



Frydenspark

Bæredygtig Ventilationsløsning



Frydenspark - Bæredygtig Ventilationsløsning

Udarbejdet af
Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup

for DAB

Med støtte fra Realdania

August 2021

Forfattere: Christian G. Nicolaisen, Lasse S. Trankjær, Claus M. Hvenegaard og Søren Draborg

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Teknologisk Institut for Dansk almennyttigt Boligselskab (DAB), som har ønsket at få belyst de mulige løsninger for etablering af ventilation i eksisterende etageboliger fra 1940-50, der er både klimamæssig og arkitektonisk bæredygtige. Desuden er konsekvenserne for beboerne ved etablering af ventilation belyst ligesom konsekvenserne for indeklima og økonomi er taget i betragtning.

Formålet med projektet har været at identificere den mest bæredygtige ventilationsløsning for eksisterende etageboliger med udgangspunkt i DAB's afdeling Frydenspark i København både hvad angår energiforbrug og hensyntagen til byggeriets meget trænge plads i boligerne og de konstruktive forhold. Løsningen(-erne) vil ikke kun skulle bruges i Frydenspark, men ligeledes i andre byggerier som står overfor de samme udfordringer.

Rapporten er udarbejdet af Teknologisk Instituts specialister inden for energi og livscyklusvurderinger i samarbejde med DAB og DAB's øvrige rådgivere.

Rapporten er udarbejdet i perioden maj 2021– august 2021.

Indholdsfortegnelse

1. Sammenfatning	5
2. Baggrund	5
2.1. Formål	6
2.2. Bebyggelsen og renoveringsprojektet i Frydenspark - udgangspunktet	6
2.3. Afgrænsning	8
2.4. Overordnet metode	9
3. Teknisk skitseforslag	12
3.1. Baggrund	12
3.2. Føringsveje	14
3.3. Luftstrøm	15
3.4. Løsningsmuligheder	16
3.4.1. Løsningsmuligheder UDSUGNING - variation 01-02E	18
3.4.2. Løsningsmuligheder DECENTRAL 03A-03C	20
3.4.3. Løsningsmuligheder CENTRAL 04A-04D	21
3.4.4. Vurdering af løsningsmuligheder	23
3.4.5. Valgte løsningsmuligheder	23
3.5. Uddybende beskrivelse af valgte løsningsforslag	24
4. Bæredygtighedsanalyse	32
4.1. Udvælgelsen af evalueringskriterier og -indikatorer	32
4.2. Vægtning af kriterier og indikatorer	34
4.3. Evalueringsmetode	36
4.4. Eksempel på evalueringsskema	37
4.5. Analyseresultat	40
5. Konklusion	45
6. Referencer	46
7. Bilag	47
7.1. Bilag A	47
7.2. Bilag B	81
7.3. Bilag C	83
7.4. Bilag D	87
7.5. Bilag E	90
7.6. Bilag F	97

1. Sammenfatning

Projektet tager udgangspunkt i renoveringen af den almene boligafdeling Frydenspark, der har været under udvikling i mange år og går i udførelse i starten af 2022. Bebyggelsen er opført i 1947, er tidstypisk i sit udtryk, og består af 294 lejeboliger fordelt på 14 boligblokke.

I processen har det vist sig udfordrende at designe en egnet ventilationsløsning med varmegenvinding, hvorfor det er planlagt at etablere en mekanisk udsugningsløsning. Udfordringerne skyldes primært, at det har været svært at finde funktionelle føringsveje. Valget af udsugningsløsningen medfører et anseligt energiforbrug med en betydelig CO₂-udledning og energiregning til følge, hvorfor løsningen ikke anses som optimalt bæredygtig. Bygherre, her repræsenteret ved DAB, som ansvarlig for renoveringsprojektet, har derfor ønsket at udfordre valget af ventilationsløsning både til gavn for eget projekt, men også for andre lignende byggerier under renovering med tilsvarende udfordringer.

Selve projektet består af to grundlæggende arbejdsopgaver.

I den første arbejdsopgave blev de tekniske muligheder undersøgt og der blev opstillet 21 løsningsforslag fordelt på tre ventilationsprincipper. Af disse blev en række forslag til udvalgt til nærmere undersøgelse. Udover den planlagte udsugningsløsning blev der således udvalgt tre alternative løsningsforslag: 1 - en optimeret udsugningsløsning med behovsstyring og effektiv emhætte, 2 - en løsning med et balanceret, decentralt ventilationsanlæg installeret i sammenhæng med køkkenets emhætte og 3 - en løsning med balanceret, central ventilation, hvor ventilationsanlægget er placeret i tagrummet. Løsningerne blev udpeget på baggrund af undersøgelser foretaget i en prøvelejlighed i Frydenspark og der er foretaget skitseprojekter og tilbudsgivningen herpå, for at sikre at løsningerne rent faktisk vil kunne fungere i praksis samt er teknisk gennemførlige i Frydenspark.

I den anden arbejdsopgave foretages selve bæredygtighedsanalysen af de udvalgte løsninger.

Til denne er der med nærværende projekt udviklet en bæredygtighedsanalysemetode med udgangspunkt i DGNB's vejledning for "Nybyggeri og omfattende renoveringer". Samtlige indikatorer og tilhørende kriterier der er relevante for ventilation, er blevet udtaget og vægtet på ny, hvilket udgør pointsystemet.

Resultaterne af analysen viser, at den centrale ventilationsløsning er den mest bæredygtige løsning til Frydenspark. Modsat er den planlagte udsugningsløsning den mindst bæredygtige løsning. Der er en lang række fordele og ulemper ved de valgte løsninger, men det er udslagsgivende, at varmeforbruget er væsentligt større ved de to udsugningsløsninger. Disse medfører et betydeligt større energiforbrug, hvilket i høj grad påvirker de totaløkonomiske beregninger (LCC) og livscyklusanalysen (LCA), og dermed pointtildelingen, negativt.

2. Baggrund

Det er en anerkendt udfordring, at det anses for vanskeligt at etablere ventilation i eksisterende etageboliger, hvor der hidtil ikke har været ventilation eller i nogle tilfælde alene udsugning. Det skyldes, at den plads som ventilationen (anlæg og kanaler) optager ofte ikke er til stede medmindre en del af lejlighedernes i forvejen begrænsede plads inddrages til formålet. Udover at dette ikke er

attraktivt for beboerne vil etablering af ventilation i mange tilfælde medføre en husleje-forhøjelse, hvorfor ventilation i nogle tilfælde fravælges som følge af modstand fra ejendommenes beboere. Det er uheldigt da mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding medvirker til at opretholde et godt indeklima samtidig med at energiforbruget til opvarmning reduceres. I energirenoveret boligbyggeri må mekanisk ventilation (eller udsugning) anses som en nødvendighed, da den tætte klimaskærm som følge af nye vinduer, efterisolering etc. begrænser den naturlige luftudskiftning gennem bygningerne utætheder. Dette kan føre til fugtphobning med deraf følgende risiko for skimmel og indeklimaproblemer.

Afdelingen Frydenspark på Amager står overfor en omfattende renovering, som indebærer etablering af et nyt ventilationsanlæg. Renoveringen gennemføres med rådgivende ingeniører og arkitekter som har arbejdet med bebyggelsen i årevis, har et detaljeret kendskab til byggeriet, og derfor også har udviklet konceptet for ventilation til bebyggelsen. Der er således udviklet en gennearbejdet ventilationsløsning til bebyggelsens 294 lejligheder, men vurderingen er fortsat at der ligger et stort udviklingspotentiale i forhold til at komme frem til en ventilationsløsning som er både klimamæssig og arkitektonisk bæredygtig.

2.1. Formål

Ventilationsløsningen til Frydenspark er projekteret som en mekanisk udsugningsløsning, hvor friskluft tilføres gennem friskluftriste placeret bag lejlighedernes radiatorer og der udsuges fra køkken og bad.

Denne løsning er valgt, da et mekanisk balanceret anlæg med etablering af de mange kanaler giver konstruktive udfordringer i byggeriet og idet rørføringen giver store pladsmæssige udfordringer i afdelingens små lejligheder.

DAB's projektteam har således set det som den bedst mulige løsning at etablere udsugningsløsning i afdelingen. Løsningen tager således højde for byggeriets arkitektur og indretning, men er ikke klimamæssig bæredygtig, da den bidrager til en forøget udledning af drivhusgasser, blandt andet på baggrund af et forøget varme-forbrug.

Det er således projektets formål at bidrage til kortlægning af både arkitektoniske og klimamæssigt bæredygtige ventilationsløsninger som ikke bare kan bruges i Frydenspark men ligeledes i tilsvarende byggerier fra 40'erne og 50'erne som står overfor de samme udfordringer ved etablering af nye ventilationsanlæg.

2.2. Bebyggelsen og renoveringsprojektet i Frydenspark - udgangspunktet

Boligafdelingen Frydenspark er en markant og tidstypisk murstensbebyggelse fra 1947, og består af en homogen parkbebyggelse, der er opført som etagehuse i gule sten og med røde tage. Til hver bolig er der altan. Bebyggelsen består af 14 boligblokke i tre etager og se på Figur 1.



Figur 1: Luftfoto af de forskellige boligblokke, som udgør Frydenspark.

Frydenspark er renoveringsmoden. Badeværelser, køkkener, tage og vinduer er blot nogle af de områder, der ikke fungerer tilfredsstillende. Lejlighederne er generelt små og utidssvarende i sin indretning. Samtidig rummer Frydenspark talrige byggetekniske løsninger, der hver især bidrager til et stort varmetab og dermed et stort energiforbrug. Ved renoveringen af Frydenspark ligger der således en stor udfordring i, at fremtidssikre afdelingen ved en gennemgribende renovering og samtidig respektere den kvalitet og historie som bebyggelsen repræsenterer i dag.

Renoveringen af Frydenspark udføres i 2022 og indeholder følgende tiltag:

- Nye køkkener og badeværelser i alle boliger
- Nyt ventilationsanlæg (udsugningsanlæg)
- Nye installationer
 - Udvidelse af 93 boliger med karnapper
 - Udskiftning og isolering af alle tage
 - Udskiftning af alle vinduer og altandøre i boligerne
 - Udskiftning af alle opgangsdøre og vinduer
 - Nye varmecentraler
 - Nye radiatorer
 - Nye varme- og vandrør mellem blokkene
- Opgradering af uderum, fælleshus og ejendomskontor

Frydenspark består i dag af i alt 294 boliger fordelt på 6 forskellige boligtyper (type A-F) i størrelse fra 1-værelses til 3-værelses. Efter helhedsplanen vil der være de 6 oprindelige typer samt 3 nye typer med karnap (type B+, D+ og F+) – i alt 9 typer. Fordelingen af boligtyper før og efter renoveringen fremgår af skemaerne på Figur 2.

EKSISTERENDE FORHOLD

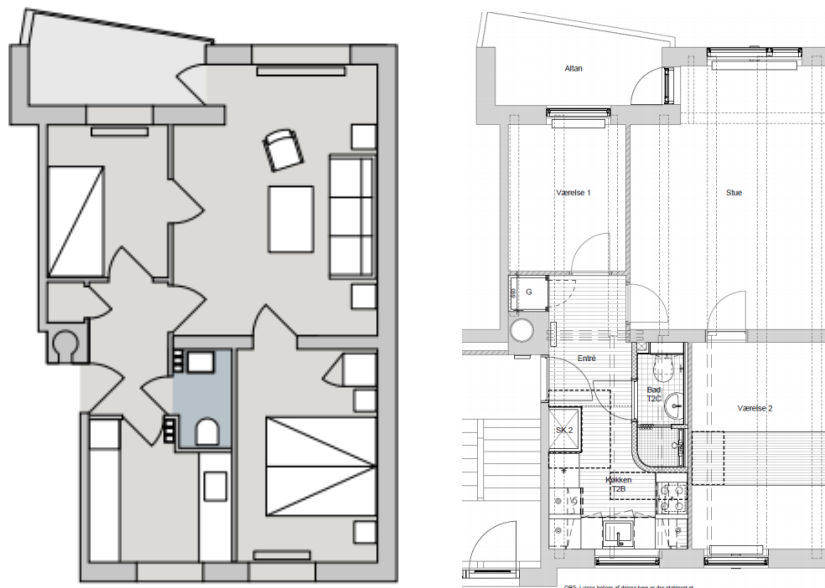
TYPE	RUM	M2	ANTAL
A	3	71,95-73,19	72
B	1	47,35-48,59	72
C	2,5	67,28-68,65	45
D	2,5	62,56-63,93	45
E	2	62,20-63,43	30
F	2	62,60-63,85	30
			294

FREMTIDIGE FORHOLD

TYPE	RUM	M2	ANTAL
A	3	71,95-73,19	72
B	1	47,35-48,59	30
B+ (Karnap)	2	Ca. 51,85-53,09	42
C	2,5	67,28-68,65	45
D	2,5	62,56-63,93	12
D+ (Karnap)	2,5 + spisepl.	Ca. 67,06-68,43	33
E	2	62,20-63,43	30
F	2	62,60-63,85	12
F+ (Karnap)	2 + spisepl.	Ca. 67,10-68,35	18
			294

Figur 2: Fordelingen af boligtyper før og efter renoveringen.

I samtlige lejligheder etableres som anført nye køkkener og nye større badeværelser med bruseplads. For at tydeliggøre de indvendige bygningsændringer fremgår henholdsvis de fremtidige samt eksisterende forhold for boligtypen D som eksempel på Figur 3. De resterende boligtyper A, B, B+, C, D+, E, F og F+ ombygges efter de samme principper, men er tilpasset boligtypernes størrelse og indretning og fremgår af rapportens Bilag E.



Figur 3: Plantegning af de eksisterende forhold til venstre og fremtidige forhold højre for boligtypen D.

2.3. Afgrænsning

I projektet er der taget udgangspunkt i en gennemsnitsboligblok med to opgange fra stue til 2.sal (dvs. 12 lejligheder) af typen D, hvor der tillige i forbindelse med renoveringsprojektet er etableret en demolejlighed, hvor de kommende overordnede renoveringstiltag er etableret. Det er kontrolleret, at

de foreslåede løsninger ligeledes på tilsvarende måde kan etableres i de resterende typer, men de er ikke uddybende skitseret eller analyseret som beskrevet i det efterfølgende.

I projektet er der yderligere udelukkende fokuseret på etablering af ventilation og tilhørende følgevirkninger og arbejder, - dog med udgangspunkt i det overordnede projekterede renoveringsprojekt og tilhørende nyindretning, hvor der i tillæg til ventilation etableres nyt bad, køkken og entre og hvor loftet i disse zoner sænkes så der kan føres ventilationskanaler. Der etableres nyt tag, hvorfor der ikke er medtaget omkostninger til stillads og åbning i tag for eventuel indhejsning af ventilationskomponenter på lofterne.

2.4. Overordnet metode

Opgaven tager udgangspunkt i den specifikke byggeskik og renoveringsprojekt, hvor den oprindelige, anbefalede løsning (udsugning), der er foreslået af DAB's rådgiverteam vurderes ift. en række foreslåede alternativer indenfor følgende ventilationsprincipper:

- Udsugning (reference)
- Optimeret udsugning
- Decentral ventilation med varmegenvinding
- Central ventilation med varmegenvinding
- Mikroventilation med varmebatterigenvinding (alternativ)
- Air-by-nature med varmegenvinding (sidste nye princip)

Arbejdsplan 1 - Teknisk skitseforslag

Der er udarbejdet et skitseprojekt for hver af de foreslåede alternativer for den bedst mulige tekniske løsning indenfor hvert princip, der er vurderet ift. nedenstående primært tekniske parametre (som dog også indeholder overordnede bæredygtighedskriterier). Vurderingen er opstillet i en simpel pointmatrice.

- Indeklima
- Pladsoptag
- Energiforbrug – Varme og el
- Drifts og service funktionalitet
- Æstetik – Indefra og udefra
- Pris – drift og etablering
- Varmeregnskab indvirkning
- Statisk indvirkning
- Eksisterende lovgivning her under BR + DS 428 + DS 447
- Kommunale krav
- Brugerperspektiv

Der er anlagt en "best practice" tilgang, hvor anvendelsen af tilgængelige teknologier og metoder på markedet - nye såvel som velkendte - sammensættes efter princippet om at skitsere løsninger, der er byggeteknisk mulige og driftseffektive. Dette udmønter sig i en række skitseforslag for de forskellige ventilationsprincipper, der udgør grundlaget for den videre bæredygtighedsanalyse.

Arbejdspakke 2 - Bæredygtighedsanalyse

Ud fra de foreslåede alternativer er der i samråd med DAB's projektansvarlige, DAB's energiafdeling og DAB's rådgiverteam på Frydenspark udvalgt fire endelige løsninger for hvilke, der er foretaget en bæredygtighedsanalyse ud fra DGNB's overordnede kvaliteter illustreret på Figur 4. Der er udført en bæredygtighedsanalyse for den planlagte løsning og den optimerede variation heraf samt to ventilationsløsninger med varmegenvinding.



Figur 4: Illustrationen af vægtning af DGNB's bæredygtighedskvaliteter bestående af de tre hovedområder i bæredygtighed - det sociale-, økonomiske- og miljømæssige og de tre mere DGNB byggerispecifikke områder.

Udgangspunktet for analysen er DGNB, men deres vurderingssystem egner sig ikke direkte til den konkrete opgave med fokus på installationer. Det skyldes, at dette arbejde på flere områder vil gå et stik dybere end hvad der er beskrevet i kriterierne og der er ligeledes områder i DGNB der ikke er relevante ifm. den konkrete opgave. Således arbejdes der ikke udelukkende ud fra analyser dikteret af DGNB, men en mere holistisk tilgang.

Der opstilles en række bæredygtighedsvurderingskriterier med inspiration fra DGNB-kriterierne, der fortolkes og uddybes med inspiration fra Den Frivillige Bæredygtighedsklasse og egne erfaringer fra rådgivningsopgaver. Med udgangspunkt i dette undergår de udvalgte skitseforslag en bæredygtighedsanalyse og der tildeles point. Pointene gives så vidt muligt ud fra en kvantitativ vurdering, men understøttes af supplerende kvalitative redegørelser med fokus på slutbrugeren og projektets rammer og hele tiden med helhedsperspektivet og særligt det økonomiske, miljømæssige, sociale og det arkitektoniske perspektiv (kvaliteterne) for øje.

På baggrund af følgende udvælges bedste løsning. Konklusioner og erfaringer videreføres til gavn for lignede projekter.

Arbejdspakke 3 - Konklusion

Konklusionen som belyser den bedste og mest bæredygtige ventilationsløsning til Frydenspark og den tilhørende refleksion redegør for de erfaringer der kan videreføres i andre fremtidige projekter.

Disposition af opgaven

Opgaven er løst iht. ovenstående ud fra nedenstående "arbejdspakker" vist i Tabel 1.

Table 1: Arbejdspakker og de tilhørende forskellige faser i projektet.

Arbejdspakker	Inddragelse / Milepæle		
	TI	DAB	Rådgiver
WP0: Indledende arbejde og møder	X	X	X
Kortlægning af bæredygtigheds-vurderingskriterier	X		
Gennemgang af lejlighed og opgave	X	X	X
WP1: Teknisk skitseforslag - byggeteknisk	X		
Eksisterende løsningsforslag - oversigt iht. vurderingspar.	X		
Skitseforslag udarbejdelse	X	(X)	(X)
Inspektion for validering med hele projektgruppen	X		
Revision	X	X	X
Prissætning med entreprenør + coating mv. inkl. inspektion	X		
Vurdering af statiske forhold (mørtel/hulstørrelse)	X		
Lovgivningsmæssige forhold og facade klausuler	X		
Vurderingsmatrice udarbejdelse	X		
Verificering af skitseforslag i lejlighed (milepæl)	X	X	X
Valg af byggetekniske mulig ventilationsprincip for v. arbejde	X	X	X
WP 2: Bæredygtighedsanalyse	X		
Vægtning mellem kriterier (kvantitativ / kvalitativ)	X		
Vægtning af de enkelte kriterier (kvantitativ / kvalitativ)	X		
Afstemning af kriterier	X	X	X
LCA-værktøjer	X		
Byggetekniske kriterier - Pointgivning /analyse	X		
Miljømæssige kriterier - Pointgivning /analyse	X		
Økonomiske kriterier - Pointgivning /analyse	X		
Sociale kriterier - Pointgivning /analyse	X		
Supplerende kvalitativ redegørelse	X		
WP 3: Konklusion for Frydenspark - bedste ventilationsløsning	X	X	X

3. Teknisk skitseforslag

3.1. Baggrund

Det sunde indeklima er en meget væsentlig boligkvalitet. Som et led i den grønne omstilling er bygningsrenoveringer, herunder ventilation, et fokusområde. Det skyldes blandt andet at bygningsrenoveringer, der omfatter efterisolering, vinduesudskiftning og andre forbedringer af klimaskærmen medfører, at bygningerne bliver langt tættere end tidligere. Dette medfører et behov for mekanisk ventilation for at undgå forringelser af indeklimaet og potentielle udfordringer med skimmelsvamp.

Indtil BR10 trådte i kraft har der ikke været tradition for at etablere ventilation med varmegenvinding i danske etageejendomme. Således fungerer størstedelen af de danske etageejendomme med ren udsugning eller naturlig ventilation, som i nogle tilfælde virker efter hensigten og i andre tilfælde er utilstrækkelig.

Der er gennem de seneste 10 år sket en væsentlig udvikling af ventilationskoncepter, teknologier og styringer, der dels har reduceret omkostningerne ved etablering af ventilation, og dels kan sikre et godt og energieffektivt indeklima i etageejendomme. Denne udvikling er vist i Tabel 2.

I takt med at nye kompakte og prisbillige ventilationsaggregater med varmegenvinding er kommet på markedet og som resultat af et massivt oplysningsarbejde, er bygningsejere og deres administratorer begyndt at forstå værdien af "korrekt ventilation" pga. den væsentlige energibesparelse, det forbedrede indeklima, og endelig og ikke mindst den effektive forebyggelse af skimmelsvampeangreb.

Tabel 2 Gennemsnitligt årligt energiforbrug til ventilation og erstatningsluftopvarmning til en typisk dansk lejlighed 60m² (op til 110m²).

Bygningsreglementet		2008	2008	2010 (krav)	+ 2010
Ventilationsform	Naturlig	Udsugning	Balanceret	Balanceret	Balanceret
SFP (specifikt elforbrug til lufttransport)	0	1000	1200	1000	800
VGV (varmegenvindingsgrad)	0	0	65%	80%	90%
Styring	Ingen	Ingen	CAV	VAV	VAV
Energiforbrug - el total (KWh)	0	310	370	155	125
Energiforbrug - varme total (KWh)	4650	4650	1625	615	305
Energiforbrug - total (KWh - ikke vægtet)	4650	4960	1995	770	430
Energiforbrug - kr.	3720	4280	1965	770	470
Besparelse kWh (ref. = naturlig)	0 %	-15 %	47%	79%	87%

Samtidig har en række barrierer for etablering af ventilation med varmegenvinding ved bygningsrenovering set dagens lys, da ofte hverken bygningsejere eller lejere har været vant til ventilation, og kan se værdien heri da ventilation tillige optager værdifuld plads. Hertil kommer at lovgivning og standarder er skrevet ud fra nybyggeri og tilhørende materialer og byggeskik, hvilket ikke tager højde for de udfordringer der er i renoveringsøjemed.

Man kan kortfattet sige, at produkterne er til stede, men overblikket mangler, hvorfor der ofte ses fejlbehæftede løsningsvalg grundet utilstrækkeligt beslutningsgrundlag, der beror på producentrelationer eller konkrete løsningsmuligheder, som beslutningstager har erfaring med.

Succeskriteriet for en teknisk velfunderet, prisbillig og energieffektiv løsning, der sikrer et optimalt indeklima, kræver overblik over mulige løsninger set bl.a. i forhold til den givne bygnings opførelsesår og tilhørende byggeskik, herunder brug af kompakte løsninger, som ikke optager plads og respekterer den eksisterende arkitektur og boligens indretning.

Valget af den optimale løsning afgøres primært af muligheden for fremføring af kanaler og plads til ventilationsaggregatet samt anlægsøkonomi og sekundært af funktion, effektivitet og tilhørende indeklima. Desuden spiller kendskabet til alle relevante muligheder og ønsker til den efterfølgende drift (er det nemt eller besværligt at få adgang til lejligheden ifm. filterskift/ service eller er det noget beboerne selv kan gøre osv.) ind.

For at kunne etablere energieffektiv ventilation der forbedrer indeklimaet, er det nødvendigt at have fokus på at installationen ikke må optage unødigt plads i de ofte relativ små lejligheder og dels at have respekt for den eksisterende arkitektur.

Som det fremgår af Tabel 3 er der en række karakteristika for bygninger opført i de forskellige tidsperioder som er afgørende for mulighederne for efterfølgende etablering af ventilation. Generelt vil det være relativt ukompliceret at etablere ventilation i bygninger, der er opført fra 1960'erne og frem, men disse bygninger udgør kun ca. 40% af den samlede bygningsmasse.

Tabel 3: Byggeskik ved forskellige tidstypiske byggerier, som ofte står overfor en renovering i dag. Se forstørret version af skema i Bilag B.

Beskrivelse	1850-1900	1900-1920	1920-1940	1940-1960	1960-
Etagebolig "opstart"	Nørre, Vester, Øster, Amager	Islands brygge	Forstæderne	Forstæderne	Forstæderne
Historiske betingelser	Området uden for voldene frigives i 1852 (Etagebyggeri 3-5 etager).	Den høje tætte udbygning af hovedstaden (5-6 etager)	Mellemkrigstid, hvor lys, luft og solorientering bliver arkitektonisk parole.	Nybyggeriet efter 1940 har samme installationsmæssige standard, vi regner for min. i dag.	(1973) Tiden efter oliekrisen hvor energi-problematikken får markant indflydelse på byggeriet
Lejlighed	Mindre lejligheder (1. værelses)	1889: Krav om minimum 60 m ²	Lejligheder bliver større	1940 - Bad mere almindeligt omkring 1930, og var i slutningen af 1930'erne standard	Lejligheder er meget forskellige
Bad/wc	Indtil 1. verdenskrig er der udpræget fælles bad i kælder	1900 - Wc blev alm. kort efter århundredskiftet. Mindre lejligheder deles om wc på trappe	1910 - Wc uden håndvask så godt som standard i nybyggeriet i byerne (ikke i provinsen).		
Køkken	Optil 1. verdenskrig er køkken ofte placeret i ud- eller sidebygning		1920'erne - Køkkener integreres i bygningskroppen (5,91 m ²)		
Åbninger i klimaskærm		Madskab med enkelt åbning i ydermur (vindue)	1930 Madskab fik to ventilationsåbninger		1950'erne. Køleskabe bliver almindelige.
Bjælkelag	Træbjælkelag Kappedæk (over kælder/port)	Træbjælkelag Jernbjælkelag med betonudstøbning ved bad	Træbjælkelag Træ/jernbjælkelag Jernbjælkelag med betonudstøbning ved bad	Træ eller træ/jernbjælkelag Hulstensdæk Jernbjælkelag med betonudstøbning ved bad	Betonelementer
Aftræk	1871 - Det lukkede køkkenildsted fortænder det åbne og skorstens areal mindstes til 9*9". Enhætte effekt fra åbent ildsted forsvinder. Derfor kræver loven "Hvor omstændighederne tillader det skal der anbringes emrør ved køkkenildsteder".	1902 - Sundhedskommissionen kræver ifm. installation af WC, 100cm ² aftræk + luftindtag/ 1/4" sprække under dør. Sammenholdt med 1889 skulle det helst føres langs skorstensrør	1918 - Sundhedsvedtægten kræver aftræk på min. 100cm ² i køkken hvor der benyttes gas (skal føres ½ m over tagryg). 1927 - Sundhedsvedtægten skærpes til 150cm ² aftræksrør i køkken og oplukkeligt vindue på mindst 0,4m ²	1939: Krav om separate aftræk i køkken og wc/ bad. Aftrækskanaler skal føres lodret op langs skorstensrør. Betjener skorstene eller aftræk kun et rum må det være 15*15 cm ellers skal det mindst være 23*23 cm	1961: Første bygning reglement for hele landet. Krav om separate aftræk i køkken og wc/ bad.
- Antal	0	1 (wc)	2 (køkken +wc)	2 (køkken +wc)	2 (køkken +wc)
- Materiale	Muret	Støbt beton kanaler	Støbt beton kanaler	Støbt betonkanaler	Ete-rit eller stål
- Lysning	12*24 cm	100 cm ²	100 cm ² bad. Køkken 100/150cm ²	100 - 150cm ²	Udsugningsanlæg med hovedkanal eller naturlig med separate kanaler
Skorsten	1871 - Det lukkede køkkenildsted fortænder det åbne og skorstens areal mindstes til 9*9" (optil 1850 18*18"). 1889 krav om maks. 2 ildsteder pr etage pr. skorsten som medfører at hver lejlighed har en skorsten pr. 2 rum	1900 - Gasapparater bliver almindeligt fra århundredskiftet. Køkkenskorstenen udfases.	Centralvarme begynder at forekomme i 1920'erne, og var almindeligt udbredt i slutningen af 1930'erne,	Oftest ingen skorstene pga. centralvarme. Men så sent som i slutningen af 1950'erne blev der stadig i de mindre bysamfund opført boligbyggeri med kakkelovne	Ingen kakkelovne
- Antal	2 - kakkelovn + brændekomfur	0-1 - kakkelovn (stuer)	0-1 - kakkelovn (stuer)	0	0
- Lysning	18*18" / 9*9"	9*9"	9*9"	9*9"	0
Adg.vej til loft	1889 - krav om køkkentrappe	Køkkentrappe	Delvis m/uden køkkentrappe	Kun hovedtrappe	Loftslem 60*90 / gennem tag
Spær/ bjælkelags afstand	Over 90	90 cm	90 cm	75-90 cm	60-75cm
Tag	45°rejsning+tegl	45°rejsning+tegl	30-45°rejsning+plade	0-30° rejsning	0-15° rejsning
Byggestanden	10%	25%	40%	60%	100%

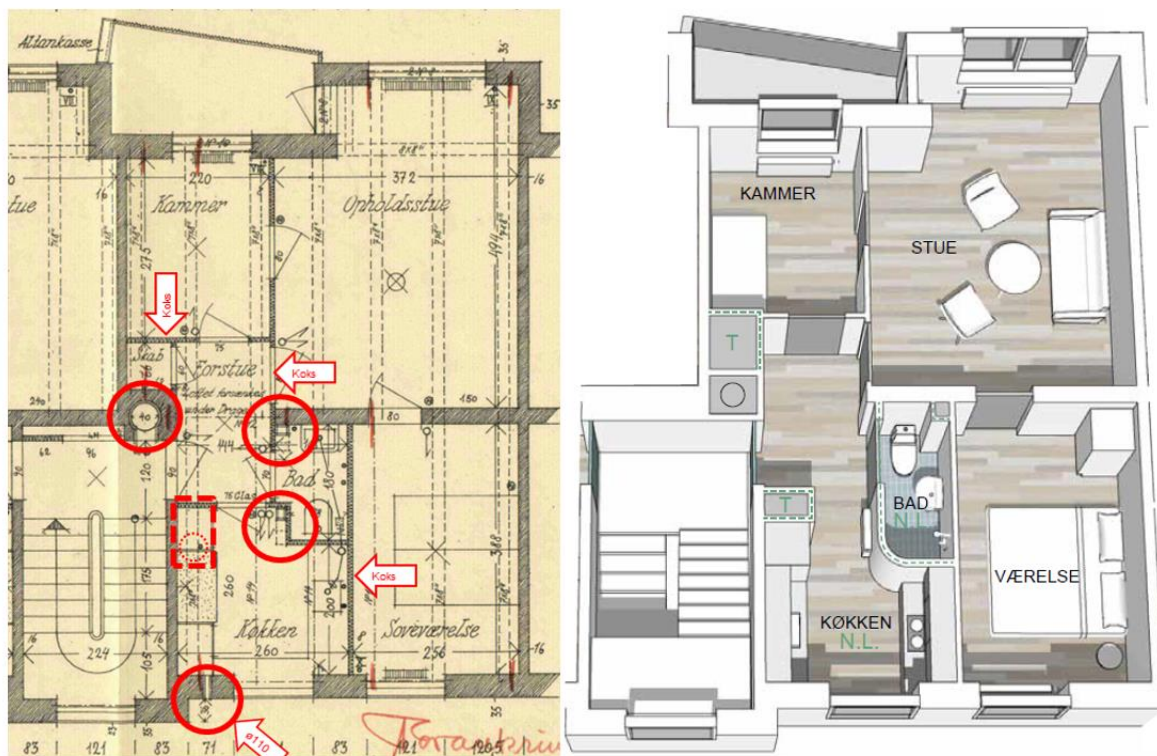
Sum-meeret:	2 Skorstene 0 Aftræk (wc) 0 åbning 45° taghældning	1 Skorstene 1 Aftræk (wc) 1 åbning 45° taghældning	0-1 Skorstene 2 Aftræk 1 åbning 30° taghældning	0 Skorstene 2 Aftræk 0 åbning 0-30°taghældning	0 Skorstene 2 Aftræk 0 åbning 0° Taghældning
--------------------	---	---	--	---	---

Fremføring af ventilationskanaler kan i mange tilfælde med fordel ske ved genbrug af bygnings eksisterende føringsveje, herunder aftrækskanaler og skorstene, som brandsikkert coats til indblæsning og/eller udsugning samt evt. afkast fra decentrale aggregater. Alternativt kan der fremføres kanaler i nye skakte, idet det er vigtigt at de optager et minimum af plads. Endelig kan der

gøres brug af bygningernes eksisterende gennembrydninger i facaden, som f.eks. fadebursriste/friskluftsindtag til køkkenet, hvilket bl.a. er sket i dette projekt.

3.2. Føringsveje

Når de eksisterende forhold i Frydenspark (lejlighedstype D) betragtes med respekt for den ønskede fremtidige indretning viser der sig en række af fremføringsmuligheder, se Figur 5.



Figur 5 Plantegning af de eksisterende forhold i boligtype D til venstre, hvor eksisterende føringsveje er markeret med rødt. Til højre er illustrationen af den projekterede indretning, hvor bl.a. tekniskskabe er markeret med T (I det endelige projekterede renoveringsprojekt er det dog samlet til en skabt på 650x850 mm ved det forreste T).

Fremføringsmulighederne udgør:

- to eksisterende støbte aftræk i væggen mellem køkkenet og badet med en lysning på 100x150 mm, som med coating kan anvendes til både indblæsning og udsugning for et centralt aggregat, afkast for et decentralt aggregat, eller udsugningskanal for et udsugningsanlæg. Aftrækkene går separat fra hver lejlighed til loftrum og videre over tagryg, hvor de er afsluttet i eksisterende blikinddækning (markeret med røde cirkler)
- én skraldeskabt som ifm. renoveringsprojektet sløjfes og i stedet kan anvendes som udsugningskanal for et centralt aggregat eller til et udsugningsanlæg, eller til afkast for et decentralt aggregat
- Alternativt nyopført skabt på 650x850 mm til henholdsvis udsugning og brugsvandrør samt køkkenfaldstamme projekteret ifm. renoveringsprojektet med plads til en isoleret $\varnothing 250$ udsugningskanal (markeret med rød stiplede linje), som dog kan reduceres meget betydeligt, hvis ventilationskanalen føres andet steds.

- Én fadebursrist på $\varnothing 110$ (markeret med rød cirkel i facaden) som ved udvidelse til $\varnothing 125$ og evt. flytning kan anvendes som luftindtag for et decentralt aggregat.

Hertil kommer muligheden for interne gennembrydninger af vægge til armaturer/ kanaler, som dog efter blotlægning har vist sig visse steder at være af svag karakter, da de er udført i kalkhydraulisk mørtel med stik over dørene. Det vil kun være muligt at gennembryde koksvæggene (markeret med røde pile på Figur 5). Dette gør gang, køkken og badeområdet til fordelingsnøgle for ventilationsfremføringen, dvs. det er her hovedkanaler skal fremføres og fordeles til de øvrige opholdsrum.

3.3. Luftstrøm

Det er nødvendigt at kende den ønskede (nødvendige) luftstrøm og tilsvarende prøve at minimere den for at minimere pladsøtaget og materialeforbruget samtidig med at det ønskede indeklima opretholdes.

I referencesituationen (det planlagte projekt) er udsugningen projekteret uden behovsstyring og med en emhætte med en effektivitet (dens evne til at opfange stegeos fra madlavningsprocessen) på 75% ved 50 l/s.

