

Smart by Powerhouse

Veileder for ressurs-
effektive og funksjonelle
næringsbygg



Innhold

1	Forord.....	4
2	Formål med veilederen.....	5
3	Bruksområde og omfang.....	6
4	Definisjon	8
5	Utviklingsprosess.....	12
6	Ambisjonsnivåer	14
7	Tema og funksjonskrav	18
8	Referanser.....	31

Versjon 1.0 – 22.01.2019



1 Forord

Denne veilederen er utarbeidet av Powerhouse-samarbeidet bestående av Entra, Snøhetta, Asplan Viak, Skanska og miljøstiftelsen ZERO, med støtte fra aktører fra bygg- og eiendomsnæringen og teknologi- og IT-selskaper som leverer produkter og tjenester til smarte bygg. Powerhouse-samarbeidet ønsker å takke alle som har bidratt med konstruktive spørsmål og innspill i arbeidet. Spesielt takk til Forskningssenter for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN), ledet av Sintef og NTNU, for verdifulle bidrag i utviklingen av veilederen.

God lesing og lykke til i utviklingen av fremtidsrettede bygg!

SKANSKA

asplan viak

ZERO

entra

Snøhetta

2 Formål med veilederen

Fokuset på smarte bygg er økende. Interessen blant eiere og leietakere stiger, og aktører i bransjen satser hardt på produkt- og tjenesteutvikling og promotering av sine løsninger. Flere bygg med utstrakt bruk av smart-teknologi er realisert, og mange flere er i utvikling. Like fullt mangler bransjen et rammeverk for å skape den gode dialogen og diskusjonen rundt behov og forventet effekt av smart-teknologi i bygg. Formålet med Smart by Powerhouse er å fasilitere denne dialogen og veilederen er til fri bruk for aktører i bransjen som ser nytten av et funksjonsbasert rammeverk for å oppnå ressurseffektive og funksjonelle bygg.

Veilederen har teknologi som bærende element, men bruken av teknologi er ingen målsetting i seg selv, kun et virkemiddel. Bevisst og målrettet bruk av teknologi skal gi økt brukeropplevelse og produktivitet, lavere miljøbelastning, reduserte driftskostnader og økt tilpasningsdyktighet til fremtidige behov.

Etter hvert som ny teknologi utvikles og blir kommersielt tilgjengelig vil mulighetsrommet for smarte bygg endres. *Smart by Powerhouse* er derfor en dynamisk veileder som vil imøtekomme nye løsninger, innspill og bidrag fra bransjen igjennom nye forbedrede utgaver. Ved å dele veilederen åpent i bransjen, er målsettingen at neste versjon blir enda mer utprøvd og kvalitetsmessig bedre, enn om den hadde vært forbeholdt Powerhouse-samarbeidet.

Parallelt med den teknologiske utviklingen, opplever vi i dag økt press på jordens ressurser og klimatilstand. Fremtiden vil kreve av oss at det bygges mer miljø- og klimavennlige bygg enn i dag. Powerhouse-samarbeidet har ambisjoner om å realisere bygg der de totale klimagassutslippene over livsløpet svarer ut kravene gitt av FNs klimarapport [1] og 1,5-gradersmålet. Dette går under betegnelsen *Powerhouse Paris Proof* [2]. Selv om en av effektene veilederen fokuserer på er miljø, så er det mange aspekter innen miljø og klima som ikke omhandles, eksempelvis materialbruk, men som like fullt må ivaretas dersom en har ambisjon om å bygge etter 1,5-gradersmålet.

3 Bruksområde og omfang

Smart by Powerhouse er et hjelpemiddel som kan benyttes til design, utvikling og kommunikasjon av smarte næringsbygg, både nybygg og rehabilitering. Med noen tilpassinger kan veilederen også benyttes til offentlige formålsbygg som kulturbygg, skoler og barnehager. Den definerer hva som menes med et smart næringsbygg og spesifiserer effekter og verdier sett i fra perspektivene til byggets brukere, leietakere, eier og samfunnet for øvrig.

Realiseringen av disse verdiene vil avhenge av hvilket ambisjonsnivå som velges. Veilederen angir fem ambisjonsnivåer, der dagens byggestandard utgjør basisnivået (nivå 0)¹. Videre presenterer veilederen fem sentrale tematikker i smarte næringsbygg, og under hver av disse et sett med funksjonskrav². Hvert funksjonskrav øker i kompleksitet ettersom en beveger seg oppover i ambisjonsnivåene.

Ambisjonsnivåer	
0	Automatisert
1	Smart klar
2	Smart standard
3	Smart prediktivt
4	Smart kognitivt

Tema
Muliggjørende teknologi
Inneklima og arbeidsmiljø
Energi- og ressursutnyttelse
Sikkerhet og pålitelighet
Tilpasningsdyktig

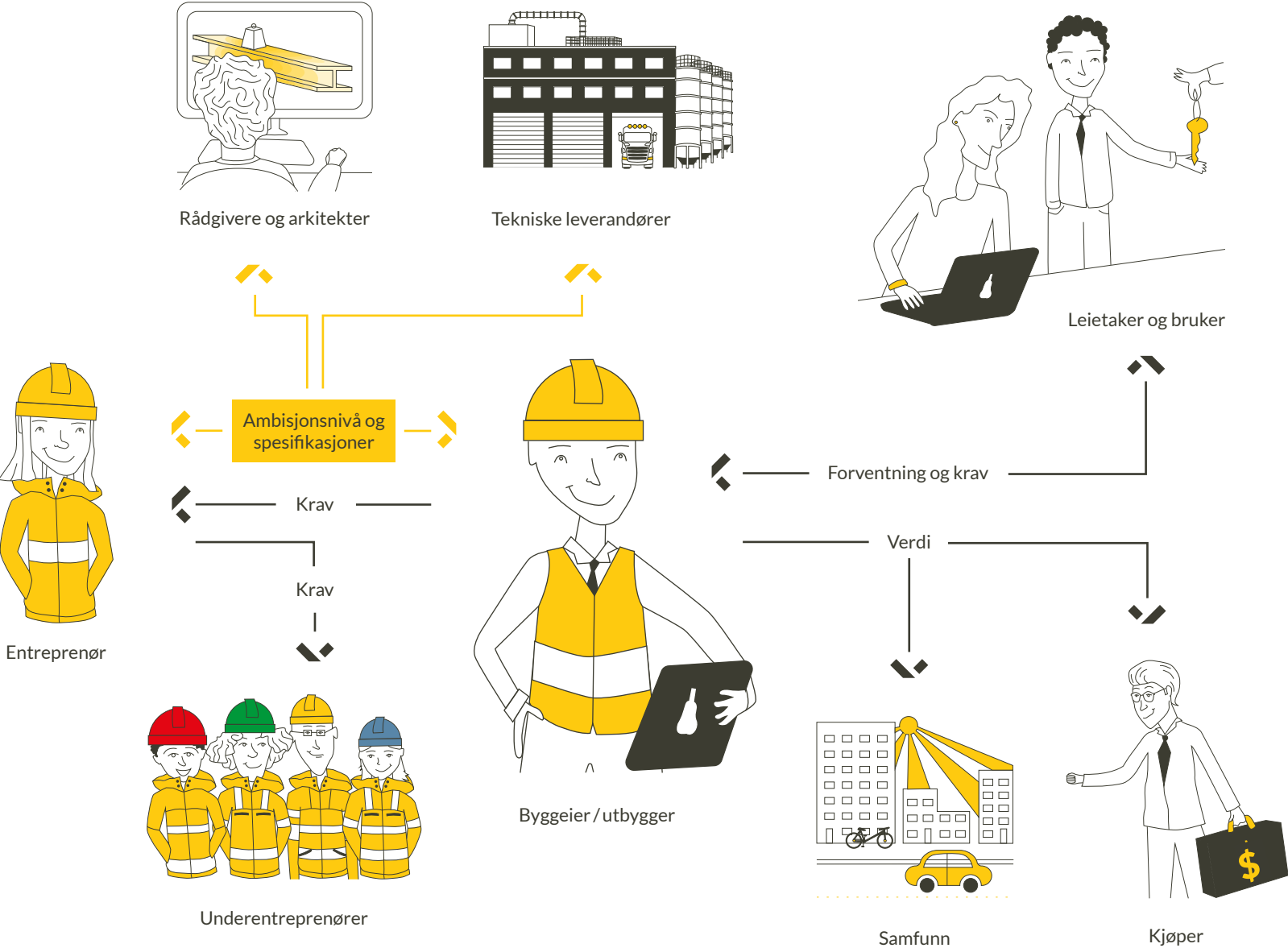
¹ Se kapittel 6 for mer informasjon om ambisjonsnivåene
² Se kapittel 7 for beskrivelse av temaer og funksjonskrav

