Erfaringsrapport Arkitektur, Klimatisering, Energi og Klimagassutslipp

Vertikal Nydalen

Forord

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Avantor, med hensikt å dokumentere målinger og erfaringer som er gjort fra de første to årene i drift av Vertikal Nydalen. En stor del av undersøkelsene som presenteres i rapporten er utarbeidet som en del av forskningsprosjektet Hybridene, se for øvrig skanska.no/hybridene for mer informasjon om dette prosjektet.

Rapporten er utarbeidet av Niels Lassen (Skanska). Medvirkende er Stine Marthinsen (Skanska), Anne Cecilie Haug (Snøhetta), Tore Moen (Brekke & Strand), Jens Jørgen Dammerud (Brekke & Strand), Jens Mathisen (Windowmaster), Steffen Holanger (Evotek), Anne Danielsberg (Avantor), Geir Storsveen (Avantor), Geir Thoresen (Avantor).

Revisjon 01. Juli 2026

Innholdsfortegnelse

Forord 2

Oppsummering og konklusjoner 5

Introduksjon 6

Bakgrunn 6

Aktører i prosjektet 7

Rapportens innhold 8

Beskrivelse, «som bygget» 9

Overordnet beskrivelse av bygget 9

Referanser til tidligere beskrivelser 10

Målinger, erfaringer og læringspunkter 10

Bymiljø og arkitektur 10

Bymiljø og uteområder 10

Arkitektur og bygningsform 10

Interiørarkitektur og leietakers erfaringer 10

Klimatisering 11

Ventilasjon 11

Varme og kjøling 13

Akustikk 16

Bakgrunn 16

Lydisolering 16

Kontorlandskap – romakustikk 17

Lydmålinger i kontorlandskap 19

Opplevde akustiske forhold 23

Energiproduksjon 23

Solcelleanlegg på baldakin stilte ekstra krav på grunn av vind 23

Produksjon av energi 23
Fysisk inneklima 24
Termisk 24
Luftkvalitet 24
Opplevd inneklima og brukerfornøydhet 26
Målemetode 26
Brukerfornøydhet 26
Bygningsdrift 30
Energi. 30
Generell ytelse 30
Faktisk ytelse FutureBuilt nZEB. 33
Faktisk ytelse Triple Zero 33
Byggherreinformasjon 34
Klimagassutslipp 34
Forslag til videre arbeid 35

Oppsummering og konklusjoner

Samlet sett yter bygget like bra eller bedre enn forventet. Spesielt kan energiforbruk, brukeroppfatning og inneklima trekkes frem som områder der bygget overpresterer. Energibehov til belysning og utstyr er de eneste punktene der bygget yter dårligere enn forventet. Energibehovet til klimatisering av kontordelen i bygget er faktisk like lavt som i Powerhouse-byggene, som omtales som svært energigjerrige kontorbygg.

Gjennom prosjektet Vertikal Nydalen har man vist at det er mulig å realisere et bygg med svært høy miljømessig, kommersiell og opplevd ytelse gjennom bruk av naturlig ventilasjon og forenklede løsninger. Dette til tross for at man måtte søke dispensasjon fra krav til energibehov, ventilasjon og inneklima i byggeforskriftene.

Undersøkelsene og erfaringene fra Vertikal Nydalen har også gitt ny viten i forskningssammenheng når det gjelder inneklima, brukeropplevelse og effektene av et mer dynamisk inneklima med høyere brukerinvolvering. Noen av de mest interessante observasjonene er:

- Inneklima er ikke hygienefaktor, brukerne uttrykker til dels «begeistring» med inneklimaet. Undersøkelsene viser en klar tendens der brukere som har svart at de er misfornøyd med enkelt-ting, likevel til tross dette er totalt sett godt fornøyd med inneklimaet.

- Dynamisk inneklima kan ha en stor og svært god effekt. Eksempelet på dette er pulsventilasjonen, der brukerne opplever høy fornøydhet til tross for at de opplever trekkforhold utover minimumskravet i korte, forutsigbare, perioder. Dette utfordrer måten dagens regelverk og standarder er skrevet på, med sterkt fokus på stabile inneklimaforhold.

- Mulighet for brukerinvolvering kan ha stor og svært positiv effekt. Brukerne oppgir at mulighet for å regulere vindusåpning selv løser mange mindre behov og gir høyere fornøydhet. I denne sammenhengen bekrefter funnene den adaptive inneklimateorien.

Introduksjon

Bakgrunn

Hensikten med denne rapporten er å oppsummere og publisere erfaringer og læringspunkter etter 2 års drift av kombinasjonsbygget Vertikal Nydalen. Prosjektet ble initiert av Avantor i 2015, med støtte av Snøhetta Arkitekter, Skanska, FutureBuilt og forskningsprosjektet Naturligvis. Målet var å bygge et naturlig klimatisert nullutslippsbygg i Oslo, etter inspirasjon fra prosjektet 2226 i Lustenau, Østerrike. Videre fulgte flere år med prosjektering, forskning og reguleringsarbeid. Prosjekteringsprosessen for skissefasen ble styrt etter Snøhettas erfaringer med Powerhouse, med en tverrfaglig prosjekteringsgruppe.

Vertikal Nydalen er det første kombinasjonsbygget i Norge med naturlig ventilasjon. Bygget er på 18 etasjer, med servering i 1. og 2. etasje, kontorer i 3.-7. etasje og 40 leiligheter i 8.-18. etasje. Det sentrale ved utviklingen av Vertikal Nydalen var å utforme kontoretasjene med naturlig ventilasjon gjennom å åpne og lukke luker i fasaden, og at bygget var driftet uten å kjøpe energi til ventilasjon, oppvarming eller kjøling. Det var i kontordelen av bygget man ønsket å realisere løsningene som var brukt på 2226-bygget, og det er her den store forskningsinnsatsen ble lagt ned. Mens kontorarealene har enkelte dispensasjoner fra byggereglene og ren naturlig ventilasjon, har næringsdelen i plan 1-2 en kombinasjon av mekaniske og naturlig ventilasjon (hybrid ventilasjon). Boligene har avtrekksventilasjon med mekanisk avtrekk på bad, omluft med kullfilter på kjøkken og direkte tilluft gjennom luker i fasadene på stue og soverom.

Det viste seg umulig å gjenbruke løsningene fra 2226 til Oslo direkte, både som følge av klima, kommersielle forhold (arealutnyttelse, utleiebarhet og økonomi) og lokale regler. Derfor har Vertikal Nydalen et varme- og kjølesystem integrert i gulv og enkelte innervegger som er tilkoblet energibrønner og varmepumpe. LowEx, som systemet heter, er utviklet av Skanska Norge og har blitt benyttet i flere andre bygg.

Aktører i prosjektet

Byggherre	**Avantor**
Entreprenør (samspill)	**Skanska**
Arkitekt	**Snøhetta**
Landskapsarkitekt	**Lala**
Rådgivere	**RIB, RIG, RIEk, RIByFy, RIMAT, RIBetongteknologi og BREEAM AP: Skanska Teknikk** **RIV: Multiconsult** **RIE: Heiberg & Tveter** **RIVA: COWI** **RIMiljø: Norconsult** **RIBr: Fokus Rådgivning** **RIA: Brekke & Strand** **BIM Koordinator: Skanska BIM**
Utvalgte underentreprenører	**Grunnarbeider: Marthinsen og Duvholt** **Geobrønner: Rototec** **Vegg-elementer: Ringsaker vegg og takelement** **Rørlegger: Assemblin** **Ventilasjon (mekanisk): Haaland Klima** **Naturlig ventilasjon og klimastyring: Windowmaster** **Naturlig ventilasjon: Windowmaster** **Solcelle-anlegg: Solcellespesialisten** **Vinduer: Norgesvinduet** **Glass/alu: Profilteam**

Rapportens innhold

Rapporten fokuserer på de erfaringene og læringspunktene som forfatterne har funnet mest nyttige, fordelt på følgende tematiske inndeling:

- Bymiljø og arkitektur
- Bygningsmessig
- Klimatisering (og akustikk)
- Fysisk inneklima
- Opplevd inneklima og brukerfornøydhet
- Bygningsdrift
- Energi
- Klimagassutslipp
- Byggherreinformasjon (totaløkonomi, salgbarhet og gjennomføring)

I rapporten er det hentet informasjon fra følgende kilder:

- Prosjekteringsarbeidet
  - Snøhetta (ARK)
  - Skanska Teknikk (RIEN, Inneklima, Miljø/BREEAM/LCA)
  - Windowmaster (inneklima / naturlig ventilasjon)
  - Multiconsult (Mekanisk ventilasjon)
- Innregulering og prøvedrift
  - Skanska (ITB, Inneklima)
  - Windowmaster (ITB / inneklima / naturlig ventilasjon)
- Generelle driftserfaringer (Avantor)
- Målte verdier inneklima og energibehov fra byggets SD anlegg via SmartTune
- Energioppfølging i drift (Evotek)
- Separate målinger av:
  - Lufthastighet (Skanska)
  - Akustikk (Brekke&Strand)
  - Støv og forurensninger (Mycoteam)
- Spørreundersøkelser av byggets brukere
  Det har blitt gjennomført 4 spørreundersøkelser blant kontorbrukerne, utført hvert halvår i to år. Totalt 239 svar fra brukere hos alle de 5 ulike kontorleietakerne. Undersøkelsene ble gjennomført slik at over 90 % av de som var til stede i bygget på undersøkelsesdagen fikk avgitt svar via et kort spørreskjema, og dataene bør derfor være representative.

Rapportens innhold er hovedsakelig fokusert på kontordelen, som er den delen som har størst grad

av innovasjon. Viktige punkter for bolig- og næringsdelen er imidlertid medtatt der det er vurdert som riktig.

Beskrivelse, «som bygget»

Overordnet beskrivelse av bygget

Vertikal Nydalen ligger på Gullhaug Torg i Nydalen og er Norges første kombinasjonsbygg med naturlig klimatisering. Bygget ble åpnet i oktober 2023 og har restauranter, møteromssenter, kontorlokaler og leiligheter fordelt på totalt 10 000 kvadratmeter i 18 etasjer. Det er miljøsertifisert etter BREEAM-NOR 2016 til nivå Excellent for kontordelen.

Bygget inngår i forskningsprosjektene LowEx, Naturligvis, SmartTune og Hybridene, alle finansiert av Norges forskningsråd.

Vertikal Nydalen har valgt innovative løsninger for ventilasjon, oppvarming og kjøling. Oppnådd reduksjon av CO2-utslipp fra materialer, transport og energi er 51 % sammenliknet med et referansebygg. Her er det i størst mulig grad bruk av solceller, tunge og lavemitterende materialer samt vannbåren gulvvarme, der varmepumpen forsynes med grunnvann fra over 300 meter dype brønner.

I leilighetene benyttes avtrekksventilasjon med varmegjenvinning via avtrekksvarmepumpe på avtrekksluft, der ventilasjonsluften benyttes til oppvarming av varmtvann, kombinert med naturlig tilluft via lufteluker og åpningsbare vinduer. I næringsdelen er det hybrid ventilasjon med et balansert ventilasjonssystem med fortreningsventilasjon som dekker friskluftbehovet vinterstid, og automatisk åpningsbare lufteluker for tilleggslufting om sommeren.

Kontordelens arbeidslandskap har det mest innovative konseptet med ren naturlig ventilasjon gjennom motorstyrte luker i fasaden. Her er det ingen ventilasjonsaggregater eller -kanaler. I stedet ventileres bygget ved at luft slippes inn og ut gjennom luker i fasaden som åpner og lukker seg basert på CO2, temperatur og vindforhold. I tillegg finnes mekanisk avtrekk fra toalettene. På møterom tilføres luften fra gjennomføringer i fasaden via en lydfelle og små vifter som styres av temperatur og CO2-føler.

For å gjøre kontordelen i Vertikal Nydalen så energigjerrig som mulig, ble begrepet Triple Zero lansert. Begrepet innebærer null levert energi til oppvarming, kjøling og ventilasjon. For å få til denne ambisjonen brukes det en effektiv termisk energiforsyning og solceller på takene. Det effektive energiforsyningssystemet er bakgrunnen for at innovasjonsprosjektet LowEx ble initiert. Forskningsprosjektet fikk støtte fra Forskningsrådet. Ideen bak LowEx er å varme opp bygget med lave temperaturer (vanntemperatur på 24-29 °C) og kjøle/svale bygget med høye temperaturer (vanntemperatur på 18-20 °C). Koblet med energibrønner som er termisk stabile over året kan man da få oppvarming og kjøling som krever ekstremt lite kjøpt elektrisitet. Hele systemet er designet og optimalisert i et helhetsperspektiv, fra energiopptak i energibrønner, valg og design av varmepumper og vannbårent distribusjonssystem, til varmeavgivelsessystem i gulv og vegger lokalt i etasjene.

I et bygg uten store tekniske installasjoner blir det frigjort mer volum, og mer av innerveggene blir eksponert. Det å ha mye termisk masse, altså mange tunge konstruksjoner som lagrer varme, er en viktig del av energi- og klimakonseptet. Disse tunge konstruksjonene bidrar til å dempe temperatursvingninger og overfører overskuddsvarme fra dag til natt. Imidlertid skaper ofte slike tunge materialer i form av harde betongoverflater dårlig akustikk – og en potensiell konflikt mellom god romakustikk og god varmelagring oppstår. Dette er løst ved å ha absorbenter på vegger og opphengte lydbafler i den eksponerte betonghimlingen.

Referanser til tidligere beskrivelser

For beskrivelser av bygningens utforming og kvaliteter, nøkkeltall, miljøambisjoner løsninger osv. henvises til eksisterende informasjon som blant annet kan finnes på FutureBuilt.no, Avantor.no og Skanska.no/hybridene.

Målinger, erfaringer og læringspunkter

Bymiljø og arkitektur

Bymiljø og uteområder

Etablering av torg og uterom har vært viktig for prosjektet og Nydalen. Tidligere var området preget av en parkeringsplass og trafikkerte veger. Plassen foran Torgbygget var utflytende uten klare rammer, og området hadde dårlig trafikksikkerhet. Området hadde ingen grønne kvaliteter eller tilrettelegging for biologisk mangfold. Dessuten var alt overvann håndtert på harde flater uten noen form for drenering før påslipp til Akerselva.

