kanalerne er belagt med et patenteret, integreret antimikrobielt lag, som er lavet af sølvpartikler, og som har til formål at forhindre mikrobiel vækst i røret.

Når der forekommer vækst af skimmelsvampe i uorganisk materiale, er det ofte fordi, der er iblandet organiske stoffer, eller fordi materialerne er forurenet med støv. Uorganiske materialer, der opfugtes, kan på grund af tilsmudsning huse vækst af skimmelsvampe, men risiko for vækst er væsentlig lavere end i organiske materialer.

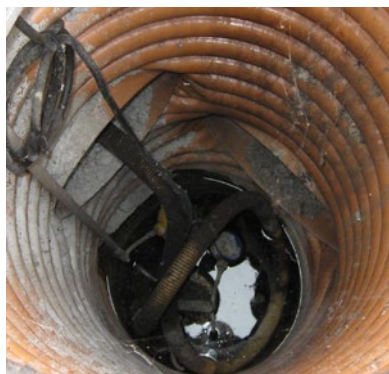
Konklusion

Vurderinger af risiko for skimmelsvampevækst i kanaler i jorden baseret på prøvetagning afhænger stærkt af omstændighederne under prøvetagningen og af ekspertvurdering af analyseresultater. Prøvetagning er relevant, men observationer, der er gjort i forbindelse med prøvetagning, kan være lige så betydningsfulde.

Det er åbenlyst, at systemer som fx i skole B og i skole C er sårbare systemer. Skole B på grund af den uheldige udformning af selve udeluftindtaget og skole C på grund af udformningen af kondensbrøndene. Også udeluftindtaget i skole A har, som det er udført, en uheldig udformning. I de nævnte systemer er der stor risiko – grænsende til sikkerhed – for, at ventilationsluften forurenes. Desuden lever systemerne ikke op til kravene i DS/EN 447 Norm for mekaniske ventilationsanlæg, afsnit 6.2 om placering og udformning af luftindtag og -afkast.



Figur 76. Skole B (figur 48 og figur 49).



Figur 77. Skole C (figur 65 og figur 67).



Figur 78. Skole A (figur 25 og figur 26).

Den primære årsag til etablering af udeluftindtag gennem kanaler i jord er energirelateret. Der findes i litteraturen eksempler på systemer, som minder om systemet i medborgerhuset, altså hvor kanalen indgår som en integreret del af bygningen, og hvor kanalen er så stor, at det er muligt at opholde sig i den. Sådanne systemer giver mulighed for både inspektion og rensning.

Mere almindeligt er det, at finde eksempler i litteraturen, som minder om systemerne i etageboligen og i enfamiliehuset, som er den almindelige udformning i forbindelse med lavenergibyggeri. Så godt som alle eksempler fokuserer på de energimæssige aspekter ved systemet. Opmærksomheden er rettet mod at vise, at for at opnå den ønskede forvarmning og forkøling af luften skal længden af sådanne kanaler være 40-80 m, og at effekten afhænger af, hvilket materiale, der omgiver kanalerne. I eksemplerne gøres opmærksom på behovet for, at kanalerne lægges med fald, og at der etableres kondensafløb enten i bygningen eller ved en brønd undervejs, men derudover diskuteres selve udformningen af systemerne i relation til sundhedsmæssige forhold ikke.

Systemer som i etageboligen og i enfamiliehuset, og tilsvarende systemer, som fx er anvendt i Komforthusene ved Vejle, kan i *energimæssig* henseende forventes at være velfungerende systemer, men systemerne lever ikke op til reglerne i DS/EN 447 Norm for mekaniske ventilationsanlæg. I normens afsnit 6.8 stilles krav om, at kanalsystemer skal monteres, udformes og placeres således, at det er muligt at inspicere kanalerne, kontrollere renhedsgraden og rense og vedligeholde kanalsystemet.



Figur 79. Etagebolig og enfamiliehus (figur 42 og figur 72).

Systemet i daginstitutionen var oprindeligt projekteret, så kanalerne skulle lægges i jorden omkring bygningen. Lokale regler, som lagde begrænsninger på anvendelse af de omkringliggende arealer, gjorde det imidlertid nødvendigt at omprojektere og anbringe kanalerne under bygningen. Det ændrede projekt bød i øvrigt på store konstruktionsmæssige udfordringer, da bygningens fundamenter tillige måtte omprojekteres.