Referencen

Kravene i Bygningsreglementet fører til nedenstående luftmængder:

- grundluftskifte (da der ikke er behovsstyring skal kravene til køkken og bad på hhv. 54 og 72 m^3/h overholdes): 126 m^3/h .
- maksimalt luftskifte: 234 m^3/h (når emhætten er i brug 50 l/s = 180 m^3/h + 54 m^3/h fra bad)

Reducerende tiltag

Luftmængden kan dog reduceres væsentligt ved at introducere behovsstyring, som muliggør et grundluftskifte på 0,3 l/s/ m^2 , svarende til 74 m^3/h . Det har i en række projekter vist sig muligt at kunne reducere den gennemsnitlige luftmængde over året med mere end 50%. Ligeledes kan det maksimale luftskifte reduceres ved brug af f.eks. Thermex VENT-MEK eller Lindab Ultralink, der muliggør fastholdelse/ reduktion af luftmængden i badeværelset ved brug af emhætten. Desuden kan brug af en BAT (Best Available Technology) emhætte på 44 l/s reducere den nødvendige luftmængde, der desuden muliggør mindre kanaler og pladsøtag.

Disse optimeringstiltag resulterer i et reduceret luftskifte på:

- grundluftskifte: 74 m^3/h
- maksimalt luftskifte: 176 m^3/h når både BAT-emhætte og fastholdelse af luftmængde i bad anvendes.

De ovennævnte tiltag er anvendt i alle løsningsforslag med undtagelse af referencen og de dimensionerede luftstrømme og tilhørende kanalstørrelser er gengivet på Tabel 4 og Tabel 5 nedenfor.

Tabel 4 De forskellige luftstrømmene som de tekniske skitseforslag er designet efter. Øverst tabel er på lejlighedsniveau med prøvelejligheden som eksempel og det efterfølgende skema for blokken.

Luftstrøm	Andel	Ref.	Thermex	Emh.44 l/s	-
Qv max	Køkken	72	72	72	m ³ /h
	Bad	54	18	18	m ³ /h
	Total for våde zoner	126	90	90	
	Emhætte (50 l/s) 50 cm => Kan reduk. til 44 l/s	180	180	158	m ³ /h
	Total (bad + emhætte)	234	198	176	m ³ /h
Qv min	69 m ²	74	74	74	m ³ /h

Pr blok	Forcering	1 blok	½ blok	Pr. opgang	-
	Maks. (kun ref. udsugning)	5616	2808	1404	m ³ /h
	Maks. Thermex (alle andre)	4752	2376	1188	m ³ /h
	Emhætte 44 l/s	4234	2117	1058	m ³ /h
	Fugtzone (ca. middel qv)	3024	1512	756	m ³ /h
	Min (Alle andre)	1783	892	446	m ³ /h

Tabel 5 Lufthastighederne i kanaler og kanaldimensionerne.

Hvor	Kanal ø	Max	Thermex	44 l/s	Middel	Min	-
Pr. lejlighed	160	3,2	2,7	2,4	1,7	1,0	m/s
	125	5,3	4,5	4,0	2,9	1,7	m/s
Pr. opgang	250	4,0	3,4	3,0	2,1	1,3	m/s
	200	6,2	5,3	4,7	3,3	2,0	m/s
Hovedkanal i lejlighed		ø160 eller eksisterende 100x150 mm Kan overveje ø125 med Emhætte 44 l/s (4 m/s)					
Hovedkanal pr. opgang		ø250 (ø200 med Thermex Ventmex + 44 l/s emhætte)					
Emhætte/ Bad / Værelse		ø125 / ø100 / ø100					

Som fremgår af tabellerne ovenover reducerer tiltagene luftmængden så meget at den lodrette hovedkanal ved brug af nye kanaler kan reduceres fra ø250 til ø200. Ligeledes kan de eksisterende aftræk bedre bære luftmængden.

Med en samtidighedsfaktor på op til 100% (dvs. alle laver mad på samme tid) medfører de reducerede luftmængder tillige, at det kun er nødvendigt med ét centralt aggregat pr. blok (med 2 opgange svarende til 12 lejligheder) eller ét aggregat for 3 opgange og en samtidighedsfaktor på 75%, hvilket er normalt anvendt praksis.

3.4. Løsningsmuligheder

Med udgangspunkt i luftmængder og føringsvejene samt den specifikke byggeskik og det tilhørende renoveringsprojekt, er der fundet frem til følgende overordnede alternative ventilationsprincipper, som er vurderet ift. nuværende af rådgiver anbefalede udsugningsløsning:

1. Udsugning (reference)
2. Optimeret udsugning
3. Decentral ventilation med varmegenvinding
4. Central ventilation med varmegenvinding
5. Mikroventilation med varmebatterigenvinding (alternativ)
6. Air-by-nature med varmegenvinding (Sidste nye princip)

Løsning 5 og 6 er dog tidligt i processen valgt fra, idet løsning 5 ikke kan overholde kravene i Bygningsreglementet og løsning 6 ikke er teknisk mulig med den indretning lejlighederne har i Frydenspark.

Det skal nævnes at referencen (udsugningen) kræver etablering af nyt radiatoranlæg, hvilket dog kan ske indenfor budgetrammen. Men de nye, større radiatorer optager mere plads ligesom der skal opsættes flere radiatorer end oprindeligt i lejlighederne. De nye radiatorer optager værdifuld plads og vil få et stort energiforbrug pga. manglende varmegenvinding.

Der er udarbejdet et skitseprojekt for hver af de foreslåede alternativer for den bedst mulige tekniske løsning indenfor hvert princip, der er vurderet ift. nedenstående primært tekniske parametre (som dog også indeholder overordnede bæredygtighedskriterier).

- Indeklima
- Pladsoptag og æstetik – Indefra og udefra
- Genbrug
- Drifts og service omkostninger, funktionalitet og barriere (adgang til lejlighed) samt brugerperspektiv
- Energiforbrug og omkostninger hertil – Varme og el samt indflydelse på varmeregnskab
- Etableringsomkostninger
- Eksisterende lovgivning herunder BR, DS 428, DS 447 samt Kommunale krav og statisk indvirkning

Løsningsforslagene er udviklet ved gennemgang af tegningsmateriale, inspektion og opmålinger in-situ, løbende møder og inspektion med rådgivere og DAB samt deres energiafdeling. Desuden har der været sparring, inspektion, tilbudsgivning og overordnet projektering sammen med entreprenørerne JS-ventilation og ETA-Danmark og deres underleverandører ift. følgearbejder (tømrerentreprise mv.). Der fundet frem til de løsningsmuligheder listet i Tabel 6:

Tabel 6 De forskellige løsningsforslag opdelt efter ventilationsanlægstype og -placering samt forskellige variationer herunder.

Type	Nr.	AHU-placering	Variationer
Udsugning	01	Reference. udsugning m. standard. emhætte	Indtag bag radiator + Afkast ny ø250
	02A	Optimeret udsugning med effektiv emhætte + Thermex VM	Afkast ny ø200=5,3m/s
	02B		Eksisterende aftræk
	02C		Aftræksvarmepumpe
	02D		Russer vinduet (Horn gr.)
	02E		Effektive radiatorer
Decentral	03A	Emhætte AHU. Indtag via facaden	Afkast ny ø200
	03A-1		Afkast eksisterende
	03A-2		Afkast skraldeskakt
	03B	Skabsmodel (obs på krydsende kanaler)	Afkast ny ø200

	03B-1		Afkast eksisterende
	03B-2		Afkast skraldeskakt
	03C	Over nedhængt loft - ikke medtaget pga. installationshøjde er for høj ift. loftshøjde	DO
Central	04A	På loft	Udsugning ny ø200 Indblæsning ny ø200
	04A-1	Som 04A men med NB Aggregat	DO
	04B	På loft	Udsugning eks. aftræk Indblæsning eks. aftræk
	04B-1	Som 04B men med NB Aggregat	DO
	04C	På loft	Udsugning skraldeskakt Indblæsning eks. aftræk
	04C-1	Som 04C men med NB Aggregat	DO
	04D	I kælder - ikke medtaget pga. dobbelt kanalføring som vil optage for meget plads og for høje omkostninger	DO

*AHU er forkortelse for Air Handling Unit, Ventilationsaggregat

**NB-aggregat er brandteste til at udgøre selvstændig brandcelle så der ikke skal opbygges ventilationsteknikrum på loft, som ved traditionelle centrale aggregater

Løsningsmulighederne beskrives overordnet i de følgende afsnit. De endeligt udvalgte løsningsforslag til den videregående bæredygtighedsanalyse uddybes yderligere sidst i kapitlet.

3.4.1. Løsningsmuligheder UDSUGNING - variation 01-02E

01 (reference) - planlagt løsning

- Indtag (blå): Via facaden igennem PURMO Air friskluftventiler placeret bag radiator i alle opholdsrum med indbygget F9 filter
- Udsugning (grå kasse): Via isoleret ø250 kanal i nyopført teknikskakt på 650x850 mm. Udsugning via emhætte og ventil i bad
- Afkast: Ventilator placeret på uudnyttet loft

Fordel: Ingen umiddelbart da ren udsugning er meget energikrævende. Men der i løsningen foretaget tiltag for at minimere træk ved at flytte friskluftindtag bag radiator ligesom indtaget er forsynet med lyd-dæmper som minimerer overførsel af trafikstøj.

Ulemper: Kræver nyt radiatoranlæg, da det eksisterende ikke kan bære den øgede luftstrøm samt yderligere supplerende ekstra radiatorer i gavlejligheder som forringer indretningen. Besværlig service ved filterskift. Stort pladsoptag med ny teknikskakt. Stort energiforbrug. Se Figur 6 for tegning af løsningen.

02C: Aftræksvarmepumpe

- COP på 3,6 medfører Energinetral ift. FJV hvad angår evt. "besparelse"
- Kan rent økonomisk typisk ikke betale sig i større fjernvarmeområder
- Leverer typisk 40°C fremløb men dansk løsning med 55°C fremløb til både varmt brugsvand og radiatoranlæg fundet

02D: Russervinduet (Horn-gruppen)

- Merpris pr. vindue typisk 20% er høj
- Årlig energibesparelse 7% er lav

02E: Effektive radiatorer (+evt. dybere karm)

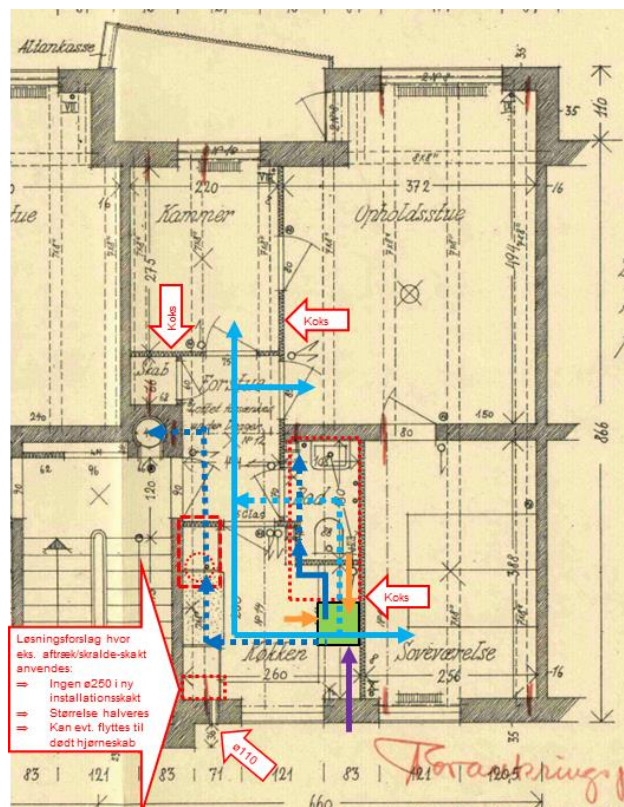
- Ventilator assisteret radiator øger effekten med op til 40-50%, men kræver strømudtag ved alle radiatorer, hvilket er omkostningstungt
- Almindelige radiator med flere punktsvejsninger og evt. optimeret ribber som evt. kan bestilles i et projektsalg og giver mulighed for op til +10% effektivitetsforøgelse

3.4.2. Løsningsmuligheder DECENTRAL 03A-03C 03A til 03A-2 - Emhætteaggregat

- Indtag: Via facaden hvor eksisterende fadebursrist flyttes og øges en dimension.
- Afkast: Via et af de to eksisterende aftræk, eller skraldeskakt. Vælges aftræk længst fra stuen skal ny projektere wc-dør flyttes 10cm mod bagvæg, derfor foretrækkes den anden.
- Indblæsning: Over allerede projekteret nedhængt loft til lejlighedens værelser igennem vægindblæsningsarmatur med høj impuls for sikring af god ventilationseffektivitet.
- Udsugning: Via emhætte og ventil i bad tilsluttet via kanaler over nedhængt loft

Fordele: Minimum optag af plads og energibesparende. Muliggør minimering af teknikskakt til vandrør + flytning til hjørneskab som ikke kan fuldt udnyttes og tillige forbedre afløbs installationen som ikke har så langt vandret stykke.

Ulemper: Service og filterskift



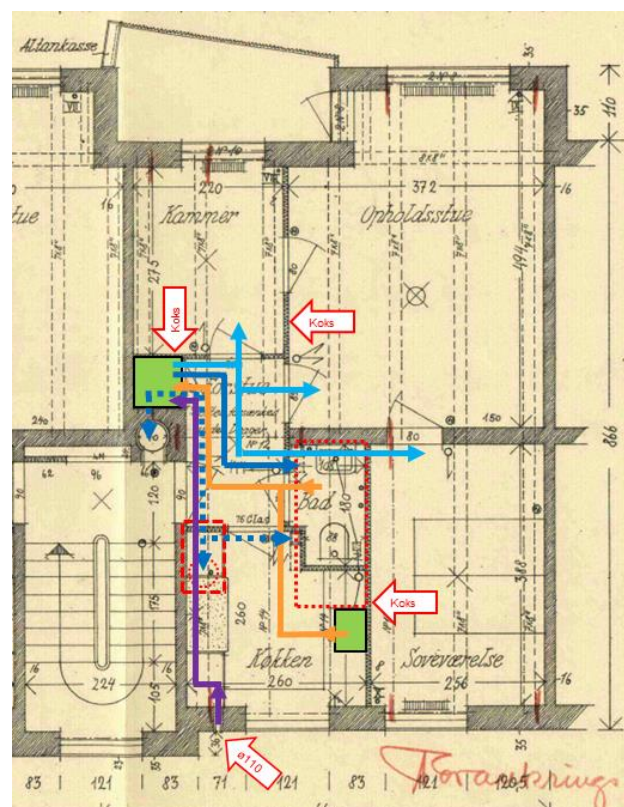
Figur 7: Emhætteaggregat-løsning hvor indtag gennem facaden er markeret med lilla pil. Mørkeblå pil viser afkast. Lyseblå er indblæsning. Orange er udsugning. Stiplet linje angiver alternative føringsveje.

03B til 03B-2 - Skabsaggregat

- Indtag: Via facaden hvor eksisterende fadebursrist bibeholdes og øges en dimension
- Afkast: Via et af de to eksisterende aftræk, eller skraldeskakt. Det anbefales at bruge aftrækket tættes mod stue. Vælges det andet aftræk skal ny projektere wc-dør flyttes 10cm mod bagvæg
- Indblæsning: Over allerede projekteret nedhængt loft til lejlighedens værelser igennem vægindblæsningsarmatur med høj impuls for sikring af god ventilationseffektivitet
- Udsugning: Via separat emhætte og ventil i bad tilsluttet via kanaler over nedhængt loft

Fordel: Optager en smule mere plads end emhætteløsning 03A, men stadig langt mindre end oprindelig løsning og samme fordele. Skabspladsen som aggregatet optager har dog stor værdi for lejlighedens beboere

Ulempe: Service og filterskift



Figur 8: Skabsaggregat-løsning hvor indtag gennem facaden er markeret med lilla pil. Mørkeblå pil viser afkast. Lyseblå er indblæsning. Orange er udsugning. Stiplet linje angiver alternative førgsveje.

3.4.3. Løsningsmuligheder CENTRAL 04A-04D

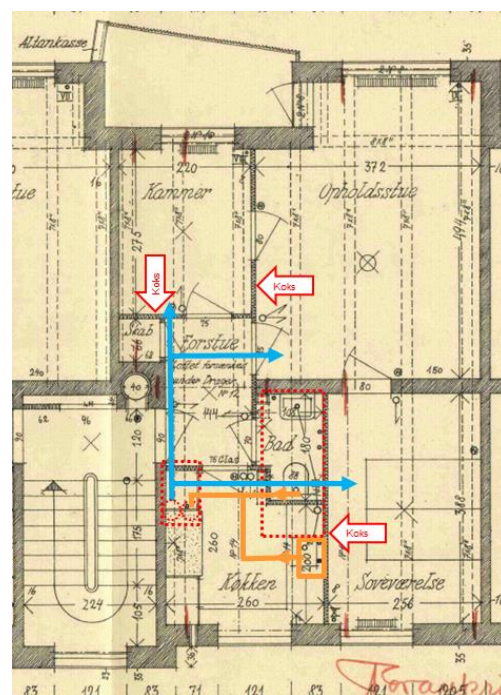
Fælles for de centrale løsninger er at aggregatet placeres i loftsrum i særskilt ventilationsrum eller hvor aggregatet udgør selvstændig brandcelle.

04A til 04A-1 - Nye $\varnothing 200$

- Indblæsning: $\varnothing 200$ i ny projekteret skakt (reetablering af lerindskud)
- Udsugning: $\varnothing 200$ i ny projekteret skakt (lerindskud)

Fordele: Energibesparelse

Ulemper: Serviceadgang til loftrum relativt lille 60x60 cm. + åbning af tag + typisk mindre ejerskab fra beboer en decentralt + Brand automatik (pris + service). Kræver tillige mere plads (60x50 cm af teknisk skakt) samt en del flere kanaler som vil belaste bæredygtighedsanalysen end de efterfølgende løsninger.



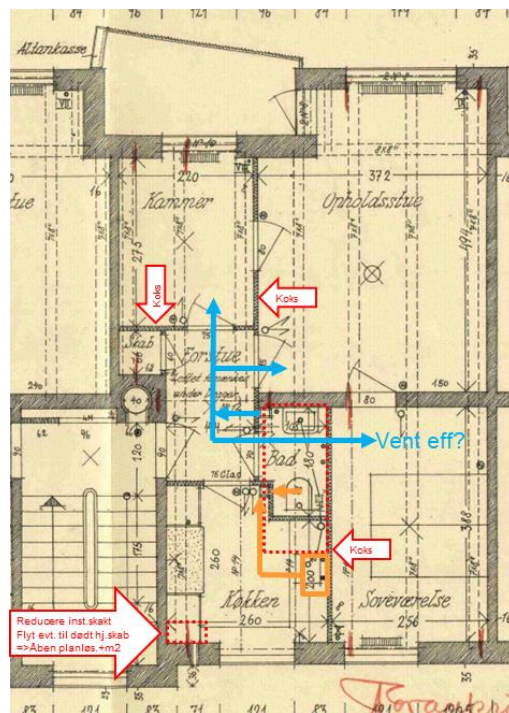
Figur 9: Central løsning hvor indblæsning er markeret med lyseblå pile og udsugning med orange.

04B til 04B-1 - Eksisterende aftræk

- Indblæsning: Eksisterende aftræk fra bad
- Udsugning: Eksisterende køkkenaftræk. Ny dør til wc skal dog flyttes 18 cm, men inddækning af wc kan reduceres med 15 cm ift. installation i prøvelejlighed

Fordele: Energibesparelse + simplere installation

Ulemper: Serviceadgangen til loftet er relativt lille + åbning af tag + typisk mindre ejerskab fra beboer en decentralt + Brand automatik (pris + service). Kræver særskilt emhætte (merpris). Dør til wc skal flyttes



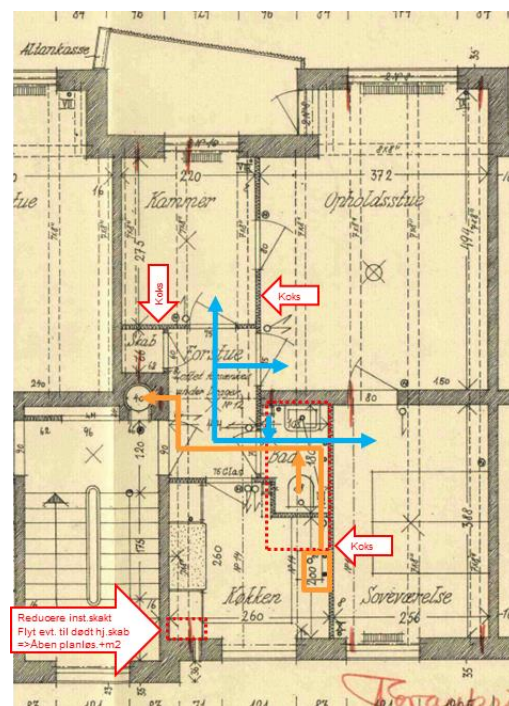
Figur 10: Central løsning hvor indblæsning er markeret med lyseblå pile og udsugning med orange.

04C til 04C-1 - Brug af skraldeskakt

- Indblæsning: Eksisterende aftræk fra bad.
- Udsugning: Eksisterende skraldeskakt ved opgang.

Fordele: Samme som foregående.

Ulemper: Samme som foregående, dog uden dør til wc skal flyttes, da kun et aftræk anvendes. Løsningen kan endvidere ikke anvendes på alle lejlighedstyper da skraldeskakten ikke ligger op mod fordelingsgang i modsat lejlighed, hvilket gør at kanal fra skraldeskakt i denne lejlighed skal føres gennem opholdsrum til gangareal, hvilket kræver inddækning under loft som forringer rummets arkitektur.



Figur 11: Central løsning hvor indblæsning er markeret med lyseblå pile og udsugning med orange.

3.4.4. Vurdering af løsningsmuligheder

De forskellige løsningsmuligheder er efterfølgende prissat ved inspektion og indhentning af tilbud ved relevante entreprenører. Derudover er de vurderet ift. hinanden efter primært tekniske parametre og simpel pointtildeling fra 1-3 med undtagelse af energi og drifts samt etableringsomkostninger som er forholdsmæssig tildelt ift. referencen. Pointdelingen er yderligere visualiseret med farve for udvælgelse på workshop med alle de involverede parter. Vurdering har været brugt til at udpege de umiddelbare bedste og forskellige løsningsmuligheder, der arbejdes videre med i den mere dybdegående bæredygtighedsanalyse. Skemaet brugt til vurdering og udvælgelse ses på Figur 12 og i forstørret version i Bilag B.

Skitseforslag vurdering		Vurderingsparametre		Energ		Pladsoptag v. afkast		Dørbrug		Drift og service		Indeklima		Etablering		Samlet	
Type	Nr.	Placering	Underkategori ift.	Alt energi	Kanaltab	Indflydt på	Energi	Vindret	Indgang	Udvalgt	WC (dør)	Facade	Skorsten	Drift	Service	Indeklima	Samlet
Udsugning	01	Ref. Uds. m. sid. emhætte	Indtag bag radiator v.250	1	2	1	kr. 4.280	5	3	1	1	1	1	1	1	kr. 50.833	kr. 101.854
02A	Opt. uds. inkl. vift. EMH v. Thermo VM	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	2	1	kr. 2.588	5	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 54.583	kr. 105.604
02B	Opt. uds. inkl. vift. EMH v. Thermo VM	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	2	1	kr. 2.588	5	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 58.333	kr. 109.354
02C	Opt. uds. inkl. vift. EMH v. Thermo VM	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	2	1	kr. 2.284	5	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 58.333	kr. 109.354
02D	Opt. uds. inkl. vift. EMH v. Thermo VM	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	2	1	kr. 2.284	5	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 58.333	kr. 109.354
02E	Opt. uds. inkl. vift. EMH v. Thermo VM	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	2	1	kr. 1.194	5	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 58.333	kr. 109.354
Decentral	03A	Emhætte ARIU. Indtag v. Facaden	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	1	1	kr. 4.700	1	2	1	1	1	1	1	1	kr. 82.500	kr. 145.870
03A-1	Emhætte ARIU. Indtag v. Facaden	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	1	1	kr. 4.700	1	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 82.500	kr. 145.870
03A-2	Emhætte ARIU. Indtag v. Facaden	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	1	1	kr. 4.700	1	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 82.500	kr. 145.870
03B	Skabsmodel	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	1	1	kr. 4.700	1	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 83.333	kr. 146.600
03B-1	Skabsmodel	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	1	1	kr. 4.700	1	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 83.333	kr. 146.600
03B-2	Skabsmodel	Afkast ny 2000-5.3m/s	1	1	1	kr. 4.700	1	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 83.333	kr. 146.600
03C	Over sødvangt loft (4x 2000) v. bag loftet	Over sødvangt loft (4x 2000) v. bag loftet	Over sødvangt loft (4x 2000) v. bag loftet	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 84.583	kr. 147.200
Central	04A	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	kr. 84.583	kr. 147.200
04A-1	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	1	kr. 84.583	kr. 147.200
04B	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	1	kr. 87.500	kr. 148.000
04B-1	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	1	kr. 87.500	kr. 148.000
04C	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	1	kr. 86.667	kr. 147.333
04C-1	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	1	kr. 86.667	kr. 147.333
04D	PS loft (Afkast ARIU. Indtag v. Facaden)	Udsugning ny 2000-5.3m/s	2	2	2	kr. 7.700	2	1	1	1	1	1	1	1	1	kr. 86.667	kr. 147.333

Figur 12: Vurderingsskema er det forskellige løsningsmuligheder. Bemærk, forstørret version findes i Bilag B.

3.4.5. Valgte løsningsmuligheder

Ud fra gennemgangen af løsningsmulighederne, er det i samråd mellem DAB, arkitekt, rådgivende ingeniør samt Teknologisk Institut valgt at gå videre med følgende løsninger til bæredygtighedsanalysen:

- 01: Reference (udsugning):**
 Medtaget som reference.
 Pris: 101.854 kr. pr. lejlighed inkl. følgearbejder og nyt radiatoranlæg
- 02A: Optimeret udsugning:**
 Optimeret med behovsstyring, effektive emhætte, reduceret kanaldimension samt evt. suppleret af højtydende radiatorer hvis der kan fremskaffes data på disse (hvilket har ikke været muligt).
 Argument: Pris, minimum optag af plads og ca. 40% energibesparelse ift. referencen.
 Pris: 109.000 kr. pr. lejlighed inkl. følgearbejder og nyt radiatoranlæg
- 03A-1 Decentralt emhætte aggregat:**
 Decentralt emhætte aggregat med indtag via facaden og afkast via det bagerste eksisterende aftræk. Argument: Pris, Minimum optag af plads, wc-dør placering bibeholdes og en energibesparelse på ca. 85% ift. referencen.
 Pris: 76.600 kr. pr. lejlighed inkl. følgearbejder
- 04B-1 Centralanlæg som udgør selvstændig brandcelle/sektion:**

Centralanlæg som udgør selvstændig brandcelle/sektion med indblæsning og udsugning via eksisterende aftræk.

Argument: Pris, minimum optag af plads, selvom dør på wc skal flyttes og energibesparelse på ca. 80% ift. referencen.

Pris: 76.300 kr. pr lejlighed inkl. følgearbejder

Før videre analyse er det undersøgt, hvorvidt det er muligt at implementere løsningerne i resterende lejlighedstyper.

Decentral

Decentral løsning er mulig i alle lejlighedstyper. Men i nogle lejligheder er det nødvendigt at bore hulle i bærende vægge dog kun til opholdsrum i ø100 hvilket ikke anses som et problem, og er tilsvarende overtryksventiler i den oprindelig udsugningsløsning.

I type A, skal der dog bores hul med ø100 over dør, som formodentligt iht. prøvelejligheden er udført som stik. Dette skal undersøges nærmere før evt. igangsættelse, selvom overliggende belastning ikke er betydelig pga. tilsvarende dør i overliggende lejlighed, da rådgiver tidligere har gjort opmærksom på at mørtlen er relative svage. Alternativt kan kanalen føres til stue igennem hjørne i børneværelse mod gang hvilket vil betyde en hjørneinddækning under loft på max 20x20x20 cm. Dette er ikke pladsoptagende, men knap så kønt.

Det samme gør sig gældende ved type E, hvor den alternative rørføring dog skal føres i soveværelshjørnet.

Central

Central løsning er mulig i alle lejlighedstyper. Men i nogle lejligheder er det nødvendigt at bore hul i bærende vægge dog kun til opholdsrum i ø100, hvilket ikke anses som et problem, og er tilsvarende overtryksventiler i den oprindelig udsugningsløsning.

Type A og E er dog oprindeligt udført med yderliggende badeværelser med vindue, hvorfor der iht. de oprindelige tegninger ikke forefindes aftræk i bad og kun i køkken, som kan bruges som indblæsning (eller udsugning). Dette skal kortlægges inden evt. igangsættelse. Alternativ ved disse løsninger, skal enten den eksisterende skraldeskakt som udsugningskanal bruges, hvilket er muligt da skraldeskakt i disse typer ligger op mod væggen i køkkenet. Alternativt suppleres med ny ø200 vertikal indblæsningskanal som ved oprindeligt projekteret teknikskakt.

I type C skal det ny-projekterede køkken enten om-indrettes ved at flytte teknikskakt til modsat side af køkken, da den oprindelige aftrækskanal fra køkken ligger et stykke fra væggen. Alternativt skal der suppleres med ny ø200 vertikal indblæsningskanal som ved oprindeligt projekteret teknikskakt.

3.5. Uddybende beskrivelse af valgte løsningsforslag

I det følgende beskrives de udvalgte ventilationsløsninger nærmere. Dette omfatter primært de enkelte løsningers energiforbrug og sammensætning af tekniske komponenter, der ligeledes fungerer som input til bæredygtighedsanalysen. Kapitlet er en forlængelse af kapitel 3.4, - se derfor figurerne i dette kapitel med tilhørende illustrationer af kanalføringen i tilknytning til nedenstående beskrivelser. I Bilag C ses komponentlisterne for de forskellige løsninger, der f.eks. har været anvendt ved LCA-beregning.

Udsugning med friskluftindtag bag radiatorer – planlagt løsning

På Figur 6 ses den nuværende, planlagte løsning, hvor friskluften indtages gennem ventiler i facaden bag radiatorerne i stuen og i værelserne (se Figur 14), og rumluften udsuges fra køkkenet (emhætten) og fra badeværelset. Luftventilerne er af fabrikanten Purmo og har indbygget ePM1 70% svarende til det ældre betegnelse F9.

Luften afkastes via en \varnothing 250 mm kanal, som placeres i et nyt teknikskab. Der er placeret overtryksventiler i væggene (se Figur 13), således at luften kan komme fra det ene rum til det andet. Overtryksventilerne er placeret mellem stue og entre samt mellem soveværelse og stue.



Figur 13 Udsugningsarmatur fra badeværelse til venstre og overtryksventil til højre.

Der udsuges en konstant luftmængde fra køkken og bad på $126 \text{ m}^3/\text{h}$ ($72 \text{ m}^3/\text{h} + 54 \text{ m}^3/\text{h}$). I forbindelse med madlavning forøges luftmængden fra emhætten til $180 \text{ m}^3/\text{h}$ i en halv time pr. dag. Det vil sige, at den maksimale luftmængde er $234 \text{ m}^3/\text{h}$ ($54 \text{ m}^3/\text{h} + 180 \text{ m}^3/\text{h}$). Den gennemsnitlige luftmængde kan beregnes til ca. $128 \text{ m}^3/\text{h}$.

Det er beregnet, at løsningen med friskluft der ledes ind i lejlighederne bag radiatorerne i stuen og værelserne og udsugning gennem køkken og bad vil have et årligt energiforbrug på henholdsvis ca. $200 \text{ kWh}_{\text{el}}$ og ca. $4.970 \text{ kWh}_{\text{varme}}$ pr. lejlighed. El- og varmeforbruget er beregnet ud fra den gennemsnitlige luftmængde på $128 \text{ m}^3/\text{h}$. Til beregning af elforbruget er benyttet en SEL-faktor (specifikt elforbrug til lufttransport) på $600 \text{ J}/\text{m}^3$, hvilket svarer til kravet for udsugningsanlæg i boliger i Bygningsreglementet.

Det ses, at varmeforbruget er ret betydeligt, hvorfor det vil påvirke beboernes varmeregning en hel del. Desuden vil ventilationsløsningen som følge af varmeforbruget påvirke klimaaftrykket af bebyggelsen ugunstigt til trods for at fjernvarme i løbet af den kommende årrække bliver næste CO_2 neutral.

Ventilationsløsningen vil stille større krav til radiatoranlægget. Det vurderes eller er beregnet at det vil være nødvendigt at udskifte til mere energieffektive radiatorer. Eksempelvis radiatorer med flere svejsninger.



Figur 14: Billede af radiator med PURMO Air friskluftventil installeret under sig.

Optimeret udsugningsløsning

Den optimerede udsugningsløsning er i princippet opbygget som den nuværende, planlagte løsning, der er vist på Figur 6. Den friske luft indtages gennem ventiler i facaden bag radiatorerne i stuen og i værelserne, og rumluften udsuges fra køkkenet (emhætte) og badeværelset. Luften afkastes via en $\varnothing 200$ mm kanal, som placeres i et nyt teknikskab.

Løsningen suppleres med simpel behovsstyring i bad og brugerstyret behovsstyring i køkkenet. I badeværelset benyttes en speciel udsugningsventil KSO-M-TH. Grundventilation indstilles når kanalsystemet er afstemt. Forceret ventilation kan indstilles til 5-10-15 eller 20 mm. Forceret ventilation går i gang ved at ventilen får et ON signal ved at temperaturen eller fugtigheden overstiger de indstillede sætpunkter værdier og derved åbner ventilen. Når temperaturen eller fugtigheden i det pågældende rum igen er under sætpunkt-værdien, går ventilen tilbage til grundventilation.

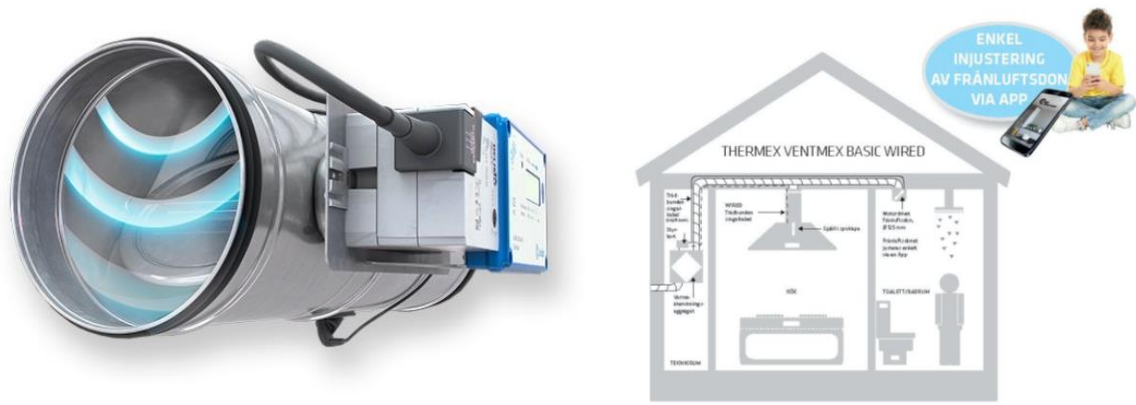
I løsningsmuligheden benyttes en mere effektive emhætte (Best Available Technology). Emhætten, som placeres 50 cm over komfuret, kan præstere en emfangseffektivitet (odour extraction) på 75% ved en udsuget luftmængde på 44 l/s, se den valgte emhætte i Figur 15.



Figur 15: Effektiv emhætte, der anses som BAT (Best Available Technology).

Fra køkken og bad udsuges minimum $74 \text{ m}^3/\text{h}$. De $74 \text{ m}^3/\text{h}$ er beregnet ud fra lejlighedens areal på 69 m^2 og et krævet luftskifte jf. Bygningsreglementet (BR18) på $0,3 \text{ l/s pr. m}^2$. I forbindelse med

madlavning forøges luftmængden fra emhætten til 158 m³/h (44 l/s) i en halv time pr. dag. Samtidig reduceres den udsugede luftmængde fra badeværelset til en tredjedel svarende til 18 m³/h. Dette sker ved enten hjælp af et reguleringspjæld Lindab Ultralink som kobles op på emhættens aktivering eller ved brug af Thermex Vent Max som vist i Figur 16. Det forudsættes således, at badeværelset ikke benyttes, samtidig med at der laves mad. Det vil sige, at den maksimale luftmængde er 176 m³/h (18 m³/h + 158 m³/h). Den gennemsnitlige luftmængde kan beregnes til ca. 81 m³/h. Reguleringspjældet benyttes også i den decentrale og centrale løsning.