I dag har torget gode kvaliteter for opphold av mennesker. Det er tilrettelagt med sittebenker og lekeområde for barn. Torget er klart definert rundt Akerselva, og med tydelige avgrensninger. Deler av torget er knyttet til uteservering fra utadrettede virksomheter på bakkeplan. Det avholdes jevnlig arrangementer på torget.

Området har fått flere regnbed som håndterer styrtregn uten at det belaster Akerselva. Regnbedene har planter og insektshotell som bidrar til biologisk mangfold. Området er tilført 10 nye store trær.

Avantor hadde en visjon om et bilfritt torg, men Bymiljøetaten krevde gjennomgående kjørevei fra vest mot øst. Erfaringen viste at bevisst bruk av belegning og beplantning gir lite trafikk. Dessuten blir trafikken underordnet myke trafikanter og hastigheten er lav.

Arkitektur og bygningsform

Byggets arkitektur har fått mye oppmerksomhet. Vertikal Nydalen er nominert til flere priser knyttet til arkitektur, blant annet Oslos Arkitekturpris, Grøssprisen, Proptech Norway pris, Storebrands Innovasjonspris, Byggebransjens Innovasjonspris, Cityprisen og på Mipim. Dette viser at bygget har fungert med den hensikt i å være et ikonisk bygg. Bygget har blitt et landemerke for Nydalen. Arkitekturen er fremmed i forhold til omgivelsene, og reaksjonene var sterkest når bygget reiste seg og var nytt. I dag erfares det at de alle fleste har en positiv oppfatning av bygget. Det oppfattes som at beboere og leietakere i bygget er stolte av å bruke bygget.

Fasadematerialet er Royalimpregnert furu. Etter tre års eksponering av fasaden mot vind og vær har treverket blitt grånet, og det ser ut til at man har lykkes med å unngå store fargeforskjeller eller bygningsskader fra uheldig avrenning.

Interiørarkitektur og leietakers erfaringer

Bygget har vært i bruk i kun to år, og det har ikke vært utskifting av leietakere. Ingen av leietakerne har foretatt egne ombygninger etter overtagelse. De ulike leietakerne har satt sitt preg på lokalene gjennom ulik farge på gipsvegger, kjøkken, effektbelysning og møblering. Dette er enkle elementer

som kan endres til nye leietakere uten store miljømessige eller kostnadsmessige tiltak. Overflater som eikespiler, betong tak og gulv er overflater som vil (må) bestå i nye leieforhold.

Himlingshøyden på 3.45 m er positivt tatt imot og gir arealene stor kvalitet. Teknikken oppfattes å være integrert sammen med de akustiske baflene opp mot betongdekket. Brukerne reagerer ofte på fraværet av ventilasjonsstøy og opplever det som en viktig kvalitet.

Erfaringen etter over to års drift har også synliggjort noen forhold som kunne vært løst bedre. Det er etablert åpne møteplasser i leietakerarealet. Disse har til nå blitt lite brukt. Metallspilene på lufttilførsel i møterom kan virke som unødvendig materialbruk. Støy fra vifter på møterom og lydisolering fra møterom til landskap (via overstrømningsventiler) har vært uheldige løsninger som brukerne har vært misfornøyd med. Det er etablert et møteromssenter i plan 2 i tilknytning til kantinen. Dette blir lite brukt da bygget har generelt nok møterom og rommene brukes også lite fra andre brukere i Nydalen.

Klimatisering

Ventilasjon

Hybrid ventilasjon (Næringsdel)

Utfordringer med kjøkkenventilasjon. Kjøkkenventilasjon prosjekteres gjerne som et separat system med egne løsninger. I dette tilfellet ble det benyttet standard Halton-aggregat uten spesiell styring eller tiltak for å redusere energibehov og tilpasse seg det øvrige ventilasjonskonseptet i bygget. Kjøkkenet utgjør også en betydelig del av arealet i plan 1 og kjøkkenventilasjonen stod for langt større luftmengder enn den øvrige ventilasjonen. Dette anlegget hadde ikke stengespjeld og gikk med stor luftmengde døgnet rundt. Dette skapte problemer for energibruk, varmesystem og trekk på kjøkken.

Som tiltak ble luftmengdene justert ned ut ifra tidsskjema og det ble montert bryter for forsering når kjøkkenet er i bruk. Dette fungerer likevel ikke optimalt da brukere glemmer å bruke knappen. Det anbefales å velge leverandørens løsning der drift og pådrag er forriglet mot kjøkkenutstyret i neste prosjekt.

Naturlig ventilasjon (Kontordel)

Trekkfølelse ved fasaden. En av hovedutfordringene med ventilasjonskonseptet var å imøtekomme behovet for friskluft vinterstid samtidig som man unngår trekkfølelse for dem som sitter nærmest (rett under) luftelukene. Ventilasjonskonseptet for kontorlandskap og teamrom var dimensjonert og designet for bruk med «trickle ventilation» eller «spalteventilasjon» som styringsprinsipp i vintermodus. Det vil si at luker åpner med liten åpningsgrad etter behov basert på CO2-nivå i inneluften (og justert etter vindretning og styrke). Det var beregnet ved CFD-analyse at de innvendige trekkforholdene på arbeidsplasser ved fasaden ville medføre lufthastigheter marginalt over tillatt nivå på 0,15 m/s. Det ble søkt og gitt dispensasjon fra arbeidsmiljølovens krav om lokalt termisk inneklima og herunder trekk. Tilgjengelig teori på feltet tilsa at brukerne likevel ikke ville oppleve forholdene som ubehagelige.

Etter idriftsettelsen i oktober 2023 begynte brukerne etter få uker å klage på trekk og susing/uling fra lukene. Det skal bemerkes at det var en sjelden kuldeperiode denne høsten med utetemperatur helt ned i -18 °C. Windowmaster vurderte muligheter for å endre styringen slik at trekkproblemene kunne reduseres samtidig som inneklima og friskluftsbehov ble ivaretatt. De hadde gode erfaringer med «pulse» styring av ventilasjon fra andre bygg lenger sør i Europa. Det ble gjort en test med dette i plan 3, der alle lukene samtidig åpnet til 15 % åpningsgrad (5 cm) i tre minutter hver hele

time i driftstiden. Hver halve time åpnet lukene tilsvarende dersom CO2-nivået i lokalet var over en viss grenseverdi. I tillegg kjørtes en lengre puls på tidlig morgen for å skifte ut luften før ansatte kom på jobb.

Brukererfaringene med den testede løsningen var svært gode, og løsningen ble innført for hele kontordelen (med unntak av møterom og teamrom). Løsningen har fungert tilnærmet uten klager siden den ble innført. Dette til tross for utetemperaturer på ned til -21 °C enkelte dager i vinteren 2023. Dette er kaldere enn dimensjonerende utetemperatur for bygget. Brukerne rapporterer at de kjenner trekk når lukene åpner, men siden de vet at dette kun varer i tre minutter og skjer hver time, plager det dem ikke. Tvert imot synes flere at det er deilig med en «oppkvikker», så lenge tidspunkt og lengde på hendelsen er forutsigbar.

Det viser seg at denne dynamiske håndteringen av ventilasjon og trekk er dårlig dekket i faglitteraturen. Både forskrifter, standarder og forskning er gjort med forutsetning om stabile forhold slik man opplever med mekanisk ventilasjon. Det har vært vanskelig å avgjøre om den gjeldende løsningen tilfredsstiller kravene i teknisk forskrift og arbeidsmiljøloven, ettersom det ikke er spesifisert noe tidsintervall for kravene til hva som regnes som «trekk». Det er heller ikke funnet forskning rundt fenomenet med «periodisk trekk». Hvor lenge og hvor ofte kan man for eksempel regne med at brukerne vil godta at det er trekk? Ville fire ganger i timen à 8 minutter også fungere? Og ville det oppleves likt om brukerne ikke kunne se at lukene åpnet seg og så at det var uteluft som kom inn? Kan man oppnå samme tilfredshet med et mekanisk ventilasjonsanlegg som kun går på og gir trekk i korte perioder? Dette er et spennende område for videre forskning.

Løsning i møterom. Møterom har høyere personbelastning enn kontorlandskap og er mer utfordrende med tanke på inneklima, særlig luftkvalitet og trekk på vinterstid. Det er kort vei mellom for mye ventilasjon (og trekk på de som sitter ved fasaden) og for lite ventilasjon (dårlig luft). I disse rommene har det blitt montert plenumskammer som fordeler tilluften utover et større areal for å unngå trekk. Luftmengden styres kontinuerlig basert på bevegelsessensorer, CO2-nivå og temperatur i rommet. Tilluften i møterommene hentes direkte fra fasaden. For å oppfylle støykrav tilføres luften via en vifte med lydfelle. For øvrig styres de av samme system som lukene.

Det ble raskt etter åpning rapportert om kalde møterom. Det viste seg da at luftmengdene var vesentlig høyere enn det som var prosjektert. Etter innregulering og finjustering har resultatet blitt bra, men det er en fin balanse mellom luftkvalitet og temperatur/trekk. Andelen klager på inneklimaet i møterom vurderes å være mindre enn hva som er vanlig i et konvensjonelt klimatisert bygg med omrøringsventilasjon. Til sammenligning med et konvensjonelt møterom, der luften gjerne blir varmere og dårligere lenger ut i møtet, oppleves møterommene her å bli friskere og noe kaldere ved lengre møter. Brukerne har også fått mulighet til å overstyre ventilasjonen selv med en «boost» knapp.

Mangel på filter og støydemping. Det har vært enkelte klager på støy utenfra, spesielt i det første driftsåret da det pågikk arbeid med steinlegging på plassen utenfor. Spørreundersøkelser viser at 50 % var plaget av støy mens arbeidene pågikk. Etter at arbeidene var avsluttet viser spørreundersøkelsene at 10-20 % er plaget av støy utenfra på arbeidsplassen. Enkelte arbeidsplasser plages mest av støy fra elven, spesielt når det går mye vann i den. Man har her vurdert å innføre andre styringskonsepter på enkelte luker for å redusere problemet i vårløsningen. Elvesus er for øvrig ikke definert som støy.

Det har vært få klager på pollen. Spørreundersøkelser viser at 17 % var plaget av pollen i verste pollensesong, men få har klaget til Avantor om dette. Før øvrig ser det ut til at 5-10 % er plaget av pollen eller støv på arbeidsplassen i andre årstider (se senere kapittel med resultater fra spørreundersøkelser om opplevd inneklima).

Dispensasjoner (luftmengde og lufthastighet). Som nevnt ble det søkt om og innvilget dispensasjon fra byggeforskriftens inneklimakrav, samt inneklimakrav i Arbeidsmiljøloven. Det

kan se ut til at prosjektet kunne klart seg uten dispensasjonene for luftmengde og lufthastighet i nærsonen.

CO2-nivået i inneluften er svært sjelden høyere enn 1000 ppm. Dersom dette kunne brukes som dokumentasjon på tilstrekkelig friskluftmengde, vil dette bli ansett som tilfredsstillende for byggteknisk forskrift (TEK17) og Arbeidstilsynet. Årsaken til at det ikke har vært nødvendig å gå over dette nivået er pulsventilasjonsstrategien og noe lavere persontetthet i lokalene enn antatt.

Med pulsventilasjonsstrategien oppstår det trekk tre eller seks min i timen i arbeidstiden. Lufthastigheten ved arbeidsplassen ved lukeåpningen er høyere enn makskravet på 0,15 m/s, men den korte tiden medfører at dette avviket er innenfor kravet. Det skal merkes at avviksgrensene for trekk er dårlig definert i standardverket. Akseptgrense gitt i Tillegg G i NS-EN 15251 er nå gitt i Tillegg E i SN-CEN/TR 16798-2. Verken TEK17 eller Arbeidstilsynet henviser til 16798-2, men Standard Norge bekrefter at denne er gjeldende i Norge. Tillegget definerer da maks tre min. avvik i timen.

Avtrekksventilasjon (Boligdel)

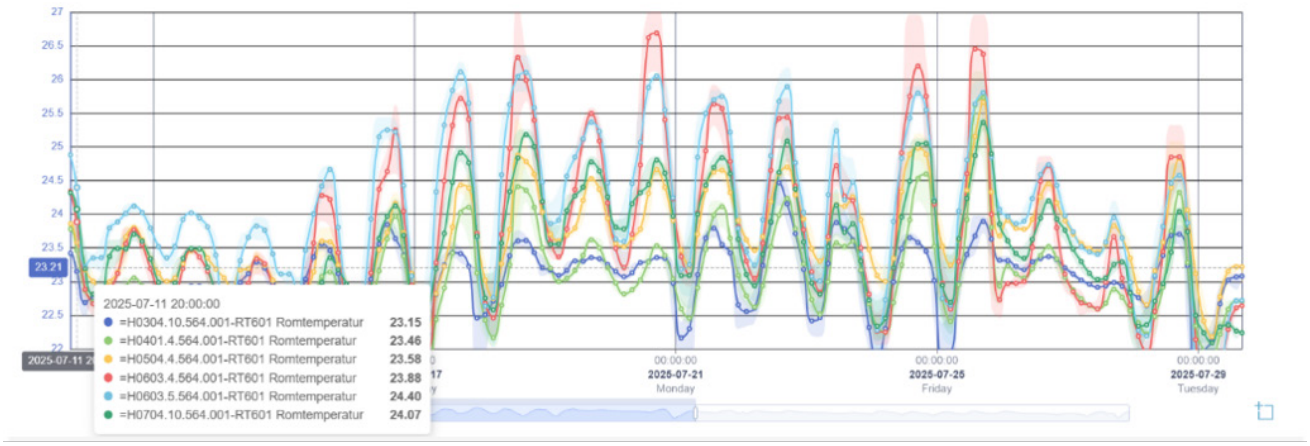
Utfordring med overventilering med feil/for store luker. Det ble i forbindelse med bygging valgt for store ventiler for boligene, som medførte at ventilene ikke hadde autoritet på trykkfallet (dvs for liten motstand i ventilen) og man fikk utilsiktet kryssventilasjon mellom lukene på vindfulle dager, som kom i tillegg til den tilsiktede avtrekksventilasjonen. Dette medførte overventilering av enkelte rom, og påfølgende lave temperaturer. Problemet ble løst ved at ventilene ble erstattet med bedre egnede og manuelt regulerbare ventiler.