Veilederen gjør aktørene i verdikjeden i stand til å føre en diskusjon om samspillet mellom teknologi og ønsket verdi, sette ambisjonsnivåer og vurdere om muligheten for å realisere verdiene er tilstede. Mer detaljert vil den kunne være et nyttig hjelpemiddel for å:

- vurdere verdi sett fra perspektivet til forventede og fremtidige brukere
- sikre forventningsstyring gjennom tydelig og konkret dialog mellom byggeier og leietaker
- diskutere ambisjonsnivå og spesifisering av smarte tekniske installasjoner
- kontrahere arkitekter, rådgivere, entreprenører og tekniske leverandører
- dokumentere og kommunisere byggets nivå av teknologi
- verdigjøre bygg med smart teknologi

Smart by Powerhouse er derimot ikke en kravspesifisering som grunnlag for sertifisering, med tilhørende krav til verifikasjon og dokumentasjon.

Det presiseres at det i Smart by Powerhouse verken gis råd eller veiledning (eksplicit eller implisitt) til hvordan eiere og leietakere skal sikre at behandling av personopplysninger skjer i henhold til gjeldende lovgivning, herunder EUs personvernforordning 2016/679 («GDPR») [3] og i gjeldende personvernlovgivning som gjennomfører denne. Enhver behandling av personopplysninger som skissert i veilederen må vurderes konkret i hvert enkelt tilfelle.



Veilederen er et hjelpemiddel for interessentgruppene i deres dialog om forventninger, ambisjoner, krav og verdi.

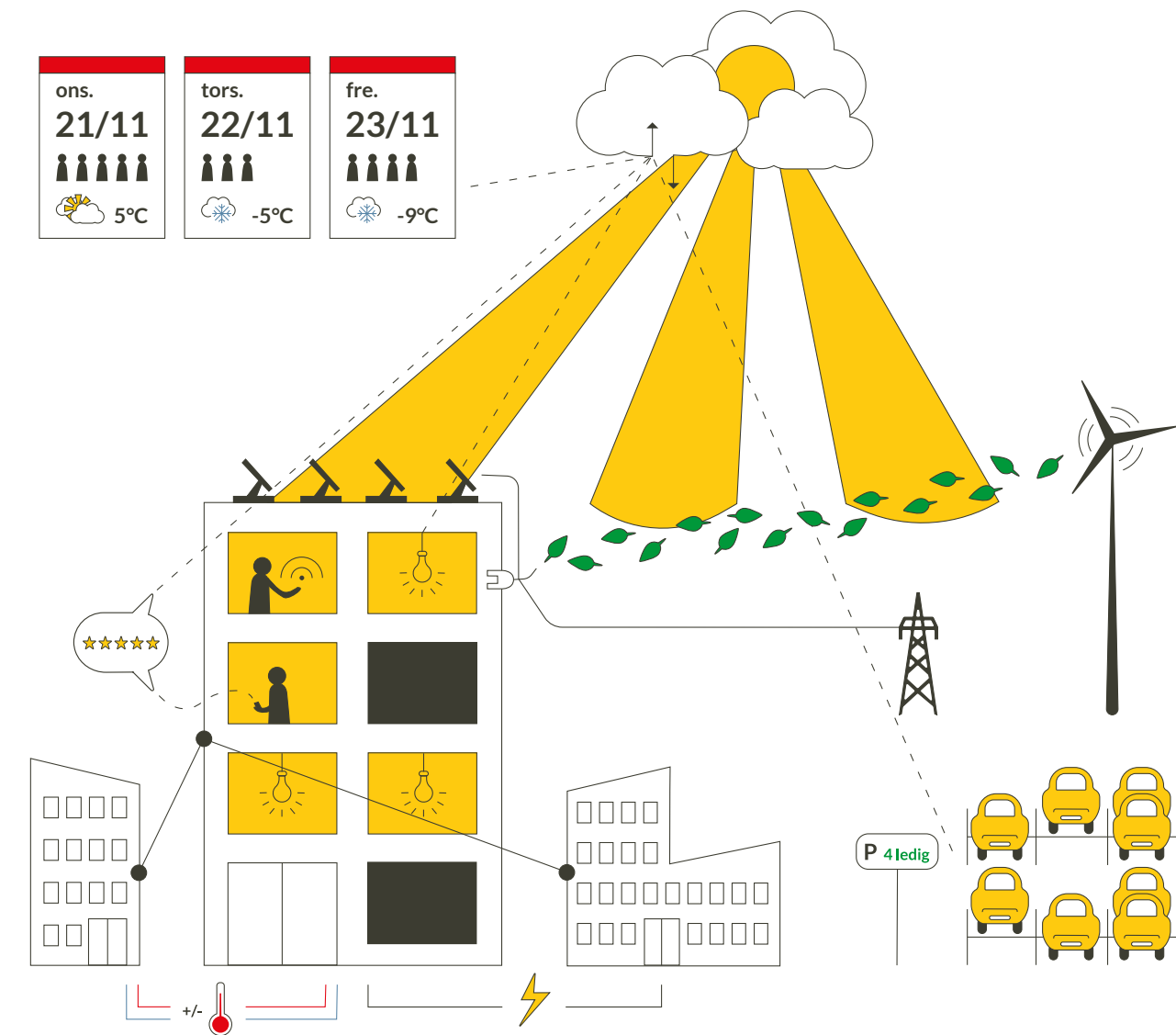


4 Definisjon

Et smart bygg kjennetegnes av helhetlige teknologiske løsninger, hvor ulike målkonflikter er forsøkt balansert for å oppnå et bygg som er fremtidsrettet, miljøriktig, kostnadseffektivt i både anskaffelse og drift og ivaretar hovedinteressentenes forventninger og behov.