Figur 16 Reguleringspjæld til badeværelse til venstre og koncepttegning af Thermex Ventmex til højre.

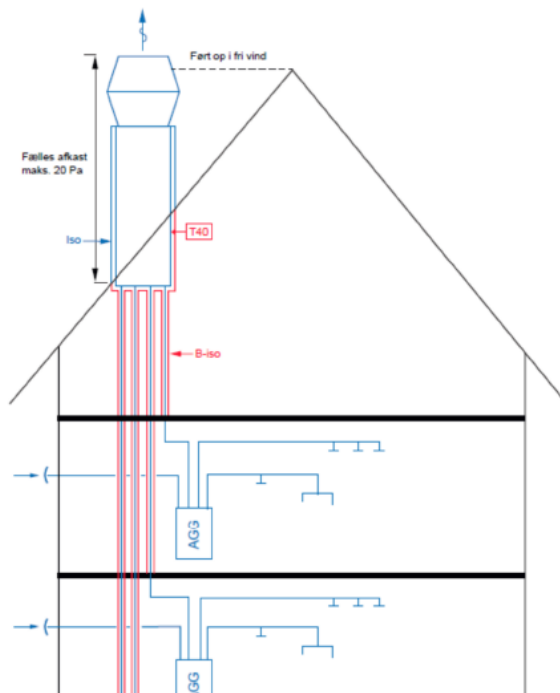
Ventilatoren som betjener flere lejligheder og står på loftet, styres af en simpel trykstyring, der ved åbning/lukning af emhætte eller ventil registrer en trykreduktion eller -forøgelse foretager en indregulering ift. sætpunkt. I sådanne tilfælde vil det øge eller sænke hastigheden og dermed luftmængden. Tryksensoren placeres i 2/3-punktet, hvor den reagerer fornuftigt på alle lejligheders brug.

Det er beregnet, at denne løsning vil have et årligt energiforbrug på henholdsvis ca. 120 kWh_{el} og ca. 2.970 kWh_{varme} pr. lejlighed. El- og varmemeforbruget er beregnet ud fra den gennemsnitlige luftmængde på 81 m³/h. Til beregning af elforbruget er der igen benyttet en SFP-faktor (Specific Fan Power) på 600 J/m³.

Selvom luftmængden er reduceret i forhold til den planlagte udsugningsløsning, så har den optimerede ventilationsløsning stadig et betydeligt varmemeforbrug, der vil påvirke beboernes varmeregning en del. Desuden vil ventilationsløsningen som følge af varmemeforbruget formentlig påvirke klimaaftrykket negativt, til trods for at udsugningen fjerner behovet for udluftning og at fjernvarme i løbet af den kommende årrække bliver næste CO₂ neutral.

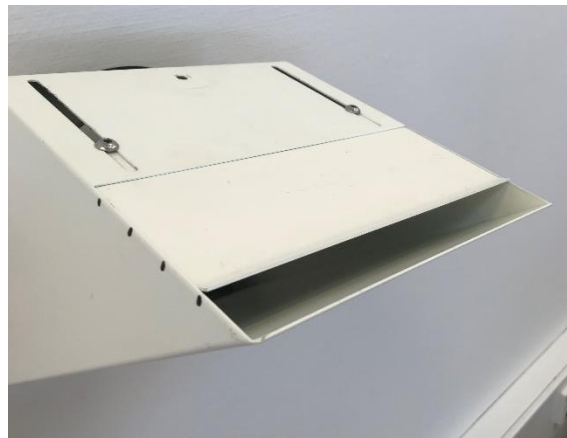
Decentral mekanisk ventilation

I Figur 7 ses en ventilationsløsning der er baseret på et decentralt ventilationsanlæg i hver lejlighed, hvor emhætten er integreret i ventilationsaggregatet (se Figur 19). Indtaget af luft sker via facaden, hvor eksisterende fadebursrist flyttes og øges én dimension. Afkastet af luft sker via ét af de to eksisterende aftræk. Aftrækket fra 6 lejligheder samles i én fælles afksthætte med en modstand under 20 Pa jf. DS 428:2019 Brandsikring af ventilationsanlæg, som illustreret på Figur 17.



Figur 17: Decentral løsning i etageejendomme, der viser hvordan afkast fra flere enkelte aggregater ledes ud sammen.

Indblæsningen af luft sker over det projekterede nedhængte loft til lejlighedens værelser igennem vægindblæsningsarmaturer, som har høj impuls hvilket sikrer af god ventilationseffektivitet. Det valgte armatur er vist på Figur 18.



Figur 18: Armaturet der anvendes til indblæsning ved de to balancerede løsninger, der har en høj impuls.

Udsugningen af luft sker via den indbyggede emhætten og en behovsstyret kontrolventil i badeværelset (som ved den optimerede udsugningsløsning), der tilsluttes kanaler over det nedhængte loft. Som ved den optimerede udsugningsløsning udsuges der minimum $74 \text{ m}^3/\text{h}$ fra køkken og bad. I forbindelse med madlavning forøges luftmængden fra emhætten også til $158 \text{ m}^3/\text{h}$ i en halv time pr. dag som sikrer en emfangseffektivitet på 75% jf kravet i BR2018. Samtidig reduceres den udsugede luftmængde fra badeværelset til $18 \text{ m}^3/\text{h}$. Det betyder, at den maksimale luftmængde er $176 \text{ m}^3/\text{h}$ ($18 \text{ m}^3/\text{h} + 158 \text{ m}^3/\text{h}$). Den gennemsnitlige luftmængde kan beregnes til ca. $81 \text{ m}^3/\text{h}$.

Denne ventilationsløsning optager et minimum af plads, og er klart mere energieffektiv end den planlagte udsugningsløsning. Desuden muliggør denne løsning minimering af den planlagte teknikskakt til vandrør etc., da ventilationskanalen i teknikskakten kan flyttes til hjørneskabet, der alligevel ikke kan fuldt udnyttes. Endelig forbedres køkkenets afløbsinstallationen, da den vandrette rørføring bliver kortere.

Ulempen ved decentrale ventilationsløsninger er, at service og filterskift skal foregå i hver lejlighed. Det kræver aktiv medvirken fra beboerne, der som minimum skal give adgang til lejlighederne. Der foretages typisk service og filterskift en gang årligt.

Behovsstyringen sker efter samme principper som i den optimerede udsugning, dog med mulighed for overstyring fra beboers side via styrepanel, hvor brugere f.eks. selv kan regulere temperatur, luftmængde mv. indenfor de rammer anlægget er projekteret til. Dog altid overstyret af de forudindstillede primære sætpunkter, som sikrer godt indeklima som fugt og CO₂.

Det er beregnet, at løsningen med decentral ventilation i lejlighederne vil have et årligt energiforbrug på henholdsvis ca. 200 kWh_{el} og ca. 720 kWh_{varme} pr. lejlighed. El- og varmeforbruget er beregnet ud fra den gennemsnitlige luftmængde på 81 m³/h. Til beregning af elforbruget er der benyttet en SFP-faktor (Specific Fan Power) på 1.000 J/m³. Til beregningen af varmeforbruget er der benyttet en temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenheden på 76%.

Det ses, at varmeforbruget er langt lavere end ved de to udsugningsløsninger, der beskrevet ovenstående. Det skyldes, at ventilationsaggregatet er udrustet med veksler for varmegenvinding, der genvinder størstedelen af varmen i udsugning når der er varmebehov i indblæsningen. Påvirkningen af bebyggelsens klimaafttryk vil være ret gunstig, da den totale klimakonsekvens af el- og varmeforbruget i forhold den nuværende situation (ingen mekanisk ventilation) formentlig vil være negativ, da beboerne ikke fremadrettet har behov for at åbne vinduerne i samme omfang som nu.



Figur 19: Ventilationsanlæg med integreret emhætte.

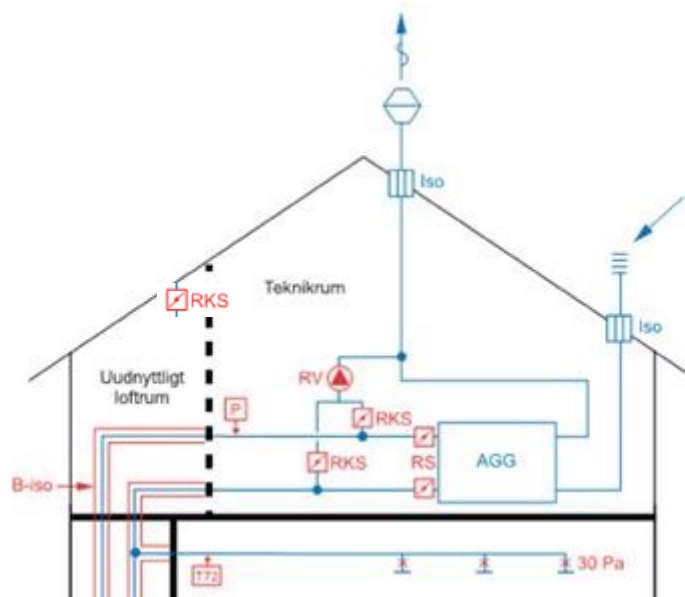
Central mekanisk ventilation

I Figur 9 ses en ventilationsløsning der er baseret på centrale ventilationsanlæg i hver blok, hvor aggregatet placeres i loftsrummet i et særskilt ventilationsrum. Ventilationsaggregatet, der ses på Figur 20 udgør en selvstændig brandcelle i ventilationsrummet.



Figur 20: Det foreslåede ventilationsaggregat med energieffektiv kammerventilator og modstrømsveksler.

Ved denne ventilationsløsning installeres der en røgventilator i ventilationsrummet. På ventilationsanlæggets indblæsnings- og udsugningsside monteres to stk. røgspjæld. Endvidere forbindes indblæsnings- og udsugningssiden til røgventilatoren. Før ventilatoren monteres to stk. røgkontrolspjæld. Det monteres endvidere et røgkontrolspjæld på afkastkanalen for at undgå tilsmudsning af røgventilatoren. Dette er vist på Figur 21.



Figur 21: Konceptet for central ventilation med røgventilator og røgspjæld installeret i tagrummet.

Der foretages indblæsning i stuen, soveværelset og kammeret og det eksisterende aftræk fra badeværelset genanvendes som hovedkanal til hver lejligheds indblæsning og udsugning. Indblæsningskanalerne placeres over det projekterede nedhængte loft til lejlighedens værelser igennem vægindblæsningsarmatur med høj impuls, der sikrer god ventilationseffektivitet. Udsugningen fra køkken og bad sker via det eksisterende køkkenaftræk.

Ved valg af denne løsning skal den nye dør til WC'et flyttes 18 cm, men inddækningen af WC'et kan reduceres med 10 cm i forhold til installationen i prøvelejligheden.

Behovsstyringen sker efter samme principper som i den optimerede udsugning, men hvor indblæsning tvangsstyres ift. udsugningsluftmængden. Det er ligeledes ikke muligt for beboerne at overstyre sætpunkterne, som ved den decentrale løsning.

Den centrale ventilationsløsning er den mest energieffektive af de fire løsningsmuligheder, og er også den løsning der er mest simpel at etablere.

Denne ventilationsløsning kræver serviceadgang til tagrummet, og den nuværende brandadskillelse skal opretholdes ved etablering af brandspjæld/automatik, der er en ekstra omkostning og som i øvrigt kræver service. Den centrale ventilationsløsning kræver at der etableres en særskilt emhætte. Set i forhold til de øvrige løsningsmuligheder har beboerne intet ejerskab ved central ventilation, da de ikke kan interagere på nogen måde med ventilationen.

Som ved den decentrale løsning udsuges der minimum 74 m³/h fra køkken og bad. I forbindelse med madlavning forøges luftmængden fra emhætten til 158 m³/h i en halv time pr. dag. Samtidig reduceres den udsugede luftmængde fra badeværelset til 18 m³/h. Det betyder, at den maksimale luftmængde er 176 m³/h (18 m³/h + 158 m³/h). Den gennemsnitlige luftmængde kan beregnes til ca. 81 m³/h.

Det er beregnet, at løsningen med central ventilation i lejlighederne vil have et årligt energiforbrug på henholdsvis ca. 240 kWh_{el} og ca. 350 kWh_{varme} pr. lejlighed. El- og varmeforbruget er beregnet ud fra den gennemsnitlige luftmængde på 81 m³/h. Til beregning af elforbruget er der benyttet en SFP-faktor (Specific Fan Power) på 1.200 J/m³. Til beregningen af varmeforbruget er der benyttet en temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenheden på 88%.

Det ses, at varmeforbruget er langt lavere end ved de to udsugningsløsninger og også lavere end ved den decentrale løsning, der beskrevet ovenstående. Det skyldes, at ventilationsaggregatet er udrustet med veksler for varmegenvinding, der genvinder størstedelen af varmen i udsugning når der er varmebehov i indblæsningen. Påvirkningen af bebyggelsens klimaaftrykket vil være ret gunstig, da den totale klimakonsekvens af el- og varmeforbruget i forhold den nuværende situation (ingen mekanisk ventilation) formentlig vil være negativ, da beboerne ikke fremadrettet har behov for at åbne vinduerne i samme omfang som nu.

4. Bæredygtighedsanalyse

I de følgende afsnit gennemgås hvordan analysemetoden er opstillet i form af udvælgelse af relevante kriterier og indikatorer og efterfølgende intern vægtning. Det udgør rammerne for bæredygtighedsanalysen, som tager udgangspunkt i det materiale, der er indsamlet og opstillet i forbindelse med udarbejdelse af de tekniske skitseforslag. Der henvises til Bilag

Bilag A, for den systematiske gennemgang af samtlige kriterier, hvor der fagligt redegøres for tildelingen af point.

4.1. Udvalgelsen af evalueringskriterier og -indikatorer

Det er valgt at lade analysen bygge på indholdet og formatet af en DGNB-certificering med evalueringskriterier og -indikatorer. DGNB er valgt da det er den mest udbredte certificeringsordning, som samtidig er tilpasset den danske byggebranche og bygger på FN's definition af bæredygtighed.

Simplificeret sagt er en DGNB-certificering inddelt og opbygget i tre grundlæggende lag:

- 1) **Kvaliteter:** De seks overordnede bæredygtighedshovedområder, som illustreret på Figur 4. Eksempel på en kvalitet: Social
- 2) **Kriterie:** Samlet 37 "vurderings-emner" fordelt i grupper under kvaliteterne. Eksempel på ét kriterie ud af otte under kvaliteten "Social": Termisk Komfort.
- 3) **Indikator:** Et varieret antal af definerede og målbare parametre og krav, under de enkelte kriterier, som der i større eller mindre grad skal leves op til for at opnå et bestemt antal point, hvilket afgør hvor bæredygtigt løsningen kan betegnes. Eksempel på indikator under kriteriet "Termisk Komfort": Træk.

For uddybende forståelse af de tre lag og illustration af pointsystemet, se Bilag F.

Eftersom mere end 25% af klimaskærmen udskiftes (taget og vinduer) og der foretages to væsentlige/komplette tekniske ændringer (etablering af mekanisk ventilation og udskiftning af varmecentral) kan renoveringen af Frydenspark kategoriseres som en omfattende renovering. Det vil sige, at bygningen skulle DGNB-certificeres efter "Nybyggeri og omfattende renoveringer" fremfor "Bygninger i drift" eller "Etageejendomme og rækkehuse". Denne certificering omfatter også et betydeligt større antal kriterier og indikatorer og sikrer derved at analysen er tilstrækkelig bred.

Certificeringen er dog ikke altomfattende og specifikt egnet til denne type af analyse af installationsløsninger. Det har været muligt at inkludere væsentlige argumenter for og imod valget af ventilationsløsninger ved fortolkning af de enkelte indikatorer.

Samlet udgør en DGNB-certificering efter "Nybyggeri og omfattende renoveringer" 37 kriterier og en lang række indikatorer. Manualen med kriterier og tilhørende indikatorer er systematisk gennemgået, og herefter er de indikatorer udpeget, som er vurderet at have en direkte eller indirekte forbindelse til ventilationsløsningerne. Denne vurdering er foretaget på baggrund af indikatorernes evalueringsbeskrivelser og dermed kriteriernes faktuelle indhold.

Frasortering af indikatorer

Samtlige indikatorer der er fundet relevante i forbindelse med ventilation er listet i Tabel 7. En række af disse indikatorer er dog frasorteret før selve analysen. De er markeret med rød tekst.

Frasorteringen skyldes:

- DGNB-certificeringen er udviklet til at evaluere hele bygninger på baggrund af information og de forløb, der dokumenteres gennem hele byggeprocessen. Denne analyse er foretaget på et specifikt tidspunkt før byggeprocessen og udgør dermed et øjebliksbillede. Evalueringen af en række indikatorer tager normalt udgangspunkt i fremtidige processer og forhold, som ikke kan vurderes på forkant.
- Alle indikatorer der ikke er kategoriseret med bygningstypologien "Beboelse" er frasorteret, eftersom Frydenspark projektet kun omfatter etageejendomme og ikke erhverv eller andre anvendelsesformer.
- Den pågældende indikator varierer som udgangspunkt ikke fra løsning til løsning.

Tabel 7 Liste over DGNB-kriterierne og samtlige udpegede indikatorer som ventilationsløsningen direkte eller indirekte påvirker. Indikatorer markeret med rødt er frasorteret og udgør ikke en del af den videre bæredygtighedsanalyse.

Kriterie	Indikator
PRO1.1	3.1 Omfang af brugerdeltagelse
PRO1.4	-
PRO1.5	1.1 Der er udfærdiget vejledninger om vedligehold, inspektion og drift om vedligeholdelse
	2.1 Opdatering af tegningsmateriale, skemaer, beregninger og anden dokumentation
	3.1 Udarbejdelse af FM-manual
	4.1 Gennemførelse af planlægning med BIM og levering af BIM-modellen.
PRO1.6	-
PRO2.1	1.1 Koncept for minimering og sortering af affald på byggeplads
	2.1 Koncept for minimering af støj- og vibration på byggepladsen
	3.1 Koncept for minimering af støv på byggepladsen
PRO2.2	1.1 Plan for kvalitetskontrol af færdigt byggeri
	2.1 Implementering af kvalitetskontrol
	3.1 Kvalitetssikring af byggematerialer
PRO2.3	1.1 Udført funktions- og performancetest
	2.1 Commissioning-processen
PRO2.4	1.1 Bæredygtighedshåndbog
	2.1 Implementering af informationssystem for bygnings bæredygtighed
	3.1 Udarbejdelse af teknisk brugermanual
ENV1.1	1.1 Integration af LCA i tidlig planlægningsfase
	3.2 LCA-beregning udført for yderligere faser
	4.1 Brug af genanvendte komponenter eller bærende konstruktioner
	5.1 GWP-faktor for kølemedler
ENV1.2	1.1 Miljøfarlige stoffer
	2.1 Kortlægning og risikovurdering
ENV1.3	-
ENV2.2	-
ENV2.3	-
ENV2.4	-
ECO1.1	1.1 Integration af totaløkonomiske beregninger i projekteringsfasen
	1.2 Totaløkonomisk optimering i projekteringsfasen
ECO2.1	1.1 Arealudnyttelse
	2.1 Etagehøjde
	7.1 Fleksibilitet af tekniske installationer
ECO2.2	3.1 Passivt designkoncept i design og udførelse
	5.1 Udførelse af robusthedsundersøgelse af indeklimaet
SOC1.1	1.1 Operativ temperatur (vinterperiode)
	1.2 Træk (vinterperiode)
	1.3 Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur (vinterperiode)
	1.4 Relativ fugtighed (vinterperiode)
	2.1 Operativ temperatur (sommerperiode)
	2.2 Træk (sommerperiode)
	2.3 Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur (sommerperiode)

	3.2 Brugerstyring
SOC1.2	1.1 Afgasning af byggematerialer
	2.1 Ventilationsraten
	2.2 Ventilationsfilter
	2.3 Filterskifte
	2.4 Placering af luftindtag og- afkast
	3.1 Ingen lokale forureningskilder
	3.3 Kvalitet og udnyttelse af emhætte
SOC1.3	3.3.2 Støj fra tekniske installationer
	3.3.3 Lydtryksniveau ved emhætte drift
SOC1.4	-
SOC1.6	-
SOC2.1	-
SOC3.2	-
SOC3.3	-
TEC1.1	1.0 Opfyldelse af myndighedskrav til brandsikring
	2.2 PVC-fri bygning
	3.2 Tekniske sikkerhedsanordninger
TEC1.3	5.0 Lufttæthed (klimaskærmen)
TEC1.4	1.1 Tilgængelighed i teknikrum
	1.2 Tilgængelighed i vertikale skakte
	2.1 Tilpasning af driftstemperatur med henblik på at integrere vedvarende energiformer (varme)
	3.1 Systemintegration af BMS-systemer
	3.2 Fleksibilitet af elinstallationer
TEC1.5	6.1 Mulighed for rengøring af ventilationssystemets indblæsningskanaler og affaldsskakter
	6.2 indblæsningskanaler er rene ved ibrugtagelse
TEC1.6	3.1 Genindvinding, transformation og genbrug i den tidlige planlægningsfase
	3.2 Genindvinding, transformation og genbrug i designprocessen
TEC1.8	1.1 Antal miljødeklarationer (EPD'er) for anvendte byggevarer
TEC3.1	-
SITE1.1	-
SITE1.2	-
SITE1.3	-
SITE1.4	-

4.2. Vægtning af kriterier og indikatorer

Eftersom en lang række af irrelevante kriterier og indikatorer er frasorteret, fordi det udelukkende er ventilationsløsninger og ikke hele bygningen der betragtes, udelukkes ligeledes en andel af de point det normalt vil være muligt at opnå i forbindelse med en certificering. Derfor har det været nødvendigt at gennemgå hvordan kriterier vægtes i forhold til hinanden og revidere det generelle pointsystem.

En stor kvalitet ved DGNB-systemet er at de tre primære bæredygtighedskvaliteter - det sociale, økonomiske og miljømæssige procentmæssigt vægtes ligeligt med 22,5% til hver. Derudover er proceskvalitet vægtet 12,5%, teknisk kvalitet 15% og område kvalitet 5%. På kvalitetsniveau er denne vægtning fordelt ud på det antal af kriterier kvaliteten repræsenterer. Kriterier under kvaliteterne er vægtet individuelt i forhold til hinanden i DGNB. Det vil sige, at hver af de 37 kriterier procentmæssigt udgør en andel af den samlede evaluering.

Hvis samtlige indikatorer under et kriterie er frasorteret, udgår kriteriet fra den samlede evaluering. Efter frasorteringen af indikatorer består denne analyse samlet af 14 ud af de oprindelige 37. Vægtningen af kriterierne justeres ikke i denne analyse, som en følge af at en række af indikatorer under de enkelte kriterier ikke evalueres efter de er frasorteret.

Det er besluttet at strukturere det reviderede evalueringssystem således at kriterierne bibeholder deres interne vægtning på tværs af kvaliteterne. Dette er at foretrække fremfor at bibeholde vægtningen kvaliteterne i mellem. Følgende blev besluttet i samråd med de forskellige involverede parter i projektet. Alternativt vil nogle enkelte kriterier pludselig vægte væsentlig mere sammenlignet med den oprindelig DGNB-vægtning. Eksempelvis (se Tabel 8): PRO2.1, som har en oprindelig vægtning på 1,30%, er det eneste kriterie under Proces kvalitet, der ikke er frasorteret. Proces kvalitet som gruppe havde oprindeligt en samlet vægtning på 12,5%, men PRO2.1 fastholder for nu sin vægtning på 1,30% fremfor at repræsentere hele kvaliteten og derved alene vægte de 12,5%.

De tilbageværende kriteriers vægtning udgør en andel på 58% af de oprindelig 100%. Deres vægtning opjusteres forholdsmæssigt, så de samlet udgør 100%. Det vil sige, at vægtningen af PRO2.1 går fra at udgøre 1,30% til 2,24% af den samlede vurdering.

Pointsystem og -tildeling

For hver indikator kan der tildeles et antal point, hvilket er identisk med DGNB. På den måde fastholdes vægtningen mellem indikatorerne under et kriterie. Antallet af point varierer meget mellem indikatorerne, men selve antallet er ikke vigtig at forholde sig til, da det handler om at opnå den største andel af mulige point. Andelen af point opnået i procent ganges sammen med den procentmæssige vægtning af kriteriet, hvilket udgør kriteriets samlede score.

Afslutningsvis summeres de vægtede procentscorer, hvilket udgør den endelige bedømmelse. Den løsning der opnår den højeste procentscore vil anses som den mest bæredygtige ventilationsløsning.

Bemærk, at der er set bort fra bonuspoint, så opfyldelsesgraden kan ikke være over 100% modsat en DGNB-certificering. Derudover eksisterer der i DGNB-systemet yderligere en kriterie-vægtningsfaktor, som der ses bort fra i denne analyse.

Formålet med denne analyse er at belyse hvordan de forskellige ventilationsløsninger performer i forhold til hinanden. Derfor vil det ofte være mindre forskelle end normalt, som skaber en differentiering i pointene under den enkelte indikator med henblik på at tage højde for flere nuancer. Udgangspunktet har så vidt muligt været at anvende pointgrænserne sat i DGNB-systemet, men i mange tilfælde har det ikke været muligt direkte at overføre systemet og gennemføre en målbar/kvantitativ vurdering. I de tilfælde bygger pointtildelingen på faglig og saglig vurdering som der er redegjort for i evalueringsskemaerne - se eksempel i Tabel 9 eller samtlige skemaer i Bilag A.

Skema med oversigt over hvilke kriterier analysen omfatter og hvordan de er vægtet i forhold til hinanden se i Tabel 8 herunder.

Tabel 8: Oversigt af hvilke kriterier bæredygtighedsanalysen omfatter og hvordan de vægtes.

Kvalitet	Kriteriegruppe	Vægtning kvalitet - oprindelig	Kriterie	Inkluderet	Andel - oprindelig vægtning	Andel - justeret	Ny vægtning af kvalitet
Proces Kvalitet	Planlægning	12,5%	PRO1.1	NEJ	1,90%	-	2,24%
			PRO1.4	NEJ	1,90%	-	
			PRO1.5	NEJ	1,30%	-	
			PRO1.6	NEJ	1,30%	-	

	Kvalitetssikring af udførelse		PRO2.1	JA	1,30%	2,24%	
			PRO2.2	NEJ	1,90%	-	
			PRO2.3	NEJ	2,50%	-	
			PRO2.4	NEJ	0,60%	-	
Miljø kvalitet	Påvirkning af globalt og lokalt miljø	22,5%	ENV1.1	JA	9,50%	16,36%	24,46%
			ENV1.2	JA	4,70%	8,10%	
			ENV1.3	NEJ	2,40%	-	
	ENV2.2		NEJ	2,40%	-		
	ENV2.3		NEJ	1,20%	-		
	ENV2.4		NEJ	2,40%	-		
Økonomisk kvalitet	Totaløkonomi	22,5%	ECO1.1	JA	9,60%	16,54%	38,59%
	Økonomisk fremtidssikring		ECO2.1	JA	6,40%	11,02%	
			ECO2.2	JA	6,40%	11,02%	
Social kvalitet	Sundhed, komfort og brugertilfredshed	22,5%	SOC1.1	JA	3,40%	5,86%	17,57%
			SOC1.2	JA	3,40%	5,86%	
			SOC1.3	JA	3,40%	5,86%	
			SOC1.4	NEJ	3,40%	-	
			SOC1.6	NEJ	2,30%	-	
	Funktionalitet		SOC2.1	NEJ	4,50%	-	
			SOC3.2	NEJ	0,00%	-	
			SOC3.3	NEJ	2,30%	-	
Teknisk kvalitet		15%	TEC1.1	JA	1,90%	3,27%	17,74%
			TEC1.3	JA	2,80%	4,82%	
			TEC1.4	JA	2,80%	4,82%	
			TEC1.5	JA	1,90%	3,27%	
			TEC1.6	NEJ	2,80%	-	
			TEC1.8	JA	0,90%	1,55%	
			TEC3.1	NEJ	1,90%	-	
Områdets kvalitet		5%	SITE1.1	NEJ	1,30%	-	0,00%
			SITE1.2	NEJ	1,30%	-	
			SITE1.3	NEJ	1,30%	-	
			SITE1.4	NEJ	1,30%	-	

4.3. Evalueringsmetode

De udvalgte kriterier og tilhørende indikatorer herunder analyseres systematisk og indholdet præsenteres i et skema for hvert kriterie. Skemaet består af følgende elementer:

- Type af kvalitet og kriterie navn/nr. eventuel suppleret med en kort forklaring af hvorfor det er relevant i forbindelse med bæredygtighed.
- DGNB-evaluering: Kort opsummering af hvordan kriteriet vil skulle evalueres, hvis der var tale om en almindelig DGNB-analyse. Følgende er med til at belyse hvordan evalueringerne adskiller sig - både i forhold til det indholdsmæssige og pointtildelingen.
- Grundlag for evaluering: Beskrivelse af hvilken tilgængelig information og data evalueringen bygger på. Hvilke forudsætninger, antagelser, metoder og andre faglige værktøjer har været

anvendt. Derudover forklares hvordan indikatorens indhold jf. DGNB eventuelt er fortolket og tilpasset formålet.

- Selve den faglige argumentation og redegørelsen for hvordan løsningerne og derved pointene differentierer sig fra hinanden eller ej. Afslutningsvis pointtildelingen

4.4. Eksempel på evalueringsskema

Samtlige evalueringsskemaer som er anvendt til bæredygtighedsanalysen findes i nummereret rækkefølge i Bilag A. I dette kapitel er evalueringsskemaet vist i Tabel 9 for et tilfældigt kriterie gengivet som eksempel. Det samlede resultat af bæredygtighedsanalysen fremgår i det efterfølgende kapitel.

Tabel 9: Eksempel på evalueringsskema.

Kvalitet: Økonomi		Kriterie: ECO1.1 Totaløkonomi
<p>En totaløkonomisk analyse bidrager til et ansvarligt brug og optimering af de økonomiske ressourcer. Det er til gavn for bygherre og lejere.</p> <p>Økonomi er ofte ret afgørende og vægtes også højt i den samlede evaluering. Det bemærkes ligeledes, at selvom indikator 1.2 under dette kriterie er frasorteret, opfattes indholdet som repræsenteret i den totaløkonomiske sammenligning mellem de fire løsninger, hvilket præsenteres under indikator 1.1, hvilket er en fortolkning af DGNB.</p>		
Indikator 1.1	Integration af totaløkonomiske beregninger i projekteringsfasen	Max point: 10
DGNB-evaluering	<p>Point tildeles efter hvorvidt en LCC-analysen er udført i de tidlige faser og hvilke forskellige omkostninger den omfatter. Det giver udvikler mulighed for at vurdere omkostninger og gennemføre økonomiske optimeringer. Det opnås ekstra point ved løbende at beregne alternative løsninger.</p>	
Grundlag for evaluering	<p>Denne analyse finder sted på et specifikt tidspunkt i løbet af det samlede projekt "Renovering af Frydenspark". Derfor kan der ikke i denne analyse differentieres efter hvor ofte og hvornår den totaløkonomiske analyse er gennemført. Desuden er der ikke forskel mellem hvilke omkostningstyper der er inkluderet i analysen af de fire løsningsforslag.</p> <p>Point tildeles efter hvordan de forskellige løsning økonomisk performer relativt i forhold til hinanden. Sagt mere simplificeret, vil en billigere løsning score et højere antal point. Samtidig belyses det om omkostningerne pålægges lejer eller ejerne.</p> <p>Omkostninger er inddelt i følgende kategorier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etablering: Individuelle priser på etablering af de forskellige ventilationssystemer er indhentet fra tredjeparts entreprenører, efter besigtigelse af ejendommen*. Priser inkluderer indkøb af det samlede ventilationssystem med kanaler, isolering, armaturer etc. foruden selve etableringen, installationen opstartet, indregulering og tæthedsprøvning. Prisen inkluderer følgearbejde som etableringen af tilhørende skakter, coating af skakte, gennemføringer, isoleringsarbejder, trådning af anlæg og lignende, der er uafhængig af andet arbejde. Priserne er ekskl. byggepladsomkostninger. • Drift og service: Indkøb af filter, filterskift, rensning af ventilationssystem. Prisudviklingen for drift og service 2,0% p.a. 	

- Energi: Baseres på TI beregningsprogram, der tager bl.a. varmevekslertype og -virkningsgrad, indblæsningstemperatur, volumenstrøm, driftstider, tryktab gennem kanalsystemet og SEL-værdi i betragtning. Energipriserne er 2,21 kr./kWh for el og 0,65 kr./kWh for fjernvarme inkl. moms. Priser tager udgangspunkt i de nævnte beregningsforudsætninger i DGNB. Prisudviklingen er 3,5% p.a. for el og 4,0% p.a. for fjernvarme jf. generelle beregningsforudsætninger på www.lccbyg.dk.

En forudsætning for anvendelse af de to udsugningsløsninger er, at det er nødvendigt at installere andre radiatorer. De medførte ekstra omkostninger er inkluderet.

Tilbudspriser og omkostninger er baseret på prisen for 12 lejligheder, men vises som gennemsnit for én lejlighed. Levetid er sat til 25 år jf. Vejledningen SBI 2013:30: "Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi".

* Montører har ingen genskab til indholdet af denne analyse og har afgivet tilbud på normal vis.

År	Elpris		Udsugning				Udsugning optimeret				Decentral				Central			
	kr/kWh	varmepris	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr
1	2,21	0,65	187	4688	3461	200	119	2973	2195	200	198	714	901	789	238	354	755	614
2	2,29	0,68	187	4688	3597	204	119	2973	2281	204	198	714	935	805	238	354	782	626
3	2,37	0,70	187	4688	3739	208	119	2973	2371	208	198	714	970	821	238	354	811	639
4	2,45	0,73	187	4688	3886	212	119	2973	2465	212	198	714	1007	837	238	354	841	652
5	2,54	0,76	187	4688	4039	216	119	2973	2562	216	198	714	1044	854	238	354	871	665
6	2,62	0,79	187	4688	4199	221	119	2973	2663	221	198	714	1084	871	238	354	903	678
7	2,72	0,82	187	4688	4364	225	119	2973	2768	225	198	714	1124	889	238	354	936	691
8	2,81	0,86	187	4688	4536	230	119	2973	2877	230	198	714	1167	906	238	354	970	705
9	2,91	0,89	187	4688	4715	234	119	2973	2990	234	198	714	1211	924	238	354	1006	719
10	3,01	0,93	187	4688	4901	239	119	2973	3108	239	198	714	1256	943	238	354	1043	734
11	3,12	0,96	187	4688	5094	244	119	2973	3231	244	198	714	1303	962	238	354	1081	748
12	3,23	1,00	187	4688	5295	249	119	2973	3358	249	198	714	1353	981	238	354	1120	763
13	3,34	1,04	187	4688	5504	254	119	2973	3490	254	198	714	1403	1001	238	354	1161	779
14	3,46	1,08	187	4688	5721	259	119	2973	3628	259	198	714	1456	1021	238	354	1204	794
15	3,58	1,13	187	4688	5946	264	119	2973	3771	264	198	714	1511	1041	238	354	1248	810
16	3,70	1,17	187	4688	6181	269	119	2973	3920	269	198	714	1568	1062	238	354	1293	826
17	3,83	1,22	187	4688	6425	275	119	2973	4074	275	198	714	1627	1083	238	354	1341	843
18	3,97	1,27	187	4688	6678	280	119	2973	4235	280	198	714	1688	1105	238	354	1390	860
19	4,11	1,32	187	4688	6941	286	119	2973	4402	286	198	714	1752	1127	238	354	1441	877
20	4,25	1,37	187	4688	7215	291	119	2973	4576	291	198	714	1818	1149	238	354	1494	894
21	4,40	1,42	187	4688	7500	297	119	2973	4756	297	198	714	1887	1172	238	354	1548	912
22	4,55	1,48	187	4688	7796	303	119	2973	4944	303	198	714	1958	1196	238	354	1605	931
23	4,71	1,54	187	4688	8103	309	119	2973	5139	309	198	714	2031	1220	238	354	1664	949
24	4,88	1,60	187	4688	8423	315	119	2973	5342	315	198	714	2108	1244	238	354	1725	968
25	5,05	1,67	187	4688	8755	322	119	2973	5552	322	198	714	2188	1269	238	354	1788	988
Summer			4681	117192	143013	6406	2969	74321	90696	6406	4948	17838	36351	25272	5938	8844	30020	19667
SUM driftsomkostninger					kr. 149.419				kr. 97.102				kr. 61.623				kr. 49.686	
Etableringspris af anlæg					kr. 101.854				kr. 105.604				kr. 76.667				kr. 76.250	
Samlet pris efter 25 år					kr. 251.273				kr. 202.706				kr. 138.290				kr. 125.936	

Det ses, at ud fra en totaløkonomisk betragtning, er det mest fordelagtigt at etablere den centrale ventilationsløsning, da løsningen er billigst. Desuden ses, at prisen er tilnærmelsesvis lig med prisen for den decentrale løsning. Det bemærkes, at prisforskellen mellem disse to løsninger skyldes at driftsomkostninger er lavere for den centrale løsning, særligt til gavn for lejerne.