Varme og kjøling

Romnivå

LowEx funksjon på rom nivå. LowEx varmesystemet holder varmen fint (ca 23 °C innetemperatur i kontor), også ved svært lave utetemperaturer (-23 °C i januar 2024). Man har valgt å holde litt høyere innetemperatur enn prosjektert, da dette gjør brukerne mer robuste for kald trekk ved pulsventilasjon. Varmesystemet er imidlertid avhengig av at det ikke overventileres når utetemperaturen er lav. Det har vært tilfeller der luker har hengt seg opp eller ventilasjon på møterom har mistet styringssignal og dermed stått på. Dette har ført til lav innetemperatur i enkeltrom. Det har imidlertid vært mulig å finne en fin balanse mellom friskluftmengde og innetemperatur i alle rom/soner.

LowEx kjølesystemet holder fin innetemperatur i lokalene i varme perioder, til tross for at det ikke er utvendig solavskjerming på noen av vinduene. Nedenstående figur 1 viser romlufttemperatur i kontorlandskap mot SV i alle kontoretasjene for varmeperioden i juli 2025. Det var få eller ingen personer til stede i arealene på disse tidspunktene (fellesferie). Plan 3 er den etasjen med lavest maksimaltemperatur. Årsaken til dette er at vinduene i plan 3 skrår utover, mens de øvrige etasjene har SV fasade som skrår innover. Innoverskrånende fasade (vinduer vinklet mot himmelen) mottar større solbelastning enn utoverskrånende. Den aktuelle varmeperioden hadde utetemperaturer som overgikk maksimaltemperaturen som bygget er dimensjonert for, og var rekord-varm i Norsk sammenheng. Likevel var det bare to av rommene som enkelte dager hadde innetemperatur som overgikk designkriteriet på 26 °C. Generelt sett kan vi si at kjølesystemet og termisk komfort i sommersituasjon er bedre enn forventet.



Figur 1: Romlufttemperaturer i landskapssone mot SV målt av byggets innebygde temperatursensorer plassert på vegg mot kjerne i 1,1m høyde. (Måleseriens etasje sees som «H03, H04, etc.»)

Problemer med aktuatorer som ikke stengte. I de første månedene etter at bygget åpnet var det problemer med overtemperatur i flere soner. Dette ble løst ved å sette ned settpunkt i flere rom, men uten stor effekt. Det ble avdekket at aktuatorene i varmesystemet ikke lukket ordentlig, som resulterte i at varme stod på også da den skulle være lukket. Dette skyldtes en produksjonsfeil i aktuatorene. Aktuatorene ble byttet og problemene opphørte.

Problem med lave temperaturer i kantine. De første to vintrene var det problemer med lav innetemperatur i kantinen. En rekke ulike årsaker ble undersøkt:

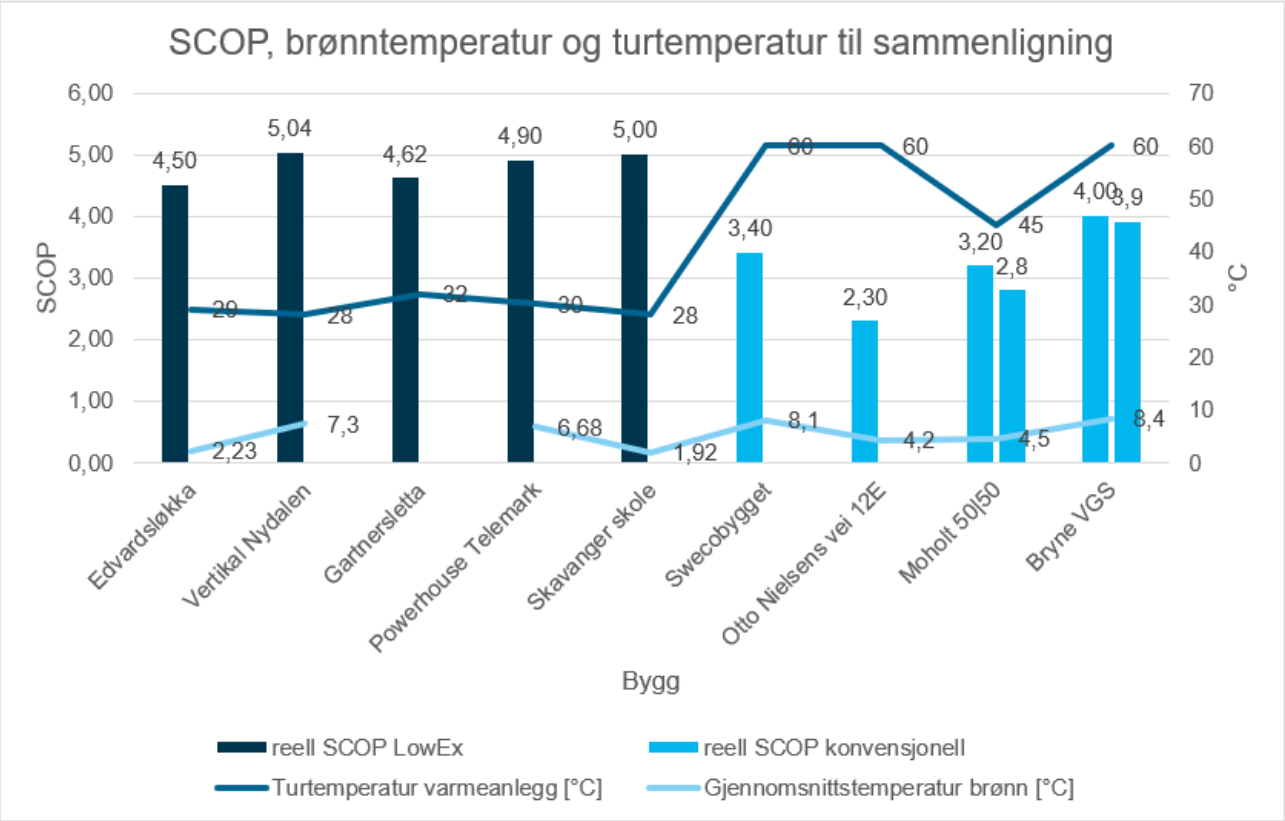
- Varmelekkasje til kjelleren via uisolert dekke
- Døgnkontinuerlig drift av kjøkkenventilasjon
- Tilbakeslag av falsk luft via kjøkkenventilasjon (når avstengt)
- Skorsteinseffekt via interne lekkasjer og stort undertrykk i plan 1
- Kuldebro og luftlekkasje i glassfasade plan 1

Det viste seg til slutt at problemet skyldtes en feil styringsinnstilling for en stengeventil for varme i plan 1. Feilen medførte at ventilen modulerte og kun slapp igjennom ¼ så mye varme som den skulle. Problemene opphørte i mars 2025 da feilen ble rettet. Da hadde også mange andre tiltak blitt prøvd, slik som tettetiltak i fasade og på tak, endringer på ventilasjonen osv.

Utfordringer ved innregulering ift. sesongoverganger. LowEx-systemet er et 2-rørs system der kjøling og oppvarming ikke kan kjøres samtidig på byggnivå. Systemet har et utetemperaturkriterie for når oppvarmingsmodus starter (9 °C vektet utetemperatur for tre kommende døgn). Ulike soner i bygget kan ha ulike behov for oppvarming, og det har vært nødvendig med mindre endringer og tilpasninger av kriteriet for å tilfredsstille alle behov. Næring/kontordel har et separat system fra boligdelen, slik at disse kan ha ulike innstillinger. Det har vært behov for å endre settpunktene for boligdelen, da brukerne ønsket varme før systemet gikk i varmemodus.

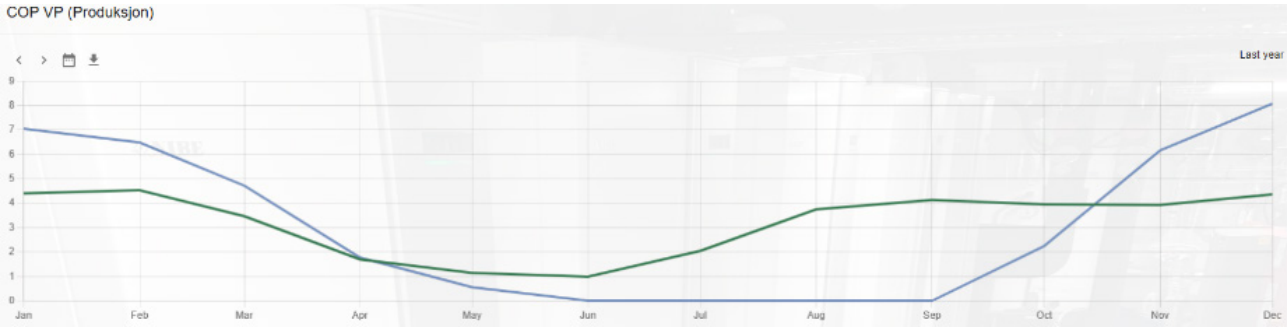
Energisentral

Ytelse varmepumper. Varmepumpene yter generelt sett bedre enn prosjektert. Figur 2 på neste side er hentet fra bacheloroppgaven «LowEx-oppvarmingsprinsipp: Er effektfaktoren like god under drift som den prosjekterte verdien?» fra Oslo Met 2025, og viser målt sesongytelsesfaktor for 9 ulike bygg, hvorav Vertikal Nydalen var ett av 5 bygg med LowEx systemet. Målingene viste en SCOP i sesongen 24/25 på 5,04. Tilsvarende prosjektert verdi var 4,8.



Figur 2: SCOP, turtemperatur og brinetemperatur, hentet fra bacheloroppgaven «LowEx-oppvarmingsprinsipp: Er effektfaktoren like god under drift som den prosjekterte verdien?» av Johanna Reksten, Julie Søfting Tovslid og Kristine Kvivik Johansen ved Oslo Met, 2025

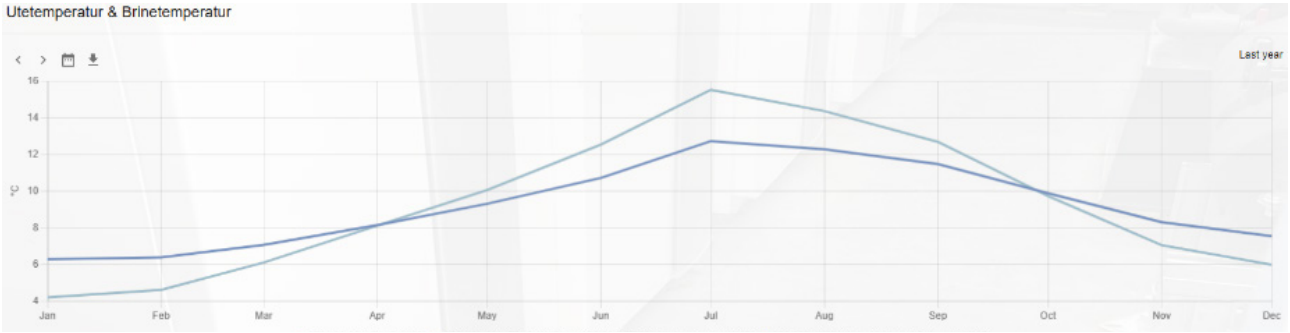
Figur 3 nedenfor viser prosjektert COP (grønn linje) mot målt COP (blå linje) gjennom året 2025. COP vises som 0 når varmepumpen er avslått, som gjør at månedene mars-september viser lavere gjennomsnittsverdi.



Figur 3: Målt COP fra 2024/25 hentet fra styringssystemet via SmartTune. Prosjektert COP er vist i grønt, målt COP i blått.

Geobrønner

Den antatte årsaken til at varmepumpen yter med høyere SCOP enn forutsatt er at brinetemperaturen fra energibrønnene er høyere enn forutsatt. Figur 4 viser brønntemperatur for 2025 i blått, der mørk blå er temperaturen opp fra brønnene og lys blå er temperaturen ned i brønnene.



Figur 4: Brønntemperaturer for 2025, med turtemperatur i mørk blå og returtemperatur i lys blå.

Akustikk

Bakgrunn

Gjennom prosjektet ble det, så langt det var mulig, valgt å implementere de preaksepterte ytelsene for akustikk ved å benytte tekniske løsninger hentet fra prosjekteringshåndbøker og SINTEF Byggforsks byggdetaljblader. Disse løsningene har fungert tilfredsstillende og vil derfor ikke omtales videre i denne sammenheng.

Unntakene var utfordringer knyttet til lydabsorpsjon i kontor- og næringsarealer, samt støynivå som følge av bruk av naturlig ventilasjon via åpne vindusløsninger. Det ble her funnet nødvendig å undersøke og vurdere tekniske løsninger spesielt. De neste kapitlene vil derfor fokusere på erfaringer og tiltak knyttet til disse to problemstillingene.

Lydisolering

Vertikal lydisolering - Etasjeskiller

Det er benyttet 250 mm betong i etasjeskiller i alle etasjer. Mellom kontorer og mellom kontor og næringsareal vil betongdekket i seg selv gi tilstrekkelig luftlydisolasjon. Det er målt tilfredsstillende trinnlydnivå (NS8175:2019) i kontorlokaler ved bruk av flytende 100 mm armert påstøp med vannrør.

Horisontal luftlydisolering

Krav til horisontal lydisolasjon ble ivaretatt med tradisjonelle lydisolerende stenderverksvegger og bruk av lyddempende overstrømningsventiler etc.

Kontorlandskap – romakustikk

I NS 8175:2012 er grenseverdiene for kontorlandskap angitt med parametere for etterklangstid og bakgrunnsstøy. Minstekrav til etterklangstid er avhengig av høyden. T ≤ 0,16 x h og bakgrunnsstøynivå under LpA, max ≤ 35 dB.

Det finnes en standard for målinger av lydforhold i kontorlandskap, ISO 3382-3 "Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 3: Open plan offices". Her legges det vekt på følgende målestørrelser for å vurdere sjenanse/distraksjon og lydnivå:

- Distraksjonsavstand rD, med anbefalt laveste verdi lik 11 m. En stor distraksjonsavstand tilsier at lyden i rommet er så tydelig at man blir distrahert selv om man er langt unna der lyden lages. Distraksjonsavstanden er påvirket av både hvor godt rommet er dempet og bakgrunnsstøynivået i rommet (økt demping øker rD, mens økt bakgrunnsstøynivå reduserer rD.)
- Avstandsdempning, D2,s, med anbefalt laveste verdi lik 7 dB. Avstandsdempingen tilsvarer hvor mye lydnivået går ned ved å doble avstanden til lydkilden. 7 dB kan sies å være mye, og noe som er vanskelig å til på grunn av refleksjoner nær arbeidsstasjonene som fasade eller himling.
- Lydnivå fra tale på 4 m avstand, Lp,AS,4m, med anbefalt høyeste verdi lik 52 dB. Dette tilsvarer lydnivået fra en kollega som snakker på 4 m avstand vendt mot deg.