Med hovedinteressenter menes her bruker, leietaker, eier og samfunnet for øvrig. Et *Smart by Powerhouse* bygg øker interessentenes verdi gjennom å:

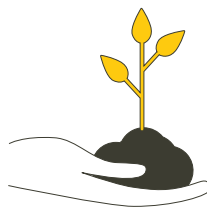
- benytte arkitektur, design og teknologi i samspill, som virkemiddel for å skape funksjonelle areal og effektive kvadratmetere
- realisere merverdi for interessentene ved helhetlig og behovsstyrt bruk av teknologi
- være klargjort for, og utrustet med, teknologi og infrastruktur som øker byggets fremtidige verdi for bruker, leietaker, eier og samfunn



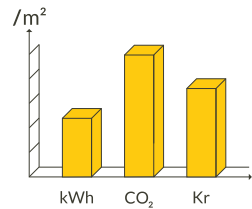
Et Smart by Powerhouse bygg ivaretar bruker, miljøet og samfunnet for øvrig ved helhetlig bruk av smart teknologi.



Brukertilfredshet



Miljø



Effektive kvadratmeter



Robusthet

Bruker	Velvære, helse og trivsel	Opplevelse av positivt miljøbidrag	Smarte løsninger og funksjonelle areal	Forenklet hverdag
Leietaker	Økt produktivitet hos ansatte	Klok brukeratferd og lavere klima-fotavtrykk i drift. Godt omdømme.	Reduserte leiekostnader (mer for pengene)	Fleksibilitet ved endrede behov
Eier	Høyere attraktivitet i markedet	Lavere miljøbelastning, redusert risiko og godt omdømme	Økt leieinntekt per kvadratmeter	Fremtidsrettede fleksible bygg og økt eiendomsverdi
Samfunn	Bedre folkehelse	Redusert ressursbruk og miljøbelastning	Økt verdiskapning	Forberedt for endringer i klima og miljø

Forventede effekter av et Smart by Powerhouse bygg, sett i perspektivet til de fire hovedinteressentene: bruker, leietaker, eier og samfunn.

Ønsket om merverdi gjennom helhetlig og behovsstyrt bruk av teknologi er felles for bruker, leietaker, eier og samfunn, men ønsket effekt og teknologipreferanser vil variere mellom de samme interessentene. En eier vil eksempelvis være opptatt av å ta i bruk teknologi som kan øke kapasitetsutnyttelsen og dermed inntjeningen til bygget, mens brukerne ikke nødvendigvis vil oppleve den samme teknologien som verdiskapende for

dem. Slike og lignende målkonflikter må belyses og balanseres i utviklingen av smarte næringsbygg. Som diskutert vil de forventede effektene av et Smart by Powerhouse bygg variere mellom interessentene, men overordnet kan de mest sentrale effektene sorteres i fire kategorier: brukertilfredshet, miljø, effektive kvadratmeter og robusthet (se tabell).



5 Utviklingsprosess

For å få en effektiv bruk av teknologi i bygg, er det vesentlig at ambisjonsnivået så langt som mulig er avklart fra starten av. Dette valget er avgjørende for detaljering av ytelser som igjen er førende for designfasen. Byggeier må gjøre vurderinger knyttet til eget ambisjonsnivå og forventninger fra aktuelle leietakere. Det bør videre gjøres kost-nytte vurderinger der kostnad og forventet effekt blir sett opp mot den verdien som forventes oppnådd i markedet. Her bør også kostnader ved senere oppgraderinger knyttet til bytte av leietakere vurderes. Som hjelp til å finne riktig nivå for bruk av teknologi, bør byggeiers perspektiver på følgende spørsmål gjennomgås:

- behovet for fleksible arealer og hvilken type fleksibilitet bygget skal tilby
- forventet antall leietakere og lengde på leieperiode
- markedets forventning til smart teknologi i bygg
- hvorvidt aktuelle leietakere har ønsker om spesifikke tekniske løsninger
- om bygget skal driftes selv eller settes bort, evt. hva skal settes bort
- hvilke tjenester bygget skal inneha som kan forenkles og digitaliseres, f.eks. renhold, parkering, kantine, møteromsbooking osv.

Fleksibilitet og aktiv arealutnyttelse

Kortere og mer fleksible leiekontrakter utfordrer byggeiers behov for forutsigbarhet med tanke på hva man skal legge til rette for av rom og teknologi. Godt planlagt robusthet i areal og romplan, uten at dette går på bekostning av initiell brukskvalitet, kan være et tiltak for å sysselsette leiearealet over en større del av levetiden. Med støtte i ulike teknologier vil man kunne aktivisere leieareal over en større del av døgnet / uke / år ved sambruk og / eller flerbruk.

Dette er lettere utført med et mål og en plan allerede i designfasen. Det er derfor viktig å vurdere hvilke muligheter for flerbruk som omkringliggende bygg og nabolag muliggjør i tidligfase prosjektutvikling. Ingen vet heller helt sikkert hvilket marked, hvilke leietakere, hvilken teknologi og finansiering fremtiden bringer – men det går an å gjøre bygget mer eller mindre forberedt, fleksibelt og robust for det ukjente.

Tidligfase

Uavhengig av entrepriseform vil det være nyttig å bringe ambisjoner knyttet til bruk av teknologi inn i diskusjonen med arkitekt og rådgiver. For å synliggjøre og behandle grensesnitt mellom bygg, teknologi, drift, bruker og samfunn er det viktig at man i fellesskap, med flest mulige interessenter involvert, gjør en overordnet behov og forventningsavklaring. En fornuftig løsning kan være å innhente ekstern støtte fra for eksempel uavhengig ITB / IKT-rådgiver som kan fasilitere en prosess med mål om å lande ambisjonsnivå. Med utgangspunkt i valgt ambisjonsnivå kan utbygger deretter legge til eller trekke fra funksjoner som man mener vil bringe merverdi, eller ikke, til bygget.

Detaljfase

Med et avklart ambisjonsnivå, med tilpasninger, vil neste steg være å involvere leverandører for innspill og kommentarer til ulike løsninger som oppfyller de ønskede funksjonene. Det kan være aktuelt å justere krav etter innspill fra entreprenør / leverandør med tanke på kost-nytte. Likevel er det viktig å ha fokus på målet og ambisjonsnivået som er satt for bygget, slik at de opprinnelige forventningene kan utløses. De fleste konsepter og valg av løsninger bør løses i denne fasen. Det bør også avklares i hvor stor grad leietakertilpasninger skal tillates, ettersom teknologi og løsninger kan være i konflikt med målsetting og ambisjonsnivå.



6 Ambisjonsnivåer

Veilederen angir fem ambisjonsnivåer eller modenhetsnivåer for smarte bygg (se figur). Veilederen låner konseptuelt tanke-gods fra definisjonene for autonome biler [4] og legger opp til en nivådeling hvor grunnnivåene er vel definert. Videre kan nye toppnivåer legges til over tid, uten at de grunnleggende elementene i veilederen må endres. De neste avsnittene beskri-ver hvilke effekter hovedinteressentene kan forvente seg av bygg som oppnår de ulike ambisjonsnivåene.

