



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES



NULLUTSLIPPSOMRÅDER I SMARTE BYER

Definisjon, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer
Versjon 5.0. Norsk

ZEN RAPPORT No. 62 – 2024





Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES

ZEN Rapport No. 62

Marianne Kjendseth Wiik¹⁾, Shabnam Homaei¹⁾, Synne Krekling Lien¹⁾, Igor Sartori¹⁾, Solveig Meland¹⁾, Hampus Karlsson¹⁾, Anandasivakumar Ekambaram¹⁾

¹⁾ SINTEF Community

Nullutslippsområde i smarte byer

Definisjon, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier: Versjon 5.0

Keywords: Nullutslippsområde, definisjon, nøkkelindikatorer, vurderingskriterier

ISBN 978-82-536-1841-8

Norwegian University of Science and Technology (NTNU) | www.ntnu.no

SINTEF Community | www.sintef.no

<https://fmezen.no>

1 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet av Forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN). Forfatterne setter pris på støtten fra Norges forskningsråd, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), SINTEF, Oslo, Bergen, Trondheim, Bodø, Bærum, Elverum og Steinkjer kommune, Trøndelag fylke, Statsbygg, Norges vassdrags- og energidirektorat, Direktoratet for byggkvalitet, ByBo, Elverum Tomteselskap, TOBB, Snøhetta, AFRY, Asplan Viak, Multiconsult, Civitas, FutureBuilt, Heidelberg Materials, Skanska, GK, NTE, Smart Grid Services Cluster, Statkraft Varme, Fornybar Norge og Norsk Fjernvarme.

Forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN).

Forskningscenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret) bidrar til lavutslippssamfunnet ved å utvikle løsninger for fremtidige bygninger og områder med null utslipp av klimagasser.

I ZEN-senteret samarbeider forskere, kommuner, industri og statlige organisasjoner om å planlegge, utvikle og drifte områder med null klimagassutslipp. ZEN-senteret har ni pilotprosjekter fordelt over hele landet. Pilotprosjektene omfatter til sammen et areal på mer enn 1 million m² og mer enn 30 000 innbyggere.

ZEN-senteret har satt seg høye ambisjoner, og sammen med sine samarbeidspartnere skal senteret:

- utvikle verktøy for design og planlegging av nullutslippsområder på grunnlag av vitenskapsbasert kunnskap om klimagassutslipp
- skape nye forretningsmodeller, roller og tjenester som bidrar til fleksibilitet i markeder og fremmer utvikling av innovasjoner til bredere offentlig bruk, innbefattet studier av politiske virkemidler og markedsdesign
- skape kostnads-, ressurs- og energieffektive bygninger ved å utvikle lavkarbonteknologier og -konstruksjonssystemer på grunnlag av designstrategier for lang levetid
- utvikle teknologier og løsninger for design og drift av energifleksible områder
- utvikle beslutningsstøtteverktøy for optimalisering av lokale energisystemer og disses interaksjon med det overordnede energisystemet
- opprette og lede en rekke områdeskalerte levende laboratorier som skal fungere som innovasjonssentre og testområder for løsninger utviklet av ZEN-senteret. Pilotprosjektene er på Furuset i Oslo, Fornebu i Bærum, Sluppen og NTNUs campus i Trondheim, Mære landbruksskole i Steinkjer, Ydalir i Elverum, Campus Evenstad, NyBy-Ny Flyplass Bodø og Zero Village Bergen.

ZEN-senterets arbeid skal pågå i åtte år (2017-2024). Det har et budsjett på rundt 380 millioner kroner og er finansiert av Norges forskningsråd, forskningspartnerne NTNU og SINTEF samt av brukerpartnerne fra privat og offentlig sektor. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) er vertsinstusjon og leder senteret sammen med SINTEF.



<https://fmezen.no>



@ZENcentre



FME ZEN (page)

Redaktørene vil takke forskerne for deres innspill. Listen under gir en oversikt over deltagere i hver ZEN ekspertgruppe som har bidratt til ZEN definisjonsarbeidet:

Klimagassutslipp: Marianne Kjendseth Wiik (SINTEF), Selamawit Mamo Fufa (SINTEF), Kristin Fjellheim (SINTEF), Christofer Skaar (SINTEF), Carine Lausset (SINTEF), Håvard Bergsdal (SINTEF), Eirik Resch (NTNU) og Camille Vandervaeren (SINTEF), Helge Brattebø (NTNU), Edgar Hertwich (NTNU), Jan Sandstad Næss (NTNU), Inger Andresen (NTNU), Patricia Schneider-Marin (NTNU) og Juudit Ottelin (NTNU).