I detaljprosjektet ble det besluttet å benytte preaksepterte krav til kontorlandskap, men man har også beregnet og målt ISO 3382-3 parametere for å kunne sammenlikne dette i framtidige prosjekter. Det finnes fortsatt ikke en entydig referansesituasjon for kontorlandskap, men det ble i prosjektet utført analyse med anerkjent simuleringsverktøy som simulerer lydens refleksjoner i rommet samtidig som det tas hensyn til rommets geometri og flatenes lydabsorberende og lydspredende egenskaper og gjort kontrollmålinger i ettertid.

Det bemerkes at man i 2019 utgaven av NS 8175 har lempet på krav til etterklangstid i kontorlandskap, men man har ikke endret på anbefalinger til andre parametere hentet fra ISO 3382-3.

Layout og løsninger

Mens vanlige kontorlandskap ofte har rektangulær form med harde parallelle flater som gjør at lyden «slår» mellom veggene, gir den geometriske utformingen som er utarbeidet for Gullhaug Torg en mer fordelaktig geometrisk virkning på lydutbredelsen. Innerveggene og himling er forutsatt mer lydspredende enn tradisjonelle kontorlandskap. I tillegg er det etablert en mer jevn fordeling av nødvendig absorpsjonsareal. Dette gjør at rommet er mer diffust og absorbentene oppnår maksimal virkning.

Løsningsforslag himlingsabsorbent

Termisk lagring reduserer muligheten til å benytte heldekkende lydabsorberende himlinger. Det ble i prosjektet foreslått å eksponere mer enn 50 % av himlingen. Den store takhøyden muliggjør bruk av elementer med større vertikal utstrekning/nedbygging enn i normale situasjoner.

Mange løsninger ble vurdert i detaljprosjektet, før man til slutt landet på en løsning med bafler. I FoU-prosjektet Naturligvis, ble det gjort omfattende arbeid som viser at en løsning med 100 mm bafler som er montert direkte i himlingen gir en optimal effekt.

Man fant i markedet bafler som kunne produseres i 100 mm tykkelse med ønsket strømningsmotstand, samt at de kunne direktemonteres i tak, noe som har stor betydning

for absorpsjonsegenskapene. Baflene er laget med 100 % polyesterfiber (PET) hvor 50 % er gjenvunnet materiale.

I tillegg ble det benyttet flere flater med nedsenket himling med 200 mm tykkelse på absorbentene.

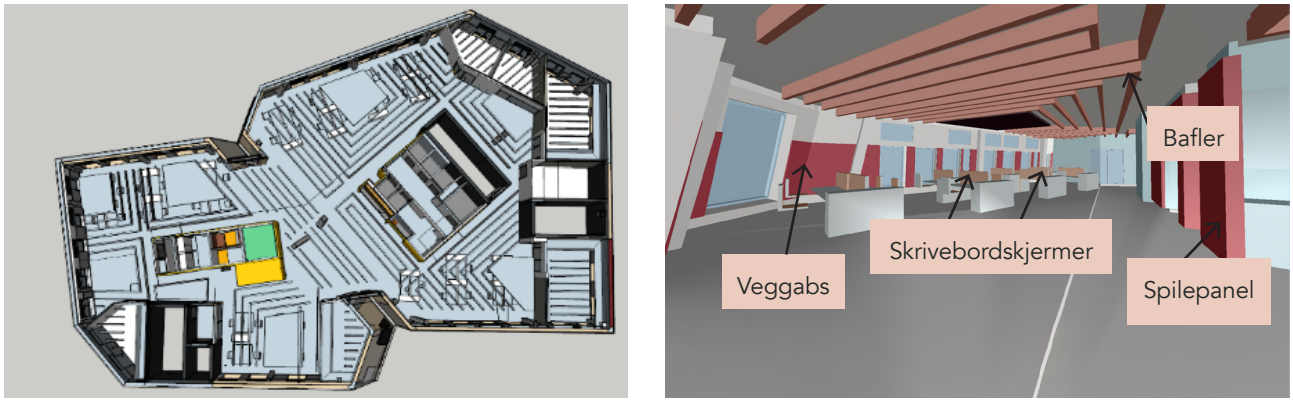
Løsningsforslag veggabsorbent

På veggene er det benyttet stor utstrekning av 50 mm direktemontere lydabsorbenter, samt spile-/ spaltepanel med bakenforliggende mineralull.

Absorbent typ	Plassering	Produkt	Tykkelse
Veggabsorbent	Fasadevegg	Ecophon Texona	40 mm
Spilepanel	Kjernevegger	Spiler (*b* x *d* = 8 x 25 mm, cc 20 mm)	50 mm min. ull, 50 mm luft
Bafler	Himling	Ecosund PET	100 mm
Himlingsfelter	Himling	Ecosund PET + mineralull	100 mm + 100 mm
Skrivbordskjermer	Mellom arbeidsplasser	Absorbent trukket i tekstil	Min. 40 mm

Tabell 1: Beskrivelse av absorbenter

Figur 5 under viser utdrag fra 3D modellen:



Figur 5: Absorbenter i landskap

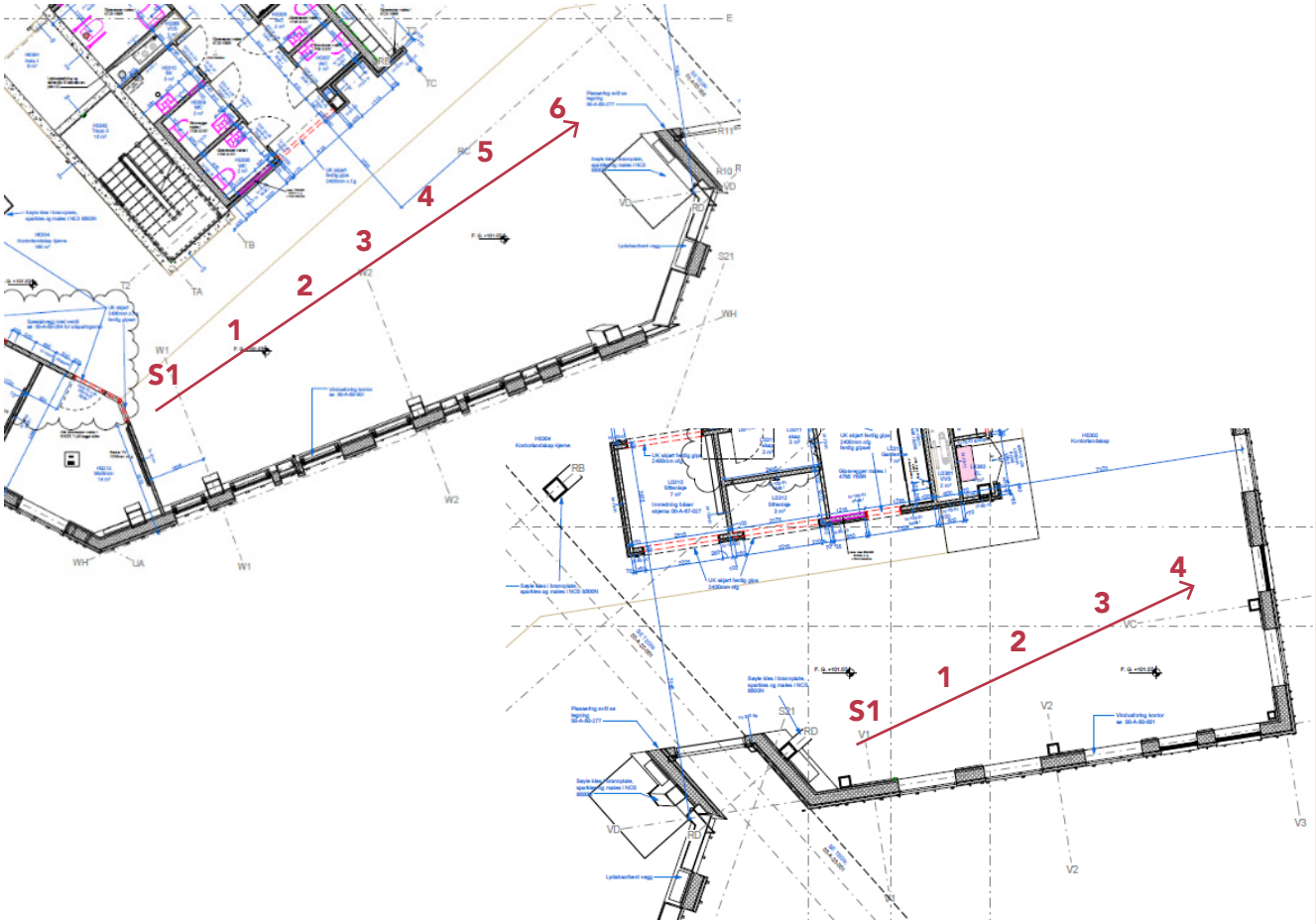
Bakgrunnsstøy

Bakgrunnsstøyen må være så lav at den ikke forstyrrer samtale og kommunikasjon innenfor den enkelte arbeidsgruppa. Samtidig er det fordel om bakgrunnsstøyen har et høyt nok nivå til å overdøve/maskere lyd fra nærliggende aktiviteter. Det generelle lydnivået bør være høyere i et kontorlandskap enn i et vanlig enkeltkontor. Når mange personer arbeider med ensartede oppgaver i samme rom, oppstår en relativt jevn bakgrunnsstøy. I et kontorlandskap varierer denne støyen mellom 40 og 45 dB(A), avhengig av hva slags virksomhet som foregår. I prosjektet får man også inn naturlig bakgrunnsstøy ved at lufteluker åpnes, samtidig som støy fra mekanisk ventilasjon er eliminert. Det ble gjort målinger av ISO-3382 parameteren for å se på forskjell med åpne og lukkede lufteluker.

Lydmålinger i kontorlandskap

Måleoppsett

Det ble målt med to ulike kildeposisjoner langs to forskjellige linjer med spesialutstyr kalibrert for å måle i henhold til ISO 3382-3. For kildeposisjon S1 ble det målt ved seks forskjellige mottakerposisjoner i avstand 3,35–14,8 m fra kilden. For kildeposisjon S2 ble det målt ved fire forskjellige mottakerposisjoner i avstand 3,5–8,9 m fra kilden. Figur 6 viser tilnærmet lokasjon for de to transmisjonslinjene med kilde- og mottakerposisjoner.



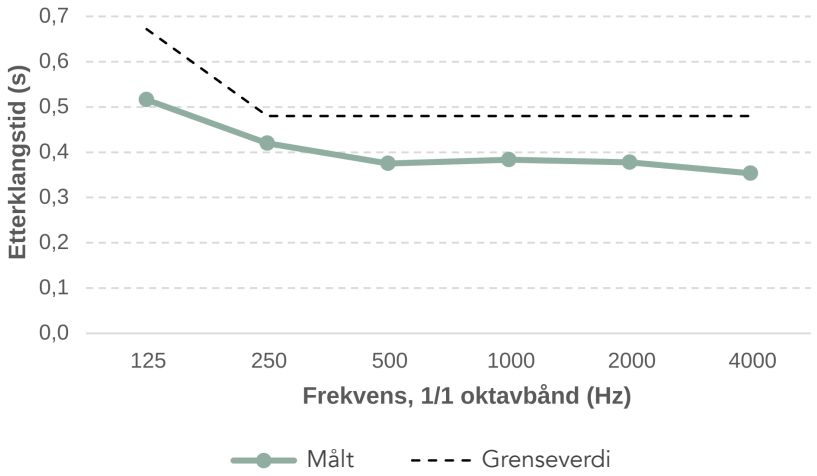
Figur 6: Transmisjonslinjer, kilde- og mottakerposisjoner for målinger i henhold til ISO 3382-3.

Figur 7: Bilder fra kontorlandskapet.

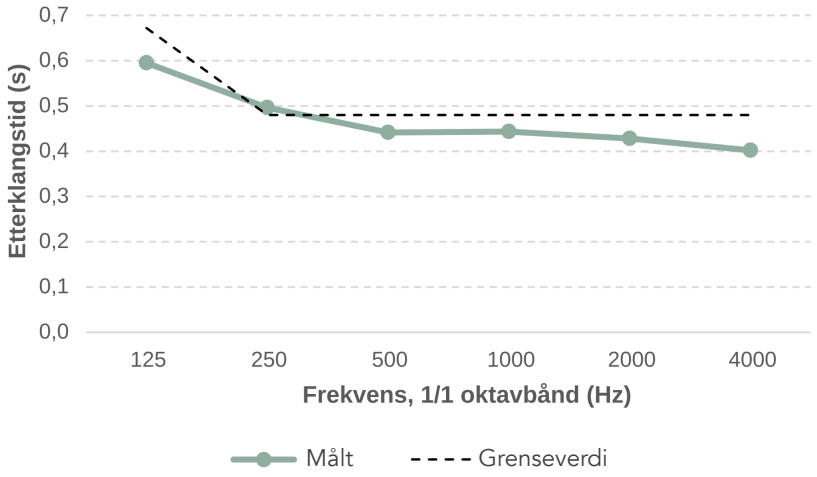
Figur 7 viser bilder tatt fra landskapet. Landskapet har arbeidsstasjoner som bygger ca 1,3 m opp i høyde fra gulvet, med arbeidsstasjonene organisert i firergrupper. Estimert volum til hele kontorlandskapet er 1329 m3.