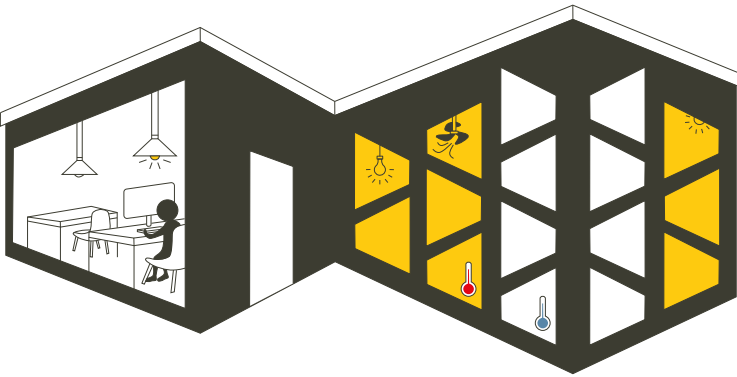


Ambisjonsnivåer for smarte næringsbygg. Dagens byggestandard utgjør basisnivået (nivå 0).

Automatisert

Et *Automatisert* bygg tilfredsstiller dagens høye krav til nye bygg, blant annet byggteknisk forskrift (TEK17), og grunnleg-gende forventninger de ulike interessentene har til et bygg. Fra et samfunnsperspektiv vil det si robuste og energieffektive bygg som ikke utsetter brukerne for store helsemessige risikoer.

Byggeieren kan på dette nivået forvente et bygg av god kva-litet med tilhørende lave livsløpskostnader. Leietakere på sin side kan være trygg på at bygget vil ha et godt arbeidsmiljø der temperatur, luft og lys styres automatisk basert på predefinerte nivåer og driftstider. Den samme forventningen til inneklima vil gjelde hver enkelt bruker og de vil oppleve bygget som tidsriktig.



Smart klar

Hverken brukerne eller leietakerne vil oppleve betydelig for-skjell mellom et *Automatisert* bygg og et bygg på nivået *Smart klar*. De fleste endringene som dette nivået setter krav til, er i form av infrastruktur og systemer i bygget som tilrettelegger for å kunne nå de høyere nivåene. Eieren av bygget derimot, kan forvente seg et bygg med fremtidsrettede teknologier installert, noe som forenkler senere integrering av ny teknologi og legger grunnlaget for nye tjenester og økt brukerinteraksjon.

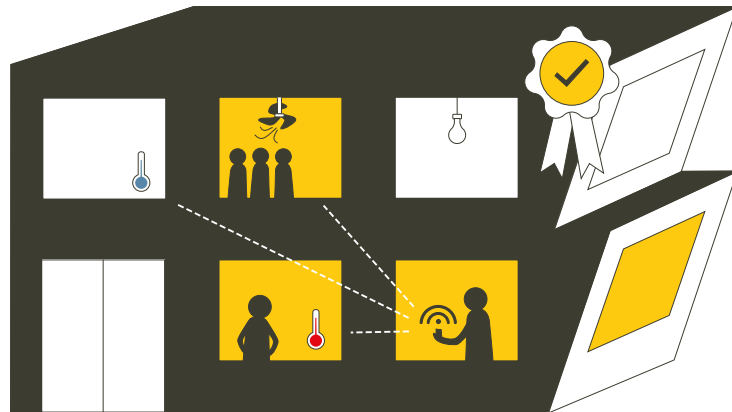
Eieren kan derfor forvente at bygget står seg bedre over tid og har en forlenget periode hvor det oppleves som moderne i leiemarkedet og blant brukerne. Risikoen for fremtidige en-dringskostnader er dermed redusert. Fra et samfunnsperspektiv vil et bygg av typen *Smart klar* først og fremst gi effekter i form av redusert miljøfotavtrykk, ettersom nivået setter krav til bedre energiytelse og smartere styring av varme og ventilasjon.



Smart standard

I et *Smart standard* bygg kan brukerne forvente seg vesentlige forskjeller fra de to foregående nivåene. Mulighetene for brukerpåvirkning tilknyttet inneklima vil øke betraktelig, samtidig som de vil oppleve en enklere hverdag ved at omgivelsene i større grad tilpasser seg deres preferanser automatisk, og at de for eksempel kan gå inn og ut av soner basert på biometriske data. Leietakerne kan forvente seg leiekostnader som i økende grad er tjenestebasert og følger behovet deres, samt enklere og bedre tilpasninger av bygget ved endrede behov.

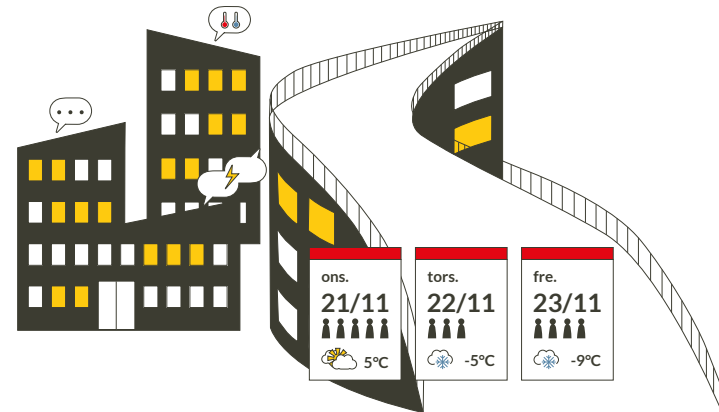
Økt tilpasningsdyktighet over livsløpet vil også kunne ha betydelig verdi for eieren av bygget. Eieren skal på dette nivået kunne forvente et bygg der de tekniske løsningene er helhetlige og godt gjennomarbeidet med det resultat at bygget, dets digitale tvilling og integrerte systemer sikrer enklere drift. Til slutt vil samfunnet for øvrig se effekter i form av lavere energibruk (kWh) i drift, redusert toppbelastning (kW) fra bygget og dets nabolag, økt robusthet og nye sikkerhetsbarrierer.



Smart prediktivt

Et *Smart prediktivt* bygg vil predikere byggets tilstand og justere bygget basert på en stor mengde inputdata. Alle de fire hovedinteressentene vil på dette nivået oppleve et bygg som forbereder seg på kommende driftssituasjoner, justerer seg og/eller kommuniserer forslag til tiltak. Bygget vil rådgi og guide brukerne basert på deres egne preferanser. Leietakere, eier og samfunnet rundt vil kunne forvente at prediksjonsmodellene gir enda bedre energieffektivitet i drift og derav lavere driftskostnader og miljøbelastning. Bygget og nabolaget vil også kommunisere med utenforliggende nettverk om energibehov og nettbelastning.