Systemer til lavenergi-enfamiliehus som fx undersøgelsens enfamiliehus og Komforthusene ved Vejle indbefatter filtre såvel i udeluftindtaget som i selve aggregatet. Det må forventes – i hvert fald i disse år – at beboere i sådanne huse er opmærksomme på og vidende om formålet med systemet og systemets virkemåde, og derfor sørger for regelmæssigt at skifte filtre. Som ejeren i enfamiliehuset gjorde opmærksom på, kan filtre dog udgøre en betydelig udgift, som økonomisk står i modsætning til energibesparelsen.

Uanset at der er usikkerheder knyttet til prøvetagning for skimmelsvampe, og at vurdering af analyseresultater netop er et spørgsmål om vurdering, efterlader resultaterne ingen tvivl om, at når det gælder sikring af kvaliteten af den tilførte udeluft, må anvendelse af princippet med udeluftindtag gennem kanaler i jord frarådes. Selv i enfamiliehuset, som er et up-to-date system, med højt placeret udeluftindtag, filtre både i indtaget og ved aggregatet og med særlig belægning indvendig i kanalen i jorden, er princippet åbenlyst betænkeligt.

Hvad angår overholdelse af myndighedsbestemmelser, er princippet uacceptabelt. Samtlige undersøgte systemer rummer løsninger, som er i strid med bygningsreglementet og/eller DS/EN 447 Norm for mekaniske ventilationsanlæg. Det gælder fx bygningsreglementets krav om, at ventilationsanlæg og ventilationsåbninger skal være konstrueret og installeret, så de ventilerede rum ikke tilføres stoffer, herunder mikroorganismer, som gør indeklimaet sundhedsmæssigt utilfredsstillende, krav i DS/EN 447 om placering af luftindtag og -afkast og krav om, at kanalsystemer skal monteres, udformes og placeres, så det er muligt at inspicere kanalerne, kontrollere renhedsgraden og rense og vedligeholde kanalsystemet.

Det skal fremhæves, at der ikke er taget skimmelsvampeprøver i indeklimaet. Aftrykene er taget på filtre og kanalindersider, og det er ikke muligt ud fra prøverne at afgøre, om der forekommer skimmelsvampe i indeklimaet, som hidrører fra udeluftindtaget.

Anvendelse af princippet med udeluftindtag gennem kanaler i jorden er begrundet i energimæssige aspekter. Et alternativ, som har samme funktion, men hvor risikoen for at indtagsluften bliver forurenede elimineres, er anvendelse af en væskefyldt jordslange og en væske/luft-varmeveksler. Væsken i jordslangen konditionerer indblæsningsluften. Slangen lægges i en dybde af ca. 1,5 m, og til et typisk enfamiliehus vil slangelængden skulle være i størrelsesordenen 100 m. Systemet med varmeveksler, cirkulationspumpe og styring kan være lidt mere komplekst end et system med ventilationskanaler i jorden, men som nævnt elimineres risikoen for, at indtagsluften forurenede og ligeledes elimineres problemer med rensning og vedligeholdelse af kanaler i jorden. Der vil være et elforbrug til cirkulationspumpen, men det kan begrænses ved at indrette styringen, så systemet kun kører, når der er behov for forvarmning eller forkøling af ventilationsluften.

I kanaler nedgravet i jorden, der bruges som indtag for ventilationsluft, kan der opstå betingelser, som fremmer vækst af skimmelsvampe. Der er risiko for, at skimmelsvampene vil kunne blive bragt ind i bygningerne med ventilationsluften. Syv anlæg er inspiceret visuelt, og der er taget prøver på filtre og i kanaler til påvisning af skimmelsvampe. Resultaterne af inspektioner og prøver viser, at når det gælder sikring af kvaliteten af den tilførte udeluft, må anvendelse af princippet med udeluftindtag gennem kanaler i jord frarådes. Derudover rummer samtlige undersøgte systemer løsninger, som er i strid med bygningsreglementet og/eller DS/EN 447 Norm for mekaniske ventilationsanlæg.

1. udgave, 2012

ISBN 978-87-92739-04-9