Måleresultater

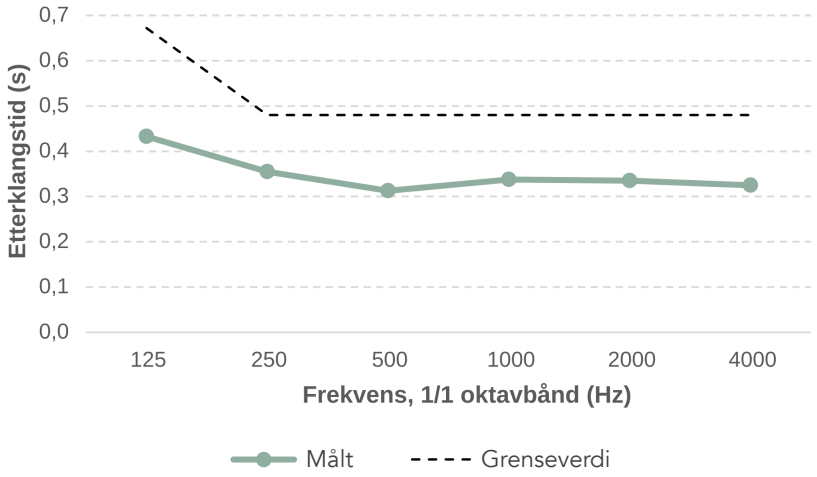
Figur 8 viser gjennomsnittlig målt etterklangstid for de to områdene (S1 og S2) sett under ett. Krav (maksimalkrav) er vist med sort stiplet linje, målt verdi med grønn heltrukken linje. Krav er tilfredsstilt når målt nivå ligger under krav. Graden av romakustiske tiltak var mer omfattende i området S2, med høyere innslag av veggabsorbenter. Dette gjenspeiles også i måleresultatene når vi ser på resultatene for S1 og S2 hver for seg, se Figur 8–10.



Figur 8: Gjennomsnittlig målt etterklangstid i kontorlandskapet, S1 og S2 samlet.



Figur 9: Gjennomsnittlig målt etterklangstid i kontorlandskapet, kun S1.



Figur 10: Gjennomsnittlig målt etterklangstid i kontorlandskapet, kun S2.

Tabell 2 viser resultatene for ISO 3382-3-parametrene. Vi ser at grenseverdien for D2,s (≥ 7 dB) ikke er oppfylt for verken S1 eller S2. I FoU-prosjektet Naturligvis ble flere ulike kontorlandskap undersøkt, og basert på disse erfaringene er resultatene for dette prosjektet sammenliknbart med tradisjonelle kontorlandskap (> 5 dB). Måleresultatene stemmer også godt overens med beregningene som ble utført i detaljprosjektet.

Grenseverdi for estimert talenivå på 4 m avstand (≤ 52 dB) er tilfredsstilt for begge transmisjonslinjene, kun marginal tilfredsstilt for S1 (0,1 dB margin). At estimert talenivå er høyere for S1 enn S2 kan virke paradoksalt ut fra resultatene for D2,s (høyere avstandsdemping for S1) og stemmer godt overens med beregninger som ble utført i detaljprosjektet.

Grenseverdien for distraksjon, rD (≤ 11 m), er oppfylt for både S1 og S2 gitt at ventilasjonslukene som vender mot Akerselva er åpne. Vi ser at bakgrunnsstøynivået økte ca 10 dB ved å åpne lukene (avhengig av vannføringen i Akerselva og annen aktivitet utenfor).

Både D2,s og rD vil være ganske følsom for faktiske lydveier og hvor mye direktelyden blir blokkert langs transmisjonslinjen.

Parameter	S1		S2	
	Lukkede luker	Åpne luker	Lukkede luker	Åpne luker
$D_{2,s}$	5,7 dB		5,2 dB	
$L_{p,AS,4m}$	51,9 dB		50,2 dB	
r_D	14,5 m	6,8 m	15,6 m	6,2 m
$L_{p,A,B}$	32,1 dB	42,1 dB	32,1 dB	42,1 dB

Tabell 2: Resultater for ISO 3382-3-parametrene.

Mens et vanlig kontorlandskap ofte har rektangulær form med harde parallelle flater som gjør at lyden «slår» mellom veggene, gir romutformingen i Vertikal Nydalen en mer fordelaktig geometrisk virkning på lydutbedringen.

Innerveggene og himling er forutsatt mer diffuserende enn referansesituasjonen. I tillegg er det etablert en jevn fordeling av nødvendig lydabsorberende flater, 80 % i himling og 20 % av vegg. Plasseringen av lydabsorberende flater er også jevnt fordelt på de ulike flatene. Dette gjør at rommet er mer diffust og absorbentene virker mer effektivt.

Verdiene i forhold til målestandarden for kontorlandskap (ISO 3382-3) ligger stort sett på samme nivå eller bedre enn et utvalg av referansesituasjoner for mer tradisjonelle kontorlandskap. I prosjektet oppfyller man de strengeste preaksepterte grenseverdiene til kontorlandskap og det oppleves som et godt innemiljø. Det at bakgrunnsstøyen generelt sett er lav med lukkede ventilasjonsluker fører til at man ikke oppfyller grenseverdiene i ISO 3382-3, og at vil være mer støymessig sjenert enn når lukene står åpne. Dette skyldes at den jevne lyden fra elva utenfor med åpne ventilasjonsluker bidrar til å overdøve/maskere potensielt forstyrrende lyder. Det er derfor interessant å få erfaring framover om hvorvidt dette også oppleves av brukerne av bygget.

Opplevde akustiske forhold

Nedenfor følger noen generelle tilbakemeldinger fra brukere og driftspersonell i bygget.

Generelle tilbakemeldinger

Brukere og besøkende kommenterer at det er veldig stille og god akustikk i lokalene.

Lyd fra luker og spjeld

Det har vært noen klager på lyden av at spjeld åpner i møterom. Dette er det eneste av VVS-teknikk som finnes i kontordelen. Det har vist seg at det var noe feil med enkelte av spjeldmotorene slik at de ga ifra seg unormalt høy lyd. Disse motorene er nå byttet ut. Det ble på et tidspunkt også gjort endringer i styringen slik at spjeldene ikke stengte mens møter pågikk.

Fravær av støy fra ventilasjon

Brukere og besøkende kommenterer og lar seg begeistre av fraværet av ventilasjonsstøy og sus i lokalene.

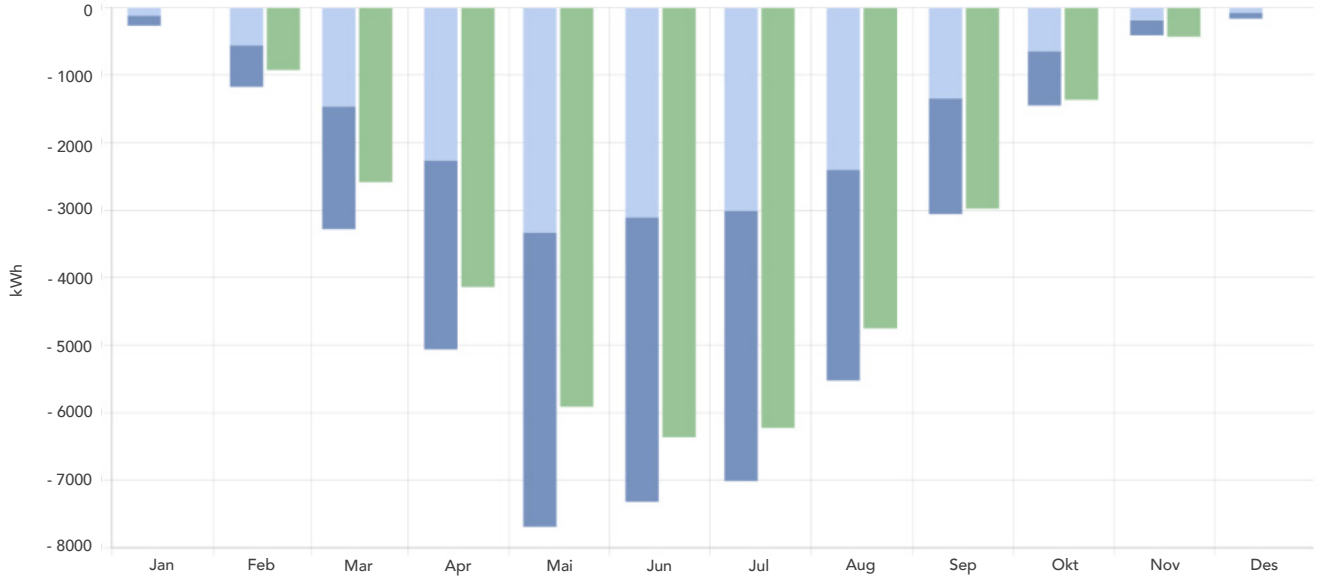
Energiproduksjon

Solcelleanlegg på baldakin stilte ekstra krav på grunn av vind

Solcelleanleggene som er bygget på baldakin på takene viste seg å være utfordrende å bygge i praksis. Vindlastene på stedet er svært store.

Produksjon av energi

Solcelleanlegget yter jevnt over mer enn forventet. Se resultatet for 2025 i figur 11 der målt produksjon vises i blå søyle og beregnet produksjon i grønn.



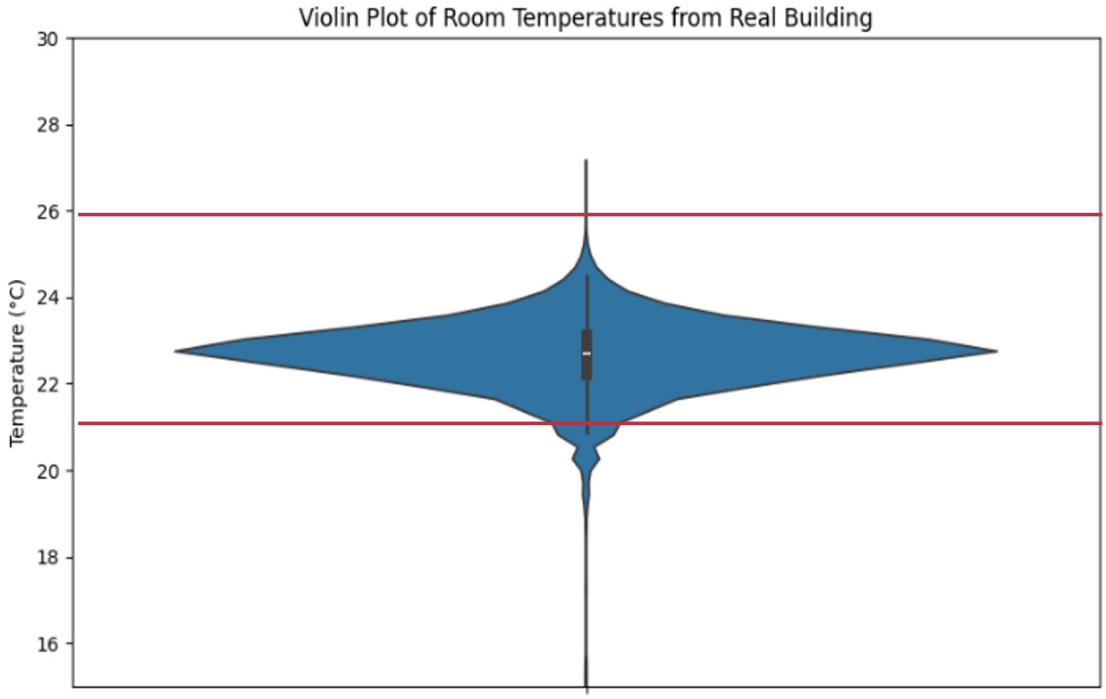
Figur 11: Målt energiproduksjon for 2025 med produksjon fra høyblokk i mørk blå og produksjon fra lavblokk i lys blå, mot beregnet produksjon i grønt.

Fysisk inneklima

Termisk

Avlesninger romsensorer

Nedenstående figur 12 viser distribusjonen av romtemperaturer registrert i driftstiden for perioden 1. jan 2024 til juni 2025. Røde streker viser komfortgrensene. Figuren viser at bygget holder normal innetemperatur.



Figur 12: Fiolin-plot av temperaturmålinger fra byggets innebygde sensorer. Bredden av «fiolinen» angir det relative antallet målinger innen hvert temperaturnivå.

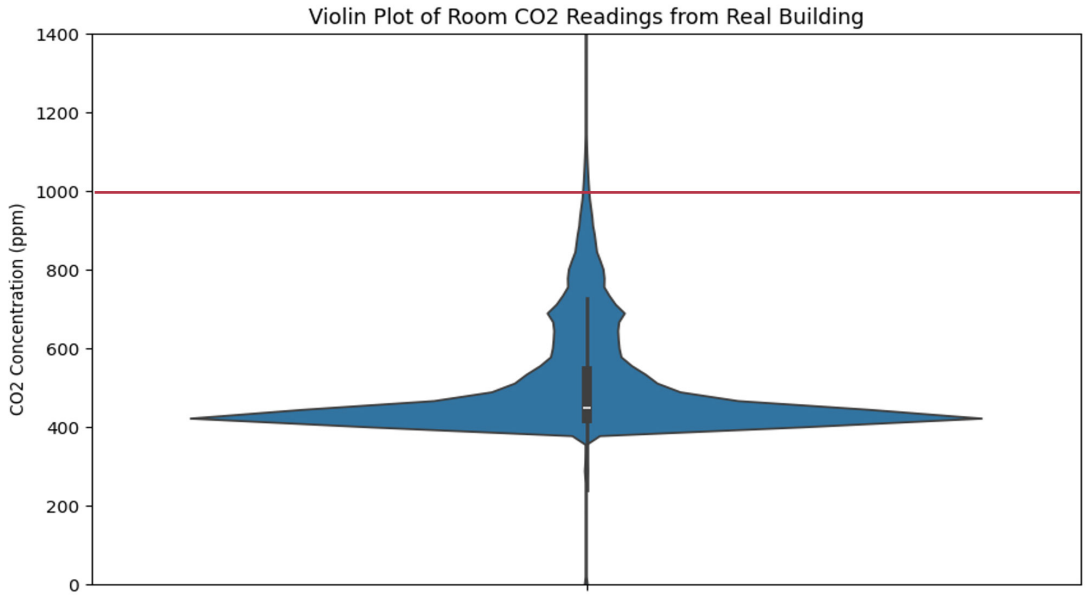
Målinger av lufthastighet

Det har blitt utført en manuell måling av lufthastighet ved arbeidsplass under vindu ved puls-åpning vinterstid. Utetemperaturen ved måling var -17 °C. Vi ser at maks lufthastighet er på 0,32 m/s, godt over preakseptert nivå på 0,15 m/s. Avviket varer imidlertid kun i 3 minutter av gangen, og kan derfor ikke sies å være et avvik fra standarden.

Luftkvalitet

CO2 avlesninger romsensorer

Figur 13 på neste side viser distribusjonen av CO2-målinger registrert i driftstiden for perioden 1. jan 2024 til juni 2025. Røde streker viser komfortgrensene. Figuren viser at bygget holder normalt CO2-nivå, og at det er få målinger over 1000 ppm.