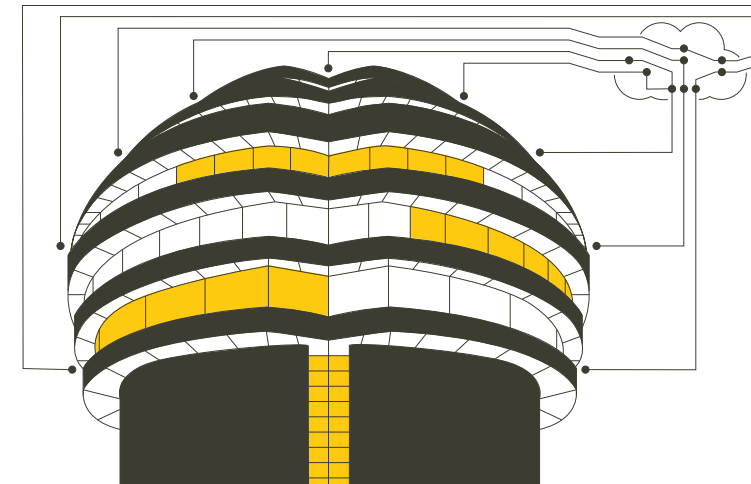
Videre vil bygget gi råd i daglig drift og forslag til bygningsmessige endringer som gir mer aktive kvadratmeter og øker verdien per kvadratmeter for både leietaker og eier. Nærmiljøet kan forvente et bygg som utnyttes bedre utenom normal arbeidstid og slik bidrar til å øke kvaliteten av omgivelsene. De første næringsbyggene som kan sies å holde dette nivået vil trolig få betydelig oppmerksomhet i markedet og samfunnet for øvrig. Både byggeier og leietakere vil derfor kunne forvente effekt i form av verdifull omdømmebygging og økt attraktivitet blant arbeidstakere og i eiendomsmarkedet.



Smart kognitivt

Et bygg på dette nivået vil utnytte store mengder historiske data og maskinlæring til å forbedre sine prediksjonsmodeller og systemer, uten at dette går på bekostning av brukeropplevelsen. Dette vil forbedre byggets energiytelse, redusere miljøbelastningen og bedre inneklimaet ytterligere, men trolig også marginalt på enkelte områder. Kunstig intelligens vil gjøre bygget i stand til å forutse hendelser som byggets eier, leietaker og bruker ikke nødvendigvis vil være i stand til å forutse selv, og gjennom dette øke opplevd kvalitet eller redusere deres risiko, f.eks. driftstekniske avvik som kan unngås med proaktive tiltak.

Et *Smart kognitivt* bygg vil sikre høy samfunnsmessig verdi i hele livsløpet ved at det utvikler seg og tilpasser seg fremtidige behov. Selv om noen bygg vil tilfredsstille enkelte av funksjonskravene på dette nivået innen få år, er det betydelig utviklingsarbeid som må til for å nå dette nivået på samtlige krav. Det første bygget som når dette nivået jevnt over, vil være en verdensnyhet.



7 Tema og funksjonskrav

Konseptet smarte bygg er i stadig utvikling og ulike aktører leser stadig nye tema, funksjoner og effekter inn i dette konseptet [5, 6]. I utviklingen av denne veilederen har en gruppe av bredt sammensatte fagpersoner kommet frem til et utvalg prioriterte funksjonskrav som vurderes mest betydningsfulle. Disse er så blitt syntetisert i fem temaer: muliggjørende teknologi; inneklima og arbeidsmiljø; energi- og ressursutnyttelse; sikkerhet og pålitelighet; og tilpasningsdyktighet. Med temaene gis et helhetsbilde over problemstillingene som må vurderes i utviklingen av et smartt bygg.

Hensikten med funksjonskravene ligger i ordets betydning – å beskrive kravene til ønskede funksjoner uten å beskrive konkrete leverandøravhengige løsninger. Kompleksiteten i hvert funksjonskrav øker ettersom en beveger seg oppover i ambisjonsnivåene. I oppfyllelsen av kravene på de øvre nivåene legges det til grunn at verdiene som oppnås på lavere nivå ikke blir reversert. Funksjonskravene er utviklet slik at oppnåelsen i stor grad skal være uavhengig av ytre forutsetninger som tomt, nabolag og geografisk plassering.



Muliggjørende teknologi

Et smart bygg forutsetter en del muliggjørende teknologier som de øvrige funksjonene kan bygge på. Sentralt er hvordan ulike systemer evner å kommunisere på tvers, deling av strukturerte data og modenhetsnivået på den digitale tvillingen.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
1.1	Bruk av åpne standarder for kommunikasjon mellom systemer og for muligheten til å utveksle data	Systemer er basert på både åpne og proprietære protokoller.	Alle systemene kommuniserer toveis over åpne standardiserte TCP/IP protokoller (f.eks. BACnet).	Systemene har åpne og dokumenterte API-er som gjør det enkelt å utveksle data.	–	–
1.2	Integrering av styringssystemer ¹	Enkelte styringssystem er integrert en-til-en basert på gateways (protokollconverter).	Alle relevante styringssystem kan integreres mot et system.	Samhandlende styringssystemer. Data utnyttes på tvers av systemene.	Styringssystemene er prediktive og deler data om forventet fremtidig tilstand.	Styringssystemene er selvlærende og forbedrer sine prediksjonsmodeller basert på historiske data.
1.3	Tilgjengeliggjøring av data, f. eks. ved bruk av sensorer og multisensorer	Et lite antall sensorer utnyttes av flere system.	Ingen unødig duplisering av sensorer. Øyeblikksdata er tilgjengelige for alle aktuelle system, også fremtidige.	Forenklet og fleksibelt sensorsystem oppnådd ved utbredt bruk av multisensorer og enkel integrasjon av ekstra sensorer ved behov (f.eks. ved igangkjøring av bygg).	Sensorsystemet er designet for høy pålitelighet gjennom selvtestende sensorer, enkel fornying av sensorer, og bruk av redundante sensorer om nødvendig.	Maskinslæringsalgoritmer sjekker systemkvalitet og avdekker systemfeil.
1.4	Innsamling av strukturerte data og analysing av disse	Lite og ustrukturert innsamling av data.	Innsamling av strukturerte data i sanntid. Benyttet datastruktur skal være dokumentert og tilgjengelig. Ingen unødig duplisering av data.	Strukturert innsamling og lagring av historiske data. Data kan enkelt tilgjengeliggjøres for tredjepart.	Store datamengder brukes til prediksjon og annen brukerveiledning.	Store datamengder utnyttes av selvlærende systemer til å øke presisjonen på styringen under ordinær drift. Historiske data brukes til læring på tvers av flere bygg.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
1.5	Modenhetsnivå på digital tvilling	Oppdatert digital modell gir oversikt over bygningens fysiske komponenter (objekter), oppbygging og mengder.	Byggets digitale tvilling har produktinformasjon (f. eks. miljø og kvalitet) og FDV-dokumentasjon knyttet til objektene. Den digitale tvillingen kan oppdateres ved endringer og er klargjort for logging av driftsdata knyttet til rom og objekter.	Den digitale tvillingen er den sentrale informasjonsbæreren vedrørende bygningssmessige komponenter, drifts- og brukerdata.	Den digitale tvillingen utgjør en høyverdig digital kopi av det fysiske bygget og kan selv eller ved hjelp av tilknyttet programvare utføre simuleringer og predikere tilstanden til bygget ut i fra valgte scenarioer.	Den digitale tvillingen forbedrer sine prediksjonsmodeller og gir anbefalinger om hvordan bygget best kan tilpasse seg fremtidige behov på kort og lang sikt.
1.6	Tekniske nettverk	Et eget nettverk per tekniske system.	Ett felles teknisk nettverk for alle tekniske systemer. Nettverket kan segmenteres og har støtte for aksesskontroll med et sentralisert tilgangsregister.	Alle enheter som tilkobles blir tildelt tilgang til riktig segment basert på enhetens definerte funksjon og rettighet. Trafikk og tilstand på nettverket overvåkes.	Nettverket monitorerer data-trafikk og detekterer anomale datastrømmer. Systemet varsler og håndterer avvik.	Det tekniske nettverket er selvlærende og selvsikrende.
1.7	Nettilgang for byggets brukere	Ulike Wi-Fi avhengig av leietakere i bygget.	Bygget er klargjort for felles innendørs Wi-Fi.	Felles Wi-Fi for alle leietakere i bygget.	Et eventuelt kablet nett er felles for alle leietakere i bygget.	–
1.8	Mobil trafikk over trådløst nettverk	Ikke tilrettelagt for mobil trafikk over trådløst nettverk.	Bygget er klargjort for mobil trafikk over felles Wi-Fi.	Byggets brukere har tilgang til tjenester som Wi-Fi tale og melding.	–	–
1.9	Posisjonering av mennesker og utstyr i bygget	Bygget tilbyr ingen posisjonerings-tjenester.	Bygget er klargjort for innendørs posisjonering basert på Wi-Fi triangulering, bluetooth beacons eller en kombinasjon av disse. Nødvendige wireless access points (WAP) og beacons er installert.	Brukerne får hjelp til å finne frem i bygget med utgangspunkt i deres posisjon. Mobilt utstyr blir sporet og posisjon tilgjengeliggjort for brukerne.	Bygget tilbyr brukerne posisjoneringstjenester som lar de finne kollegaer og selv bli funnet.	–