Overordnet set skyldes det, at de største prisforskelle skyldes omkostningerne der er forbundet med opvarmningen. Særligt ved de to udsugningsløsninger, hvor radiatorerne skal opvarme markant mere luft, eftersom der ikke anvendes varmegenvinding. Dette er også årsagen til behovet for ekstra radiatorkapacitet. Det ses, at den reducerede volumenstrøm ved den optimeret udsugningsløsning sammenlignet den oprindelig

udsugningsløsning ligeledes medfører en markant reduktion i omkostningerne.

Hvad der ikke fremgår af ovenstående tabel er, at de nødvendige ekstra etableringsomkostninger til radiatorer ved de to udsugningsløsninger på ca. 51.000,- kr. pr. lejlighed udgør en betydelig andel af summen. Dog ikke nok til at gøre disse løsninger samlet billigere.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	3
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	8
	Central	10

4.5. Analyseresultat

Resultatet af bæredygtighedsanalysen er vist på Tabel 10. Det ses, at samtlige relevante indikatorer er listet ved navn og vægtningen. Det omfatter både de fraserteret (røde) og analyserede (grønne). Det er desuden oplyst hvor mange point det maksimalt er muligt at få under hver indikator og efterfølgende hvor mange point de forskellige løsninger har fået tildelt. Forholdet mellem det og hvor mange point det er muligt at opnå, er omregnet til den vægtet score i procent. Summen udgør det endelige resultat og dermed hvor bæredygtige løsningerne er ift. hinanden - des tættere på 100% jo mere bæredygtig er løsningen. Tolkning af resultatet fremgår af konklusionen.

Tabel 10: Skema med samtlige kriterier og indikatorer og tilhørende tildelte point som summeret udgør resultatet af bæredygtighedsanalysen.

Kriterie	Indikator	Vægtning	Max Point	Point opnået				Andel point opnået [%]				Vægtet score			
				Løsning: Udsugning (planlagt): 01	Løsning: Udsugning optimeret: 02B	Løsning: Decentral: 03A-1	Løsning: Central med NB AHU: 04B-1	Løsning: Udsugning (planlagt): 01	Løsning: Udsugning optimeret: 02B	Løsning: Decentral: 03A-1	Løsning: Central med NB AHU: 04B-1	Løsning: Udsugning (planlagt): 01	Løsning: Udsugning optimeret: 02B	Løsning: Decentral: 03A-1	Løsning: Central med NB AHU: 04B-1
PRO1.1	3.1 Omfang af brugerdeltagelse	-	25												
PRO1.4	-	-													
PRO1.5	1.1 Der er udfærdiget vejledninger om vedligehold, inspektion og drift om vedligeholdelse	-	30												
	2.1 Opdatering af tegningsmateriale, skemaer, beregninger og anden dokumentation		30												

	3.1 Udarbejde af FM manual		30													
	4.1 Gennemførelse af planlægning med BIM og levering af BIM-modellen.		20													
PRO1.6	-	-														
PRO2.1	1.1 Koncept for minimering og sortering af affald på byggeplads	2,2%	5	5	5	5	3									
	2.1 Koncept for minimering af støj- og vibration på byggepladsen		5	3	3	4	5	87%	87%	93%	87%	1,9%	1,9%	2,1%	1,9%	
	3.1 Koncept for minimering af støv på byggepladsen		5	5	5	5	5									
PRO2.2	1.1 Plan for kvalitetskontrol af færdigt byggeri	-	10													
	2.1 Implementering af kvalitetskontrol		50													
	3.1 Kvalitetssikring af byggematerialer		20													
PRO2.3	1.1 Udført funktions- og performancetest	-	50													
	2.1 Commissioning-processen		60													
PRO2.4	1.1 Bæredygtighedshåndbog	-	35													
	2.1 Implementering af informationssystem for bygnings bæredygtighed		30													
	3.1 Udarbejdelse af teknisk brugermanual		35													
ENV1.1	1.1 Integration af LCA i tidlig planlægningsfase	16,4%	10	10	10	10	10									
	2.1 LCA resultater ift. referenceværdier		75	15	20	75	70	30%	35%	90%	85%	4,9%	5,7%	14,7%	13,9%	
	3.2 LCA beregning udført for yderligere faser		10	0	0	0	0									

	4.1 GWP-faktor for kølemidler		5	5	5	5	5									
ENV1.2	1.1 Miljøfarlige stoffer	8,1%	100	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	8,1%	8,1%	8,1%	8,1%	
	2.1 Kortlægning og risikovurdering		20	20	20	20	20									
ENV1.3	-	-														
ENV2.2	-	-														
ENV2.3	-	-														
ENV2.4	-	-														
ECO1.1	1.1 Integration af totaløkonomiske beregninger i projekteringsfasen	16,5%	10	3	5	8	10	30%	50%	80%	100%	4,9%	8,2%	13,2%	16,5%	
	1.2 Totaløkonomisk optimering i projekteringsfasen		10	-	-	-	-									
ECO2.1	1.1 Arealudnyttelse	11,0%	20	8	10	12	12	51%	47%	43%	69%	5,6%	5,1%	4,7%	7,6%	
	2.1 Etagehøjde		15	10	10	10	10									
	7.1 Fleksibilitet af tekniske installationer		40	20	15	10	30									
ECO2.2	3.1 Passivt designkoncept i design og udførelse	11,0%	20	8	8	7	6	55%	55%	58%	50%	6,0%	6,0%	6,3%	5,5%	
	5.1 Udførelse af robusthedsundersøgelse af indeklimaet		20	14	14	16	14									
SOC1.1	1.1 Operativ temperatur (vinterperiode)	5,8%	20	15	15	20	20	74%	78%	93%	84%	4,3%	4,5%	5,4%	4,9%	
	1.2 Træk (vinterperiode)		10	5	7	10	10									
	1.3 Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur (vinterperiode)		5	5	5	5	5									
	1.4 Relativ fugtighed (vinterperiode)		15	15	15	13	13									
	2.1 Operativ temperatur (sommerperiode)		25	20	20	25	20									
	2.2 Træk (sommerperiode)		5	5	5	5	5									

	2.3 Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur (sommerperiode)		5	5	5	5	5										
	3.2 Brugerstyring		15	4	6	10	6										
SOC1.2	1.1 Afgasning af byggematerialer	5,8%	30	30	30	30	10	84%	84%	87%	73%	4,9%	4,9%	5,1%	4,2%		
	2.1 Ventilationsraten		30	30	30	30	30										
	2.2 Ventilationsfilter		10	10	10	5	7										
	2.3 Filterskifte		5	2	2	3	5										
	2.4 Placering af luftindtag og- afkast		2,5	2	2	1	2,5										
	3.1 Ingen lokale forureningskilder		10	5	5	5	5										
	3.3 Kvalitet og udnyttelse af emhætte		15	7	7	15	15										
SOC1.3	3.3.2 Støj fra tekniske installationer	5,8%	10	7	8	7	10	80%	90%	65%	100%	4,7%	5,2%	3,8%	5,8%		
	3.3.3 Lydtryksniveau ved emhætte drift		10	9	10	6	10										
SOC1.4	-	-															
SOC1.6	-	-															
SOC2.1	-	-															
SOC3.2	-	-															
SOC3.3	-	-															
TEC1.1	1.0 Opfyldelse af myndighedskrav til brandsikring	3,3%	30	30	30	25	20	80%	80%	85%	72%	2,6%	2,6%	2,8%	2,3%		
	2.2 PVC-fri bygning		10	8	8	6	8										
	3.2 Tekniske sikkerhedsanordninger		20	10	10	20	15										
TEC1.3	5.0 Lufttæthed (klimaskærmen)	4,8%	15	8	10	11	12	53%	67%	73%	80%	2,6%	3,2%	3,5%	3,8%		
TEC1.4	1.1 Tilgængelighed i teknikrum	4,8%	20	10	10	20	10	38%	38%	55%	40%	1,8%	1,8%	2,7%	1,9%		
	1.2 Tilgængelighed i vertikale skakte		10	0	0	0	0										
	2.1 Tilpasning af driftstemperatur med henblik på at integrere vedvarende energiformer (varme)		20	5	5	6	6										
	3.1 Systemintegration af BMS-systemer		15	10	10	10	10										

	3.2 Flexibilitet af elinstallationer		20	-	-	-	-								
TEC1.5	6.1 Mulighed for rengøring af ventilationssystemets indblæsningskanaler og affaldsskakter	3,3%	2,5	2	2	2	2	80%	80%	80%	80%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%
	6.2 indblæsningskanaler er rene ved ibrugtagelse		10	-	-	-	-								
TEC1.6	3.1 Genindvinding, transformation og genbrug i den tidlige planlægningsfase	-	5												
	3.2 Genindvinding, transformation og genbrug i designprocessen		5												
TEC1.8	1.1 Antal miljødeklarationer (EPD'er) for anvendte byggevarer	1,5%	100	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TEC3.1	-	-													
SITE1.1	-	-													
SITE1.2	-	-													
SITE1.3	-	-													
SITE1.4	-	-													
Samlet score [andel point opnået]												55%	60%	75%	79%

5. Konklusion

I projektet "Frydenspark - Bæredygtig Ventilation" er der foretaget en bæredygtighedsanalyse af en række forskellige ventilationsløsninger, der har anskueliggjort hvordan de præsterer i forhold til hinanden bæredygtighedsmæssigt ud fra et helhedsperspektiv.

En udfordring i projektet har været at der ikke eksisterer en analysemetode, der er direkte egnet til det projekt som skal gennemføres i Frydenspark. Med udgangspunkt i DGNB's vejledning for "Nybyggeri og omfattende renoveringer" har været muligt at opstille en metode og inkludere de manglende perspektiver, som vejledningen ikke omfatter. Forud for selve bæredygtighedsanalysen blev der opstillet en række løsningsforslag og udarbejdet en række konkrete skitseprojekter, for at sikre at løsningerne vil fungere i praksis og er teknisk gennemførlige.

Hovedresultatet af analysen er, at en ventilationsløsning hvor der etableres et centralt ventilationsanlæg scorer den største andel af de mulige point sammenlignet med de andre ventilationsløsninger, og kan derved betegnes som den mest bæredygtige ventilationsløsning i Frydenspark. Modsat scorer den planlagte udsugningsløsning den laveste andel af de mulige point ud af de i alt fire undersøgte løsningsmuligheder.

Til trods for at den decentrale løsning også har en varmegenvinder, som den centrale løsning opnåede den ikke et ligestillet antal point. Primære årsager til dette er, at anlæggene skaber mere støj i lejlighederne og teknisk er mindre fleksible.

Det kan konkluderes, at et par af kriterierne er udslagsgivende for resultatet. Det gælder særligt bidragene fra livscyklusanalysen (LCA) og den totaløkonomiske beregning (LCC). Årsagen hertil er det betydeligt større energiforbrug til driften ved de to udsugningsløsninger. Udsugningsløsningerne medfører, at der udledes en markant større mængde CO₂, hvilket giver markante forskelle i de miljøpåvirkninger, der er beregnet i LCA-analyserne. Samtidig er driftsomkostningerne betydeligt større ved udsugningsløsningerne, hvilket giver udslag i LCC-beregningen. Derudover var pointene generelt jævnt fordelt mellem de undersøgte løsninger.

Endvidere blev det vist, at hvis der fokuseres på at finde anvendelse af de eksisterende føringsveje, kommer man frem til en større variation af løsningsmuligheder end umiddelbart først antaget. Udover de klimamæssige positive effekter, er det også mere arkitektonisk bæredygtigt at bevare de eksisterende forhold og materialer og til dels er det pladsbesparende. Følgende blev også vægtet højt, til trods for at det i mindre grad er belyst i analysen.

Derudover blev det tydeliggjort, at ventilationssystemer med varmegenvinding er klart fordelagtige fremfor de mere simple udsugningsløsninger.

Slutteligt kan det konkluderes, at man igennem projektet har tilegnet sig værdiskabende viden og erfaringer, udtrykt i indeværende rapport, der kan overføres til lignende renoveringsprojekter og være med til sikre at der i fremtiden bygges flere bæredygtige ventilationsløsninger.

6. Referencer

- 1) Opdaterede emissionsfaktorer for el og fjernvarme, COWI 2020
- 2) Energitilsynet og Forsyningstilsynet. Energipriser 2019
- 3) Aagaard, N.-J., Brandt, E., Aggerholm, S., & Haugbølle, K. (2013). Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi. <http://www.sbi.dk/byggeteknik/kvalitet/levetider-af-bygningsdele-ved-vurdering-af-baeredygtighed-og-totalokonomi-1/appendiks-f-sbi-2013-30>
- 4) Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen (2020). Vejledning om den frivillige bæredygtighedsklasse
- 5) Worm, A. S., Poulin, H., Østergaard, F. C., Birgisdóttir, H., Madsen, S. S., & Rasmussen, F. N. (2016). Branchevejledning i LCA ved renovering. 1–13
- 6) Rasmussen, F.N. & Birgisdóttir, H. (2015). Livscyklusvurdering af større bygningsrenoveringer. Miljømæssige konsekvenser belyst via casestudier. SBI 2015:29. 1. udgave. Aalborg Universitet
- 7) Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (2015), "Brandteknisk vurdering af coating af aftrækskanaler"

7. Bilag

7.1. Bilag A

Kvalitet: Proces		Kriterie: PRO2.1 Byggeplads/byggeproces
En byggeproces kan være meget generende. Formålet med dette kriterie er at informere og bestræb sig på at minimere de negative påvirkninger af det lokale miljø som konsekvens af selve byggeprocessen.		
Indikator 1.1	Koncept for minimering og sortering af affald på byggeplads	Max point: 5
DGNB-evaluering	5 point tildeles hvis der er formuleret et koncept for at minimering og sortering af affald på byggepladsen. <i>Bemærk, at halvdelen af indikatoren "opgørelse af byggeaffald fra byggeprocessen i ov..." er frasorteres og dermed mulighed for 10 point, da det relaterer sig til en reel proces under byggeriet, der ikke kan vurderes på forkant.</i>	
Grundlag for evaluering	Pointene tildeles efter hvor store mængder affald løsningerne forventes at medføre. At vælge en ventilationsløsning, der bidrager til minimering af affald, kan være en del af konceptet. Løsningen der estimeret danner mindst affald belønnes med flest point og de resterende løsninger forholdsmæssigt herefter. Samtidig vurderes det om løsningerne kan have en negativ indflydelse på affaldssorteringen på byggepladsen.	
<p>På byggepladsen etableres almindelig affaldssortering. Alt forventeligt medført affald, uanset løsning, forventes at kunne kategoriseres som normalt og håndteringen forventes ikke at være en udfordring i forhold til almindelig affaldssorteringsstrategi. Det forventes er være nemt at opdele i materialetyper som f.eks. plast og pap fra emballage eller stål fra kanaltilpasninger. Derfor vurderes det, at ingen af løsningerne vil influere affaldssorteringen negativt.</p> <p>Emballage fra særligt kanaler, der fylder meget, forventes at være den største og eneste afgørende årsag til affaldsgenerering i forbindelse med etablering af ventilation. Ved udsugningsløsningerne etableres nye vertikale fordelingskanaler i modsætning til de balancerede løsninger, hvor de eksisterende aftrækskanaler anvendes. Til gengæld er det nødvendigt ved begge de balancerede løsninger at anvende betydelig flere kanaler til indblæsningsdelen i selve lejlighederne. Derudover anvendes der en del flere større kanaler i tagrummet ved den centrale løsning. Input data fra LCA-beregninger viser, at den anvendte kanal mængde ved den centrale løsning, vil være 29-37% større end ved valg af de andre løsninger og derfor vil affaldsmængden være tilsvarende større. Derfor fratrækkes denne løsning point.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	3
Indikator 2.1	Koncept for minimering støj og vibration på byggeplads	Max point: 5
DGNB-evaluering	5 point tildeles hvis der er udarbejdet et koncept for at minimere støj- og vibrationsniveauet på byggepladsen.	
Grundlag for evaluering	Følgende er begrænset til det støj- og vibrationer som specifikt er generet i forbindelse etableringen af ventilationen. Point tildeles efter hvor meget støj og vibrationer af betydning det forventes, at etableringen af de forskellige ventilationsløsninger skaber forholdsmæssigt til hinanden. De maksimale 5 point gives, hvis det vurderes, at der ikke genereres støj og vibrationer i et omfang, der kan være til gene i lokalområdet.	
Der skal udbores huller i facaden ved montage af friskluftventiler i forbindelse med installation af PURMO Air ved udsugningsløsningerne - typisk 2-3 udboringer pr. lejligheder. Ved valg af den decentrale løsning foregår friskluftindtag til ventilationsanlægget igennem facaden - 1 udboring pr. lejlighed er nødvendig. Hullerne er 143-170 mm i diameter og udboringen vurderes at skabe generende støj taget antallet og størrelsen i		

betragtning. Det er til trods for at moderne værktøj som f.eks. diameterbor, langsomboring og vådboring kan støje betydeligt mindre end alternativet. Det bemærkes at facaden består af mursten.

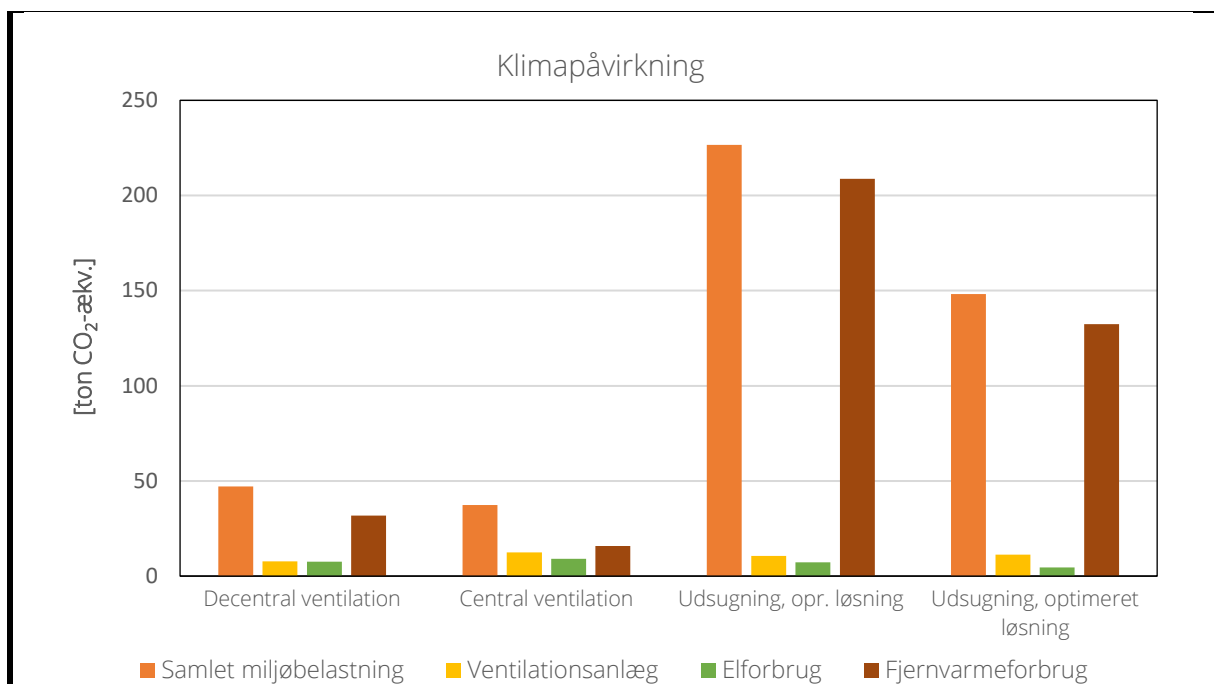
Støj i forbindelse med etablering af skakte og ventilationskanaler vurderes ikke at have en betydning, da arbejdet finder sted inde i bygningen. At anlæggene skal placeres i tagrummet ved brug af kran ved valg af udsugnings- eller den centrale løsning, vurderes heller ikke at have nogen afgørende støj- og vibrationsmæssig betydning.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	3
	Udsugningsløsning, optimeret	3
	Decentral	4
	Central	5
Indikator 3.1	Koncept for minimering af støv på byggeplads	Max point: 5
DGNB-evaluering	5 point tildeles hvis der er udarbejdet et koncept for at minimere støvniveauet på byggepladsen.	
Grundlag for evaluering	Følgende er begrænset til det støv som specifikt er genereret i forbindelse etableringen af ventilationen. Point tildeles forholdsmæssigt efter hvor meget støv af betydning det forventes, at etableringen af de forskellige ventilationsløsninger skaber i forhold til hinanden. De maksimale 5 point gives, hvis det vurderes, at der ikke genereres støvforurening i et omfang, der kan være til gene i lokalområdet.	
Støv kan blive skabt i forbindelse med udboring af huller i facader ved samme scenarie som der skabes støj. Se beskrivelse under indikator 2.1 under dette kriterie. Selvom der potentielt skabes væsentlig mere støv ved de løsninger med mange udboringer, vurderes mængden ikke at være generende i lokalmiljøet. Det skyldes, at de fleste boligblokke vender ud mod et større åbent areal. Samtidig forventes det at udboringen vil foregå med vådboring, hvilket minimerer mængden af støv markant.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	5

Kvalitet: Miljø		Kriterie: ENV1.1 Livscyklusvurdering
Formålet med livscyklusvurdering er at beregne miljøbelastningen fra materialeforbruget, byggeprocessen og driftsenergien etc. og gøre resultatet en del af det samlede beslutningsgrundlag så tidligt så muligt i designprocessen med henblik på at reducere påvirkningerne.		
	Integration af LCA i tidlig planlægningsfase	Max point: 10
DGNB-evaluering	Der oprettes en livscyklusvurdering i tidlig planlægningsfase, skitseprojekt eller forprojekt, hvor designvariationer sammenlignes. Point tildeles hvis analysen er udført og resultaterne anvendes som en del af beslutningsgrundlaget.	
Grundlag for evaluering	Denne indikator hænger sammen med indikator 2.1, hvor selve differentieringen mellem resultaterne af LCA'erne belønnes. Grunden til at følgende indikator er inkluderet i denne undersøgelse er, at det på forkant ikke var givet, at det var muligt at gennemføre en anvendelig LCA-analyse for hvert af løsningsforslagene med den tilgængelige information i projektet.	
Der er beregnet en LCA for hver af de 4 løsningsforslag på samme tidspunkt i projektet. Beregninger har været gennemført med identisk detaljegrad og der er ikke fundet anledning til at differentiere i pointene mellem løsningerne.		
	Udsugningsløsning, planlagt	10

Point pr. løsningsforslag	Udsagningsløsning, optimeret	10
	Decentral	10
	Central	10
Indikator 2.1	LCA-resultater ift. referenceværdier	Max point: 75
DGNB-evaluering	Miljøpåvirkning for den samlede færdige bygning. Point tildeles efter hvor meget resultaterne afviger fra reference- og grænseværdier.	
Grundlag for evaluering	<p>DGNB's evalueringskriterier er ikke anvendelige i denne analyse, da det udelukkende er ventilationen der betragtes. Point tildeles forholdsmæssigt mellem de 4 ventilationsløsninger på baggrund af udførte LCA-beregninger. Maksimumpoint tildeles den ventilationsløsning med den mindste miljøpåvirkning og de resterende løsninger tildeles point efter hvor stor afvigelsen er hertil. Der ses udelukkende på miljøpåvirkningskategorien GWP (Global opvarmning) [kg CO₂-ækv.].</p> <p>Beregninger er udført for en betragtningsperiode på 50 år. Beregningerne er delvis foretaget ved brug af software-værktøjet LCAByg 5.1.0.4. Påvirkningerne fra brugsfase "B.6 Energiforbrug" er beregnet ved brug af Teknologisk Instituts detaljeret energiberegner for ventilationsanlæg og emissionsfaktorer relateret til fjernvarmen og elektriciteten fra energifremskrivningen udgivet i rapport af COWI for Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen¹.</p> <p>Beregningerne omfatter primært ventilationsanlæggene, kanaler og armaturer og brandisolering. Som ved LCC-beregningerne er miljøbelastningen fra radiatorerne ligeledes inkluderet, da de er en forudsætning for muligt valg af udsagningsløsningerne.</p> <p>Ved tilbudsgivning på etableringen af ventilationsløsningerne blev der udarbejdet komponentstykklister for hver løsning af entreprenørerne, se Bilag C. De er anvendt som input til beregninger. LCAByg's database indeholder et ret begrænset antal af specifikke ventilationskomponenter. Komponentstykklisterne er blevet omregnet proportionalt i forhold til størrelse og vægt til de ventilationskomponenter der er tilgængelige i LCAByg.</p> <p>I de udførte LCA-beregninger er der taget udgangspunkt i anbefalingerne i følgende publikationer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Branchevejledning i LCA ved renovering, udarbejdet af Teknologisk Institut og SBI / BUILD (Worm et al., 2016) • Vejledning om LCA i den Frivillige Bæredygtighedsklasse, lanceret af Transport- og Boligministeriet i maj 2020 (Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, 2020) <p><i>Se Bilag D for detaljeret metodebeskrivelse af hvordan LCA-beregningen er udført og Bilag C for liste over komponent/materiemængder.</i></p>	

¹ "Opdaterede emissionsfaktorer for el og fjernvarme", COWI 2020



Figur 22 Klimamæssige konsekvenser af de fire udvalgte løsningsmuligheder.

Resultatet af LCA'erne er vist på Figur 22 herover. Det ses, at de klimamæssige konsekvenser af etableringen af de forskellige løsninger er næsten ens (gul søjle). Energiforbruget der medgår til fremstilling, transport etc. af de materialer, som anvendes til udsugningsløsningerne, er ca. 25% lavere end ved den centrale og decentrale ventilationsløsning. Til gengæld er energiforbruget og dermed CO₂-belastningen til opvarmning (fjernvarmeforbrug) ved en udsugningsløsning, - der i sagens natur ikke har varmegenvinding, langt, langt højere. Forskellen mellem de to udsugningsløsningers fjernvarmeforbrug skyldes, at det er en markant mindre luftmængde, der skal opvarmes ved den optimerede løsning, eftersom dels den maksimale luftmængde som forekommer ved madlavning er reduceret med bedre emhætte og middelluftmængden er reduceret med behovsstyring. Det betyder, at de klimamæssige konsekvenser af en udsugningsløsning er mindst 3-6 gange større end ved valget af central eller decentral ventilation. Elforbruget til de fire løsningsmuligheder er næsten ens, dog har det centralt ventilationsanlæg et elforbrug, der er lidt højere end de tre andre løsninger mens den optimerede udsugningsløsning har det laveste elforbrug, hvilket svarer til forholdet mellem løsningers SEL-faktor. *

*Se oversigt over det faktiske energiforbrug over en 25-årig periode for hver af løsninger under kriterie ECO1.1.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	10
	Udsugningsløsning, optimeret	20
	Decentral	75
	Central	70
Indikator 3.2	LCA-beregninger udført for yderligere faser	Max point: 10
DGNB-evaluering	Hvis LCA-beregningen udført i forbindelse med indikator 2.1, også inkluderer konstruktionsfaserne "A4 Transport til byggeplads" og "A5 Opførelse/montage", tilsvarende metoden i den frivillige bæredygtighedsklasse, tildeles der 5 point for hver fase.	
Grundlag for evaluering	Det er ikke muligt at tilføje de nævnte faser direkte i det anvendte software LCAByg, ud for de anvendte bygningsdele. Det eksisterende projektmateriale er heller ikke tilstrækkeligt detaljeret til, at beregningerne vil kunne udføres på anden vis uden at foretage for grove estimater.	

	Samtidig vurderes det, at faserne ikke påvirker det samlede resultatet af LCA-beregningerne nævneværdig, da f.eks. montagen i store udtræk foregår manuelt.	
Ingen af de gennemførte LCA-beregninger inkluderede de 2 ekstra faser. Ingen af løsninger tildeles point.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	0
	Udsugningsløsning, optimeret	0
	Decentral	0
	Central	0
Indikator 4.1	GWP-faktor for kølemedler	Max point: 5
DGNB-evaluering	Der tildeles 5 point til løsningen, hvis der ikke anvendes kølemedler med en GWP-faktor ≥ 150 kg CO ₂ -ækvivalenter.	
Grundlag for evaluering	Indikatoren er inkluderet i undersøgelsen, eftersom et ventilationsanlæg kan tilsluttes et køleanlæg for at køle indblæsningsluften og derved optimere indeklimaet eller en varmepumpe for at udnytte overskudsvarme fra afkastsluften og derved energioptimere. Evalueringen af løsningerne adskiller sig ikke fra DGNB-evalueringen.	
Der tildeles maksimumpoint til samtlige af de 4 løsningsforslag eftersom ingen af ventilationsløsninger er forsynet med en varmepumpe eller et køleanlæg. Derved benytter der heller ingen CO ₂ -belastende kølemedler.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	5

Kvalitet: Miljø		Kriterie: ENV1.2 Miljøfarlige stoffer
Indikator 2.1	Kortlægning og risikovurdering	Max point: 20
DGNB-evaluering	Der udføres en screening af potentielt skadelige stoffer ift. risikolisten anført i DGNB's bilagsmateriale. Screeningen udføres ved besigtigelse og med baggrund i bygningens historik. Der tildeles de maksimale antal point, hvis der er målt stoffer kategoriseret som "middel", "høj" eller "meget høj" risiko og de efterfølgende er en handlingsplan for bortskaffelsen. Alternativt, tildeles maks. point, hvis der ikke er fundet nogle skadelige stoffer.	
Grundlag for evaluering	Evalueringen adskiller sig som udgangspunkt ikke fra DGNB's evalueringskrav. Det begrænses dog udelukkende til skadelige stoffer relateret til ventilationsløsningerne.	
<p>På det nuværende indledende projektstadium er der ikke udarbejdet detaljerede produktspecifikke lister over materialer i relation til ventilationen, der kan være potentielt skadelige. Producenterne redegør ikke direkte for dette og derfor er denne evaluering på et meget overordnet niveau.</p> <p>Normalt er der ikke potentielt skadelige stoffer i alm. ventilationskomponenter i galvaniseret stål og tilhørende mineraluldsisolering, som der anvendes i projektets løsningsforslag. Ligeledes heller ikke i de fugemasser eller det coatingsmateriale, der anvendes.</p> <p>Gennemgås risikolisten fra DGNB, er der dog en række punkter hvor man bør være opmærksom på at kræve dokumentation for, grænseværdier at overholdes. F.eks. ifm. fremtidig udførsel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Punkt 11: Tætningsmasser, tætningsmidler, klæbemidler til punkt- og linjeklæbning af bygningsdele indendørs. Ikke omfattet er fugning af glas, -facade og brandfugning • Punkt 13: Klæber og fugemasse til facade, vinduer og døre etc. Herunder produkter der bruges til skabe lufttæthed i facade. • Punkt 38: Byggeskum og montage-skum isolerende og ved udfyld af hulrum. • Punkt 42: Bygningsprodukter til brandsikring, herunder Indendørsteknisk brandsikring, brandbøsning og -pakning, brandsikker fugemasse, -gips, PU- brandskum, silikonebrandskum. <p>Da de specifikke fabrikater af f.eks. fugemasse og tætningsmateriale ikke er bestemt på nuværende tidspunkt, har det ikke været muligt nærmere at vurdere om grænseværdierne overholdes. Det er med undtagelse af</p>		

coatingen og acrylfuge, som bl.a. anvendes til tætning af aggregater. Derfor er der ikke fundet anledning til at fratække nogle af løsninger point, hvorved de alle tildeles de maksimale 20.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	20
	Udsugningsløsning, optimeret	20
	Decentral	20
	Central	20

Kvalitet: Økonomi		Kriterie: ECO1.1 Totaløkonomi
<p>En totaløkonomisk analyse bidrager til et ansvarligt brug og optimering af de økonomiske ressourcer. Det er til gavn for bygherre og lejere.</p> <p>Økonomi er ofte ret afgørende og vægtes også højt i den samlede evaluering. Det bemærkes ligeledes, at selvom indikator 1.2 under dette kriterie er frasorteret, opfattes indholdet som repræsenteret i den totaløkonomiske sammenligning mellem de fire løsninger, hvilket præsenteres under indikator 1.1, hvilket er en fortolkning af DGNB.</p>		
Indikator 1.1	Integration af totaløkonomiske beregninger i projekteringsfasen	Max point: 10
DGNB-evaluering	<p>Point tildeles efter hvorvidt en LCC-analysen er udført i de tidlige faser og hvilke forskellige omkostninger den omfatter. Det giver udvikler mulighed for at vurdere omkostninger og gennemføre økonomiske optimeringer. Det opnås ekstra point ved løbende at beregne alternative løsninger.</p>	
Grundlag for evaluering	<p>Denne analyse finder sted på et specifikt tidspunkt i løbet af det samlede projekt "Renovering af Frydenspark". Derfor kan der ikke i denne analyse differentieres efter hvor ofte og hvornår den totaløkonomiske analyse er gennemført. Desuden er der ikke forskel mellem hvilke omkostningstyper der er inkluderet i analysen af de fire løsningsforslag.</p> <p>Point tildeles efter hvordan de forskellige løsning økonomisk performer relativt i forhold til hinanden. Sagt mere simplificeret, vil en billigere løsning score et højere antal point. Samtidig belyses det om omkostningerne pålægges lejer eller ejerne.</p> <p>Omkostninger er inddelt i følgende kategorier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etablering: Individuelle priser på etablering af de forskellige ventilationssystemer er indhentet fra tredjeparts entreprenører, efter besigtigelse af ejendommen*. Priser inkluderer indkøb af det samlede ventilationssystem med kanaler, isolering, armaturer etc. foruden selve etableringen, installationen opstartet, indregulering og tæthedsprøvning. Prisen inkluderer følgearbejde som etableringen af tilhørende skakter, coating af eksisterende aftræk, gennemføringer, isoleringsarbejder, trådning af anlæg og lignende, der er uafhængig af andet arbejde. Priserne er ekskl. byggepladsomkostninger. I etableringsomkostningerne er der ikke medtaget omkostninger til stillads og åbning af tag, da dette vil være opsat i forbindelse med vindues- og tagudskiftning som er en del af det samlede renoveringsprojekt for bygningen. • Drift og service: Indkøb af filter, filterskift, rensning af ventilationssystem. Prisudviklingen for drift og service 2,0% p.a. • Energi: Baseres på TI beregningsprogram, der tager bl.a. varmevekslertype og -virkningsgrad, indblæsningstemperatur, volumenstrøm, driftstider, tryktab gennem kanalsystemet og SEL-værdi i betragtning. Energipriserne er 2,21 kr./kWh for el og 0,65 kr./kWh for fjernvarme inkl. moms. Priser tager udgangspunkt i de nævnte beregningsforudsætninger i DGNB. 	

Prisudviklingen er 3,5% p.a. for el og 4,0% p.a. for fjernvarme jf. generelle beregningsforudsætninger på www.lccbyg.dk.

En forudsætning for anvendelse af de to udsugningsløsninger er, at det er nødvendigt at installere andre radiatorer. De medførte ekstra omkostninger er inkluderet.

Tilbudspriser og omkostninger er baseret på prisen for 12 lejligheder (2 opgange), men vises som gennemsnit for én lejlighed. Levetid er sat til 25 år jf. Vejledningen SBI 2013:30: "Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi".