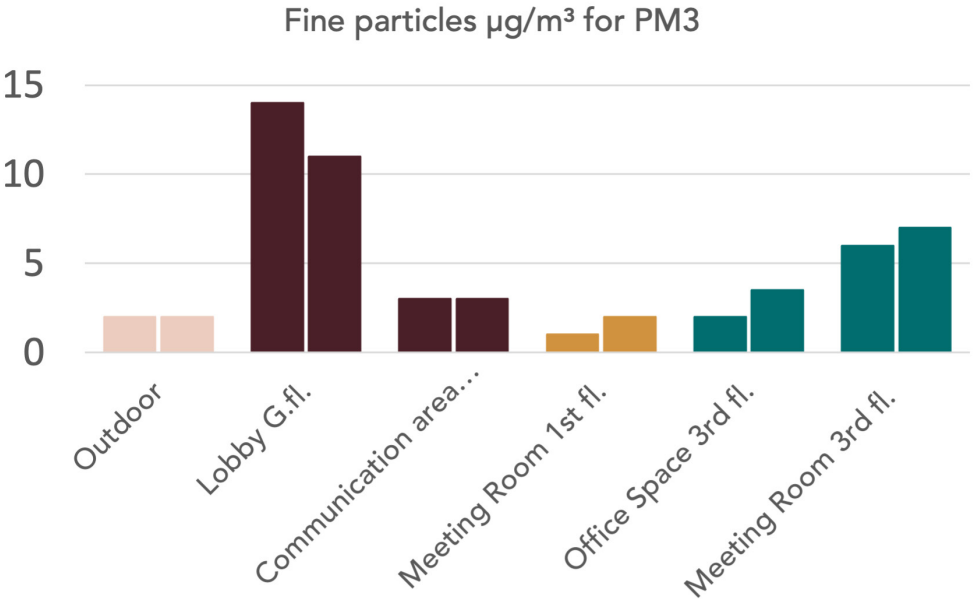


Figur 13: Fiolin-plot av CO2-målinger fra byggets innebygde sensorer. Bredden av «fiolinen» angir det relative antallet målinger innen hvert temperaturnivå.

Målinger av partikler

I mars 2024 ble det gjennomført inneklimamålinger v/ Mycoteam. De mest relevante målingene av partikler i luften (fraksjon PM3) er gjengitt i figur 14. Vi ser at den naturlig ventilerte delen (grønt) har lavere verdier enn i den hybrid-ventilerte lobbyen (mørkerød), men noe høyere verdier enn de mekanisk ventilerte møterommene (oransje). Arealene har også ulik bruk, noe som kan spille stor rolle for resultatene. Alle målinger er godt innenfor WHO sin grenseverdi på 15 µg/m³.

Det ble i februar 2026 også startet opp kontinuerlige målinger av luftkvaliteten i bygget v/ SINTEF. Resultatene fra disse målingene var dessverre ikke publisert innen ferdigstillelsen av denne rapporten.



Figur 14: Resultater av målinger av partikler i luften i fraksjon PM3. Rom med hybrid ventilasjon (mørkerød), rom med mekanisk ventilasjon (oransje) og rom med naturlig ventilasjon (grønn)

Opplevd inneklima og brukerfornøydhet

Målemetode

Det ble gjennomført spørreundersøkelser av alle brukere som var til stede (ved pulten) i kontordelen av bygget. Undersøkelsen ble gjennomført 4 ganger over 2 år, en gang ved kalde forhold (vinter) og en ved varme forhold (sommer). Svar ble hentet inn ved at en forsker gikk fra arbeidsstasjon til arbeidsstasjon med en iPad og fikk brukerne til å fylle ut en undersøkelse som tok 2-3 minutter. På denne måten vet vi at svar-raten er på 100 %. Avantors ansatte utgjorde ca 20-25 % av respondentene i undersøkelsen. Det har blitt sjekket hvorvidt deres svar påvirker hovedresultatet nevneverdig ved å ta ut alle svar fra plan 3. Øvelsen ga ingen forskjell i resultatene, og svarene fra plan 3 er derfor inkludert i denne rapporten. Det er også inkludert resultater fra to andre bygg for referanse. Ett moderne mekanisk ventilert kontorbygg i Bærum (H, blått) og ett moderne ventilert kontorbygg i Nydalen (M, Rødt). Disse byggene ble undersøkt på tilsvarende måte som undersøkelsene i Vertikal Nydalen. Det finnes dessverre foreløpig ikke undersøkelser fra flere norske kontorbygg der samme undersøkelsesmetode er brukt. Dette er et tema som bør undersøkes videre.

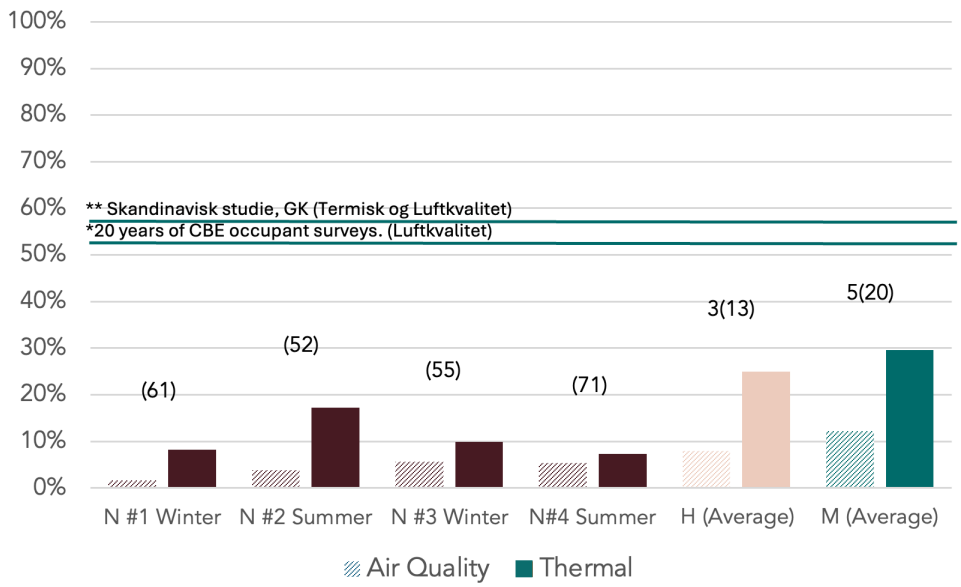
	Dato	Antall respondenter	Kommentarer
N #1 Winter	14.02.2024	61	Ca -1 °C
N #2 Summer	06.06.2024	52	Nokså kaldt (14 °C) etter lang varm periode. Lukeåpning ble justert etter dette da brukerne klaget på kaldt.
N #3 Winter	13.03.2025	71	Sol, -5 °C på natten til 5 °C på dag.
N #4 Summer	13.08.2025	55	Sol, 25 °C utetemp. Varme sommer. Mange på hjemmekontor/få i lokalene

Tabell 3: Nøkkelinformasjon om undersøkelsene.

Brukerfornøydhet

Figur 15 på neste side viser resultatene fra undersøkelsene på spørsmålene «Hvor fornøyd er du med temperaturen på arbeidsplassen din i dag?» (ensfargede søyler) og «Hvor fornøyd er du med luftkvaliteten på arbeidsplassen din i dag?» (skraverte søyler). Disse to spørsmålene er identiske med spørsmål som har vært stilt i store internasjonale inneklimaundersøkelser siden tidlig på 70-tallet. Det mest brukte referansetallet i inneklimaforskningen er «andel misfornøyde», målt på enten en 7-punkts eller en 5-punkts skala der de hhv. 3 eller 2 minst fornøyde klassene telles som «misfornøyd». Dette perspektivet antar at brukere ikke vil være direkte «fornøyd» med inneklimaet, og regner det mer som en «hygienefaktor» der inneklimaet enten er akseptabelt eller ikke akseptabelt. I dette prosjektet har vi imidlertid også målt total fornøydhetsscore. Disse resultatene er gjengitt i Figur 18.

De fire undersøkelsene som ble gjennomført i Vertikal Nydalen er markert med mørkerød. I tillegg er det inkludert resultater fra to andre bygg for referanse. Ett moderne mekanisk ventilert kontorbygg i Bærum (H, beige) og ett moderne mekanisk ventilert kontorbygg i Nydalen (M, grønt). To streker viser de tilsvarende resultatene fra to publiserte undersøkelser med samme spørsmål (se referanse i figurtekst). Det må bemerkes at man i disse undersøkelsene har stilt spørsmålene per epost og dermed har langt lavere svarprosent. Dette kan ha medført at de minst fornøyde har svart (og dermed høyere andel misfornøyde). Resultatene markert med linjer er altså ikke direkte sammenlignbare, men likevel relevante siden samme spørsmål har blitt stilt brukerne.



Figur 15: Andel misfornøyde med hhv. luftkvalitet (skravert) og temperatur (ensfarget) for Vertikal Nydalen (mørkerød) og to referansebygg (beige og grønn). Antall undersøkelser og respondenter (i parentes) gitt over hver undersøkelse.

To linjer øverst markerer resultatene av andre undersøkelser:
**Graham, L. T., Parkinson, T., & Schiavon, S. (2021). Lessons learned from 20 years of CBE's occupant surveys.*
*** Inneklima på arbeidsplassen 2024, GK & Respons analyse*

Det er registrert vesentlig færre brukere som er misfornøyde med både termisk inneklima og luftkvalitet i Vertikal Nydalen enn det som er rapportert i generell inneklimaforskning og i sammenlignbare referansebygg undersøkt med samme metode. En midlertidig økning i misnøye med termisk inneklima ble registrert i målingen N#2 Summer, men denne sammenfalt med et brått væromslag og ble løst gjennom justering av styringen for sommerlufting.

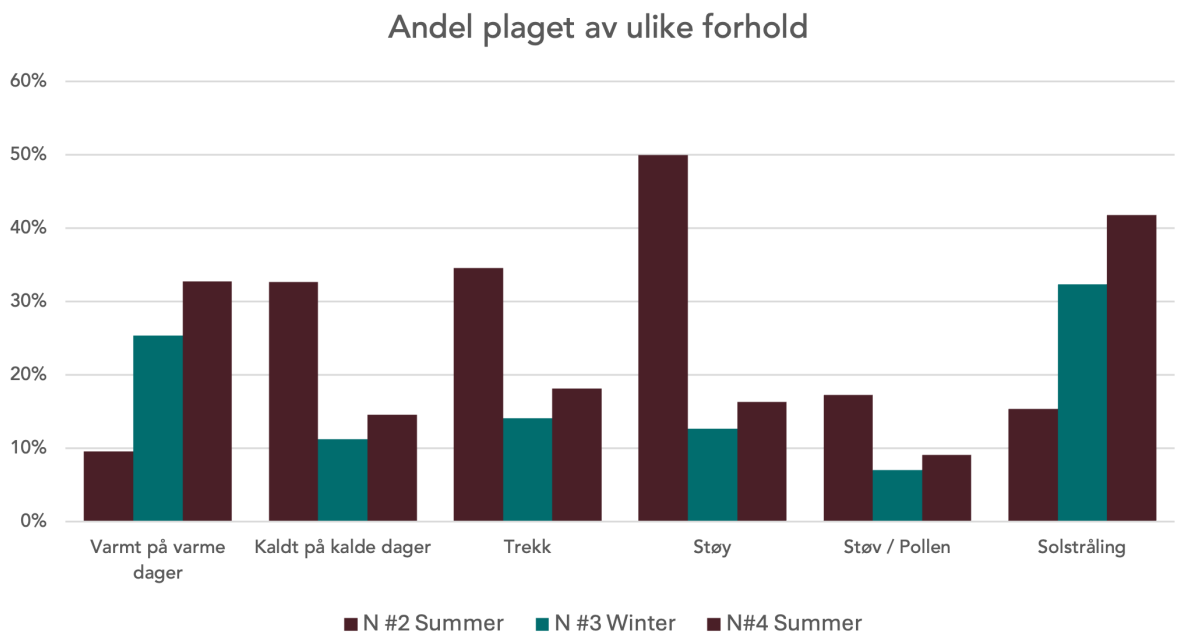
Særlig bemerkelsesverdig er den høye tilfredsheten med luftkvaliteten. Dette gjelder til tross for at referansebyggene har mekanisk ventilasjon med høyere luftmengder og lavere målte CO□-nivåer i vinterperioden. Resultatene indikerer at brukernes opplevelse av luftkvalitet påvirkes av flere forhold enn ventilasjonsluftmengde alene, blant annet termisk komfort og muligheten til å påvirke eget inneklima.

Samlet viser undersøkelsen at ventilasjonskonseptet i Vertikal Nydalen gir svært gode brukeropplevde resultater. Funnene utfordrer etablerte antakelser om sammenhengen mellom luftmengder og opplevd luftkvalitet, og viser at alternative ventilasjonsløsninger kan gi høy brukertilfredshet når de inngår som en del av et helhetlig inneklimakonsept.

Opplevelsen av inneklimaet

Brukerne ble spurt om hvordan de opplever ulike forhold. Andelen som svarte at de var plaget er vist i figur 16 på neste side. Spørreundersøkelse vinter er vist i blått, undersøkelse sommer er vist i rødt. I disse spørsmålene fikk respondentene 4 ulike svaralternativer på spørsmål av typen «Opplever du …?»:

- Nei
- Ja, men det er ikke et problem
- Ja, og det plager meg
- Vet ikke



Figur 16: Andel av respondentene som føler seg plaget av ulike forhold. N #2 sommer (mørkerød søyle til venstre), N #3 Vinter grønn søyle), N#4 Sommer (mørkerød søyle til høyre)

I figur 16 vises andelen som svarte at det plaget dem. Denne typen spørsmål ble ikke stilt i undersøkelse N#1, og resultater derfra er derfor ikke inkludert. Det finnes heller ikke referanser fra andre bygg eller forskning der tilsvarende undersøkelser er gjort. Man vet dermed ikke om resultatene kan vurderes som «bra» eller ikke. Undersøkelsene viser imidlertid en klar tendens der brukere som har svart at de er misfornøyde med enkelt-ting, likevel totalt sett er godt fornøyd med inneklimaet.