¹ Lys, solavskjerming, VVS (varme, ventilasjon og sanitær), SD (sentral driftskontroll), ABA (brannanlegg), AAK (adgangskontroll), AIA (innbruddsalarm), TVO/ITV (videoovervåkning), AV (audiovisuelt), besøksregistreringssystem, møterombooking, heis, o.l.

Inneklima og arbeidsmiljø

Et sentralt formål med smarte bygg er å sikre et bedre, mer brukertilpasset, og smartere styrt inneklima og arbeidsmiljø. Det vil si hvordan temperatur, luft, lys, støy og ergonomi skal legges til rette for god helse og høy produktivitet hos alle ansatte.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
2.1	Termisk miljø	Temperatur styres etter forhåndsinnstilte temperaturnivåer og driftstider.	Byggets system gjør det mulig å inkludere andre kilder (f.eks. tilstedeværelse og møteromskalendarer) i styring av temperatur. Dersom bygget har åpningsbare vinduer skal disse ha sensor for åpning og uteluftskvalitet.	Byggets systemer har mulighet for å utveksle informasjon med brukeren i sanntid, f.eks om temperatur i ulike soner. Kjøle- og varmesystemene styres på en helhetlig måte med andre systemer og kan f.eks. ta høyde for om vinduer er åpne.	Temperatur styres regelbasert iht. informasjon om fremtidige hendelser, f.eks. møteromsbooking og værmelding. Systemet mottar og lagrer tilbakemeldinger fra unike brukere og responderer på disse, f.eks. ved å justere temperatur eller gi brukerne personlig veiledning.	Systemet styres ut i fra et stort spekter av input, deriblant bruksmønster, er selvlærende og benytter historiske data for å forbedre sine prediksjonsmodeller for å sikre fornøyde brukere.
2.2	Atmosfærisk miljø	Luftmengde styres etter forhåndsinnstilte CO ² -nivåer og driftstider. Ingen materialer inneholder stoffer på BREEAM-NOR A20 miljøgiftslisten.	Luftmengde kan styres basert på flere kilder i sanntid (f.eks. aktivitet og emisjon fra materialer). Lavemitterende materialer er utnyttet for å kunne redusere luftskiftet. Dersom åpningsbare vinduer skal disse ha sensor for åpning og uteluftsensorer.	Brukere kan påvirke luftmengden naturlig og/eller mekanisk. Kjøle- og varmesystemene styres på en helhetlig måte med andre systemer og kan f.eks. ta høyde for om vinduer er åpne.	Luftmengde styres regelbasert iht. informasjon om fremtidige hendelser, f.eks. møteromsbooking og værmelding. Systemet mottar og lagrer tilbakemeldinger fra unike brukere og responderer på disse, f.eks. ved å justere temperatur eller gi brukerne personlig veiledning.	Systemet styres ut i fra et stort spekter av input, der iblant bruksmønster, er selvlærende og benytter historiske data for å forbedre sine prediksjonsmodeller for å sikre fornøyde brukere.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
2.3	Daglys og belysning	Belysning slås på og av basert på tilstedeværelse (bevegelsessensor) og driftstider. Kun bruk av lavenergi lyskilder som LED og lysrør. Brukere kan påvirke lysnivået i arbeidsfeltet etter behov og arbeidsoppgaver.	Lysstyringssystemet styrer lysnivå etter tilstedeværelse, dagslysnivå og driftstider. Tiltak for optimal utnyttelse av dagslys hensyntatt i utforming av bygget. Lysanlegget er oppdelt i hensiktsmessige soner og tilrettelagt for to-veis kommunikasjon i styringssystem.	Lysmengde og fargetemperatur kan styres etter flere kilder som tid på døgnet og årstid.	Lyssystemet mottar tilbakemeldinger fra unike brukere og gir brukerne informasjon og veiledning.	Lysmengde og fargetemperatur styres i tillegg basert på individuell fysiologi og preferanser, etter prinsippet om human centric lighting.
2.4	Akustikk, støy og vibrasjoner	Akustikken er tilpasset funksjonen til lokalene. Støy og vibrasjon iht. gjeldende retningslinjer.	Det er tilrettelagt for at akustiske egenskaper kan tilpasses ved endret arealbruk. Ingen vibrasjoner eller støy fra tekniske installasjoner i arbeidssoner. Støynivået monitoreres.	Akustiske egenskaper kan enkelt tilpasses ved endret arealbruk (f.eks. flyttbare støydempende elementer). Støynivå kommuniseres til brukerne i sanntid.	Aktiv tilpasning av akustikk og støydemping basert på støynivå, både i sanntid og forventet støynivå. Systemet kommuniserer forventet støynivå til brukerne.	Systemet er selvlærende og benytter historiske data for bruksmønster, akustikk og støynivå til å forbedre sine prediksjonsmodeller og aktive tilpasning.
2.5	Ergonomisk miljø	Kravene til universell utforming er tilfredstilt. Arbeidsstasjoner og arbeidsredskaper kan tilpasses brukerne.	Arbeidssomgivelsene motiverer til allsidig bruk. Arbeidsstasjoner er utstyrt med sitte- / ståbord.	Tjenester som monitorerer aktivitetsnivået og gir statistikker på individ og gruppenivå blir tilbudt den enkelte bruker og gruppe.	Tjenester som monitorerer ergonomiske forhold på arbeidsstasjonene er tilgjengelig. Systemet gir brukerne råd for å unngå overbelastning og skader.	Systemet for ergonomi er koblet til annen brukerdata (f.eks. fraværdata) og bruker maskinlæring til å forbedre sine prediksjons- og rådgivingsmodeller.