* *Montører har ingen kendskab til indholdet af denne analyse og har afgivet tilbud på normal vis.*

År	Elpris		Udsugning				Udsugning optimeret				Decentral				Central			
	kr/kWh	varmepris	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr	Elforbrug kWh	Varmeforbrug kr	Energiforbrug kr	Drift og service kr
1	2,21	0,65	187	4688	3461	200	119	2973	2195	200	198	714	901	789	238	354	755	614
2	2,29	0,68	187	4688	3597	204	119	2973	2281	204	198	714	935	805	238	354	782	626
3	2,37	0,70	187	4688	3739	208	119	2973	2371	208	198	714	970	821	238	354	811	639
4	2,45	0,73	187	4688	3886	212	119	2973	2465	212	198	714	1007	837	238	354	841	652
5	2,54	0,76	187	4688	4039	216	119	2973	2562	216	198	714	1044	854	238	354	871	665
6	2,62	0,79	187	4688	4199	221	119	2973	2663	221	198	714	1084	871	238	354	903	678
7	2,72	0,82	187	4688	4364	225	119	2973	2768	225	198	714	1124	889	238	354	936	691
8	2,81	0,86	187	4688	4536	230	119	2973	2877	230	198	714	1167	906	238	354	970	705
9	2,91	0,89	187	4688	4715	234	119	2973	2990	234	198	714	1211	924	238	354	1006	719
10	3,01	0,93	187	4688	4901	239	119	2973	3108	239	198	714	1256	943	238	354	1043	734
11	3,12	0,96	187	4688	5094	244	119	2973	3231	244	198	714	1303	962	238	354	1081	748
12	3,23	1,00	187	4688	5295	249	119	2973	3358	249	198	714	1353	981	238	354	1120	763
13	3,34	1,04	187	4688	5504	254	119	2973	3490	254	198	714	1403	1001	238	354	1161	779
14	3,46	1,08	187	4688	5721	259	119	2973	3628	259	198	714	1456	1021	238	354	1204	794
15	3,58	1,13	187	4688	5946	264	119	2973	3771	264	198	714	1511	1041	238	354	1248	810
16	3,70	1,17	187	4688	6181	269	119	2973	3920	269	198	714	1568	1062	238	354	1293	826
17	3,83	1,22	187	4688	6425	275	119	2973	4074	275	198	714	1627	1083	238	354	1341	843
18	3,97	1,27	187	4688	6678	280	119	2973	4235	280	198	714	1688	1105	238	354	1390	860
19	4,11	1,32	187	4688	6941	286	119	2973	4402	286	198	714	1752	1127	238	354	1441	877
20	4,25	1,37	187	4688	7215	291	119	2973	4576	291	198	714	1818	1149	238	354	1494	894
21	4,40	1,42	187	4688	7500	297	119	2973	4756	297	198	714	1887	1172	238	354	1548	912
22	4,55	1,48	187	4688	7796	303	119	2973	4944	303	198	714	1958	1196	238	354	1605	931
23	4,71	1,54	187	4688	8103	309	119	2973	5139	309	198	714	2031	1220	238	354	1664	949
24	4,88	1,60	187	4688	8423	315	119	2973	5342	315	198	714	2108	1244	238	354	1725	968
25	5,05	1,67	187	4688	8755	322	119	2973	5552	322	198	714	2188	1269	238	354	1788	988
Summer			4681	117192	143013	6406	2969	74321	90696	6406	4948	17838	36351	25272	5938	8844	30020	19667
SUM driftsomkostninger					kr. 149.419				kr. 97.102				kr. 61.623				kr. 49.686	
Etableringspris af anlæg					kr. 101.854				kr. 105.604				kr. 76.667				kr. 76.250	
Samlet prls efter 25 år					kr. 251.273				kr. 202.706				kr. 138.290				kr. 125.936	

Som det fremgår af ovenstående tabel, ses det at det er mest fordelagtigt at etablere den centrale ventilationsløsning, da løsningen er billigst ud fra en totaløkonomisk betragtning. Desuden ses, at prisen er tilnærmelsesvis lig med prisen for den decentrale løsning. Det bemærkes, at prisforskellen mellem disse to løsninger primært skyldes at driftsomkostninger er lavere for den centrale løsning, særligt til gavn for lejerne.

Overordnet set skyldes de største prisforskelle omkostningerne der er forbundet med opvarmningen. Særligt ved de to udsugningsløsninger, hvor radiatorerne skal opvarme markant mere luft, eftersom der ikke anvendes varmegenvinding. Dette er også årsagen til behovet for ekstra radiatorkapacitet. Det ses, at den reducerede volumenstrøm ved den optimeret udsugningsløsning sammenlignet den oprindelig udsugningsløsning ligeledes medfører en markant reduktion i omkostningerne.

Hvad der ikke fremgår af ovenstående tabel er, at de nødvendige ekstra etableringsomkostninger til radiatorer ved de to udsugningsløsninger på ca. 51.000,- kr. pr. lejlighed udgør en betydelig andel af summen. Dog ikke nok til at gøre disse løsninger samlet billigere. Hertil skal dog også bemærkes at løsningen medfører et nyt og

bedre 2-strengs radiatoranlæg, som erstatter et eksisterende noget ældre 1-strengs radiatoranlæg, som med tiden vil skulle udskiftes. Den resterende levetid er dog ukendt.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	3
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	8
	Central	10

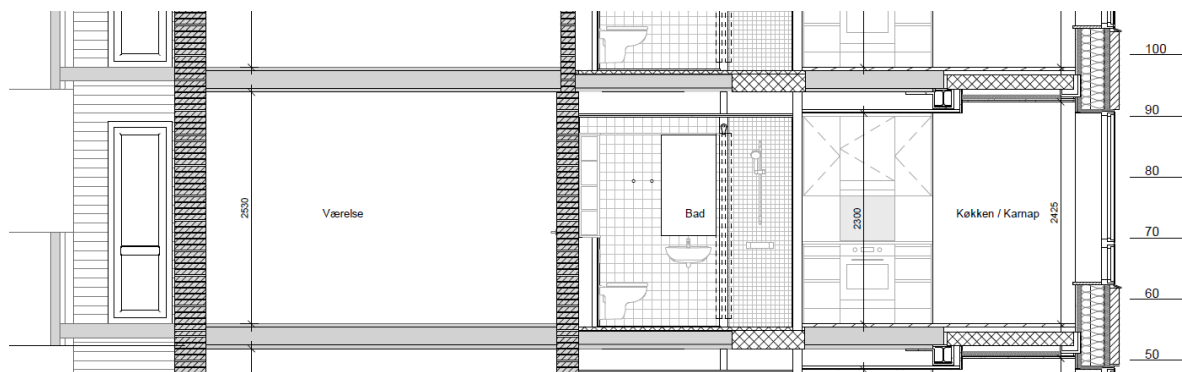
Kvalitet: Økonomi		Kriterie: ECO2.1 Fleksibilitet og omstillingsevne
God udnyttelse af pladsen giver fleksibilitet og mulighed for at konvertere anvendelsen - herunder mulighed for at tilpasse anvendelsen og udnyttelsen af det bærende system og bygningens tekniske installationer i fremtiden. God pladsudnyttelse giver værdi for beboerne og grundlag for bedre økonomisk udbytte for ejer.		
Indikator 1.1	Arealudnyttelse	Max point: 20
DGNB-evaluering	Point tildeles efter hvor stor en del nyttearealet udgør af det samlet bruttoareal. Maks. point opnås hvis 80% procent af bruttoarealet eller derover er udnyttet. Den nedre pointgrænse er 60%.	
Grundlag for evaluering	Arealudnyttelsen betragtes overordnet på lejlighedsniveau fremfor på bygningsniveau. Vurderingen forholder sig kun til hvor meget areal ventilationsløsningerne optager i forhold til hinanden. Derfor kan DGNB-evalueringskriterierne ikke direkte anvendes. Nul point er tilsvarende inddragelse af det størst tænkelige areal et ventilationsanlæg potentielt vil kunne optage til teknikskakte og/eller selve anlægget i lejligheden, samt vertikal kanalføring og eventuelt tilbehør. Maks. point gives til en løsning hvor ventilation intet areal optager som f.eks. ved naturlig ventilation. Samtidig bliver der taget højde for kvalitet af pladsen ift. placeringen.	
<p>Begge udsugningsløsninger medfører et betydende arealoptag. Ved begge løsninger er det nødvendigt at øge radiatorernes dimensioner samt opsætte ekstra radiatorer i alle gavlejlighederne. Ved begge løsninger placeres der en større teknikskakt umiddelbart ved hoveddøren. I den optimerede udsugningsløsning reduceres dimensionen af afkastkanalen fra Ø250 til Ø200, hvilket medfører at teknikskabet i gangarealet reduceres minimalt. Plads ved indgang er værdifuldt til ophæng af overtøj m.v.</p> <p>Ved den decentrale løsning er ventilationsaggregat en integreret del af emhætten, hvilket ikke direkte optager et areal, men begrænser mængden af skabsplads en smule da en alm. skabsemhætte vil kunne muliggøre en krydderihylde, svarende til 1/3-dybde af et enkelt overskab. Eftersom afkast er via eksisterende aftrækskanal i muren ved badeværelset, kan den planlagte teknikskakt reducere til halv størrelse, da den nu er reduceret til at indeholde brugsvand samt faldstamme fra køkken. Det muliggør at skakten kan flyttes til køkkenhjørnet mod facaden jf. tegningen vist under den tekniske beskrivelse af løsningen, se kapitel 3.4.2. Det efterlader et eftertragtet højskab ved indgang/køkken til stor værdi for beboerne. Det samme gør sig gældende ved den centrale løsning. Dog gør flytningen aflæsning af vandmåler samt tilgang til brugsvandsafbrydningsventiler og rensning af faldstamme lidt mere besværligt, da man skal bøje sig ind over køkkenbord for at tilgå luge til skakt. Men samtidig gør det risikoen for tilstopning af faldstamme mindre, da faldstamme placeres lige ved siden af køkkenvask, hvilket reducerer vandret afløbsstreng med adskillige meter.</p> <p>Ved den centrale løsning anvendes begge eksisterende aftrækskanaler ved badeværelset - med udgangspunkt i demolejlighed D. Før denne løsning kan etableres, skal den ny-projekterede toiledør flyttes 18 cm væk fra den ønskede placering. Det går udover den arkitektoniske værdi, men frigør areal eftersom inddækningen bagved wc kan reduceres med 10 cm.</p> <p>Samlet varierer arealudnyttelse minimalt ift. lejlighedens samlede areal, men det fagligt vægtet særligt væsentligt da bl.a. anvendelsen af de eksisterende aftrækskanaler, kan give plads til et helt højskab. I tidligere projekter som eksempelvis "Energieffektiv ventilation til eksisterende etagebyggeri, EUDP 64010-007" har vist sig meget væsentligt for beboere og i en sådanne grad at det har været afgørende for om en løsning har kunne vedtages ved beboerafstemninger.</p>		

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	8
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	12
	Central	12
Indikator 2.1	Etagehøjde	Max point: 15
DGNB-evaluering	Point tildeles alt efter den projekteret etage- eller fri rumhøjde. Jo større loftshøjde jo flere point. Maks. point opnås f.eks. ved fri rumhøjde $\geq 3,0$ m.	
Grundlag for evaluering	Eftersom der er tale om et eksisterende byggeri er den maksimale rumhøjde forudbestemt og DGNB-evalueringsmetodikken kan ikke direkte anvendes. Alternativt tildeles pointene efter hvor stor en del af rumhøjden, der inddrages til kanalføring, nedhængte lofter, inddækninger m.v. Maks. point opnås hvis fuld rumhøjde kan bibeholdes. Som en del af evalueringen sammenholdes højderne op imod de rumhøjder, det er sat krav til for at opnå point regi af DGNB.	

Det er nødvendigt at inddrage noget af rumhøjden i fordelingsgangen samt køkken og bad som i den overordnede renovering samles, for at få plads til den mekaniske ventilation (samt ny vand og afløbsrørsføring som dog ikke vedrører ventilationsprojektet), uanset hvilket af de fire løsningsforslag der vælges. Dermed opnås der ikke maks. point ved nogle af løsningerne.

Den eksisterende rumhøjde i lejlighederne er i gennemsnit 2530 mm og 2486 mm som standard efter renoveringen af etagedæk. Det er allerede lavt sammenlignet med DGNB's point-grænse på $\geq 2,6$ m.

Ved samtlige løsninger reduceres rumhøjden identisk. Et nyt nedhængt loft monteres i køkken, bad og gangarealet, hvor rumhøjden reduceres til 2300 mm og minimalt lavere i bad, se **Fejl! Henvissningskilde ikke fundet.** Det vil have en betydelig indvirkning på oplevelsen af rummet. Indblæsningsarmaturerne i opholdsrummene ved de balancerede løsninger placeres i væggene. Det er derfor ikke nødvendigt at installere et nedhængt loft i disse rum eller inddække kanalerne. Det ville have haft en indflydelse på rumhøjden, eftersom disse rum alle er i forbindelse med området med nedhængt loft.



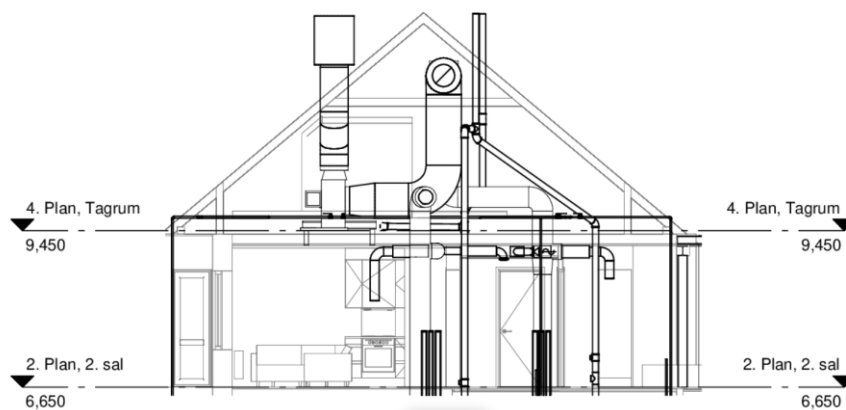
Figur 23: Tværsnit af en af lejlighedstyperne med dimensioner

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	10
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	10
	Central	10
Indikator 7.1	Fleksibilitet af de tekniske installationer	Max point: 40
DGNB-evaluering	Er bygnings tekniske installationer nem at tilpasse fremtidige formål. Hvor store konstruktive ændringer er det nødvendigt at foretage i forbindelse med ventilationen i tilfælde af en ombygning eller når rum skifter funktion. Er tilslutninger og forbindelser nemme at ændre og tilpasse. Vil omfattende konstruktive ændringer være en nødvendighed, opnås kun et minimum af point.	

Grundlag for evaluering

Det anses ikke som særligt realistisk at ændre bygningens grundlæggende funktion fra bolig til f.eks. erhverv. Evalueringen lægger derfor i særlig grad vægt på, hvor fleksibel ventilationssystemet vil være i tilfælde af flere lejligheder, skal lægges sammen. Det vurderes som realistisk eftersom boligblokkene består af mange mindre boligenheder. Samtidig vurderes det hvor fleksible de tekniske installationer er i sig selv, med henblik på at optimere dem for at imødekomme mulige fremtidige krav til ventilationen. F.eks. energioptimeringer, lav-temperatur fjernvarme eller temperaturstigninger.

De to udsugningsløsninger varierer minimalt og modtager som udgangspunkt det samme antal point. Den planlagte udsugningsløsning har den fordel, at den anvender en Ø250 fremfor Ø200 udsugningskanal, hvilket giver noget ekstra kapacitet. Den optimerede udsugningsløsning med Thermex Ventmex er mere fleksibel med hensyn til fremtidig tilpasning af luftmængder grundet det integreret styringsmodul og motorventil. De mindre fordele vægtes ligeligt.



Figur 24 Udsugningsanlæg i tagrum.

Eftersom udsugningsløsningerne består af færre kanaler end de to løsninger med varmegenvinding, vurderes løsninger at være mere fleksible/nemmere at flytte eller udbygge systemet med flere udsugningssteder. Derimod er systemet svært at udvide, hvis man f.eks. senere ønsker at integrere varmegenvinding eller udbygge med en indblæsningsdel. Det vil kræve en omfattende reovering i store dele af ejendommen. Hvis rumfordeling modificeres på lejlighedsniveau, er udsugningsløsningen forholdsmæssig fleksibel, da overtryksventilerne mellem rummene vil være nemme at flytte i forhold til faste kanaler. Udsugningsanlæggets placering i tagrummet er vist på Figur 24.

Den centrale løsning anvender begge aftrækskanaler, hvilket er mindre fleksibelt installationsmæssigt sammenlignet med ny skakt med alm. ventilationskanaler, da de er sværere at forgrene fra. Samtidig er deres placering låst. Ulempen ved løsningen ved lejlighedsammenlægning er, at en ny indregulering på tværs af samtlige lejemål i den enkelte opgang vil være nødvendig. Følgende betragtes ikke som en større ændring af system eller konstruktion. Selve kanalsystemet vil installationsmæssigt være nemt at udvide, men det vil kræve gennemboringen af vægge m.v. Den centrale løsning med et fælles aggregat anses som meget fleksibel og mere fremtidssikret, da det f.eks. hurtigere vil være muligt at:

- 1) Køleflade: Kan komme på tale som konsekvens af temperaturstigninger forårsaget af global opvarmning
- 2) Varmeflade: Vil kunne muliggøre implementering af lavtemperaturfjernvarme da ventilationsluften ville kunne bære den ekstra kapacitet som radiatoranlægget ikke ville kunne yde pga. den reducerede fremløbstemperatur. Ligeledes højere andel af VE ved brug af elvarmeflade.
- 3) Styringsstrategi: Ændring af setpunkter og tilkobling af ekstra følere ved evt. fremtidige krav og ønsker til øget indeklimakontrol.
- 4) Filtreringssystem: Er nemmere at tilpasse med færre enheder og tilslutninger.

Emhætteaggregatet betjener kun den enkelte lejlighed og er en meget skræddersyet løsning, der er svær at tilpasse til andet formål. Det vil være en udfordring af nedlægge et køkken, fjerne en emhætte og tilpasse de resterende installationerne, da kapaciteten i det enkelte aggregat er begrænset. Modsat vil behovet for et nyt

decentralt aggregat ikke kræve konstruktions- eller installationsarbejde i andre lejligheder end den berørte. Ved den centrale løsning er det også muligt at implementere 2) og 3), selvom arbejdet til sammenligning vil være et mere omfattende.

Ved mulige fremtidsoptimeringer, er den decentrale løsning derfor ikke at foretrække med de mange enheder, der vil skulle tilpasse enkeltvis. Et kompakt anlæg er også sværere at modificere sammenlignet med et centralt system. Styringssystemet vil dog være mere "intelligent" og komplekst med flere målepunkter end udsugningsløsningerne, hvilket giver flere tekniske optimeringsmuligheder.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	20
	Udsugningsløsning, optimeret	15
	Decentral	10
	Central	30

Kvalitet: Økonomi		Kriterie: ECO2.2 Robusthed
Robusthed bidrager til fremtidssikringen af bygningen og den vil med større sandsynlighed kunne finde anvendelse og dermed sikre den økonomiske investering.		
Indikator 3.1	Passivt designkoncept i design og udførelse	Max point: 20
DGNB-evaluering	<p>Passive strategier i designet kan bidrage positivt til indeklimaet og energiforbruget og muligvis reducere behovet for tekniske installationer. Det gør løsningen mere langtidsholdbar.</p> <p>DGNB's evaluering er en skriftlig redegørelse over hvordan den passive konceptet er udført og implementeret. Der tildeles 4 point for hver passiv løsning anvendt ud af en angivet række.</p>	
Grundlag for evaluering	<p>Bygningernes udformning, orientering, placering med mv. spiller i en afgørende rolle i et passivt designkoncept. I kraft af at Frydenspark-projektet er et renoveringsprojekt varierer disse parametre ikke mellem løsningerne.</p> <p>Evalueringen fokuserer på hvorvidt der eksisterer passive tekniske systemer i relation til ventilation og i hvor høj grad de bidrager positivt til bygningsdriften.</p>	
<p>Begge udsugningsløsninger anvender ligeligt et passivt designkoncept i forbindelse med frisklufttilføjelsen. Luftstrømmen drives indirekte af det undertryk som udsugningsanlægget skaber. Princippet betragtes som passivt, da friskluften (hvilket er én af de fire hovedluftretninger) ikke direkte tilføjes ved hjælp af drivtryk genereret af ventilatorer. Løsningen er ikke valgt ud fra et konkret designkoncept med ønsket om at anvende et passivt princip, men ud fra en vurdering af at udsugningsløsningen, forud for denne analyse, samlet set blev anset som den bedst egnede ventilationsløsning. Luften tilføjes via ø160 friskluftventiler med facaderiste, der er tilsluttet en PURMO Air enhed (se Figur 25 Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.), der leder luften gennem radiatoren. Ikke desto mindre vægtes anvendelse af dette passive princip positivt, da det reducerer mængden af tekniske systemer anvendt og derved øger robustheden jf. DGNB. Antallet af facadegennembrydninger grundet montagen af friskluftventilerne har dog en negativ indvirkning på facadens robusthed.</p>		



Figur 25: PURMO AIR luftindtag, der leder luften fra facade og op i gennem radiatoren. Kilde: https://www.purmo.com/docs/PURMO_Teknisk_broschyr_AIR_0118_DK_web.pdf

Det er muligt at implementere passiv køling ved brug af den mekaniske ventilation og en natkøle-strategi med henblik på at forbedre indeklimaet. Dette passive koncept er en mulighed, men ikke bevidst tænkt ind i ventilationsløsningerne. Sådanne strategier ses dog sjældent anvendt i etageejendomme. Ved samtlige af de fire ventilationsløsninger er dette muligt.

Det er nemmere at kontrollere temperaturforholdene på de løsninger med balanceret ventilation i og med at luftstrømmene kan reguleres individuelt. Særligt ved den decentrale løsning, hvor styringen er uafhængig af de andre lejligheder.

Samlet set vurderes ovenstående forskelle mellem løsningerne at have minimal betydning. Overordnet tildeles et lavt antal point med tanke på, hvor stor en indvirkning passive koncepter og teknologier kan have på en bygnings energiforbrug, indeklima og robusthed. En løsning med fuld naturlig ventilation havde vægtet betydelig mere.

Det bemærkes, at selve evalueringen af de energi- og indeklimamæssige påvirkninger er omfattet af andre kriterier.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	8
	Udsugningsløsning, optimeret	8
	Decentral	7
	Central	6
Indikator 5.1	Udførelse af robusthedsundersøgelse af indeklimaet	Max point: 20
DGNB-evaluering	Formålet er at opretholde et tilfredsstillende termisk indeklima. Point tildeles hvis der er oprettet og implementeret et koncept, der beskriver hvilke parametre man skal være opmærksomme på. Der er fokus på at formidle følgende til beboerne. Maks. point tildeles hvis undersøgelsen er baseret på simuleringer med variation af de mest betydende parametre.	
Grundlag for evaluering	Der er i projektet ikke gennemført simuleringer af indeklimaet, der kan illustrere hvor sensitivt det termiske indeklima er overfor forskellige brugssituationer. Erfaring viser at driften af ventilationen og dermed indeklimaet kan være sensitivt overfor brugeradfærd. Særligt ved renovering af etageejendomme, hvor beboerne er vant til en anden løsning. Evalueringer baseres på erfaringer fra lignende projekter og point tildeles efter hvor stor en risiko der er for at beboerne u hensigtsmæssigt påvirker eget og naboernes indeklima negativt i relation til driften af ventilationen.	

De fire forskellige løsninger vurderes lige robuste overfor åbning af vinduer, hvilket er en brugsvariation der skal undersøges ved en DGNB-analyse. Det vurderes eftersom der ikke er nogen samstyring mellem den naturlige- og mekaniske ventilation. Ikke desto mindre er det termiske indeklima meget sensitivt overfor anvendelsen af naturlig udluftning.

Ved de tre løsninger, hvor der anvendes centrale ventilatorer, vurderes indeklimaet mindre robust end den decentrale løsning. Ved anvendelse af den decentrale løsning er det enkelte lejemål uafhængig af de andres brug af ventilationssystemet. Erfaring viser at beboere over tid ofte ændrer ved indblæsningsventilernes position ved central ventilation og ligeledes tilstopper udsugningsventiler i bad ved ren udsugning pga. træk, støj eller ønske om lavere varmeregning.

Løsningerne hvor der er centraludsugning er projekteret efter en samtidighed på 75% ved udsugning. Det medfører en mindre sandsynlighed for at maksimal kapacitet ikke vil være til rådighed for samtlige beboer på en gang, hvilket vil påvirke indeklimaet negativt, hvis samtidigheden overstiger de 75%.

Generelt set er styringerne meget simple og der er minimal interaktion mellem bruger og styring. Det anses derfor ikke som realistisk at brugerne uhensigtsmæssigt f.eks. neddrøslor anlæggene, overstyrer nogle driftsparametre eller lignende.

Anden årsagen til at decentral får en smule højere point er, at erfaringen fra andre projekter viser at decentralt anlæg ofte giver et større ejerskab, som gør at brugeren i højere grad anvender anlægget efter hensigten.

Som sidebemærkning uden betydning for denne evaluering, skal det nævnes at erfaringer fra tidligere projekter viser, at det i særlig grad er vigtigt at inddrage og udarbejde beboerinformation i samråd med beboerrepræsentanter og antropologer, før, under og efter implementering, i et ikke teknisk sprog, hvilket kan sikre ejerskab, opbakning og korrekt brug og derved et robust indeklima.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	14
	Udsugningsløsning, optimeret	14
	Decentral	16
	Central	14

Kvalitet: Social		Kriterie: SOC1.1 Termisk Komfort	
Indikator 1.1	Operativ temperatur (vinterperiode)		Max point: 20
DGNB-evaluering	<p>Dokumentationen for den operative temperatur i vinterperioden skal udføres ved hjælp af en arealvægtet bestemmelse af middelværdien for alle undersøgte rumtyper. Der skal udføres beregninger af de typiske og kritiske rum, hvor der anvendes anerkendt software, som f.eks. IES Virtual Environment, IDA-ICE eller BSim.</p> <p>Maks. point gives hvis der opretholdes en operativ temperatur på mellem 21 °C og 24,0 °C med en tilladt overskridelse af den øvre grænse 50 timer i vinterperioden. Minimum på 10 point gives hvis den nedre grænse på 21 °C overholdes.</p>		
Grundlag for evaluering	<p>Inden for dette projekts rammer, har det ikke været muligt at foretage termiske bygningssimuleringer. Grundlaget for evalueringen er sket ud fra tilrådelige data til rådighed på nuværende tidspunkt i projektet, referencer og generelt faglig viden, samt erfaring, simuleringer og begninger for tilsvarende tidligere projekter²</p> <p>Point fratrækkes fra maksimum efter hvor stor risiko der vurderes at være for, at den ønskede operative temperatur ikke kan opretholdes.</p>		
<p>Det vurderes, at de to udsugningsløsninger, hvor den friske luft indtages gennem ventiler i facaden bag nyinstallerede radiatorerne i stuen og i værelserne, vil kunne give anledning til problemer med at opretholde en tilfredsstillende operativ temperatur. Om vinteren kræver det, at der er tilstrækkelig varme på radiatorerne døgnet rundt og beboerne ikke blokerer radiatorerne eller indstiller termostaterne uhensigtsmæssigt. Det vil</p>			

- ² PSO 351-033: IoT-iBMS: IoT based intelligent management of HVAC
- EUDP 64017-05117: NeGeV - Next Generation Ventilation
- PSO 350-020 iVENT 2020 – Intelligent energy efficient decentralized ventilation of apartments.
- PSO 349-049 - Intelligent extraction ventilation for energy efficient residential ventilation.
- PSO 345-013 Energy efficient compact air heating system for single-family houses,
- EUDP 1224328023114 (project manager) Energy efficient ventilation for existing multi-story buildings (development of new products),
- PSO 339-30 "Development of demand controlled ventilation for one-family houses".

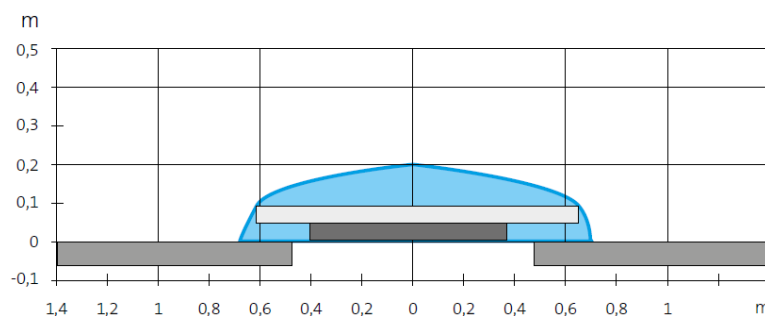
samtidig stille større krav til radiatoranlægget og det er beregnet at det vil være nødvendigt at udskifte til mere energieffektive radiatorer. Eksempelvis radiatorer med flere svejsninger.

Erfaringsmæssigt vil den decentrale og centrale løsning, som indblæsningsmæssigt ikke adskiller sig fra hinanden, ikke påvirke muligheden for at opretholde en operativ temperatur på mellem 21°C og 24°C med en tilladt overskridelse af den øvre grænse 50 timer i vinterperioden negativt, pga. de høje varmegenvindingseffektiviteter. Dette dog forudsat at der i aggregatet er indbygget en god afsningsstrategi ved anvendelse af modstrømsvarmegenvindere, som der anvendes i den centrale løsning. Ved de decentrale er dette ikke nødvendigt da der anvendes roterende vekslere.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	15
	Udsugningsløsning, optimeret	15
	Decentral	20
	Central	20
Indikator 1.2	Træk (vinterperiode)	Max point: 10
DGNB-evaluering	Trækrisikoen evalueres ved draught-rate efter BR18 og DS/EN ISO 7730 og kan dokumenteres ved beregninger, tabelopslag, målinger mv. Maks. point gives hvis lufthastigheden i opholdsområdet ikke overstiger en draught-rate på 15 pct. Dette krav gælder både for rum med ventilation via mekanisk ventilation og for rum med ventilation via naturlig ventilation.	
Grundlag for evaluering	Evalueringen er primært foretaget ud fra tekniske data på indblæsningsenhederne, luftmængder og temperaturforhold. Løsningerne fratrækkes mulige point alt efter hvor stor risikoen for træk vurderes.	

Det vurderes, at de to udsugningsløsninger, hvor den friske luft indtages gennem ventiler i facaden bag radiatorerne i stuen og i værelserne, vil kunne give anledning til problemer med træk. Om vinteren kræver det, at der er tilstrækkelig varme på radiatorerne konstant, hvilket ofte er vanskeligt for beboerne at sikre. Det er dog langt bedre end et traditionelt kontroludsugningsanlæg, hvor friskluftsindtaget tilgår rummet uopvarmet igennem ventiler i vinduesrammen eller facadeventil.

Hastighed gennem PURMO Air friskluftventilen i væggen er dimensioneret til at være 2,5 m/s og risikoen for træk skyldes de potentielt meget kolde lufttemperaturer om vinteren, hvor der er store forskelle mellem ude- og indetemperatur. For at opleve træk, skal beboerne dog opholde sig forholdsmæssigt tæt på radiatorerne, hvor luften tilføjes til rummet. Se producentens illustration af lufthastighedsgrænsen på Figur 26. **Fejll! Henvissningskilde ikke fundet.**



Figur 26 Vandret billede af hvor luften gennem radiatoren fra friskluftventilen har en hastighed på 0,15 m/s i forhold til afstanden fra radiatoren.

Grundet den lavere luftmængde ved den optimerede udsugningsløsning, vil risikoen for træk være mindre/potentielt forekomme sjældnere.

Det vurderes, at den decentrale og centrale løsning, som indblæsningsmæssigt ikke adskiller sig fra hinanden, vil kunne indblæse luft med en hastighed i opholdsområdet der ikke overstiger en draught-rate på 15 pct. Det

anvendte skråarmatur ved de to balancerede løsninger, har en kastelængde og hastighed der kan afstemmes efter rummets geometri og den dimensionerende temperatur. Designet er udført således at luften føres langs med loftet og først når opholdszonen når lufthastigheden er faldet tilstrækkeligt. Se dokumentation fra producenten på kastelængder på Figur 27. Samtidig er der valgt at anvende dimensionen Ø160, der sikrer lave hastigheder. Derudover er det muligt at indstille kastelængden på armaturet ligesom retningen på indblæsningsstrålen kan justeres. Armaturet bør derfor ikke give anledning til trækproblemer.

Situation:		Kastelængde [m]			Tilhørende flow [m ³ h]		
Afstand til loft H mm	Tryk over armatur dP Pa	Spalteåbning			Spalteåbning		
		min (4 cm)	midt	max	min (4 cm)	midt	max
100	10	6,4		7,1	71		159
	20	6,5		7,7	103		230
	30	6,7		8,7 ³	133		292

Figur 27 Resultater fra en undersøgelse af skråarmaturets kastelængder med størrelsen 160 mm.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	7
	Decentral	10
	Central	10
Indikator 1.3	Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur (vinterperiode)	Max point: 5
DGNB-evaluering	Den asymmetriske strålingstemperatur og gulvtemperaturen kan eftervises ved zoneopdelte termiske simulering, endimensional beregning af varmestrømmen eller forenklet tabelprocedure. Maks. point gives hvis temperaturen på glasflader på facade/væg er min. 18 °C og maks. 35 °C.	
Grundlag for evaluering	Ingen af løsningsforslagene vil ved korrekt brug give anledning til asymmetriske strålingstemperatur hvilket ligger grund for nedenstående pointgivning.	
Ingen yderligere kommentarer.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	5
Indikator 1.4	Relativ fugtighed (vinterperiode)	Max point: 15
DGNB-evaluering	Den relative fugtighed kan dokumenteres med bygningssimuleringer, hvis det anvendte værktøj giver mulighed for at medregne de betydende parametre korrekt – herunder fugtbelastninger i rummet samt fugtgenvinding på ventilationen. Alternativt kan der opstilles en timebaseret fugtbalance for de kritiske rum med udgangspunkt i gældende DRY-data. Maks. point gives hvis fugtigheden i rumluften ikke er for tør og opfylder følgende krav: $\varphi \geq 20\%$. Dette krav opfyldes i minimum 95 % af brugstiden. Der er ikke en tilsvarende øvre grænse.	
Grundlag for evaluering	Det har ingen for det projekts rammer, ikke været muligt at foretage simuleringer. Der er i stedet taget udgangspunkt i erfaringer samt målinger over et år i tilsvarende lejligheder fra projektet "EUDP 64011-0035 Behovsbaseret boligventilation med fugtstyring"; Opvarmning og afkøling af udeluften ændrer friskluftens relative fugtighed. Det vurderes i hvor høj grad ventilationsløsningerne påvirker følgende og point tildeles efter hvor stor risikoen er for at luften vil være for tør.	
Ud fra ovenstående vurderes det ikke at nogle af ventilationsløsningerne vil reducere fugtigheden i rumluften til under 20 %. Erfaringer fra TI's konsultationer og projekter til tider har vist, at opstår problemer med for tør luft i vinterhalvåret i boliger med mekanisk balanceret ventilation, grundet den store opvarmning af luften, der virker udtørrende på luften. Særligt hvis indblæsningstemperaturen er meget høj. Dette kan dog løses ved korrekt brug af		

behovsstyring, hvilket er implementeret i alle løsninger undtagen " Udsugningsløsning, planlagt", der dog ofte, ikke i samme grad ses at reducere den relative fugtighed i praksis, selvom det teoretisk burde være ensartet selvom opvarmningen af ventilationsluften forgår indirekte.