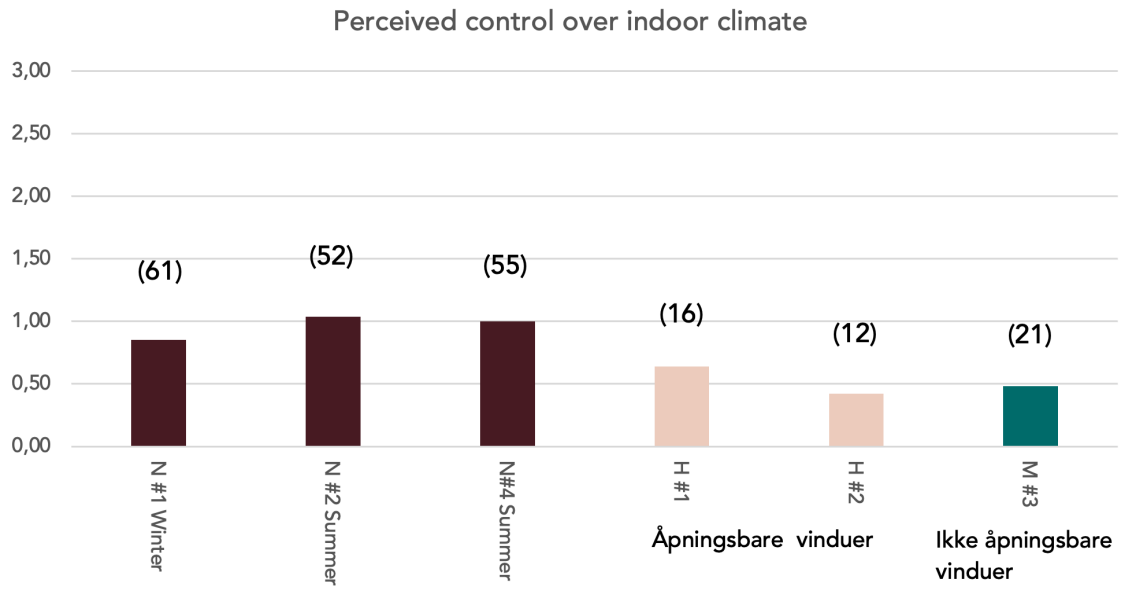
Det bør kommenteres at undersøkelse N#2 sommer ble gjennomført etter et væromslag da utetemperaturen gikk fra en lang periode med 25-30 °C til 12-14 °C, og bygget hadde ikke blitt innregulert for sommersituasjon. Det var i tillegg mye støyende byggearbeider utenfor bygget. Bygget ble innregulert basert på erfaringene fra undersøkelsen noe som resulterte i et betydelig bedre inneklima. Undersøkelse N#4 ble gjennomført på en varm og solrik sommerdag.

Opplevd kontroll over inneklimaet

Figur 17 på neste side viser respondentenes opplevde kontroll over inneklimaet sammenlignet med to andre bygg. Respondentene ble stilt spørsmålet «Hvor stor grad av kontroll opplever du at du har over inneklimaet på din arbeidsplass?». De fikk følgende svaralternativer, som har blitt omregnet til en gjennomsnittsscore basert på vektingstallet i parentes:

- Ingen kontroll (0)
- Liten kontroll (1)
- Verken eller (2)
- Stor kontroll (3)
- Full kontroll (4)

Vi ser at respondentene opplever større kontroll over inneklimaet enn i et referansebygg H som også har åpningsbare vinduer.

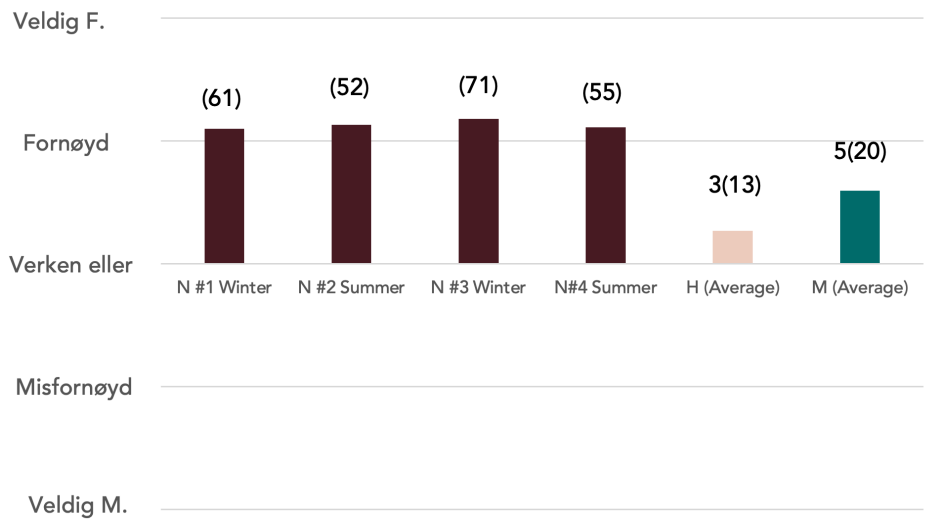


Figur 17: Opplevd kontroll over inneklimaet for Vertikal Nydalen (mørkerød) og to referansebygg (beige og grønn). Antall undersøkelser og respondenter (i parentes) gitt over hver undersøkelse.

Total fornøydhet med inneklima

Nedenstående figur 18 viser total fornøydhetsscore med inneklima. Mørkerød (N) er Vertikal Nydalen, mens de andre målingene representerer to andre bygg for sammenligning. Resultatene viser betydelig høyere fornøydhet ved Vertikal Nydalen.

Figur 18 viser resultatene fra undersøkelsene på spørsmålet «Hvor fornøyd er du generelt med inneklimaet i bygget?». Total gjennomsnittlig score for Vertikal Nydalen ble 4,05 ut av 5 mulige.



Figur 18: Gjennomsnittlig total fornøydhet med inneklimaet for Vertikal Nydalen (mørkerød) og to referansebygg (beige og grønn). Antall undersøkelser og respondenter (i parentes) gitt over hver undersøkelse.

Brukerne ble også stilt spørsmålet «Hvordan vil du rangere inneklimaet i dette lokalet sammenlignet med andre kontorlokaler du har erfaring med?» og en poengskala fra 1-5. Resultatene viser en gjennomsnittskarakter fra alle de fire undersøkelsene på 4,23. Dette

sammenfaller godt med resultatene i figur 18.

Bygningsdrift

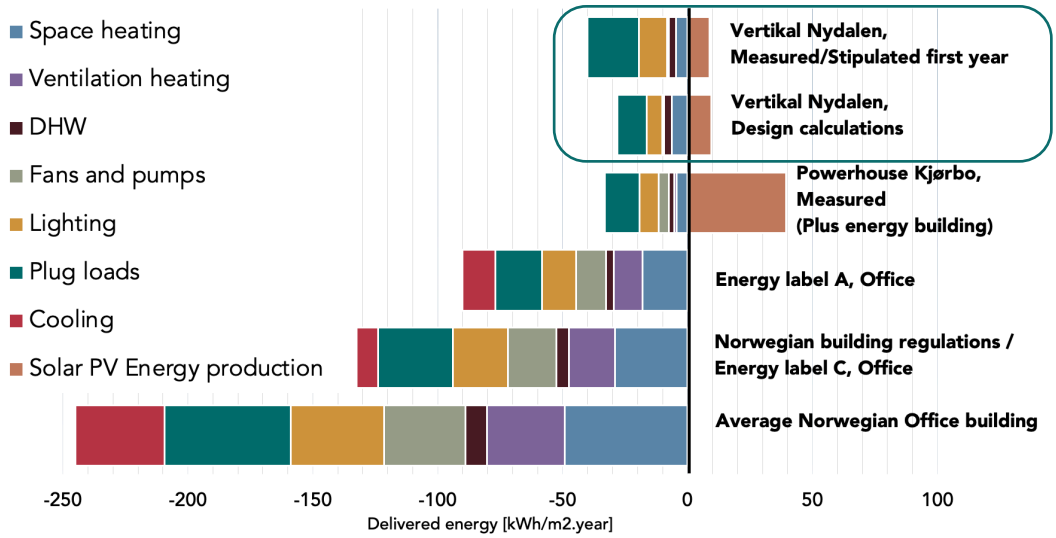
Under prøvedriftsperioden ble det avdekket noen problemer som det tok tid å finne ut av. Prøvedriften ble derfor utvidet for å få erfaring med ulike driftsinnstillinger over året for de tekniske installasjonene. LowEx systemet og ventilasjonsluker i fasaden er nye installasjoner som det har tatt tid å innregulere.

Etter dette har driften av bygget totalt sett ifølge Avantor vært enklere enn for et sammenlignbart bygg med mekanisk ventilasjon, dette gjelder både for ventilasjon og varme- og kjøleanlegget (LowEx). Det er ingen spesielle eller vanskelige forhold som må hensyntas i normal drift. Tidsbruken for fin-regulering av ventilasjon/varme/kjøling er vesentlig redusert da brukerne kan overstyre ventilasjonslukene via bryter på vegg i hver enkelt sone.

Energi

Generell ytelse

Energibehovet følges opp med systemet SmartTune, der beregnet og målt energiforbruk sammenlignes i sanntid og korrigert for virkelig klima. Med unntak av postene belysning og teknisk utstyr har bygget energiforbruk som prosjektert (se figur 19).



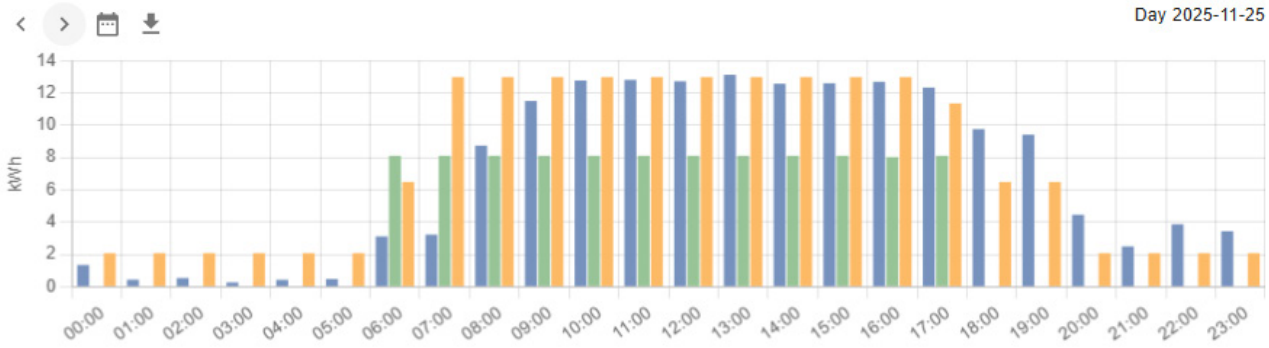
Figur 19: Byggets virkelige og beregnede energibehov sammenlignet med bransjetall for kontorbygg.

En mer detaljert analyse viser at:

- Energiforbruket er svært lavt, og i henhold til beregnede verdier med unntak av postene for belysning og utstyr. Energiforbruk til klimatisering av bygget er lavere enn i Powerhouse Kjørbo.
- Belysning har høyere energiforbruk grunnet valg om å installere effektbelysning. Dette viser at det ikke var god nok oppfølging i detaljprosjektering og byggefasen for å påse samsvar mellom antagelsene i energiberegningen og hva som faktisk ble installert. Hvilelastene (energibehov utenfor driftstid) er også vesentlig høyere enn forutsatt (se figur 20).

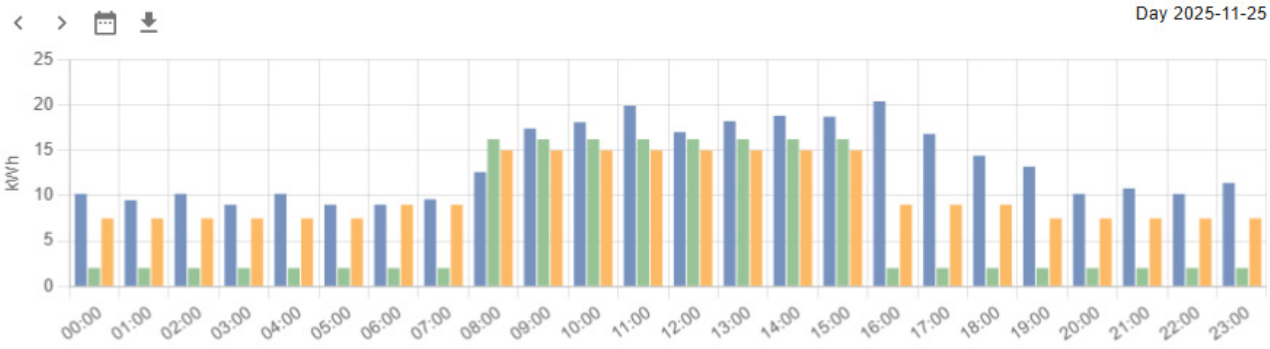
- Teknisk brukerutstyr har vesentlig høyere energibehov enn forutsatt. Også her har det vært for dårlig oppfølging og samsvar mellom antagelsene i energimodellen og virkelig installert brukerutstyr. For denne posten er hvilelastene ekstremt høye, og utgjør opp mot 80 % av lasten på dagtid (se figur 21).
- Brutto varmebehov er noe lavere enn forutsatt. Dette gjelder også om man tar hensyn til det økte varmebidraget fra belysning og brukerutstyr (se figur 22).
- Energibehovet til varmepumpen er lavere enn beregnet. Dette skyldes lavere brutto varmebehov, samt at systemets SCOP er noe høyere enn antatt ved prosjekteringen (se figur 23).
- Elektrisitetsproduksjonen er noe høyere enn forventet, men her er ikke beregningen korrigert for virkelig solinnstråling så dette kan skyldes mer sol enn normalt (se figur 24).

Lys



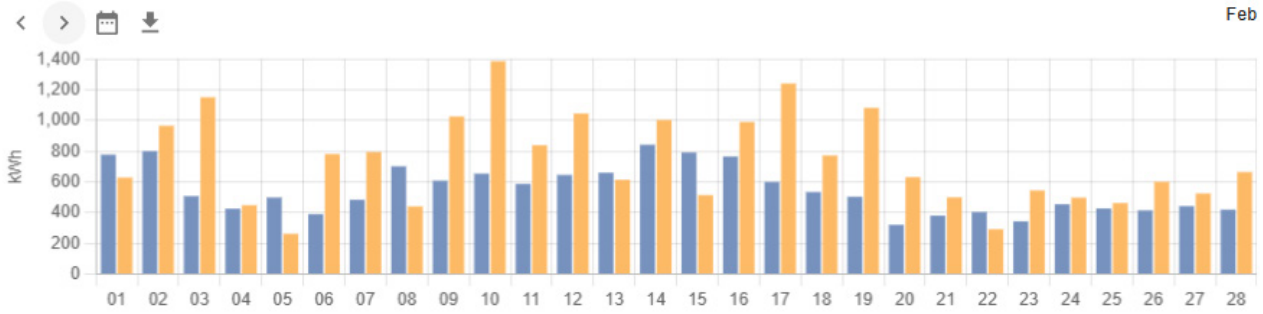
Figur 20: Energibehov belysning per time for en utvalgt dag 25.11.2025. Profilen er representativ for alle andre driftsdager. Blå søyle er målt energibehov, grønn søyle er prosjektert energibehov, gul søyle er korrigert beregnet energibehov.