Energi- og ressursutnyttelse

Bærekraft og energieffektivitet er ofte elementer i definisjoner av smarte bygg, noe som også vektlegges spesielt i denne veilederen. Det fokuseres på byggets energi- og ressursutnyttelse uavhengig av ytre forutsetninger som omgivelser og geografisk plassering.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
3.1	Byggets energiytelse	TEK17 / Energiklasse A.	Bygget tilfredstiller kravene til et nZEB etter futurebuilt definisjonen.	Byggets energiytelse kommuniseres til brukerne i sanntid.	–	–
3.2	Elektrisk energiforbruk og styring av enheter (belysning og utstyr)	Belysning styres baser på predefinerte driftstider og sensorikk. To-veis kommunikasjon kun for enkelte utstyrstyper.	All belysning og relevant elektrisk utstyr skal ha mulighet for to-veis kommunikasjon.	Enhetene styres energi- og effektoptimalt basert på flere datakilder (f.eks. tilstedeværelse, solskjerming og dagslysnivå) i sanntid. Energiforbruket måles og loggføres.	Enhetene styres energi- og effektoptimalt basert på predikert behov (f.eks. basert på forventet bruk og værmelding). Simuleringer av samtidighet (f.eks. ved bruk av den digitale tvillingen) i forkant av bygging sikrer redusert installert effekt og økt kapasitetsutnyttelse.	Enhetene styres energi- og effektoptimalt ved hjelp av store mengder driftsdata og maskinlæring. Læring som bygget genererer deles med aktørene involvert i prosjektet og kan utnyttes i kommende prosjekter.
3.3	Klimateknisk system og termisk energiforsyning	Klimateknisk system som tilfredstiller TEK17.	Det klimatekniske systemet er helhetlig designet (kombinasjon av passive og aktive tiltak) og enkelt optimaliserbart i drift. Alle relevante enheter (f.eks. varmepumper, ventiler, vifter og temperaturfølere) og soner i bygget skal ha mulighet for toveis kommunikasjon.	Systemet styres og driftes energioptimalt basert på flere datakilder (f.eks. faktiske værforhold, bruksmønster og byggets respons) i sanntid. Mulighet for energi- og effektstyring basert på eksterne informasjonskilder og grid-integrasjon.	Systemet styres og driftes energioptimalt basert på bruksmønster, grid-integrasjon og værmeldingstjenester. Systemet forbereder seg på kommende varme- og kuldeperioder ut fra faste algoritmer. Simuleringer av samtidighet i forkant av bygging sikrer reduserte dimensjoner.	Bygget er selvlærende og forbedrer sine algoritmer for styring og drift tilpasset bruksmønster, grid-integrasjon, værvarselet og det faktiske været. Læring som bygget genererer deles med aktørene involvert i prosjektet og kan utnyttes i kommende prosjekter.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
3.4	Byggets integrasjon med grid, energiproduksjon og lagring	Ingen integrasjon med grid. Ingen produksjon og lagring av fornybar energi.	System for produksjon, lagring og distribusjon av fornybar energi er helhetlig designet og optimaliserbart i drift, inkl. automatisk kutting av ikke-prioriterte laster. Alle relevante enheter skal ha mulighet for toveis kommunikasjon.	Toppbelastningen i nabolaget reduseres ved at byggenes styringssystemer kommuniserer med hverandre (f.eks ved lastbalansering og grunnlastkutting).	Et nettverk av aktører lokalt i et nabolag utveksler energi, både elektrisk og termisk, fortløpende basert på noe deling av informasjon (f.eks energipriser og effektilgjengelighet og tariffer). Bygg og nabolag kan kommunisere med utenforliggende nettverk (f.eks. i en smart city).	Det totale energiforbruket og effektbelastningen i nabolaget er minimert gjennom koordinert og utbredt deling av informasjon og energi, samt utnyttelse av selv-lærende styringssystemer.
3.5	Avfallsåndtering og ressurseffektivitet	Kildesortering tilgjengelig på aktuelle steder i byggets arbeidsområder og kantine.	Andel sortert avfall, papirforbruk og bruk av andre relevante ressurser måles og utviklingen presenteres for brukerne.	Bygget og dets interiør innehar designmessige kvaliteter som gir brukerne et vennlig dult (nudging) i retning ressurseffektive eller helsefremmende valg, og effekten av disse kommuniseres til brukerne. Informasjon om belegg utnyttes til beregning av daglig etterspørsel i kantine.	Matsvinnet reduseres ytterligere ved at lunsjpreferanser til unike brukere spores, og sammen med informasjon om tilstedeværelsen, utnyttes til å skreddersy daglig mengdeberegninger basert på hvem som forventes til lunsj. Effekten i redusert matsvinn kommuniseres til brukerne.	Historiske data og maskinlæring utnyttes til å forbedre treffsikkerheten på beregningene av etterspørsel i kantine.

Sikkerhet og pålitelighet

Det forventes av smarte bygg at de bidrar til økt sikkerhet og pålitelighet utover dagens standard. Det være seg personsikkerhet, IT-sikkerhet, eller påliteligheten til bygget og dets systemer.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
4.1	Informasjonsarkitektur	Ingen krav til overordnet informasjonsarkitektur.	Et informasjonsforvaltningskonsept beskriver hvordan byggets og brukernes integritet er tenkt ivaretatt, hvordan eierskap til data som bygget og brukerne genererer er regulert og hvordan krav knyttet til personvern og cyber security er tenkt ivaretatt basert på byggets planlagte og fremtidige funksjoner.	-	-	-
4.2	Cyber Security	Krav til informasjonssikkerhet er ivaretatt pr fagsystem /styringssytem.	Oppfyllelse av relevante krav knyttet til Cyber Security er en del av byggets grunnleggende design.	Kompenserende kontroller er bygget inn for å håndtere identifiserte svakheter i valgte teknologier (BAC-nett, IoT-sensorer osv).	Moderne Cyber Security verktøy og metoder benyttes for å forutse og oppdage sikkerhets-truende hendelser og varsle om eller håndtere disse. Datasikkerhetssystemene utnytter informasjon fra andre systemer (f.eks. skallsikring og posisjoner-ing) til å avdekke anomaliteter.	Bygget er selvlærende og forbedrer sine algoritmer for å forutse, oppdage og håndtere sikkerhetstruende hendelser.
4.3	Personvern	GDPR og anddre relevante lovkrav oppfylles pr fagsystem /styringssytem.	Privacy by design prinsipper er anvendt når byggets funksjoner er etablert.	GDPR og andre relevante lovkrav oppfylles samlet for alle byggets systemer i de tilfellene der systemene utveksler data, f.eks. om brukerne.	GDPR og andre relevante lovkrav oppfylles på nye datasett / ny innsikt som genereres gjennom bruk av algoritmer for å predikere byggets og brukernes fremtidige aktiviteter.	-