Energi og effekt: Synne Krekling Lien (SINTEF), Igor Sartori (SINTEF), Benjamín Manrique Delgado (SINTEF), Harald Taxt Walnum (SINTEF), Åse Lekang Sørensen (SINTEF), Karen Byskov Lindberg (SINTEF), Ove Wolfgang (SINTEF), John Clauss (SINTEF), Hanne Kauko (SINTEF), Laurent Georges (NTNU), Magnus Korpås (NTNU), Magnus Askeland (NTNU), Kasper Thorvaldsen (NTNU), Stian Backe (SINTEF), Dimitri Pinel (NTNU), Marius Bagle (SINTEF) og Inger Andresen (NTNU).

Mobilitet: Solveig Meland (SINTEF), Unn Karin Thorenfeldt (SINTEF), Bendik Manum (NTNU), Peter Schön (NTNU), Eva Heinen (NTNU), Hampus Karlsson (SINTEF) og Astrid Bjørgen (SINTEF).

Økonomi: Caroline Cheng (SINTEF), Anandasivakumar Ekambaram (SINTEF), Kristin Tolstad Uggen (SINTEF), Stian Backe (NTNU) og Anne Gunnarshaug Lien (SINTEF).

Byform og arealbruk: Tobias Nordström (NTNU), Lillian Sve Rokseth (SINTEF), Daniela Baer (SINTEF), Judith Thomsen (SINTEF), Lars Arne Bø (SINTEF), Bendik Manum (NTNU), Johannes Brozovsky (NTNU) og Peter Schön (NTNU).

Dokumenthistorikk

Versjon	Dato	Versjonsbeskrivelse
1.0	2018	Den første versjonen av dette dokumentet beskrev definisjoner, nøkkelindikatorer (KPI) og vurderingskriterier som benyttes i Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret). De syv ZEN-kategoriene (klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, stedskvaliteter, økonomi og innovasjon) og relaterte KPI-er ble beskrevet.
2.0	2021	Den andre utgaven (versjon 2.0) av definisjonen av nullutslippsområder (ZEN) bygger på v1.0 av ZEN definisjonsrapporten. ZEN-kategoriene klimagassutslipp, energi og effekt er oppdatert etter at KPI-ene har blitt testet ut i forskjellige pilotprosjekter. Det er også lagt til et nytt kapittel (kapittel 5) som omhandler ZEN KPI-verktøyet og rammeverket. ZEN-kategoriene mobilitet, stedskvaliteter, økonomi og innovasjon er delvis oppdatert i denne utgaven.
3.0	2022	Den tredje utgaven (versjon 3.0) bygger på de to tidligere versjonene av ZEN definisjonsrapporten. Kategoriene klimagassutslipp (KGU), energi (ENE) og effekt (EFF) har blitt videreutviklet og raffinert gjennom empirisk forskning og iterativ testing i ZEN pilotområdene. Tabell 2: ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI) er revidert. Justeringer for kategoriene mobilitet (MOB), økonomi (ØKO), stedskvaliteter (KVA) og innovasjon (INN) er gjennomført. Innovasjon inneholder ikke lenger ZEN vurderingskriterier eller nøkkelindikatorer, men er fortsatt en viktig prosess som ble forsket videre på i de neste utgavene av ZEN definisjonsrapport. Rapporten er nå delt i en engelsk (EN) og en norsk (NO) versjon.
4.0	2022	Denne fjerde utgaven (versjon 4.0) av definisjonen av nullutslippsområder (ZEN) bygger på de tre tidligere versjonene av ZEN definisjonsrapport og tredje versjon av rapporten ZEN definisjonsveileder. Denne rapporten gir detaljer om definisjonsrammeverket i ZEN. En stor endring involverer å løfte prosess-KPI ut av kategorien stedskvaliteter og å inkludere dem i en prosessveileder for å designe ZEN. Flere effekt KPI-er er lagt til. Kategorien stedskvaliteter heter nå byform og arealbruk (BYF), og flere KPI-er er lagt til. Denne rapporten er kortere og gir oversikt over ZEN-definisjonen og viktige definisjoner relatert til ZEN definisjonsrammeverk. Flere detaljer om ZEN KPI finnes i rapporten ZEN definisjonsveileder versjon 3.0.
5.0	2024	Denne femte og siste utgaven (versjon 5.0) av definisjonen av nullutslippsområder (ZEN) bygger på de fire tidligere versjonene av ZEN definisjonsrapport og serien av ZEN definisjonsveiledere.

Sammendrag

Denne rapporten beskriver definisjoner, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier som benyttes i Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret). Versjon 5.0 bygger på tidligere versjoner av ZEN-definisjonsrapporten og serien av ZEN definisjonsveiledere (1). Versjon 5.0 gir detaljer om ZEN definisjonsrammeverk. Flere detaljer om ZEN KPI finnes i rapporten ZEN definisjonsveileder versjon 4.0. Til sammen har over 100 eksperter fra ZEN-senteret bidratt til dette dokumentet.