Hvis der potentielt er problemer med opvarmning af luften, hvilket under andre kriterier er vurderet muligt ved de to udsugningsløsninger, vurderes det at luften i visse perioder vil have en højere relativ fugtighed. Det er isoleret set ift. fugten (og ikke trækrisiko) en fordel i vinterperioden og minimerer risikoen for tør luft. Sandsynlig for dette er scenarie opstår og at de mekaniske balancerede løsninger ved samme scenarie udtørre luften til undergrænsen på 20% er marginal, hvorved pointforskellen er minimal.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	15
	Udsugningsløsning, optimeret	15
	Decentral	13
	Central	13
Indikator 2.1	Operativ temperatur (sommerperiode)	Max point: 25
DGNB-evaluering	<p>Dokumentationen for den operative temperatur i sommerperioden kan ske med sommerkomfort-funktionen i Be18/Be20 eller mere detaljerede værktøjer som IESVE, BSim, IDA-ICE o.l.</p> <p>Maks. point gives hvis der opretholdes en operativ temperatur på mellem 22,5 °C og 25,5 °C med en tilladt overskridelse af den øvre grænse 50 timer i sommerperioden</p> <p>I tillæg til den generelle dokumentation udføres minimum én supplerende beregning med detaljerede brugsprofiler og brugstider, som afspejler en specifik beboertypes forventede brug og adfærd. Dette kan give yderligere 5 point.</p>	
Grundlag for evaluering	<p>Det har ingen for det projekts rammer, ikke været muligt at foretage simuleringer. Der er i stedet bl.a. taget udgangspunkt i erfaringer samt målinger over et år i tilsvarende lejligheder fra projektet "EUDP 64011-0035 Behovsbaseret boligventilation med fugtstyring";</p>	
<p>Det vurderes ikke, at der er nogen nævneværdig forskel hvordan de fire ventilationsløsninger vil påvirke den operative temperatur i sommerperioden.</p> <p>Et højere luftskifte være en fordel, da det typisk vil have en kølende effekt, grundet lavere udetemperatur. Dette er tilfældet for den oprindelig udsugningsløsning. De resterende løsningsforslag er derimod behovsstyret, hvilket også omfatter styring efter et temperatursetpunkt, hvilket pointmæssigt kompenserer for dette. Den decentrale løsning scorer lidt flere point eftersom frikøling om natten kan være på lejlighedsniveau, hvilket øger muligheden for at opnå en ønsket temperatur om sommeren.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	20
	Udsugningsløsning, optimeret	20
	Decentral	25
	Central	20
Indikator 2.2	Træk (sommerperiode)	Max point: 5
DGNB-evaluering	<p>Trækrisikoen evalueres ved draught-rate efter BR18 og DS/EN ISO 7730 og kan dokumenteres ved beregninger, tabelopslag, målinger mv.</p> <p>Maks. point gives hvis lufthastigheden i opholdsområdet ikke overstiger en draught-rate på 20 pct. Dette krav gælder både for rum med ventilation via mekanisk ventilation og for rum med ventilation via naturlig ventilation.</p>	
Grundlag for evaluering	<p>Evalueret ud fra samme krav som DGNB og baseres på erfaringer fra TI's konsultationer og "Review study on the Ecodesign and Energy Regulations on ventilation units Ecodesign, Ventilation Units TASK 1-8 Final Reports 2020-09-10.pdf (ecoventilation-review.eu)".</p>	
<p>Se forklaring af hvordan lufthastigheden ved de forskellige indblæsningsløsninger er under indikator 1.2 under samme kriterie.</p> <p>Træk i sommerperioden opstår særligt, når der er aktiv køling på ventilationen og indblæsningstemperaturen er betydelig lavere end rumtemperaturen, hvilket ikke er tilfældet ved nogen af løsningerne. De større luftstrømme</p>		

ved den planlagte udsugningsløsning vil ikke opfattes som negativ træk, da lufthastighederne er forholdsmæssige lave og temperaturforskellene mellem inde og ude normalt minimale. De tildeles derfor det samme antal point.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	5
Indikator 2.3	Asymmetrisk strålingstemperatur og gulvtemperatur (sommer)	Max point: 5
DGNB-evaluering	Den asymmetriske strålingstemperatur og gulvtemperaturen kan eftervises ved zoneopdelt termiske simulering, endimensional beregning af varmestrømmen eller forenklet tabelprocedure. Maks. point gives hvis temperaturen på glasflader på facade/væg er min. 18 °C og maks. 35 °C.	
Grundlag for evaluering	Ingen for det projekts rammer, har det ikke været muligt at foretage simuleringer og beregninger. Point fratrækkes hvis ventilationsløsninger vurderes at forårsage uhensigtsmæssige asymmetriske strålingstemperaturer.	
Det vurderes at ingen af ventilationsløsningerne har en nævneværdig indflydelse på overfladetemperaturen på glasflader eller på anden vis skaber stor asymmetrisk strålingstemperatur. Dette faktum ligger til grund for nedenstående pointgivning.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	5
Indikator 3.2	Brugerstyring	Max point: 15
DGNB-evaluering	Muligheden for at påvirke temperaturen i et rum eller en zone skal udformes således, at brugeren har gavn af det. Ved beboelse opnås maks. point hvis vinduerne i alle opholdsrum kan åbnes således at det effektive åbningsareal svarer til minimum 3% af opholdszonen gulvareal.	
Grundlag for evaluering	Udover ovenstående evalueringskrav, er det fordelagtigt hvis beboerne kan påvirke temperaturen ved direkte styring af ventilationssystemet. Det er ekstra godt, hvis regulering kan foregå på rum/zone-niveau så individuelle komfortbehov nemmere tilfredsstilles. Pointtildelingen er en samlet vurdering og fokus på hvordan løsningerne adskiller sig fra hinanden.	
Ingen af de pågældende løsninger er designet således, at vinduerne ikke skal kunne åbnes tilstrækkeligt jf. ovenstående evalueringskrav. Der foreligger ikke en aktiv strategi og for anvendelsen af naturlig ventilation i kombination med den mekanisk ventilation og derved begrænset mulighed for at åbne vinduerne ved nogle af løsningerne.		
Med de to udsugningsløsninger er det ikke muligt at påvirke temperaturen i et rum aktivt ved direkte hjælp af ventilationen.		
Med det centrale anlæg er det muligt at indstille indblæsningstemperaturen, dog centralt, og derved påvirke rumtemperaturen, men fælles for alle rum hvor der indblæses luft og fælles for flere lejligheder. Derfor er den enkelte brugers reelle styringsmulighed meget begrænset.		
Med det decentrale anlæg er det potentielt muligt at indstille indblæsningsluften og derved rumtemperaturen på lejlighedsniveau via et mindre simpelt betjeningspanel, som den eneste af løsningerne. Derved opnår løsningen flere point af de andre løsninger. Indblæsningstemperaturen på luften vil dog være den samme i alle de rum, hvor der indblæses. Ventilationsanlæggene er ikke klimaanlæg, så mulighederne for at påvirke temperaturerne i rummene er begrænsede afhængig af udetemperaturen og regulering af varme/kølegenvinding.		
Det skal bemærkes, at behovsstyring påvirkes når vinduerne åbnes eller lukkes, hvilket indirekte giver brugerne mulighed for at styre ventilation.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	4
	Udsugningsløsning, optimeret	6

	Decentral	10
	Central	6

Kvalitet: Social		Kriterie: SOC1.2 Indendørs luftkvalitet
Indikator 1.1	Afgasning fra byggematerialer	Max point: 30
DGNB-evaluering	Byggematerialer kan i høj grad belaste den indendørs luftkvalitet i kraft af flygtige organiske forbindelser (VOC og aldehyder). P.t. er det ikke muligt at beregne den fremtidige VOC- og/eller aldehyd-koncentration i rumluften, mens bygningen planlægges. Men alene valget af godkendte lavemitterende byggeprodukter kan danne grundlag for rum med lav forureningsbelastning. Maks. point gives hvis TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ≤ 300 , Samlet Risk-factor [R-index] $\leq 0,4$ og Risk-factor for individuelle CARC-, MUTA- eller REPR-stoffer (CMR-stoffer) $\leq 0,4$.	
Grundlag for evaluering	Grundlaget for evaluering er sket ud fra de data der har til rådighed på nuværende tidspunkt i projektet og referencer. Foruden selve ventilationssystemet betragtes materialerne der anvendes i forbindelse med følgearbejde. Pointtildelingen tager udgangspunkt i DGNB's grænseværdier.	
<p>Byggematerialerne der benyttes til det nye teknikskab og til de nedhængte lofter er gips. Gips er et godt materiale i indeklimaet, da det ikke har nogen afgasning af skadelige stoffer. Gipsen skal spartles og males, men der benyttes som udgangspunkt bæredygtige produkter, så det giver ikke anledning til nogen væsentlig afgasning.</p> <p>Samtlige ventilationskanaler er almindelige stålrør, med undtagelse af den decentrale og centrale løsning, hvor de eksisterende aftrækskanaler anvendes. Disse kanaler er coats indvendigt og i den centrale løsning anvendes en af aftrækskanalerne som indblæsningskanal. I en undersøgelse foretaget på Teknologisk Institut i 2019 blev VOC-koncentrationen i luften som havde passeret en coatet kanal målt. VOC-koncentrationen blev målt til $680 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket ligger i point-intervallet ≤ 500 til $\leq 1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der giver 10 point. Bemærk, at ved den decentrale løsning påvirkes rumluftkoncentration ikke, hvilket er en forudsætning for pointreduktion, eftersom kanalen er en udsugningskanal.</p> <p>Der ikke fundet andre planlagte byggematerialer, der vil medføre betydelig afgasning. De fire ventilationsløsninger adskiller sig derfor ikke yderligt væsentligt fra hinanden.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	30
	Udsugningsløsning, optimeret	30
	Decentral	30
	Central	10
Indikator 2.1	Ventilationsraten	Max point: 30
DGNB-evaluering	Med henblik på dimensionering af ventilationsraten skal der på den ene side tages hensyn til de biologiske forureninger, som brugerne selv afgiver, og på den anden side til forureninger, der opstår som følge af brugeradfærd, samt emissioner fra bygningen og dens installationer. Maks. point gives hvis ventilationsraten er 10 l/s per person. Der gives 5 bonuspoint, hvis brugerne har mulighed for overstyring af den behovsstyrede ventilation (eksempelvis en "partyknap").	
Grundlag for evaluering	Evalueringen adskiller sig ikke fra ovenstående. Informationsgrundlaget for evalueringen er sket ud fra de data der har været til rådighed på nuværende tidspunkt i projektet.	
<p>I den planlagte løsning "Udsugning med friskluftindtag bag radiatorer" er den gennemsnitlige luftmængde beregnet til ca. $128 \text{ m}^3/\text{h}$ svarende til ca. 36 l/s. I de tre andre løsninger er den gennemsnitlige luftmængde beregnet til ca. $81 \text{ m}^3/\text{h}$ svarende til ca. 23 l/s. Det vurderes, at der i gennemsnit bor to-tre personer per lejlighed, så kriteriet for at opnå maks. point er gældende for alle fire løsninger.</p> <p>Desuden er løsningerne udstyret med behovsstyring, så luftmængden vil kunne forceres til det projekterende maks. luftskifte, hvilket er væsentligt højere end de 10 l/s/person. Dette er med undtagelse af den planlagte udsugningsløsning, der til gengæld i forvejen har et højt luftskifte.</p>		

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	30
	Udsugningsløsning, optimeret	30
	Decentral	30
	Central	30
Indikator 2.2	Ventilationsfilter	Max point: 10
DGNB-evaluering	Ventilationsfilterets kvalitet er altafgørende for mængden af pollen og partikler, som lukkes ind i indeklimaet. I stærkt trafikerede områder eller områder fyldt med eksempelvis birkepollen, kan et godt ventilationsfilter modvirke, at brugerne konstant påvirkes af partikler, som er farlige og/eller generende. Maks. point gives hvis der benyttes et >ePM1 70%+ filter.	
Grundlag for evaluering	Grundlaget for evalueringen er sket ud fra generel ekspertviden. Det bygger bl.a. på deltagelse i Eurovent's producent og ekspertgruppe for filterproducenter og certificering herunder, ECC PG-FIL, samt "Review study on the Ecodesign and Energy Regulations on ventilation units Ecodesign, Ventilation Units TASK 1-8 Final Reports 2020-09-10.pdf (ecoveilution-review.eu)", hvor filters betydning for indeklimaet ift. forureningsniveau udendørs ud over hele EU er evalueret igennem et større studie. Evalueringen adskiller sig ikke direkte fra DGNB. Dog fragmenteres pointdelingen udover de 4 defineret niveauer, eftersom variationen af filtre er større end hvad DGNB antyder, hvilket er betydende.	
Friskluftsystemet i udsugningsløsningerne leveres jf. det projekterede materiale med et standard partikelfilter F9 (Svarerende til klassificeringen ePM1 jf. ny standard), som sikrer en bedre luftkvalitet. Dette filter fjerner mere end 98 % af 1 µm-partiklerne og mere end 95 % af 0,4 µm-partiklerne, og modsvarer dermed den højeste kvalitet i branchen. Der opnås derfor maks. point. Det skal bemærkes, at der for det meste i Danmark ikke er behov for at anvende filter over ePM2,5 70% svarende til F7.		
I den decentrale løsning benyttes et standardfilter ISO ePM10 > 50% (M5). Filtret har til formål at beskytte komponenterne i ventilationsaggregatet. I den centrale løsning benyttes et F7 / ePM 2,5 70% posefilter. Der opnås derfor ikke maks. point ved disse to løsninger. Ved begge løsninger kan filterne dog erstattes med bedre filtre tilsvarende udsugningsløsningen, de medleveres bare ikke som fabriksmonteret filtre.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	10
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	5
	Central	7
Indikator 2.3	Filterskift	Max point: 5
DGNB-evaluering	Se under "Indikator 2.2". Maks. point gives hvis der forefindes filtervagt på ventilationsanlæg baseret på tryktab.	
Grundlag for evaluering	I tillæg til DGNB's evalueringsmetode, tages der yderligere højde for hvor mange og hvor ofte, der skal skiftes filtre ved de forskellige løsninger. Erfaringer viser, at det er klart fordelagtigt at skifte et mindre antal eftersom der større sandsynlighed for at de bliver skiftet på korrekt tidspunkt. Derudover kan der være adgangsforhold, der besværliggør filterskift.	
For friskluftsystemet i udsugningsløsningerne og den decentrale løsning er der en udførlig beskrivelse i D&V-materiale om filterskift. Både det decentral og centrale anlæg har filtervagt som er lovkrav ifm. ecodesign. I den centrale løsning beror den på trykmåling som er bedst, mens den decentrale løsning beror på driftstimer, hvilket for mindre godt.		
Generelt er det uproblematisk at skifte filtrene ved samtlige løsninger. Derfor differentieres der pointmæssigt ikke herimellem. Ved det centrale anlæg er der betydelig mindre filtre pr. lejlighed end ved de 3 andre løsninger, hvilket anses som fordelagtig. Grundet anlæggets placering i tagrummet undgår man også at skulle have adgang til samtlige lejligheder, eller pålægge beboerne eller viceværten ansvaret for at filtrene bliver skiftet, hvilket klart		

er at foretrække. Erfaringer viser også at det kan være problematisk at få adgang til private hjem og derved sikre at filtrene bliver skiftet.

Det anvises endvidere fra producenten at filtrene i udsugningsløsningerne skal skiftes to gange pr. år mod en gang pr. år for den centrale løsning pga. det større posefilterareal og ligeledes en gang pr. år for den decentral løsning, men her pga. den lavere filtreringsgrad.

Nedenfor på Figur 28 ses det filter der benyttes i PURMO friskluftventilen.



Figur 28: Filtertype, der monteres inde i PURMO AIR friskluft-systemet i forbindelse med etableringen af de to udsugningsløsninger.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	2
	Udsugningsløsning, optimeret	2
	Decentral	3
	Central	5
Indikator 2.4	Placering af luftindtag og -afkast	Max point: 2,5
DGNB-evaluering	<p>Placeringen af ventilationens luftindtag og -afkast kan have stor betydning for den indendørs luftkvalitet. Er der lokale forureningskilder omkring bygningen, skal aggregater, føringsveje, gennembrydninger i facader m.m. placeres og udføres således, at den forurenede luft undgås.</p> <p>Maks. point gives hvis luftindtag er placeret med hensyntagen til omkringliggende forureningskilder, temperaturforhold, naboer, vindforhold, beskyttelse mod regn og sne samt overholdelse af gældende afstandskrav for minimering af risikoen for intern kortslutning.</p> <p>Maksimumpoint tildeles, hvis der kan redegøres for, at placeringerne ikke påvirker den indendørs luftkvalitet negativt.</p>	
Grundlag for evaluering	<p>Evalueringen afskiller sig ikke fra specifikt fra DGNB-evalueringen, men pointtildelingen er mere fragmenteret for at belyse nuancerne i løsningerne. Grundlaget er det eksisterende tegningsmateriale og de tekniske beskrivelser af de tre alternative løsninger.</p>	
<p>For friskluftsystemet i udsugningsløsningerne tages luften ind igennem facaderne som dels ligger mod vej og grønt fællesareal. Dette er ikke en optimal placering specielt for de lavereliggende lejligheder. Det bemærkes dog at der benyttes et meget effektivt filter. Der opnås derfor 2 point.</p> <p>For den decentrale løsning tages luften ind i facaderne + samtlige indtag er placeret ud imod vejen. Dette er ikke en optimal placering specielt for de lavereliggende lejligheder. Det bemærkes, at der ikke benyttes det mest effektivt filter. Der opnås derfor 1,5 point. For den centrale løsning er både indtag og afkast placeret over tag i fri vind hvilket er optimalt.</p> <p>Afkast fra alle løsninger sker over tag, og er derfor ikke udslagsgivende. Ved den centrale løsning, skal man dog være opmærksom på at indtag og afkast ikke er placeret uhensigtsmæssigt tæt, så der sker en kortslutning af luften. Dette er ikke tilfældet, da der er rigeligt med plads til at sikre den korrekte afstand. Der opnås derfor 2,5 point.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	2
	Udsugningsløsning, optimeret	2
	Decentral	1
	Central	2,5

Indikator 3.1	Ingen lokale forureningskilder	Max point: 10
DGNB-evaluering	<p>Brændeovne, pejse, støvsugere, printerrum, pizzaovne, skabsovne (uden ventilation), gaskomfurer (uden stærk emhætte) m.m. er blandt de forskellige integrerede kilder, som kan præge indeklimaet med høje ugunstige partikkelkoncentrationer.</p> <p>Maks. point gives hvis der ikke forefindes åbne ildsteder såsom brændeovne, pizzaovne, pejse eller gaspejse, gaskomfurer eller lign.</p> <p>En lukket gaspejs med separat frisklufttilførsel og aftræk er tilladt. Gaskomfurer er tilladt, hvis der opnås 20 TLP i 'Kvalitet og udnyttelse af emhætte'.</p> <p>Endvidere hvis der er installeret centralstøvsuger med afkast til det fri, med afkast i en radius minimum 4 meter fra udendørs opholdsarealer, tildeles de resterende 5 point.</p>	
Grundlag for evaluering	De ovenstående nævnte lokale forureningskilder fungerer i praktisk ofte i forbindelse med ventilationsløsningen. Derfor spiller valget af ventilationsløsning og designet direkte sammen risikoen for forurening af rumluften. Derfor er indikatoren inkluderet i analysen.	
Der forefindes ikke brændeovne, pejse, støvsugere, printerrum, pizzaovne, skabsovne (uden ventilation) m.m. Gaskomfurer demonteres i forbindelse med renoveringen. Der er ikke installeret centralstøvsuger med afkast til det fri, med afkast i en radius minimum 4 meter fra udendørs opholdsarealer. Derfor opnås 5 point for samtlige løsninger.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	5
	Central	5
Indikator 3.3	Kvalitet og udnyttelse af emhætte	Max point: 15
DGNB-evaluering	<p>Emhættens emopfangsevne er altafgørende for at undgå spredning af madlavningspartikler i indeklimaet. Emopfangsevnen afhænger af flere parametre såsom afstand/placering i forhold til kogeplade og luftmængde.</p> <p>Maks. point gives hvis emhætten er tredje-parts verificeret til at have en emopfangsevne på 75% eller højere. Endvidere hvis emhætten er opsat under samme betingelser som den er testet for emopfangsevne og at dens afkast er placeret over tag.</p> <p>Point tildeles enkeltvis ud af en længere liste efter hvilke krav der er opnået, indtil maks. point er nået. Se listen i tilhørende DGNB-manualen under kriteriet.</p>	
Grundlag for evaluering	Under teknisk skitseforslag er de konkrete emhætte-løsninger beskrevet, hvilket er informationsgrundlaget for evalueringen. Evalueringen er ikke fortolket og point tildeles efter den nævnte DGNB-liste. Suppleres med erfaringer fra TI's akkrediteret emhætte laboratorie og internationalt rådgivning- og udviklingsarbejde.	
I alle løsningsforslag anvendes der emhætte med en projekteret luftmængde svarende til en emfangsevne på 75%, da det er lovkravet i BR18.		
I den planlagte udsugningsløsning benyttes en emhætte med den udsuget luftmængde på 50 l/s, der opnår emopfangsevnen på 75% I den forbedrede udsugningsløsning benyttes en mere effektiv emhætte. Denne emhætte kan ligeledes opnå en emopfangsevne på 75 %, men ved en lavere luftstrøm. Emhætterne ved begge løsninger er opsat under samme betingelser som den er testet for emopfangsevne og dens afkast er placeret over tag. Der er ingen automatisk erstatningsluft til nogle af de to emhætter. Der opnås derfor 7 point ved hver løsning.		
I den decentrale og centrale løsning benyttes tilsvarende effektive emhætter, som ved den optimeret udsugningsløsning. For den decentrale løsnings vedkommende er den integreret i aggregatet og for den centrale anvendes samme som ved den optimeret udsugningsløsning. Disse emhætter kan ligeledes opnå en emopfangsevne på 75 %. Dette opnås også ved lavere luftmængder. Emhætten er opsat under samme betingelser som den er testet for emopfangsevne og dens afkast er placeret over tag. Automatisk forcering af indblæsningsluften i den mekaniske ventilation svarende til udbalancering af emhættens udsugningsmængde medfører dog at der opnås 15 point.		

Det bemærk, at størrelsen på luftstrømmen ved én emopfangsevne på 75% reelt afgør kvaliteten af emhætten. Følgende påvirker dog ikke pointtildelingen under denne indikatorer, eftersom betydningen af luftstrømmens størrelse er point-udslagsgivende under flere andre indikatorer.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	7
	Udsugningsløsning, optimeret	7
	Decentral	15
	Central	15

Kvalitet: Social	Kriterie: SOC1.3 Akustik og lydisolering
------------------	--

Indikator 3.3.2	Støj fra tekniske installationer	Max point: 10
-----------------	----------------------------------	---------------

DGNB-evaluering	Lav grad af støj er vigtigt for ejendommens beboers komfortniveauet, da det ellers kan virke stressende og forstyrrende. Lydtrykniveauet fra bygningens tekniske installationer skal være ≤ 25 dB(A) for opnå de maksimale 10 point eller ≤ 27 dB(A) for at opnå 5 point.
-----------------	--

Grundlag for evaluering	I dette tilfælde er der kun tale om støj fra selve ventilationssystemet og som konsekvens af ventilationssystemet design. Eftersom det ikke er muligt at dokumentere de faktiske lydtrykniveauer, vurderes kvaliteten af løsningerne ud fra hvordan de forventeligt støjer i forhold til hinanden og point tildeles derefter og skelnen til grænserne defineret i DGNB. Vurderingen er foretaget af TI's ventilations- og akustiker med udgangspunkt i tegningsmateriale, anlægsdata og ventilationskomponentliste udarbejdet af entreprenøren ved dimensionering af løsningerne. Støj i soverum anses som mere kritisk end i opholdsrum.
-------------------------	---

For alle løsninger er grundventilation $74 \text{ m}^3/\text{h}$, tilsvarende kravet i bygningsreglement på $0,3 \text{ l/s pr. m}^3$ (minimumsfunktion). Udsugningen tilvejebringes gennem udsugningsventil i bad samt emhætten i køkkenet hvor lydtrykniveauet er fundet på tilsvarende vis som ved indikator 3.3.3 (se uddybende forklaring herunder).

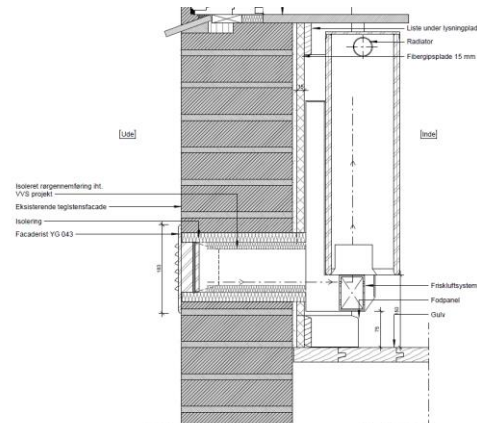
	Minimum funktion
Oprindelig udsugning	23 dB
Optimeret udsugning	23 dB
Decentral	26 dB
Central	23 dB

Lydtrykniveauet for de forskellige løsninger ved grundventilation er angivet i tabellen herover. Det ses, at løsningerne stort set yder ens og niveauet er under maksimumpointgrænsen på 25 dB(A), med undtagelse af den decentrale løsning. Det skyldes at selve ventilator, motor m.v. er placeret i lejligheden. Til sammenligning har det valgte anlæg ved den centrale og et lydeffektniveau fra kabinet på 32 dB(A). Dette anlæg er dog placeret i tagrummet på vibrationsfrit underlag og derved yderligere lyd-mæssigt afskærmet fra beboerne. Det vurderes på baggrund af erfaring, at støjen fra det centrale anlæg er reduceret til et niveau under de 25 dB, før den når lejlighederne.

Lydeffektniveau ved tilluft (indblæsning) er total på 52 dB(A) for det decentrale anlæg og 66 dB(A) for den centrale ventilationsløsning, hvilket er en betydelig forskel. Det er en antagelse i undersøgelsen, at der anvendes et ligeværdigt og tilstrækkeligt antal lyddæmpere, så forskellen er udlignet ved indblæsningsarmatur. Støj fra indblæsningen vurderes ved udelukkende at betragte kvaliteten af de forskellige ventil/indblæsningsløsninger - henholdsvis PURMO AIR friskluftsystem ved udsugningsløsningerne og JS' skråt armatur ved balanceret ventilation.

PURMO AIR friskluftsystem anvender et 143 mm lydør, tilsvarende en kort lyddæmper med 20 mm lydabsorberende materiale og en indre diameter på 103 mm. Lufthastigheden gennem PURMO AIR må maksimalt være $2,5 \text{ m/s}$ jf. projekt materialet, tilsvarende en luftstrøm på $75 \text{ m}^3/\text{h}$. Dette anses som en lav

hastighed, hvor der normalt er mindre risiko for støjproblemer fra luftstrømmen. Design af PURMO friskluftventil i facade ses på Figur 29 herunder.



Figur 29 Snittegning af installationen af PURMO-air i facade og ved radiator.

Til sammenligning er der valgt et JS' "skråarmatur" ved mekanisk-indblæsning med en kanaldiameter Ø160 ved de to balancerede løsninger, hvilket er en stor dimension og markant forskel fra de 103 mm. Dermed fås en lavere lufthastighed ved de samme luftstrømme og strømningsstøj vil være lavere end for PURMO AIR løsningen. Det bemærkes, at der er installeret lyd-dæmper foran samtlige indblæsningsarmaturer af JS' typen.

Frisklufttilføjes via PURMO AIR har en god lyd-dæmpende effekt med hensyn til støj fra luftstrømmen. Ved den oprindelig udsugningsløsning sammenlignet med den optimeret løsning, vil støjen genereret være marginalt større grundet de større luftstrømme.

Udover støj forårsaget af luftstrømmen gennem PURMO AIR ventilen, leder facadegennemføringen også støj udefra ind i boligerne. Her skal man primært være opmærksom på trafikstøjen, der ofte kan virke generende, særligt i soverum. I projekt materialet er det defineret at løsningen skal overholde alle krav til udendørs støj jf. bygningsreglementet. Det vil sige at gennemsnits lydtrykniveauet skal være ≤ 35 dB. Støjbelastningen fra trafikken kan ses på miljøstyrelsens hjemmeside. Støjbelastningen ved Frydenspark er illustreret på Figur 30 herunder. Det ses, at ejendommene langs Kastрупvej er værst belastet med op til 70 dB. Om natten er støjbelastningen 5-10 dB lavere.



Figur 30: Støjbelastning fra veje i 4 meters højde om dagen. Kilde: mst.dk

Ifølge databladet har PURMO AIR friskluftventilen en lyd-dæmpning på 39 dB. Det vil sige, at trafikstøjen ved de værst udsatte boliger vil være omkring 31 dB i lejlighederne og derfor væsentlig under kravet på 35 dB. Ikke desto mindre vil støjbelastningen være større end uden brug af friskluftventilerne, hvorved et mindre antal point fratrækkes som konsekvens.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	7
	Udsugningsløsning, optimeret	8

	Decentral	7
	Central	10

Indikator 3.3.3 **Lydtrykniveau ved emhætte drift** **Max point: 10**

Point tildeles alt efter hvilket lydtrykniveau emhætte løsningen leverer ved forskellige driftstrin:

Minimum funktion	Maksimum funktion	Point
≤ 55 dB(A)	≤ 70 dB(A)	2,5
≤ 50 dB(A)	≤ 65 dB(A)	5
≤ 45 dB(A)	≤ 60 dB(A)	10

Det bemærkes, at køkkenerne i samtlige lejligheder betegnes som separate køkkener og ikke køkken-almrum eftersom rummet kan lukkes af med dør, hvilket har betydning for point-grænseværdierne.

Grundlag for evaluering

Datablad for de fire forskellige emhætteløsninger sammenlignes så vidt muligt. Lydtrykniveauet ved de projekterede luftmængder betragtes.

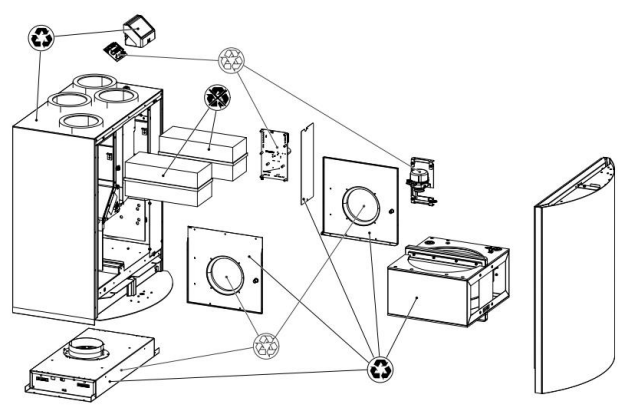
Point tildeles efter hvor godt de forskellige løsninger præsterer i forhold til hinanden og så vidt muligt efter DGNB's angivet pointniveauer. Betydelige niveauforskelle indenfor grænser giver også udslag i pointene.

Til den oprindelige udsugningsløsning er der af projektteamet udpeget en emhætte tilsvarende modellen "Exhausto Classic ESL141WMR", da den ligger nærmest kravene i projekt materialet til luftstrøm, emfangsevne og indbygningshøjde. Den valgte emhætte ved den optimerede udsugningsløsning er model "Exhausto Fabriano ESL142SER" der er en anelse mere effektiv, eftersom den opnår tilsvarende emfangsevne ved en luftmængde på 159 m³/h fremfor de 170 m³/h som den oprindelig løsning optimalt vil have. Disse luftmængder svarer til forceret drift (maksimum funktion).

Minimumsfunktion vil være tilsvarende grundventilation, hvilket her ikke betegnes som emhætte drift, men "Støj fra tekniske installationer" ventilation og vurderes under indikator 3.3.2.

Den centrale løsning anvender samme emhætte og luftstrømme som den optimerede udsugningsløsning - de tildeles derfor point ligeligt.

Den decentrale løsning har emhætten indbygget direkte i ventilationsaggregatet. Se figuren herunder.



Figur 31 Systemair aggregat med indbygget emhætte - den decentrale løsning.

Værdier for lydtrykniveauer stammer fra producenternes kapacitetsdiagrammer, aflæst ved et eksternt tryktab på 50 Pa og med et absorptionsareal på 10 m² (Sabin). Se i tabellen herunder hvordan løsningerne yder i forhold til hinanden.

	Maksimum funktion
--	-------------------

	Oprindelig udsugning	27 dB
	Optimeret udsugning	26 dB
	Decentral	34 dB
	Central	26 dB

Værdierne fremstår lave sammenlignet med DGNB-kravene. Det skyldes at de valgte emhætteløsninger er uden egen ventilator, der normalt generer et betydeligt større lydtrykniveau, med undtagelse af den decentrale løsning. Derfor scorer samtlige løsninger et højt antal point, men niveauforskelle kommer til udtryk i pointtildelingen.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	9
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	6
	Central	10

Kvalitet: Teknisk		Kriterie: TEC1.1 Brandsikring og sikkerhed
Indikator 1.0	Opfyldelse af myndighedskrav til brandsikring	Max point: 30
DGNB-evaluering	Ved opfyldelse af myndighedskrav jf. bygningsreglement kap 5 vedr. sikkerhed ved brand kan der opnås maks. 30 point.	
Grundlag for evaluering	<p>Grundlaget for evalueringen er sket ud fra de data der har til rådighed på nuværende tidspunkt i projektet, referencer og vurderinger baseret på vores ekspertviden.</p> <p>Hvis der er en kvalitetsmæssig forskel mellem løsningerne, redegøres der for dette og følgende giver udslag i pointene.</p>	
<p>I bygningsreglement kap 5 står der i § 82, at byggeri skal have en tilfredsstillende sikkerhed for personer i tilfælde af brand. I stk. 2 punkt 4 står der, at det skal sikres, at brand- og røgspredning i byggeri, hvor branden er opstået, begrænses i den tid, som er nødvendig for evakuering.</p> <p>I DGNB-manualen nævnes det ikke noget om forsvarlig udførelse af ventilationsanlæg i brandteknisk henseende, så risiko for en brands opståen, udvikling og spredning som følge af ventilationsanlægget minimeres.</p> <p>I DS 428:5 som er standarden for brandsikring af ventilationsanlæg gør der. Formålet med denne norm er at sikre, at mekaniske ventilationsanlæg indrettes, udføres og vedligeholdes på en sådan måde at risikoen for brands opståen, udvikling og spredning som følge af at anlægget minimeres. Normen indeholder bestemmelser vedrørende projektering, udførelse, afprøvning og drift af mekaniske ventilationsanlæg.</p> <p>For alle fire ventilationsløsninger gælder, at der kan opnås 30 point ved at indrette, udføre og vedligeholde anlæggene som angivet i DS 428:5, hvilket de overordnet gør.</p> <p>I den decentrale og centrale løsning anvendes de eksisterende aftrækskanaler som hhv. afkast og indblæsning/udsugning, som coates indvendigt med en brandsikker silikonebaseret coating, i stedet opsætning af nye pladskrævende kanaler. Kanaler af denne type tages der ikke stilling til i DS 428, hvorfor der i forbindelse med EUDP-projektet " ENERGIEFFEKTIV VENTILATION TIL EKSISTERENDE ETAGEBYGGERI, EUDP 64010-0075", blev udviklet produkter og værktøj til indvendig fotoinspektion af aftrækskanaler samt skorstenene og brandsikker coating af disse. I samme forbindelse blev der foretaget brandtest i 5 fuldskala opmuret prøveaftrækskanaler med og uden coating med henblik på vurdering af integritet og egenskaber af selve coatingsmaterialet ved meget høje temperaturer. Testen fandt sted hos Dansk Brandteknisk Institut (DBI) og opstilling ses på Figur 32.</p>		



Figur 32: Foto af testopstilling i laboratorie af opmuret aftrækskanal til brandtest.

Ved prøvning i henhold til EN 1363-1 af den i denne rapport beskrevne aftrækskanal opstod der svigt i henhold til de i prøvningsmetoden angivne ydeevnekriterier efter nedenstående minuttal:

Kanal 2		
Integritet:	60 minutter	Der blev under prøvningen ikke konstateret svigt af integritet.
Isolation:	22 minutter	Den målte maksimumtemperaturstigning på den udvendige side af kanal 2 oversteg 180 °C efter 22 minutter. Den målte maksimumtemperaturstigning over hullerne på kanal 2 oversteg 180 °C efter 35 minutter.
Kanal 4		
Integritet:	60 minutter	Der blev under prøvningen ikke konstateret svigt af integritet.
Isolation:	22 minutter	Den målte maksimumtemperaturstigning på den udvendige side af kanal 2 oversteg 180 °C efter 24 minutter. Den målte maksimumtemperaturstigning over hullerne på kanal 2 oversteg 180 °C efter 35 minutter.

Yderligere kommentarer

Følgende kommentarer er relateret til DS 428 udgave 4 "Norm for brandtekniske foranstaltninger" og er ikke en del af den brandtekniske evaluering af konstruktionen i henhold til DS/EN 1363-1.

Relevante observationer udført under og efter prøvningen:

- Der blev konstateret gennemgående revnedannelser i kanal 4.
- Ingen revnedannelse indvendigt i kanal 2, svag revne dannelse på ydersiden.
- Der var ingen gjøder i den indvendige overflade af den coatede kanal 2 efter prøvningen.
- Der blev under prøvningen ikke konstateret brandspredning fra den coatede kanal til de tilstødende kanaler.
- Der blev under prøvningen ikke konstateret nogen væsentlig røgudvikling fra den coatede kanal 2.
- Coatningen vurderes ikke at bidrage negativt til aftrækskanalernes brandtekniske egenskaber.
- Den mængde tætningsbånd, der blev anvendt over hullerne i kanal 2, bidrog ikke væsentligt til kanalens brand- og røgudvikling. I relation til DS428 er det DBI's anbefaling at tætningsbåndet sidestilles med tætningslister til kanaler, se DS428, §3.7(3).

Figur 33: Væsentlig konkluderende uddrag fra testrapport af coatede aftrækskanal.