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
4.4	Skallsikring	Proprietære frittstående systemer.	Integrerte systemer.	Bruk av biometriske data forenkler adgangskontroll og tilgangsstyring.	Overvåkningssystemet gjenkjenner ulike situasjoner og reagerer på disse.	Overvåkningssystemet deler historiske data i et nettverk av bygg og forbedrer sin situasjonsforståelse basert på hendelser på eget og andre bygg.
4.5	Pålitelighet i energiforsyning og nettilknytning (data)	En tilknytning.	Forberedt for parallell tilknytning eller alternativ forsyning.	Redudante tilknytninger.	-	-
4.6	Tilstandsbasert drift og vedlikehold	Prevantivt vedlikehold og ettersyn basert på føringer gitt i FDV-systemet.	Tilstandsbasert vedlikehold ved bruk av sensorer integrert med FDV-systemet.	Tilstandsbasert drift og vedlikehold ved bruk av sensordata og brukerdata koblet til byggets digitale tvilling. Sensorer overvåker tilstand i aktuelle deler av bygningskroppen, byggets overflater og utstyr.	Tilstandsbasert prediktiv drift og vedlikehold som hensyntar værmelding, systemdata, bruksmønstre og tilbakemelding fra brukere. Relevante status presenteres brukerne, f.eks. for renhold.	Algoritmene for tilstandsbasert drift og vedlikehold forbedres ved hjelp av historiske data og maskinlæring.
4.7	Sikkerhetssystemer mot naturskader (brann, flom, overflatevann, jordskred o.l.)	Sikkerhetssystemer mot naturskade etter gjeldende lovkrav og forskrifter, deriblant brannalarmanlegg iht. NS 3960. Spesifikke krav i reguleringsplan oppfylt.	Barrierer mot flom og overflatevann integrert i bygget (f.eks. sluser, fordrøyningsbasseng og grønne tak). Relevante systemer er klargjort for automatisk kommunikasjon med nødetater.	Relevante systemer kommuniserer med nødetater og gir informasjon om hendelser og status i forkant av ankomst ved utrykning. Sensordata fra andre systemer utnyttes til overvåkning og deteksjon.	Sikkerhetssystemene er proaktive og hensyntar f.eks. værmelding. Ved utrykning har nødetater tilgang til informasjon om hvor det befinner seg folk i bygget.	Sikkerhetssystemene kommuniserer og samhandler proaktivt med nabobygg og relevant infrastruktur, f. eks. om håndtering av overflatevann.

Tilpasningsdyktighet

I både et bærekraftsperspektiv og et brukerperspektiv er det ønskelig med høy tilpasningsdyktighet til endrede behov. Slik kan bygget ha høy utnyttelsesgrad og gi høyest mulig verdi gjennom hele livsløpet.

ID	Funksjonskrav	0. Automatisert	1. Smart Klar	2. Smart Standard	3. Smart Prediktivt	4. Smart Kognitivt
5.1	Flerfunksjonelt areal (best utnyttelse over dag / døgn / år)	-	-	Flerfunksjonelle areal på tvers av leietakere, f.eks. sambruk av møteromsareal.	Arealer med flerfunksjonell bruk igjennom døgnet og alternativ anvendelse utenom normal arbeidstid. Bygget utformes mtp. tilgjengelighet for eksterne brukere (f.eks. sikkerhet og brann) og data om tilgjengelighet deles vha. åpne protokoller for bruk av andre applikasjoner.	Bygget kommuniserer med andre bygg om behov og foreslår virkemidler for økt arealutnyttelse.
5.2	Aktiv arealutnyttelse (best utnyttelse over dag/ døgn/år)	Oppdatert digital modell gir oversikt over mengder (m²) og typer (kategori) arealer.	Tilrettelagt for interaksjon mellom bygg og bruker der digital modell kan kobles mot brukerdata og innmeldte behov.	Brukergrensesnitt der planløsning, faktisk bruk (sensordata) og brukeres innmeldte rombehov (rom-/ arealbestilling) ses i sammenheng. Data lagres for senere læring. Systemet bidrar til optimalisering på en dag-til-dag basis.	Systemet inkluderer data om arbeidspraksis, produktivitet og tilfredshet for enkeltindivider, grupper og profesjoner, lærer av andre bygg, og genererer anbefalinger for best langsiktig arealutnyttelse.	Data for optimalisering av arealbruk satt inn i systemer som gir områdeperspektiv (samvirke mellom flere bygg) og/eller et livsløpsspektiv (formålsendring).
5.3	Beslutningsunderlag for bygningsmessige endringer	Oppdatert digital modell gir oversikt over bygningens fysiske komponenter, oppbygging og mengder.	Digital tvilling som samler all tilgjengelig informasjon relevant for fysiske endringer og tilgjengeliggjør dette for beslutningstakere.	Beslutningsunderlag for bygningsmessige endringer hentes fra en digital tvilling og kan enkelt deles med involverte parter. Miljø- og klimaparametre er inkludert i beslutningsunderlaget.	Den digitale tvillingen genererer anbefalinger til bygningsmessige endringer basert på drifts-, miljø og brukerdata.	Den digitale tvillingen anbefaler bygningsmessige endringer basert på data fra det aktuelle bygget, nabobygg og omgivelser.





8 Referanser

Bibliografi

[1] Global Warming of 1.5 °C. IPCC Special Report 2018. Url: <https://www.ipcc.ch/sr15/> IPCC, 2018.

[2] Is the building industry on track to meet the climate targets in the Paris agreement? Fjeldheim, Henning; Rist, Tobin og Dahlstrøm, Oddbjørn: Zero-konferansen, 2018.

[3] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). OJ L 119, 4.5.2016, p. 1–88.

[4] Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, SAE International J3016_201401. Url: https://www.sae.org/standards/content/j3016_201401/ SAE International, 2014.

[5] Smart building decoded. A concept beyond the buzzword. Url: <http://bpie.eu/publication/smart-buildings-decoded-a-concept-beyond-the-buzzword/> BPIE, 2017.

[6] Hva er smartbygg, og hva ønskes oppnådd med smart bygg? Walløe, Fredrick. Masteroppgave/UIS-TN-IØRP/2017. Universitetet i Stavanger, 2017.

Liste over bilder og illustrasjoner

s. 1	Illustrasjon Powerhouse Brattørkaia	Powerhouse
s. 2	Illustrasjon Powerhouse Brattørkaia	Powerhouse
s. 4	Illustrasjon Powerhouse Kjørbo	Powerhouse
s. 8	Bilde Powerhouse Kjørbo	Kjetil Jacobsen
s. 11	Bilde Powerhouse Kjørbo	Skanska
s. 13	Illustrasjon Powerhouse Telemark	Powerhouse
s. 17	Illustrasjon Powerhouse Brattørkaia	Powerhouse
s. 18	Illustrasjon Powerhouse Brattørkaia	Powerhouse
s. 29	Bilde Powerhouse Drøbak Montessori ungdomsskole	Robin Hayes
s. 30	Illustrasjon Powerhouse Telemark	Powerhouse
	Resterende illustrasjoner og grafisk presentasjon	Anunatak