Utstyr



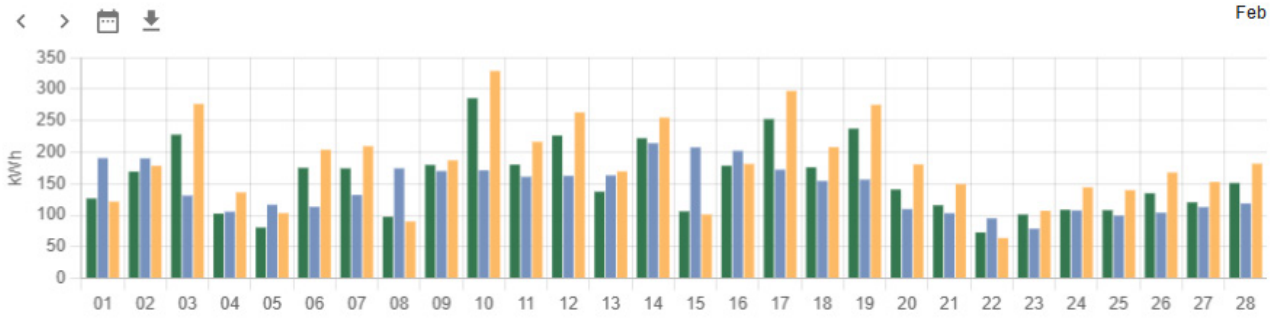
Figur 21: Energibehov utstyr per time for en utvalgt dag 25.11.2025. Profilen er representativ for alle andre driftsdager. Blå søyle er målt energibehov, grønn søyle er prosjektert energibehov, gul søyle er korrigert beregnet energibehov.

Romoppvarming brutto (LowEx)



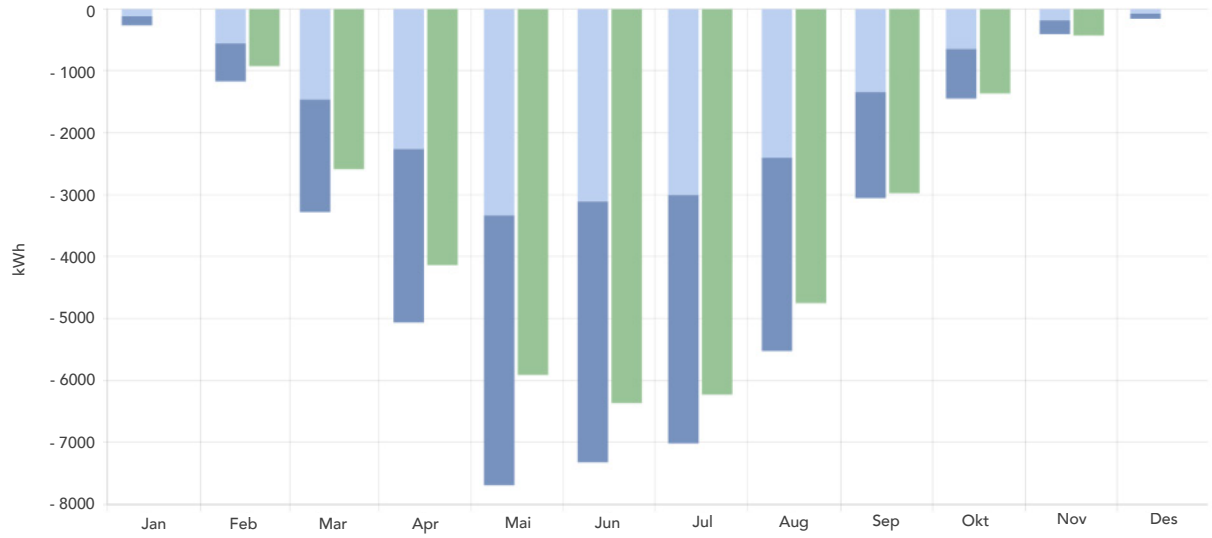
Figur 22: Brutto romoppvarming for februar 2025. Måneden er representativ for andre måneder med oppvarmingsbehov. Blå søyle er målt energibehov, gul søyle er korrigert beregnet energibehov.

El varmepumpe



Figur 23: Levert energi til varmepumpedrift for februar 2025. Måneden er representativ for andre måneder med oppvarmingsbehov. Blå søyle er målt energibehov, grønn søyle er prosjektert energibehov korrigert for reelt klima, gul søyle er korrigert beregnet energibehov.

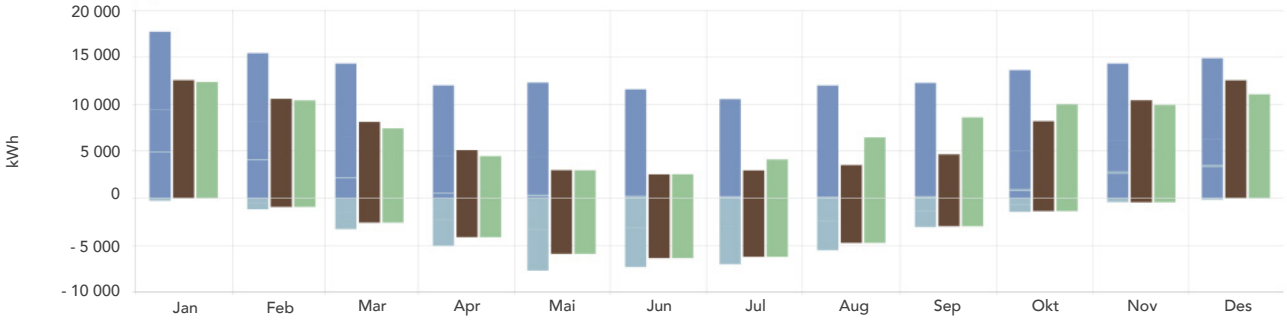
Energiproduksjon



Figur 24: Energiproduksjon per måned for 2025. Blå søyle er målt energibehov, grønn søyle er prosjektert energibehov.

Faktisk ytelse FutureBuilt nZEB

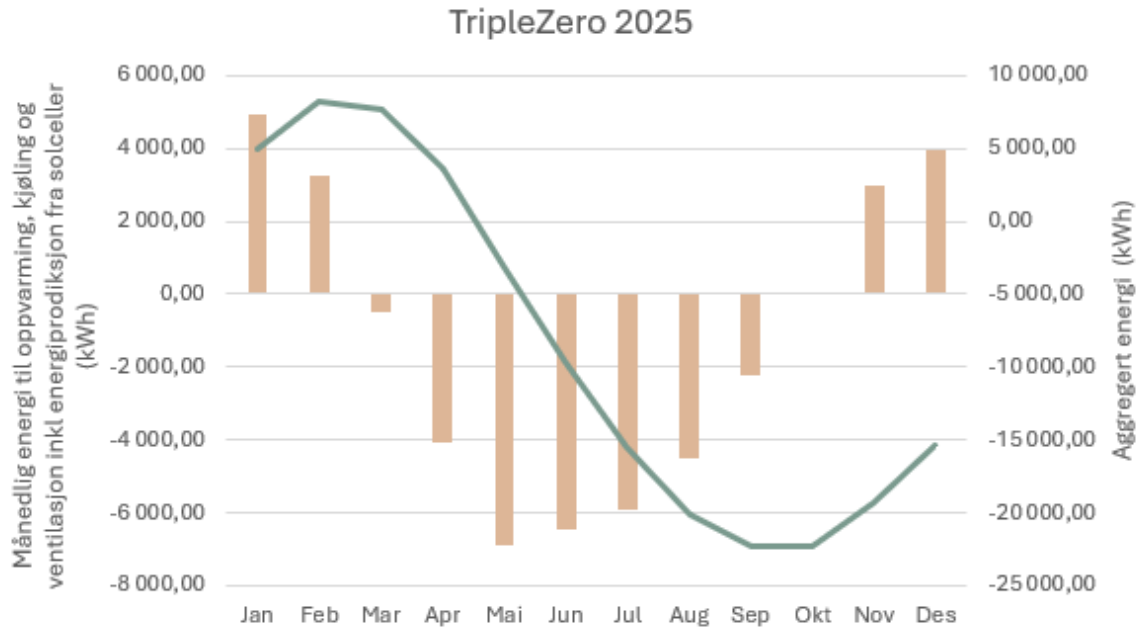
Figur 25 viser målt totalt energiforbruk og -produksjon (blå søyle) opp mot beregnet forbruk med standard klima (mørkerød), og beregnet forbruk med virkelig klima (lysegrønn søyle).



Figur 25: Totalt energibehov og energiproduksjon sammenlignet med beregnet for 2025.

Faktisk ytelse Triple Zero

Figur 26 viser overskudd/underskudd per måned ift. Triple Zero målet for 2025. Summert for året 2025 endte energibehovet for Triple Zero på -15345 kWh for kontordelen. Dette vil si at målet om Triple Zero er overoppfylt for 2025.



Figur 26: Triple-zero regnskap for 2025. Energi til oppvarming, kjøling og ventilasjon er vist i søyler og aggregert energi i grønn linje.

Byggherreinformasjon

Næringsarealene har en byggekostnad på rundt 50.000 kr/ m2 BRA inkl. mva, og prosjektkostnaden var ca 60.000 kr/ m2 BRA inkl. mva. Dette må anses å være særdeles høye byggekostnader. Mye av dette kan knyttes til kostbare grunnforhold og krevende arkitektur. Det ligger også høye utviklingskostnader for å skape innovative løsninger på ventilasjon, akustikk, oppvarming, kjøling, fasader og integrasjon av dette. Dette er kostnader Avantor har vært bevisste på fra oppstart.

Prosjektet har i tillegg hatt uforutsette kostnader knyttet til grunnforhold, bæresystem og byggets form.

Tekniske fag har lavere kostnader sammenlignet med andre bygg. Avantor har tro på at de innovative løsningene kan utføres på en vesentlig enklere bygningsform, og dermed skape konkurransedyktige næringsbygg i et krevende marked.

Avantor hadde forventet at interessen for å være leietaker i et profilert miljøbygg ville være høyere. Det er tydelig at leietakere er mer opptatt av leiepris enn å være forbundet med å sitte i et bygg med sterkt miljøfokus.

Bygget har gitt Avantor stor oppmerksomhet innenlands, utenlands, i media og vært gjenstand for en rekke publikasjoner og befaringer. Dette har gitt Avantor en positiv effekt som det er vanskelig å prissette, men Avantor har utvilsomt tatt en posisjon som et eiendomsselskap med samfunnsansvar.

Klimagassutslipp

Prosjektet har gjennomført klimagassberegninger både opp mot krav i BREEAM-NOR 2016 og i henhold til metodikken i FutureBuilt 1.0. Målsetningen for FutureBuilt 1.0 var en samlet klimagassreduksjon fra materialer, energi i drift og transport i driftsfase på 50 % sammenlignet med et referansebygg. Som bygget oppnår prosjektet 51 % reduksjon i klimagassutslippet sammenlignet med referansebygget, hvor reduksjonen i hovedsak skyldes energi- og transporttiltak.

Prosjektets energikonsept med naturlig ventilasjon for kontordelen, hybride ventilasjonsløsninger øvrige areal, lavtemperatur oppvarming, svaling i gulv og vegger, effektive varmepumper og solceller gir en betydelig energireduksjon som videre medfører en reduksjon i utslipp fra stasjonær energi på 60 %.

For transport er det oppnådd en utslippsreduksjon på 62 % sammenlignet med referansebygget. Hovedgrunnen til reduksjonen skyldes at bygget ikke har parkeringsplasser for bil, omfattende tilrettelegging for syklister og ligger i et område med svært god kollektivdekning.

For materialbruk ble det fra tidligfase estimert en utslippsreduksjon på 6 %. Det ble gjennomført flere tiltak for å redusere klimagassutslippet fra materialer blant annet gjennom bruk av lavkarbonbetong (klasse A og Pluss), etterspente dekker med med lavere byggehøyder og uten bjelker, stor andel borede stålrørspeler med gjenbruksstål og ombrukt spunt. Utslippet As-built endte på en økning på 2 % sammenlignet med referansebygget. Dette skyldes i hovedsak økte stålmengder, økte mengder for balkong og annen betongresept og EPD for oppforet gulv. Gjennom forskningsprosjektet Grønn VVS ble det vist at teknisk utstyr står for en betydelig del av bygningers klimagassutslipp. Vertikal Nydalen har et ventilasjonskonsept basert på naturlig og hybrid ventilasjon og de tekniske anleggene er betydelig redusert. Denne klimagassreduksjonen synliggjøres ikke for bygningen da tidligere regneregler i FutureBuilt ikke inkluderte disse utslippene. Den reelle utslippsreduksjonen fra materialer anses derfor for å ligge høyere enn disse beregningene viser.

Forslag til videre arbeid

Flere av funnene som presenteres i denne rapporten peker på temaer som det vil være svært interessant å undersøke videre. For eksempel gjelder dette:

- Undersøkelser av kontorbrukere og fornøydhet med inneklima i flere ulike bygg gjennomført etter samme metode som beskrevet i denne rapporten.
- Undersøkelse av effektene av pulsventilasjon i forhold til brukernes oppfatning av trekk. Hvor lenge og ofte kan man kjøre pulsene?
- Undersøkelse av effektene av himlingshøyde ift. brukertilfredshet og ventilasjon. Har romhøyden en direkte effekt på opplevd inneklima? Hvor høy bør himlingshøyden være?
- Undersøkelse av effekten av å se at friskluft kommer inn i bygget, kontra en tilsvarende løsning der lukene var skjult og trekk/friskluft var mindre visuelt og forståelig for brukeren.
- Målinger av partikler i inneluften kontra uteluft i naturlig ventilerte bygg (gjennomføres allerede av SINTEF).
- Studie av opplevde og helsemessige effekter av redusert ventilasjonsstøy i kontorlokaler.
- Utrede bedre ventilasjonsløsninger på møterom.

avantor

avantor.no