Som du fremgår af testrapporten fra DBI (se konklusion og supplerende kommentar på Figur 33 eller henvisning til rapport under referencenr. 7 i kapitel 6) så kom temperaturen i den sidste del af testen over de krævede 200°C i toppen af kanalen (den kom op på 235 °C). Men denne er meget afhængig af det aktuelle pudslag uden på kanalerne, som i virkeligheden ville være større og dermed sænke temperaturen (testen var worst-case med et minimum af pudslag), samt det faktum at kanalerne altid står op ad en muret 1-2 stens murpille som vil have en varmeakkumulerende virkning og dermed sænke overfladetemperaturen på kanalen.

Temperaturen stiger til lidt over det grænseværdien ift. nye kanaler, men hvorfor ikke anvende de eksisterende kanaler og skorstene, som generelt har været anvendt i over 100 år, hvis de bliver tætnet med en brandsikker coating som forbedrer dem.

Det er Teknologisk Instituts erfaring at skal ventilation med varmegenvinding etableres i den eksisterende boligmasse (før 1950) skal det af brandtekniske, arkitektoniske, plads- og økonomiske årsager ofte foretages igennem de eksisterende føringsveje (aftrækskanaler og skorstene).

Hvis disse kanaler skal anvendes til decentrale anlæg eller røgventileret centrale anlæg, skal de tætnes med et brandsikkert materiale, da de stort set ALTID er svagt utætte. En traditionel strømpeforing er ikke tilstrækkelig, da den er brændbar og mindsker tværsnittet og øger modstanden i kanalen. Dels skal tætheden sikre ift. at odour/luft ikke udveksles mellem lejlighederne ved daglig drift. Dels sikre at røg og brand fra den ene lejlighed ikke spreder sig til den næste igennem utætheder i kanalsystemet.

Der kan opstilles en hypotese omkring om hvorvidt en brand vil sprede sig mere hvis man enten kører videre med bygningens eksisterende system som naturligt aftræks- eller udsugningsanlæg uden coating eller om det ville være bedre at coate kanalerne med en brandsikker coating og etablere ventilation med varmegenvinding. Det er Teknologisk Instituts klare overbevisning at det sidste tilfælde er at fortrække, da en brandsikker coating sikrer tætheden og energien der kommer op i kanalen under en brand, er den samme uafhængigt af system.

Brandnormen tilskriver endvidere:

Der skal ved projektering og udførelse af ventilationsanlæg træffes nødvendige foranstaltninger for

- at forhindre brandspredning gennem ventilationsanlægget
- at forhindre røgspredning gennem ventilationsanlægget
- at forhindre brand- og røgspredning ved gennemføringer i de brandmæssige adskillelser
- at mindske risikoen for brands opståen forårsaget af de komponenter, der indgår i ventilationsanlæg
- at mindske risikoen for, at ventilationsanlæg bidrager til brandudviklingen.

Sammenlignes et nyetableret ventilationssystem med varmegenvinding via de eksisterende føringsveje (coatet) med et eksisterende system med kontroludsug/naturlig aftræk via eksisterende aftrækskanaler (ikke coatet), er det Teknologisk Instituts overordnede vurdering at brand og røgsikkerhed ikke overordnet forværres de to systemer imellem. Men sammenlignet med et nyetableret system, hvor der anvendes stålkkanaler og tilhørende brandisolering er det en forværring, da temperaturen på overfladen af de eksisterende kanaler kan blive højere. Tætheden og holdbarheden er dog ens.

Indtil udvalget, der varetager DS 428 har taget stilling til anvendelse af eksisterende kanaler, er det op til den enkelte byggesagsbehandling at tage stilling til dispensation, hvortil det skal nævnes at det er udført en lang række tilsvarende renoveringsprojekter.

Alternativt kan aftrækskanalerne påføres et lag gips svarende til den mangle temperaturreduktion, som kan opsættes i forlængelse af den nyopførte badeværelsesvæg.

Det skal for god ordens skyld nævnes at ovenstående ikke er gældende for eternit kanaler, kun støbte betonkanaler som er udbredt i etageboligbyggeriet fra starten af 1900-tallet til midt i 1950'erne og udgør 60% af byggebestanden.

Da de decentrale og centrale løsningsforslag anvender de eksisterende kanaler og dermed ikke direkte overholder DS 428, reduceres pointafgivelse ift. dette med 5 point. Den centrale løsning reduceres yderligere i point eftersom der anvendes to aftrækskanaler. Der er ikke fundet andre anledninger til at fratække udsugningsløsningerne point.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	30
	Udsugningsløsning, optimeret	30
	Decentral	25
	Central	20
Indikator 2.2	PVC-fri bygning	Max point: 10
DGNB-evaluering	Materialer (især PVC), der i tilfælde af brand kan danne ætsende, giftige eller nedbrydende røggasser, må ikke forefindes i bygningen. Hverken udvendigt eller indvendigt. Hvis det er tilfældet, opnås de maksimale 10 point.	
Grundlag for evaluering	Grundlaget for vores evaluering er sket ud fra de data der har været til rådighed på nuværende tidspunkt i projektet. Afgrænsning: Der er, udover PVC, valgt at kigge på anvendelsen af andre materialer til især kanalføring og isolering, herunder opskummede celleprodukter (PUR-skum), mineraluld og glasuld, der ofte vil være skadelige.	

For alle fire ventilationsløsninger gælder, at der benyttes minimale mængder af materialer (især PVC), der i tilfælde af brand kan danne ætsende, giftige eller nedbrydende røggasser. I et ventilationsanlæg består filtrene typisk af glasfiber og der findes komponenter der indeholder plast og gummi, såsom spjældmotorer, gummisamlinger i bøjninger og overgange samt styrepaneler. Fleksible forbindelser vil også indeholde plast, der jf. DS428 dog skal være brandsikre.

I nogen tilfælde tættes ventilationskomponenterne (kanaler, armaturer m.m.) med akrylfuger. Der bør benyttes brandhæmmende akrylfugemasse. Hermed er problemet med giftige røggasser elimineret.

Det decentrale anlæg (emhætteaggregatet) indeholder isoleringsmateriale (formentligt glasuld) i kabinettet. Det har ikke været muligt at få oplysninger om eventuelle afgasninger fra isoleringsmaterialet. Dette trækker lidt ned i pointtildelingen.

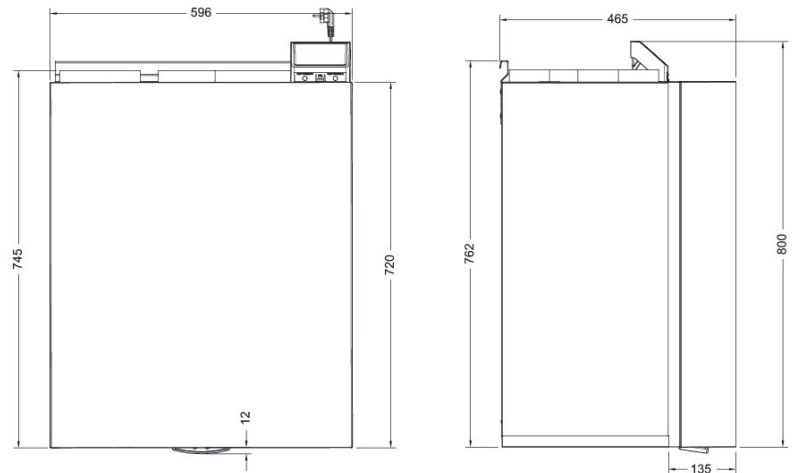
Det centrale og decentrale anlæg (emhætteaggregatet) indeholder hhv. mineraluld og glasuld i kabinettet (i modsætning til hvad der ofte anvendes i de decentrale aggregater, PUR-skum). Isoleringsmaterialet er brandsikkert og desuden indkapslet med stålplade og iflg. sikkerhedsdatabladet fra producenten afgiver produktet ikke afgasning før temperaturen overstiger 150-250°C, hvor bindemidlet så småt begynder at dekomponere.

Der kan ikke opnås maks. point for nogen af løsningerne, da de alle indeholder en mindre mængde materiale der i tilfælde af brand kan danne ætsende, giftige eller nedbrydende røggasser. Dette ligger til grund for nedenstående pointdeling. Dog kan der i den decentrale løsning iht. DS 428 ifm. montagen vælges at anvendes en mindre del ikke brandsikre materialer, så som fleksible overgange, da det udelukkende betjener en brandcelle, hvorfor denne har fået en lidt lavere score.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	8
	Udsugningsløsning, optimeret	8
	Decentral	6
	Central	8
Indikator 3.2	Tekniske sikkerhedsanordninger	Max point: 20
DGNB-evaluering	Hvis det i tilfælde af røg eller giftige gasser udendørs er muligt for de daglige brugere at afbryde ventilationen, eller hvis der findes tekniske sikkerhedsanordninger for eksempel nødkaldsstandere, videoovervågning og kaldeanlæg samt præventive beskyttelsesforholdsregler eller hvis der er taget præventive forholdsregler for at undgå indbrud – f.eks. øget sikring på de nederste etager, alarmanlæg, anvendelse af døre klassificeret efter modstandsklasse, belysning af bygningsskal og lign. eller hvis der er gjort forebyggende tiltag overfor pyromanbrande så som aflåste renovationsrum, kan der opnås maks. 20 point.	
Grundlag for evaluering	Følgende evaluering betragtes kun ud fra et ventilationsmæssigt perspektiv, hvilket er begrænset. Point fratrækkes den enkelte løsning, hvis der findes forhold relateret til ventilationssystemets automatik, udformning og installationernes placering, der skulle forringe de sikkerhedsmæssige forhold.	
For alle ventilationsløsninger med undtagelse af den decentrale løsning er forholdene ens. Eftersom brugerne ikke har nem adgang til at afbryde ventilation og derved minimere spredningen og indtaget af giftige gasser og lign. fratrækkes hver af disse tre løsninger 5 mulige point. Begge udsugnings løsninger fratrækkes yderligere 5 point ift. den central løsning da den har brand/røg automatik samt detektering som kan muliggøre advarsel af beboerne.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	10
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	20
	Central	15

Kvalitet: Teknisk		Kriterie: TEC1.3 Klimaskærmens kvalitet
Indikator 5.0	Lufttæthed (klimaskærm)	Max point: 15
DGNB-evaluering	Klimaskærmens tæthed bestemmes ved prøvning med en trykforskel på 50 Pa. Bestemmelse af klimaskærmens tæthed q_{F50} skal ske i henhold til DS/EN ISO 9972: 2015 (Metode 3). Hvis klimaskærmens tæthed ikke måles, skal man i energirammeberegningen for bygningen benytte en tæthed på $1,5 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$. Hvis der foretages tæthedsmålinger på udsnit af bygning såsom på individuelle lejligheder, kan der nøjes med måling på 20 % af repræsentativt udvalgt areal. Ved en lufttæthed $\leq 0,5 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ kan der opnås maks. 15 point.	
Grundlag for evaluering	Samlinger og utætheder i forbindelse med ventilationssystemet udgør kun en brøkdel af bygningens samlede utæthed. Det vil ikke være muligt at gennemføre en tæthedsprøvning med det specifikke formål og vurdere hvordan løsningerne påvirker klimaskærmens lufttæthed. Desuden er der ikke opført mockups at gennemføre prøvning på.	

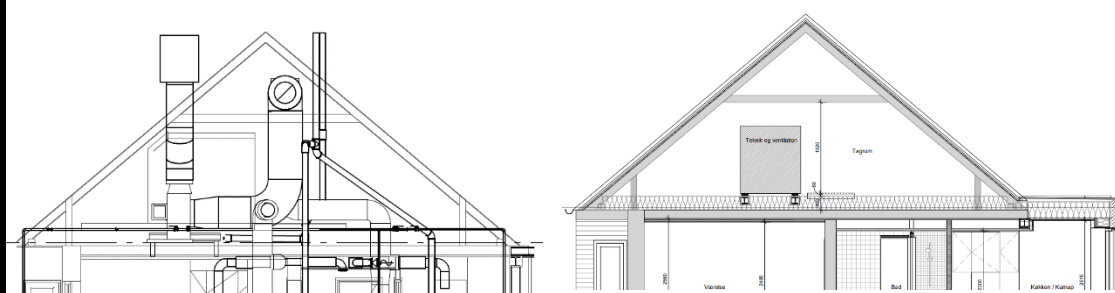
	Evalueringen baseres på en faglig vurdering af løsningernes design og i hvor høj grad det vurderes at influere tætheden.	
Ovenstående DGNB-evaluering gælder for nye bygninger, hvilket ikke er tilfældet her. I forbindelse med renovering er bygningerne forventes det, at klimaskærmens tæthed forbedres, så lufttæthed er tilnærmelsesvis $\leq 0,5 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$.		
Ved udsugningsløsningerne er det generelt et undertryk i lejlighederne, der kan trække luften ind igennem utætheder i klimaskærmen. Ved de 2 andre løsninger er trykket generelt balanceret og derved minimeres risikoen for infiltration betydeligt. Endvidere gælder, at den udsugede luftmængde er størst for den første udsugningsløsning. Infiltrationen er derfor potentielt større for denne løsning.		
Antallet af gennemføringer i klimaskærmen ved friskluftventiler og luftindtag påvirker også lufttætheden, hvilket også kommer til udtryk ved pointdelingen.		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	8
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	11
	Central	12

Kvalitet: Teknisk		Kriterie: TEC1.4 De tekniske systemers tilpasningsevne
Det er fordelagtigt hvis bygningens tekniske installationer kan tilpasse sig efter fremtidens behov og udskiftes ved minimal indsats og ændring af bygningen.		
Indikator 1.1	Tilgængelighed i teknikrum	Max point: 20
DGNB-evaluering	Point tildeles efter om døre og åbninger er tilstrækkelig store og placeret hensigtsmæssigt, så det er muligt at udskifte komponenter. Der tildeles enten 0, 10 eller 20 point, alt efter om det vil være nødvendigt at gøre indgreb i bygningen i større eller mindre grad eller slet ikke (maksimalt antal point).	
Grundlag for evaluering	Teknikrum betragtes her udelukkende som adgang til ventilationsaggregatet og tilhørende teknik. Evalueringen tager udgangspunkt i tegningsmateriale og anlægsspecifikationer. Pointtildelingen adskiller sig ikke direkte fra DGNB, men der kan blive differentieret mere i pointene med henblik på at belyse forskelle af betydning.	
<p>Det decentrale ventilationsaggregat er placeret i lejligheder i forbindelse med emhætten og er derved frit tilgængelig ifm. service. Med en vægt på 61 kg og mål, som er angivet på Figur 34, er det muligt at flytte det samlede anlæg via almindelige døre med simpelt udstyr. Løsningen scorer maksimalt 20 point på den baggrund.</p> 		
Figur 34 Måletegning af det decentrale emhætteaggregat fra producenten Systemair ³ .		

³ Kilde: <https://shop.systemair.com/da-DK/save--vtr--150k--l--500w--white/p609867>

Ventilatorerne til de 2 udsugningsløsninger og aggregatet til den centrale løsning er for alle 3 løsningers vedkommende placeret i tagrummet. Adgang til tagrummet er via loftlem i trappeopgang. Den eksisterende loftlem måler ca. 700 x 700 mm og vil blive udvidet til en loftlem på 700 x 1200 mm, der sikrer betydelig bedre adgang. Der er en loftlem pr. trappeopgang og dermed flere adgangsveje til tagrummet. Loftlemmene sikrer god adgang i forbindelse med service af anlæg ved f.eks. filterskift. Dog foregår adgangen via loftslem med stige fra 2. sal til loft, hvilket besværliggør det en lille smule. I selve tagrummet er der efter ny isolering 1920 mm frihøjde til hanebånd, hvilket vurderes til at være tilstrækkeligt med plads til service.

Den centrale anlæg fra Link Nordic er dimensioneret til model NCP-FC 800, der har en længde på 1430 mm, bredde på 630 mm og højde på 1050 mm. Størrelsen matcher tilnærmelsesvis illustrationen, der er vist på Figur 35. Udsugningsanlægget fylder væsentlig mindre, men det vurderes ikke at have nogen indflydelse på hvilken type af opgaver, der kan udføres på anlægget sammenlignet med det centrale aggregat. For alle 3 løsningers vedkommende vil en udskiftning af større væsentlige komponenter som f.eks. motor eller varmeflade skulle foregå igennem taget, hvilket vil kræve en midlertidig afmontering af tagbeklædning og anvendelse af hejseværk. Tilgængeligheden i teknikrum vurderes derfor at være af samme kvalitet for disse 3 løsningers vedkommende.



Figur 35 Illustration af et centralanlæg placeret i tagrummet til højre og tegning af udsugningsanlægget til venstre.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	10
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	20
	Central	10
Indikator 1.2	Tilgængelighed i vertikale skakte	Max point: 10
DGNB-evaluering	Vertikale skakte/føringsveje til alle håndværksfag er tilstrækkeligt tilgængelige, og installationer kan ombygges uden bygningsmæssige indgreb, hvilket belønnes med de maksimale 10 point.	
Grundlag for evaluering	DGNB-evaluering begrænses til skakte anvendt i forbindelse med ventilationsløsningerne.	

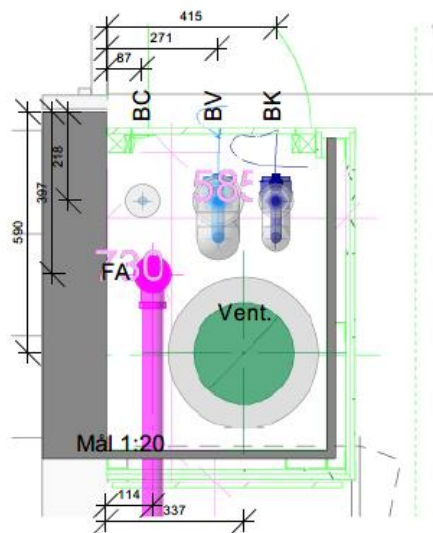
Der er ligeligt adgang til samtlige vertikale skakte via tagrummet i forbindelse med inspektion, rensning og lignende opgaver. Decideret ombygning af ventilations-installationer i forbindelse med de vertikale skakte vurderes ikke muligt uden bygningsmæssige indgreb.

Ved den centrale- og decentrale løsning anvendes henholdsvis 1 og 2 eksisterende vertikale aftrækskanaler, som er en integreret del af konstruktionen og væggen mellem badeværelse og køkken/entre. Der er ikke adgang over nedhængt loft på badeværelset eller køkkenet hvis der f.eks. skal etableres ekstra studse og derved ombygges. Det bemærkes, at aftrækskanalerne nedlægges ved valg af udsugningsløsninger og de dermed ikke er tilgængelig i forbindelse med eventuelt fremtidig ombygning uden at de skal reetableres. Derved vil aftrækskanalerne heller ikke kunne anvendes på et senere tidspunkt, hvis udsugningsløsningen skal udbygges til balanceret ventilation. Aftrækskanalens forløb gennem det eksisterende badeværelse ses på Figur 36.



Figur 36: Eksempel på eksisterende aftrækskanal i hjørnet af badeværelse, før reovering.

For de 2 udsugningsløsningers vedkommende konstrueres nye installationsskakte i gips i forbindelse med køkkenet. Her er pladsøtaget optimeret, hvilket efterlader minimalt med plads til indgreb i ventilations-udsugningskanalen. I hver lejlighed er der adgang til skakten via låge, men foran ventilationskanalen er WVS-installationerne som brugsvandscirkulation og afløb fra køkkenet placeret, hvilket afskærmer for direkte adgang til ventilationskanalen og derfor muligheden for at ombygge ventilationsinstallationen uden indgreb. Detaljetejning illustrerer dette på Figur 37.



Figur 37: Snittegning af installationsskakten, der etableres ved valg af udsugningsløsningerne. Det ses hvordan ventilationskanalen er placeret bagved de øvrige WVS-installationer.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	0
	Udsugningsløsning, optimeret	0
	Decentral	0
	Central	0
Indikator 2.1	Tilpasning af driftstemperatur med henblik på at integrere vedvarende energiformer (varme)	Max point: 20
DGNB-evaluering	Det tildeles point alt efter hvor lav fremløbstemperatur varmesystemet er dimensioneret efter. Point opnås ved 55 °C og de maksimale 15 point ved 45 °C. Der tildeles 5 ekstra point, hvis der er sikret CTS-sammenstyring mellem varmeanlægget og den mekaniske ventilation.	
Grundlag for evaluering	Hovedvægten af point tildeles efter DGNB's ovenstående evalueringskriterier. Derudover foretages der er en faglig vurdering af, hvilke muligheder der er for at tilpasse ventilationssystemet med henblik på at integrere vedvarende energiformer.	

	Her tænkes udover lavtemperatur fjernvarme på generel elektrificering af energinet og muligheden for at konvertere systemerne til ren el.	
<p>I forbindelse med renoveringen udskiftes den eksisterende varmecentral med en ny. Den sekundære vandkreds er dimensioneret efter en fremløbstemperatur på 60 °C og returtemperatur på 35 °C, hvilket er efter forsyningselskabet bestemmelser. Dette gælder for alle 4 løsninger og der tildeles ikke point for dette, da det er højere end pointgrænsen på 55 °C.</p> <p>Hvis energinet generelt elektrificeres, vil det være muligt at installere en el-patron i bufferbeholder og derved konverter energikilde, hvilket ikke har indflydelse på valget af ventilationsløsning.</p> <p>Der er behov for at øge varmekapaciteten på radiatorsystemet ved etableringen af de 2 udsugningsløsninger pga. øget varmebehov. I den forbindelse er det nødvendigt at installere nye ekstra radiatorer til at dække behovet. Det betyder, at der er ekstra radiatorkapacitet til rådighed, sammenlignet med de 2 andre løsninger. Dette kan være fordelagtig, hvis fremløbstemperaturen i fremtiden sænkes, ved eksempelvis konvertering til lavtemperaturfjernvarme. Varmebehovet skal dog alligevel dækkes på anden vis, f.eks. via ventilationsanlægget, hvilket vil kræve at udsugningssystemet modificeres til en løsning med mekanisk indblæsning, hvilket vil være mere meget omfattende.</p> <p>Det vil være mindre omfattende at hæve varmekapaciteten på én af to balancerede løsninger. Sådant en løsning er særlig nem at implementere ved de centrale ventilationsanlæg, hvor det er muligt at eftermontere en direkte el-varmeplade eller en varmepumpedrevet varmeplade. De decentrale ventilationsanlæg er ikke på samme måde fleksible i deres opbygning, men har allerede en el-varmeplade integreret, hvilket er normal standard i de nordisk produceret aggregater.</p> <p>Begge overstående scenarier og tilhørende løsninger er realistiske, men sandsynligheden for at de eksakte behov opstår og at løsningerne er rentable at implementere, vurderes meget lille og er ikke point-udslagsgivende.</p> <p>Det er krav i projektmaterialet, at både varmesystemet og ventilationssystemet skal have forbindelse til CTS-systemet. For ventilationssystemet vedkommende er der kun sat krav til udgang for CTS. Følgende giver som udgangspunkt kun adgang til at overvåge driften og sikre derved ikke direkte sammenstyring. På nuværende tidspunkt, er der ikke yderligere dokumentationen for at systemerne vil kunne sammenstyres.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	5
	Udsugningsløsning, optimeret	5
	Decentral	6
	Central	6
Indikator 3.1	Systemintegration af BMS-systemer	Max point: 15
DGNB-evaluering	Det belønnes med 10 point hvis der anvendes åbne og standardiserede protokoller som BACNET, KNX/LON eller lignende. Yderligere 5 point kan opnås hvis projektplanlægningen og -udførelsen følger principperne i standarden DS/EN ISO 16484-1, der fokuserer særligt implementering.	
Grundlag for evaluering	Pointtildelingen tager udgangspunkt i DGNB's evaluering og pointsystem. De tekniske datablad for de anvendte ventilationssystemer gennemgås sammen med krav til BMS-systemet i det generelle projektmateriale.	
<p>Det er beskrevet i projektforslagsbeskrivelsen, at ventilationsanlæggene skal udføres med fabriksmonteret automatik som kommunikerer med CTS-anlægget via MODbus eller BACnet. Begge protokoller er åbne og tilgængelige.</p> <p>Ved udsugningsløsningerne er ingen specifikke ventilations-komponenter udpeget og der vurderes ikke at være noget til hindring for, at vælge komponenter der kan spille sammen med MODbus eller BACnet.</p> <p>Det decentrale emhættee anlæg fra Systemair er med egen controller-enhed, forberedt til MODbus.</p> <p>Det centrale anlæg fra LinkNordic kan udstyres med en HVAC-controller fra producenten OJ Electronics af typen OJ Air2 Master med MODbus kommunikation.</p>		

Det er intet i det eksisterende materiale, der dokumenterer at projektplanlægningen eller den kommende udførelse vil følge principperne i standarden DS/EN ISO 16484-1. De ekstra 5 point tildeles dermed ikke.

Samlet set er der ikke anledning til at differentiere i pointene mellem løsningerne, da deres mulighed for at kommunikationsmæssigt at integrere med BMS-systemet vurderes ligeligt.

Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	10
	Udsugningsløsning, optimeret	10
	Decentral	10
	Central	10

Kvalitet: Teknisk		Kriterie: TEC1.5 Design for vedligehold og rengøring
Indikator 6.1	Mulighed for rengøring af ventilationssystemets indblæsningskanaler og affaldsskakter	Max point: 2,5
DGNB-evaluering	Ventilationen har stor betydning for sundheden gennem kontrol af det termiske miljø, fugt i bygninger samt kontrol af luftforureninger fra bygningsmaterialer og personer. Ventilationsanlæg kan i sig selv være en væsentlig kilde til luftforurening i indeklimaet. Derfor evalueres det, om der er den nødvendige adgang f.eks. gennem renselemme eller gennem armaturer til renholdelse uden demontering af rør, anlæg mv.	
Grundlag for evaluering	Grundlaget for vores evaluering er sket ud fra den eksisterende detaljegrad i ventilationsløsningerne og erfaringer fra tilsvarende systemer.	
<p>For de to udsugningsløsninger gælder at evt. rengøring af filtre (ikke normalpraksis, de udskiftes) og friskluftsindtag kan udføres med klud eller støvsuger, som er let tilgængelige. Hovedkanal til udsugningskanalen er dog i mindre grad tilgængelig pga. placering bag vandværk. Afgrening til bad er tilgængelig gennem udtagning af ventil, mens afgrening til emhætte kun er tilgængelig gennem nedtagning af emhætte. For begge vedkommende giver det kun adgang fra den ene ende. Hovedkanal har ligeledes kun tilgang fra loft.</p> <p>For den decentrale løsning gælder, at indblæsning og udsugningskanaler er tilgængelige fra begge ender af kanalen, hvilket gør rensning nemmere. Tilgangen tilgås ved afmontering af flexforbindelser over aggregat og dreje ventil ud af bajonetfatning i anden ende. Afkast kan tilgås på samme måde og løber separat til hver lejlighed hvilket gøre rensning nemmere. Indtag kan kun tilgås fra aggregatet, ved mindre friskluftsventil tilgås med stige fra facade.</p> <p>For den centrale løsning kan indblæsning og udsugningskanaler ligeledes tilgås fra begge ender, mens afkast og indtag tilgås på loft. Således kan alle løsninger tilgås, men har alle både fordele og ulemper, hvilket er udslagsgivende i ens pointgivning.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	2
	Udsugningsløsning, optimeret	2
	Decentral	2
	Central	2

Kvalitet: Teknisk		Kriterie: TEC1.8 Dokumentation med miljøvaredeklaration (EPD)
Indikator 1.1	Antal miljødeklarationer (EPD'er) for anvendte byggevarer	Max point: 100
DGNB-evaluering	Formålet med kriteriet er at stimulere efterspørgsel af data for byggevarers miljøegenskaber. Det forventes, at øget efterspørgsel efter miljødeklarationer i DGNB vil medføre at flere producenter deklarerer deres produkter og dermed bidrager til øget kendskab til produkters miljømæssige egenskaber.	

	For hver byggevarer eller produkttype der har en produktspecifik EPD og som minimum udgør min. 25 % af bygningsdelens samlede volumen, masse eller areal opnås 5 point. Hvis der findes en EPD på ventilationsanlæg kan der gives maks. 10 point.	
Grundlag for evaluering	<p>Det afgrænses, så det udelukkende er ventilationssystemerne og tilhørende producent-specifikke produkter og komponenter der betragtes, hvorved samtlige af de mulige 100 point tildeles herefter.</p> <p>Det bemærkes, at denne indikator er den eneste under kriteriet og det derfor ikke har nogen direkte betydning i den samlede evaluering om ventilationsanlægget kan tildeles 10 eller 100 point. ventilationsanlægget</p>	
<p>For de fire ventilationsløsninger findes der ikke nogen EPD-er for aggregaterne/ventilatorerne.</p> <p>EPD Danmark (www.epddanmark.dk) har ikke relevante EPD-er på ventilationsområdet.</p> <p>EPD Norge (www.epd-norge.no) har en EPD på cirkulære ventilationskanaler, som benyttes ved de forskellige løsninger. EPD Norge har i øvrigt også en EPD på rektangulære ventilationskanaler. Det er dog ikke produkter der umiddelbart forhandles i Danmark. Der er tale om det norske firma Ventistål AS, som skulle sælge deres produkter via Øland A/S i Danmark. Det fremgår dog ikke af Ølands hjemmeside.</p> <p>IBU i Tyskland (www.bau-umwelt.de) har EPD-er på volumenstrømsregulatorer, men ikke den type som foreslås anvendt i dette projektets ventilationsløsninger.</p> <p>International EPD system (www.environdec.com) har ikke relevante EPD-er på ventilationsområdet.</p> <p>Der gives derfor 0 point for alle løsninger.</p>		
Point pr. løsningsforslag	Udsugningsløsning, planlagt	0
	Udsugningsløsning, optimeret	0
	Decentral	0
	Central	0

7.2. Bilag B

Beskrivelse	1850-1900	1900-1920	1920-1940	1940-1960	1960-
Etagebolig "opstart"	Nørre, Vester, Øster, Amager	Islands brygge	Forstæderne	Forstæderne	Forstæderne
Historiske betingelser	Området uden for voldene frigives i 1852 (Etagebyggeri 3-5 etager).	Den høje tætte udbygning af hovedstaden (5-6 etager)	Mellemkrigstid, hvor lys, luft og solorientering bliver arkitektonisk parole.	Nybyggeriet efter 1940 har samme installationsmæssige standard, vi regner for min. i dag.	(1973) Tiden efter oliekrisen hvor energi-problematikken får markant indflydelse på byggeriet
Lejlighed	Mindre lejligheder (1. værelses)	1889: Krav om minimum 60 m2	Lejligheder bliver større		Lejligheder er meget forskellige
Bad/wc	Indtil 1. verdenskrig er der udpræget fælles bad i kælder	1900 - Wc blev alm. kort efter århundredskiftet. Mindre lejligheder deles om wc på trappe	1910 - Wc uden håndvask så godt som standard i nybyggeriet i byerne (ikke i provinsen).	1940 - Bad mere almindeligt omkring 1930, og var i slutningen af 1930'erne standard	
Køkken	Optil 1. verdenskrig er køkken ofte placeret i ud- eller sidebygning		1920'erne - Køkkener integreres i bygningskroppen (5,91 m2)		
Åbninger i klimaskærm		Madskab med enkelt åbning i ydermur (vindue)	1930 Madskab fik to ventilationsåbninger		1950'erne. Køleskabe bliver almindelige.
Bjælkelag	Træbjælkelag Kappedæk (over kældre/port)	Træbjælkelag Jernbjælkelag med betonudstøbning ved bad	Træbjælkelag Træ/jernbjælkelag Jernbjælkelag med betonudstøbning ved bad	Træ eller træ/jernbjælkelag Hulstensdæk Jernbjælkelag med betonudstøbning ved bad	Betonelementer
Aftræk	1871 - Det lukkede køkkenildsted fortrænger det åbne og skorstens areal mindses til 9*9". Emhætte effekt fra åbent ildsted forsvinder. Derfor kræver loven "Hvor omstændighederne tillader det skal der anbringes emrør ved køkkenildsteder".	1902 - Sundhedskommissionen kræver ifm. installation af WC, 100cm2 aftræk + luftindtag/ 1/4" sprække under dør. Sammenholdt med 1889 skulle det helst føres langs skorstensrør	1918 - Sundhedsvedtægten kræver aftræk på min. 100cm2 i køkken hvor der benyttes gas (skal føres ½ m over tagryg). 1927 - Sundhedsvedtægten skærpes til 150cm2 aftræksrør i køkken og oplukkeligt vindue på mindst 0,4m2	1939: Krav om separate aftræk i køkken og wc/ bad. Aftrækskanaler skal føres lodret op langs skorstensrør. Betjener skorstene eller aftræk kun et rum må det være 15*15 cm ellers skal det mindst være 23*23 cm	1961: Første bygning reglement for hele landet. Krav om separate aftræk i køkken og wc/ bad.
- Antal	0	1 (wc)	2 (køkken +wc)	2 (køkken +wc)	2 (køkken +wc)
- Materiale	Muret	Støbte beton kanaler	Støbte beton kanaler	Støbte betonkanaler	Eternit eller stål
- Lysning	12*24 cm	100 cm2	100 cm2 bad. Køkken 100/150cm2	100 - 150cm2	Udsugningsanlæg med hovedkanal eller naturlig med separate kanaler
Skorsten	1871 - Det lukkede køkkenildsted fortrænger det åbne og skorstens areal mindses til 9*9" (optil 1850 18*18"). 1889 krav om maks. 2 ildsteder pr etage pr. skorsten som medfører at hver lejlighed har en skorsten pr. 2 rum	1900 - Gasapparater bliver almindeligt fra århundredskiftet. Køkkenskorstenen udfases.	Centralvarme begyndte at forekomme i 1920'erne, og var almindeligt udbredt i slutningen af 1930'erne,	Oftest ingen skorstene pga. centralvarme. Men så sent som i slutningen af 1950'erne blev der stadig i de mindre bysamfund opført boligbyggeri med kakkelovne	Ingen kakkelovne
- Antal	2 - kakkelovn + brændekomfur	0-1 - kakkelovn (stuer)	0-1 - kakkelovn (stuer)	0	0
- Lysning	18*18" / 9*9"	9*9"	9*9"	9*9"	0
Adg.vej til loft	1889 - krav om køkkentrappe	Køkkentrappe	Delvis m/uden køkkentrappe	Kun hovedtrappe	Loftslem 60*90 / gennem tag
Spær/ bjælkelags afstand	Over 90	90 cm	90 cm	75-90 cm	60-75cm
Tag	45°rejsning+tegl	45°rejsning+tegl	30-45°rejsning+plade	0-30° rejsning	0-15° rejsning
Byggebestanden	10%	25%	40%	60%	100%

Sum-meeret:

2 Skorstene
0 Aftræk (wc)
0 åbning
45° taghældning

1 Skorstene
1 Aftræk (wc)
1 åbning
45° taghældning

0-1 Skorstene
2 Aftræk
1 åbning
30° taghældning

0 Skorstene
2 Aftræk
0 åbning
0-30°taghældning

0 Skorstene
2 Aftræk
0 åbning
0° Taghældning

Skitseforslag vurdering		Vurderingsparametre																				Samlet												
Type	Nr.	Placering	Energi					Pladsoptag + /Estetik					Genbrug				Drift og service				Indeklima			Ejerskab		Etablering					Point			
			Aflsning	Vametak kanaler	Indflyd på varmereg.	Energi forbrug	VGW+SEL vægtning	I lejlighed opholdsz.	Under loft	WC (dør) indretning	Facade gen.bryd	Aftræk /affald	Skorsten	Omkost lej/år	Omkost urder.	Adgang	Mulighed for el-fejl	Brand autom.	Termisk + IAQ	Støj overf	Støj overf	og Interaktion med bruger	Pris Ventilation	Pris Radiator	Merpris VP/Vindue	Pris Total	TBT simpel	Pris vurderi	Komplek sitet	Stillads /lift	Åbning af tag + kran			
Udsugning	01	Ref. Uds m. std emhætte	Indtag bag radiator + ø250	1	2	1	kr. 4.280	9	3	2	1	3	3	kr. 200	1	2	1	1	2	1	2	3	kr. 50.833	kr. 51.020		kr. 101.854	Uendelig	4	1	3	2	51		
		DO men pris ift. Notat 2012047																					kr. 32.313	kr. 51.020		kr. 83.333	Uendelig	2						
	02A	Opt. uds. inkl. eff. EMH + Thermex-VM	Afkast ny ø200=5,3m/s	1	2	1	kr. 2.568	5	3	2	1	3	3	kr. 200	1	2	1	1	2	1	2	3	kr. 54.583	kr. 51.020		kr. 105.604	62	4	1	3	2	45		
	02B		Eksisterende aftræk	1	2	1	kr. 2.568	5	2	2	1	3	1	kr. 200	1	2	1	1	2	1	2	3	kr. 58.333	kr. 51.020		kr. 109.354	64	4	1	3	2	42		
	02C		Aftræks VP	1	2	1	kr. 1.284	3	2	2	1	3	1	kr. 614	3	2	1	1	2	1	2	3	kr. 58.333	kr. 51.020	kr. 22.917	kr. 132.270	44	6	2	3	2	45		
	02D		Ventilationsvinduet	1	2	1	kr. 1.194	3	2	2	1	1	1	kr. 714	4	2	1	1	2	1	2	3	kr. 81.250	kr. 51.020	kr. 12.000	kr. 144.270	47	6	2	3	2	43		
02E		Effektive radiatorer	1	2	1	kr. 1.194	3	1	2	1	1	1	kr. 714	4	2	1	1	2	1	2	3	kr. 93.250	kr. 51.020	kr. 1.600	kr. 145.870	47	6	2	3	2	42			
Decentral	03A	Emhætte AHU. Indtag via facaden	Afkast ny ø200=5,3m/s	1	1	1	kr. 470	1	2	3	1	2	3	kr. 789	4	2	2	1	1	2	1	1	kr. 82.500			kr. 82.500	22	2	2	3	1	38		
	03A-1		Afkast Eksisterende aftræk	1	1	1	kr. 470	1	1	3	1	2	1	kr. 789	4	2	2	1	1	2	1	1	kr. 76.667			kr. 76.667	20	1	2	3	1	34		
	03A-2		Afkast Skraldeskakt	1	1	1	kr. 470	1	1	3	1	2	1	kr. 789	4	2	2	1	1	2	1	1	kr. 85.000			kr. 85.000	22	2	2	3	1	35		
	03B	Skabsmodel	Afkast ny ø200=5,3m/s	1	1	1	kr. 470	1	3	3	1	2	3	kr. 789	4	2	2	1	1	2	1	1	kr. 83.333			kr. 83.333	22	2	3	3	1	40		
	03B-1		Afkast Eksisterende aftræk	1	1	1	kr. 470	1	3	3	1	2	1	kr. 789	4	2	2	1	1	2	1	1	kr. 76.667			kr. 76.667	20	1	3	3	1	37		
	03B-2		Afkast Skraldeskakt	1	1	1	kr. 470	1	3	3	1	2	1	kr. 789	4	2	2	1	1	2	1	1	kr. 85.833			kr. 85.833	23	2	3	3	1	38		
03C	Over nedhængt loft (H_instal => lav loft)	DO												Ovenstående kr. 1206 hvis serviceaftale																				
Central	04A	På loft (Antal AHUs ift. pris/spærafst.)	Uds+Indb ny ø200=5,3m/s	2	2	2	kr. 770	2	1	3	1	1	3	kr. 614	3	1	1	3	1	1	1	3	kr. 84.583			kr. 84.583	24	2	2	1	3	40		
	04A-1	Som 04A men med NB Aggregat	DO	2	2	2	kr. 770	2	1	3	1	1	3	kr. 614	3	1	1	3	1	1	1	3	kr. 72.083			kr. 72.083	21	1	2	1	3	39		
		DO men pris ift. Notat 2012047	DO																							kr. 84.864	20	2						
	04B	På loft	Uds+Indb eksist. Aftræk	2	2	2	kr. 770	2	1	3	3	1	1	kr. 614	3	1	1	3	1	1	1	3	kr. 87.500			kr. 87.500	25	2	2	1	3	40		
	04B-1	Som 04B men med NB Aggregat	DO	2	2	2	kr. 770	2	1	3	3	1	1	kr. 614	3	1	1	3	1	1	1	3	kr. 76.250			kr. 76.250	22	1	2	1	3	39		
	04C	På loft	Uds Skrald + Ind eks. Aftræk	2	2	2	kr. 770	2	1	3	1	1	1	kr. 614	3	1	1	3	1	1	1	3	kr. 86.667			kr. 86.667	25	2	2	1	3	38		
04C-1	Som 04C men med NB Aggregat	DO	2	2	2	kr. 770	2	1	3	1	1	1	kr. 614	3	1	1	3	1	1	1	3	kr. 76.250			kr. 76.250	22	1	2	1	3	37			
04D	I kælder	DO																																
Oprindelige priser		Ventilation – 9.500.000 inkl. moms																																
294 lej.		Varmeanlæg – 15.000.000 inkl. moms																																
		Total Ventilation og varme - 24.500.00 inkl. moms																																

7.3. Bilag C

Udsugning med friskluftindtag bag radiatorer, planlagt reference løsning		
Materiale/byggevarer	Mængder/Funktionel enhed	
<p>Ventilator, kanaler inkl. bøjninger, ventiler, isolering etc.. Hertil kommer mindre mængder af diverse materialer til ophæng, inddækninger, maling etc., der ikke er medtaget ved beregningerne, idet det vurderes at klimapåvirkningen fra disse materialer er nogenlunde ens for de forskellige løsninger og desuden af mindre klimamæssig betydning.</p>	Udsugning ny ø250 rør 12 lejligheder	
	Type:	Antal:
	Rør ø125	36 meter
	Rør ø160	36 meter
	Rør ø250	56 meter
	Rør ø315	17 meter
	Rør ø400	10 meter
	Bøjninger ø125	24 stk.
	Bøjninger ø160	24 stk.
	Bøjninger ø250	4 stk.
	Bøjninger ø400	4 stk.
	KSO-125	12 stk.
	HIT-2561-0682	12 stk.
	Purmo air friskluftventil	36 stk.
	Taggennemføringer ø400	1 stk.
	Taghætter ø400	1 stk.
	Brandisolering	117 m ²
	Lyddæmper ø125/600	12 stk.
	Lyddæmper ø160/600	12 stk.
	Lyddæmper ø250/900	4 stk.
	Lyddæmper ø400/1200	1 stk.
Spjæld ø250	4 stk.	
Overtryksventiler OLC	24 stk.	
Ventilator	1 stk.	
Radiatorer	4 stk.	

Decentral ventilation		
Materiale/byggevarer	Mængder/Funktionel enhed	
<p>Ventilatorer, kanaler inkl. bøjninger, ventiler, isolering etc.. Hertil kommer mindre mængder af diverse materialer til ophæng, inddækninger, maling etc., der ikke er medtaget ved beregningerne, idet det vurderes at klimapåvirkningen fra disse materialer er nogenlunde ens for de forskellige løsninger og desuden af mindre klimamæssig betydning.</p>	Decentral ventilation 12 lejligheder	
	Type:	Antal:
	Rør ø100	72 meter
	Rør ø125	24 meter
	Rør ø160	204 meter
	Bøjninger ø100	12 stk.
	Bøjninger ø125	24 stk.
	Bøjninger ø160	132 stk.
	Ventmex ø-125	12 stk.
	HIT-2561-0682	12 stk.
	Aggregat	12 stk.
	Taggennemføringer 1000x600	2 stk.
	Taghætte 1000x600	2 stk.
	Brandisolering	70 m ²
	Lyddæmper ø100/600	36 stk.
	Lyddæmper ø125/600	12 stk.
	Lyddæmper ø160/600	36 stk.
Armaturer ø125 (stue)	12 stk.	
Armaturer ø100 (værelser)	24 stk.	

Central ventilation		
Materiale/byggevarer	Mængder/Funktionel enhed	
<p>Ventilatorer, kanaler inkl. bøjninger, ventiler, isolering etc. Hertil kommer mindre mængder af diverse materialer til ophæng, inddækninger, maling etc., der ikke er medtaget ved beregningerne, idet det vurderes at klimapåvirkningen fra disse materialer er nogenlunde ens for de forskellige løsninger og desuden af mindre klimamæssig betydning.</p>	Central brug af eks. aftræk 12 lejligheder	
	Type:	Antal:
	Rør ø100	48 meter
	Rør ø125	24 meter
	Rør ø160	96 meter
	Rør ø200	0 meter
	Rør ø315	64 meter
	Rør ø400	26 meter
	Bøjninger ø00	24 stk.
	Bøjninger ø125	12 stk.
	Bøjninger ø160	96 stk.
	Bøjninger ø315	4 stk.
	Bøjninger ø400	10 stk.
	Ventmex ø125	12 stk.
	HIT-2561-0682	12 stk.
	Aggregat	1 stk.
	Taggennemføringer ø400	3 stk.
	Taghætter ø400	3 stk.
	Brandisolering	240 m ²
	Lyddæmper ø100/600	36 stk.
	Lyddæmper ø125/600	12 stk.
	Lyddæmper ø160/600	12 stk.
	Lyddæmper ø315/900	8 stk.
	Lyddæmper ø400/1200	4 stk.
	Spjæld ø315	8 stk.
	Armaturer ø125 (stue)	12 stk.
	Armaturer ø100 (værelser)	24 stk.
Røgventilator	1 stk.	
Brandspjæld ø-400	5 stk.	
Lindab ultralink ø160	12 stk.	

7.4. Bilag D

Livscyklusvurdering

De miljømæssige konsekvenser af de udvalgte ventilationsløsninger er opgjort med udgangspunkt i en livscyklusvurdering (LCA), som er en metode til at opgøre og vurdere de miljømæssige påvirkninger af et produkt eller et system gennem hele dets levetid. Livscyklusvurderinger udarbejdes på baggrund af de internationale standarder ISO14040 og ISO14044, og benytter en referenceenhed (såkaldt funktionel enhed) baseret på produktet eller systemets ydeevne/service (f.eks. produktion af ét ventilationsanlæg i en bestemt størrelse). Livscyklusvurderingen baseres på en kortlægning af alle input og output, der indgår i livscyklus af produktet/systemet. Det drejer sig om råmaterialer, hjælpemidler, kemikalier, energi, vand samt udledning til luft, vand og jord og produktion af affald.

For en byggevare eller bygning omfatter livscyklusen typisk produktion (af byggevaren/-varer), byggeproces, driftsfase, endt levetid (nedrivning eller renovering), genbrug/genanvendelse/endelig bortskaffelse som angivet i Tabel 11.

Tabel 11 : LCA-Faser og -moduler, som angivet i EPD standarden EN15804:2012+A1:2013.

Produktionsfase			Konstruktionsfase		Brugsfase							Bortskaffelsesfase				Næste produktsystem
Udvinding af råstoffer	Transport til fremstilling	Materialerfremstilling	Transport til byggeplads	Installation	Ibrugtagning	Vedligehold	Reparation	Udskiftning	Renovering	Energiforbrug	Vandforbrug	Nedrivning	Transport til affaldsbehandling	Affaldsbehandling	Deponering	Potentiale for genbrug og genanvendelse
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Selvom en LCA pr. definition omfatter hele produktets/systemets livscyklus (dvs. en vugge-til-grav analyse), kan det i nogle tilfælde være relevant at begrænse systemgrænserne til:

- En vugge-til-port analyse (f.eks. ved fremstilling af et produkt: Fra anskaffelse af råvarer til produktet er færdigt og køres ud af fabrikken).
- En port-til-port analyse (f.eks. kun fremstillingsprocessen eller behandlingsprocessen, uden anskaffelse af råvarer).
- Eller en port-til-grav analyse (f.eks. produktets brugsfase og bortskaffelse, inkl. transport fra fabrikkens port og transport af affald efter brug).

LCA er en relativ vurdering, dvs. at man typisk er interesseret i at sammenligne LCA-resultater for alternative scenarier (f.eks. alternative produkter, eller alternative produktionsmetoder eller affaldshåndteringsløsninger). Dette forudsætter, at de scenarier, som skal sammenlignes, leverer den samme funktion/service (f.eks. for byggevarer: samme styrke, holdbarhed, levetid, isoleringsevne m.m.).

Til beregning af LCA-resultaterne er der primært anvendt LCAByg 5.1.0.4 software til klassificering og karakterisering af input- og output flows. I det omfang der ikke har været data til rådighed i LCAByg for det givne produkt/materiale, er der anvendt data fra Ökobau, version 2021-I. Data fra Ökobau følger EN15804.

Der er anvendt de levetider for de relevante byggematerialer, der fremgår af BR18, bilag 6. Det betyder, at hvis materiale /komponenter har en levetid, der er kortere end 50 år, så er der indregnet én eller flere udskiftninger indenfor den 50-årige periode.

Baggrunden for udvælgelsen af miljøpåvirkningskategorien global opvarmning som hovedfokus for den udførte LCA er at fremme overskueligheden i præsentationen af resultaterne, da erfaringen viser, at det kan være svært at forholde sig til mange forskellige miljøpåvirkninger. Dette valg afspejler dog også den større politiske fokus på, samt forståelse af, parameteren global opvarmning, ift. de øvrige LCA-miljøpåvirkningskategorier på samfundsniveau. Global opvarmning er en miljøbelastning, som de fleste efterhånden kan forholde sig til, og ser betydningen af. Som følge af det er det besluttet at begrænse præsentationen af LCA-resultaterne til kun at omfatte klimabelastning.

Systemgrænser

For nye byggematerialer/-varer, der indgår i de undersøgte ventilationsløsninger, omfatter LCA'en følgende livscyklusmoduler:

- A1-A3 (produktfase: fremstilling af de relevante byggevarer/materialer, inkl. udvinding af råvarer og deres transport til produktionsanlægget.
- B4 (brugsfase – udskiftning: fremstilling af de ekstra byggevarer/-materialer, der skal udskiftes inden for betragtningsperioden på 50 år)
- B6 (brugsfase – energibesparelser, som det pågældende energitiltag fører til inden for betragtningsperioden på 50 år)
- C3-C4 (endt levetid – affaldsbehandling og deponering af de byggevarer/-materialer, der indgår i det pågældende energirenoveringstiltag)

For eksisterende materialer, som fjernes eller rives ned i forbindelse med de undersøgte energirenoveringstiltag, omfatter LCA'en følgende livscyklusmoduler:

- C3-C4 (endt levetid – affaldsbehandling og deponering af de byggevarer/-materialer, der fjernes eller rives ned ifm. de undersøgte energirenoveringstiltag)

Funktionel enhed

Den valgte funktionelle enhed for det undersøgte system svarer til etablering af ventilation i to opgange i Frydenspark, dvs. i alt 12 lejligheder.

Energidata

Energibesparelser under driftsfasen omregnes til besparelser for hver af de undersøgte tiltag ved hjælp af de emissionsfaktorer for energifremskrivning, som er udgivet i rapporten "Opdaterede emissionsfaktorer for el og fjernvarme" udarbejdet af COWI for Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (COWI, 2020). Emissionsfaktorerne afspejler, at den danske energiforsyning vil være under forandring frem mod år 2050. Den nuværende strategi for dekarbonisering af energiforsyningen lægger op til, at den danske elforsyning i år 2035 udelukkende er baseret på vedvarende energikilder, og i år 2050 er den danske energiforsyning helt fossilfri.

Faktorerne, som er angivet for både strøm og fjernvarme, er fremskrevet i henhold til den forventede udvikling af energiforsyningen i Danmark for 2020, 2025, 2030, 2035 og 2040. Datapunkterne mellem de angivne værdier beregnes med lineær interpolation, mens emissionsfaktorer fremadrettet efter 2040 holdes konstante. Det fremgår af **Fejl! Henvissningskilde i kke fundet.**, at emissionsfaktorerne for fjernvarme ændres i takt med at andelen af fossilt brændsel i energiforsyningen reduceres til fordel for vedvarende energikilder, der er CO₂ neutrale. Den anvendte fremskrivning af emissionsfaktorerne har stor indflydelse på de klimamæssige konsekvenser af energireoveringstiltag, da energiforbruget til fremstilling og eventuel bortskaffelse af byggemateriale er baseret på den nuværende energiforsyning, mens energibesparelsen i tiltagets levetid er baseret på den gradvise overgang til fossilfri energiforsyning.

Tabel 12: Fremskrivning af emissionsfaktorer for elektricitet og fjernvarme i perioden 2020-2040⁴.

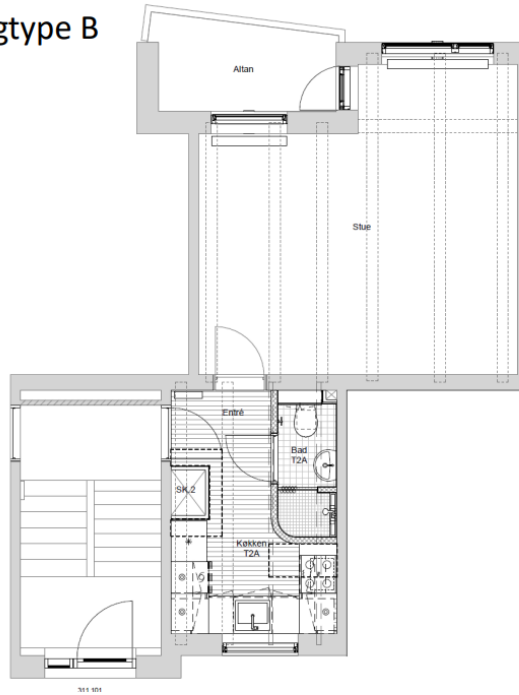
	Elektricitet [kg CO ₂ -ækv./kWh]	Fjernvarme [kg CO ₂ -ækv./kWh]
2020	0,2640	0,1314
2025	0,1350	0,0878
2030	0,0470	0,0713
2035	0,0414	0,0688
2040	0,0403	0,0680

⁴ Opdaterede emissionsfaktorer fjernvarme, COWI 2020.

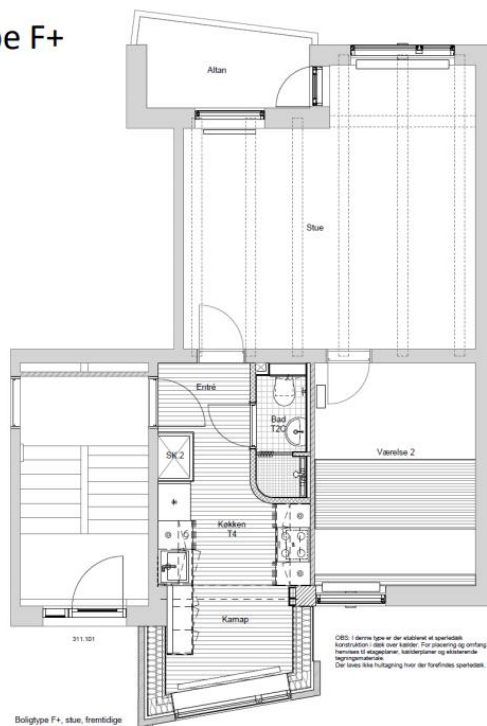
7.5. Bilag E

Plantegninger

BOLIGPLAN- Boligtype B F.eks. Greisvej 44 th.

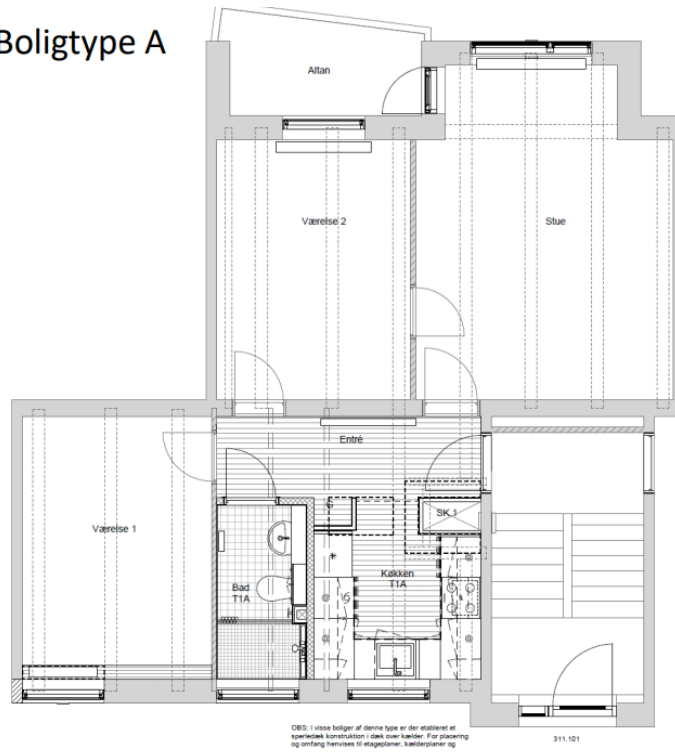


BOLIGPLAN – Boligtype F+ F.eks. Greisvej 36 th.



BOLIGPLAN – Boligtype A

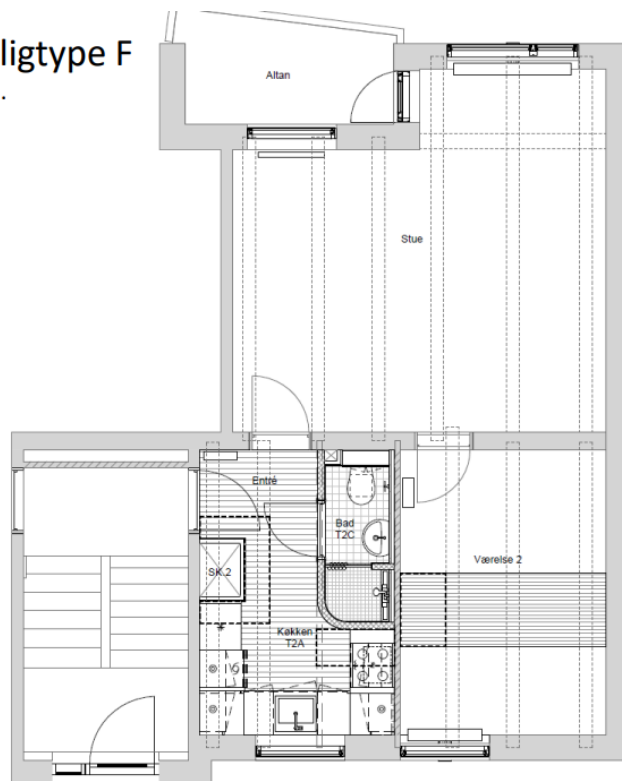
F.eks. Greisvej 26 tv.



11

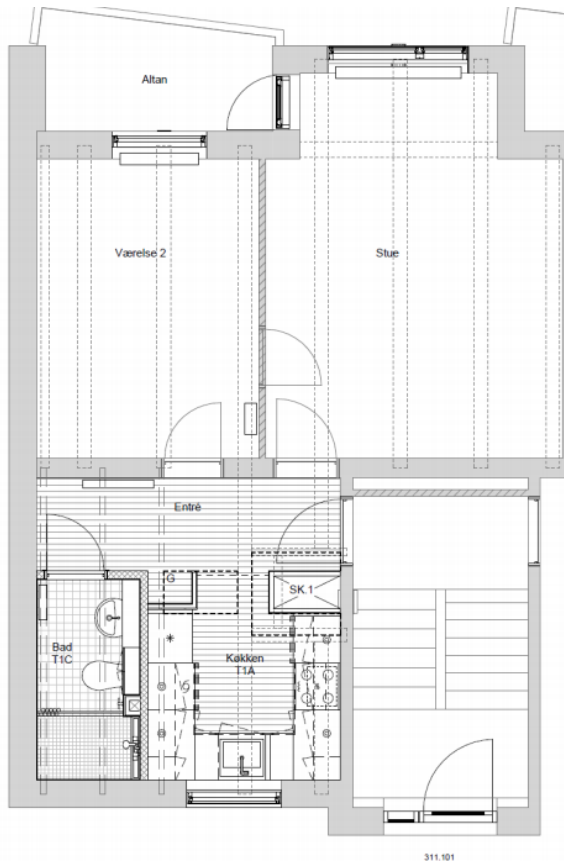
BOLIGPLAN – Boligtype F

F.eks. Kasturpvej 160A th.



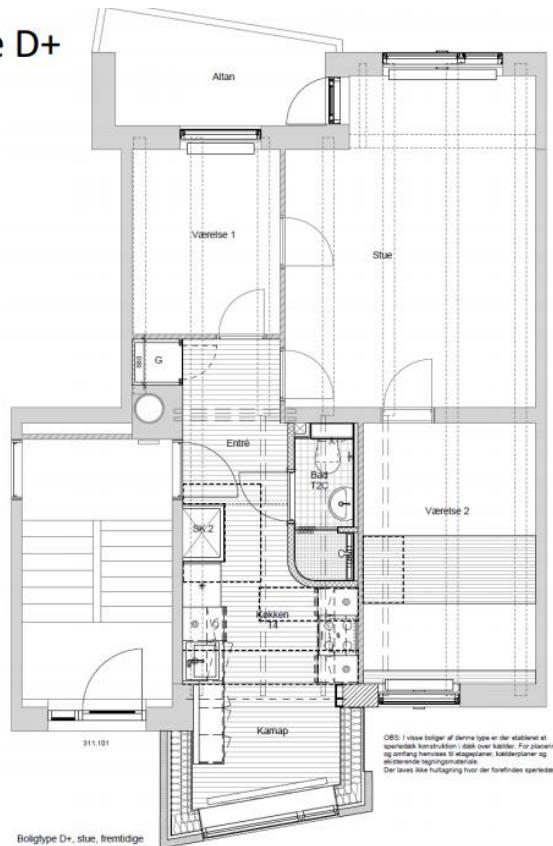
BOLIGPLAN – Boligtype E

F.eks. Greisvej 74 tv.



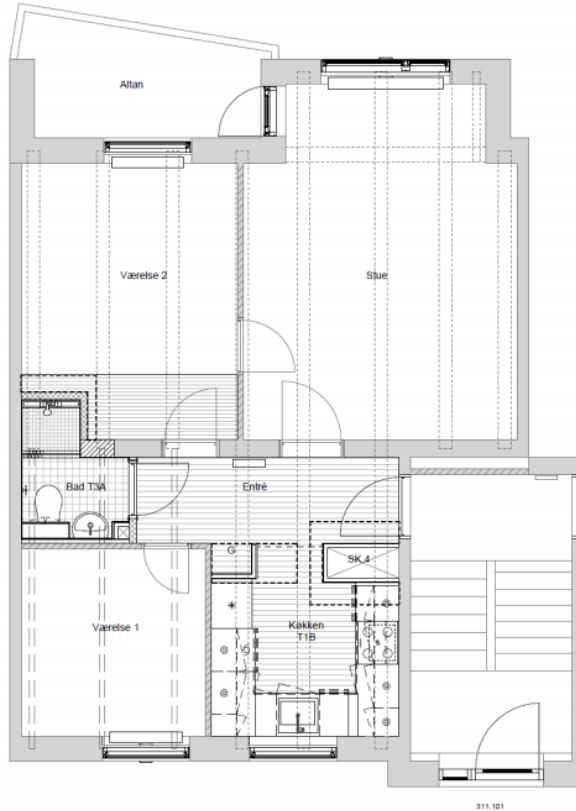
BOLIGPLAN – Boligtype D+

F.eks. Greisvej 64 th.



BOLIGPLAN – Boligtype C

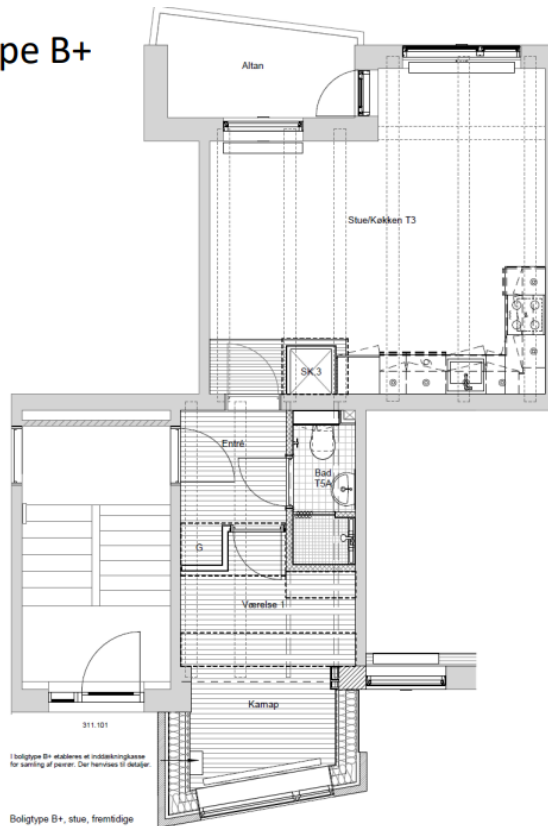
F.eks. Grækenlandsvej 109 tv.



311.101

BOLIGPLAN – Boligtype B+

F.eks. Greisvej 40 th.



311.101

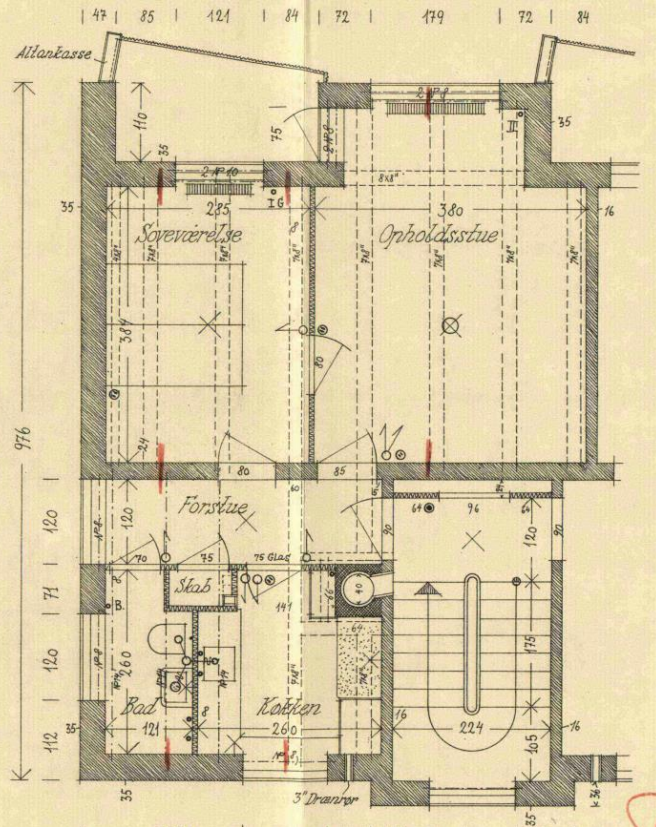
I boligtype B+ etableres et inddelingsklasse for samling af parret. Der henvises til detaljer.

Boligtype B+, stue, fremtidige

Blot II

Type E

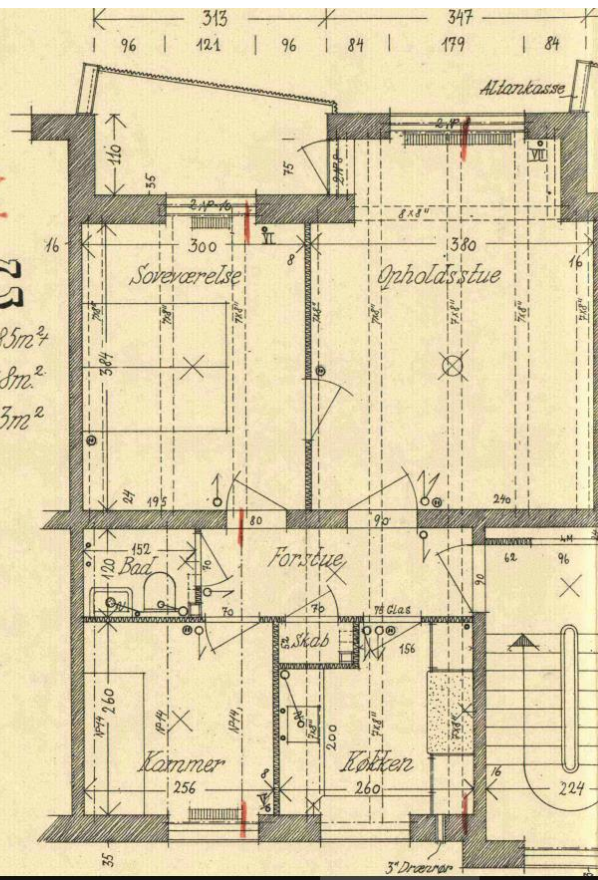
2 Værelser 59,0m²
 Altan i Stue 44,3m²
 paa 2. Sal 3,20m²

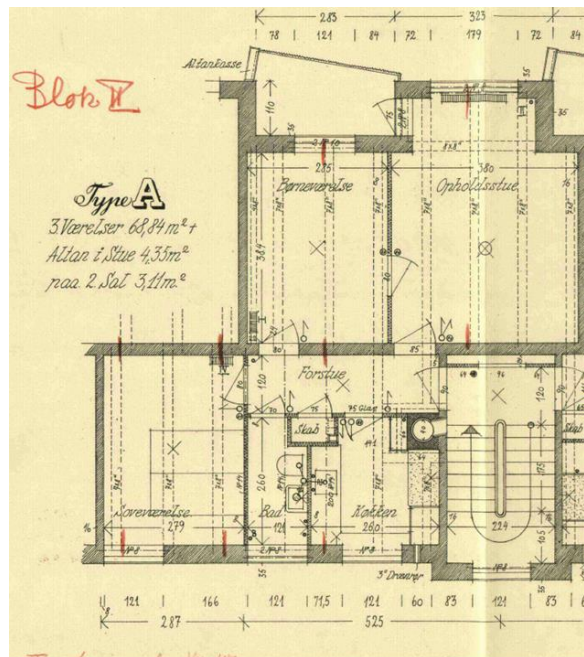
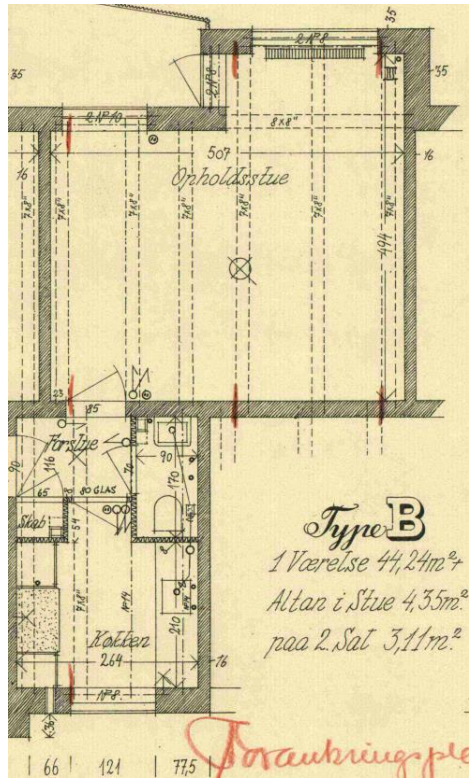


Blot I

Type C

2 Værelser + Kam. 63,85m²
 Altan i Stue 4,8m²
 paa 2. Sal 34,3m²





7.6. Bilag F

Kvalitet		Kriterier		Indikatorer	
Kvalitet	Vægtning	Kriterie	Vægtning	Indikator	Point
Proces	12,5%	Eksempelvis (simplificeret) 5 kriterier som samlet udgør vægtningen (5%) for kvaliteten "Område"		Eksempelvis 4 indikatorer som hver har et antal point som samlet set giver det enkelte kriteries score. I dette eksempel "Kriterie 5 = 1%" hvor "1%" består af max 50 point.	
Miljø	22,5%				
Økonomi	22,5%				
Social	22,5%				
Teknisk	15,0%				
Område	5,0%	Kriterie 1	1%	Indikator 1	Max 5 point
		Kriterie 2	0,5%	Indikator 2	Max 20 Point
		Kriterie 3	2,0%	Indikator 3	Max 15 Point
		Kriterie 4	0,5%	Indikator 4	Max 10 Point
		Kriterie 5	1%		

Forklaring på processen:



<p>Summen af kriterierne giver den samlede score for den enkelte kvalitet.</p> <p>I dette eksempel for "område" 3% ud af maksimal 5%</p> <p>Slutteligt summeres alle kvaliteter. Jo tættere den samlede score er på 100% jo bedre.</p>	<p>Indikator pointene ganges med %-satsen for kriteriet:</p> <p>Kriterie 5: $25/50 \text{ point} * 1\% = 0,5\%$.</p> <p>Kriterie 4: $X/X * 0,5\% = 0,5\%$</p> <p>Kriterie 3: $X/X * 2\% = 1\%$</p> <p>Kriterie 2: $X/X * 0,5\% = 0\%$</p> <p>Kriterie 1: $X/X * 1\% = 1\%$</p> <p>Dette gøres for alle kriterie og %-pointene summeres = Eksempel 3%</p>	<p>De enkelte Indikatorer vurderes/beregnes iht. DGNB's beskrivelse og egen tolkning og gives et antal point i forhold til max.</p> <p>Fx samlet score på 25 ud af 50 Point</p>
--	---	--