Innhold

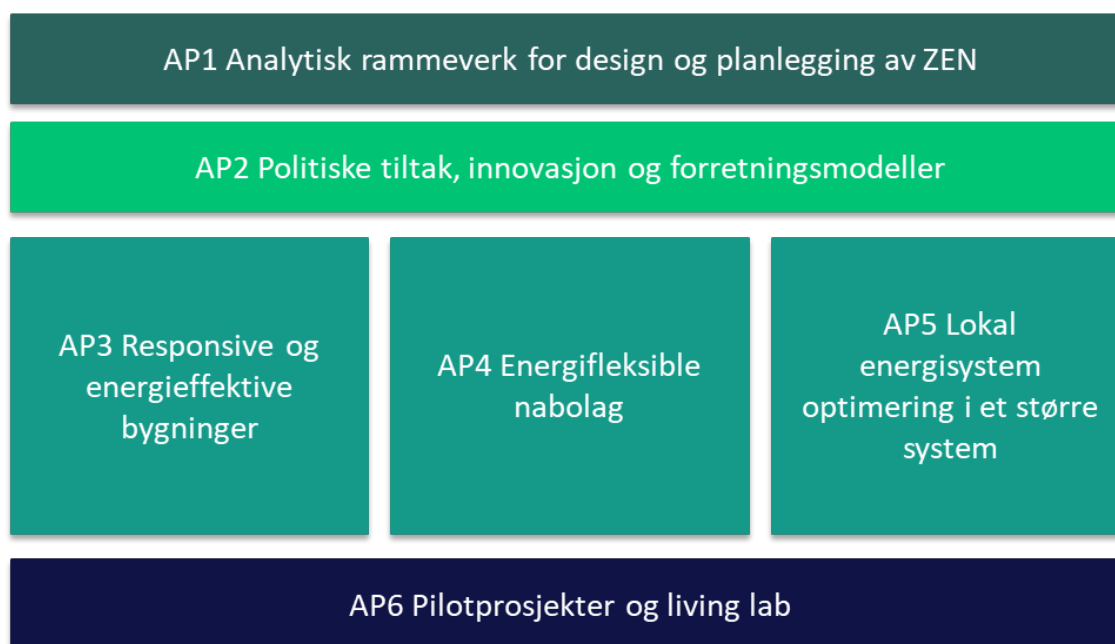
1	Innledning	8
2	Definisjoner.....	9
2.1	ZEN-definisjonen	9
2.2	Andre begreper og definisjoner	10
2.3	ZEN definisjonskategorier.....	13
3	Rammeverk for ZEN KPI	15
3.1	Omfang	15
3.2	ZEN verktøykasse	18
3.3	ZEN KPI-verktøy	18
3.4	Referanseprosjekter og referanseverdier	19
3.5	Grense- og målverdier	19
3.6	Vekting	20
3.7	Referansemåling	20
3.8	ZEN visualiseringsverktøykasse.....	21
3.9	ZEN pilotområder.....	21
4	ZEN vurderingskriterier og nøkkelindikatorer.....	24
5	Begrensninger	27

2 Innledning

Formålet til Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN) er å muliggjøre overgangen til et lavutslippssamfunn ved å utvikle bærekraftige områder med null klimagassutslipp. For å oppnå dette målet er det behov for følgende:

1. En tydelig ZEN-definisjon,
2. Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI) som hjelper å planlegge og gjennomføre området og for å overvåke områdets ytelse,
3. Et ZEN KPI vurderingsverktøy for å overvåke ytelsen av nye og/eller eksisterende områder med ulike ambisjonsnivåer,
4. En veileder for hvordan ZEN-definisjonen og tilhørende KPI kan måles og implementeres i planlegging, implementering og driftsfasene av nye og/eller eksisterende områder,
5. ZEN pilotprosjekter som validerer ZEN-definisjonen gjennom testing og implementering.

ZEN-senteret består av seks arbeidspakker (AP), se Figur 1. ZEN-definisjonen, kategoriene, vurderingskriteriene og KPI er utviklet i AP1 og publisert i denne serien av rapporter (2–4). Definisjonsarbeidet er en pågående prosess gjennom prosjektperioden (2017–2024). ZEN definisjonsveilederne er utviklet under AP6 for å forklare hvordan KPI kan gjennomføres i ulike ZEN pilotprosjekter. Dette er en iterativ prosess hvor KPI kontinuerlig blir testet og videreutviklet gjennom ZEN pilotprosjekter, og hvor resultatene tilbakeføres til utvikling av ZEN-definisjonen, vurderingskriteriene og KPI i AP1.



Figur 1. Arbeidspakkene i ZEN-senteret

3 Definisjoner

3.1 ZEN-definisjonen

Nedenfor har vi beskrevet ZEN-definisjonen. Den skal være et overordnet og veiledende prinsipp for hele ZEN-prosjektet og ZEN pilotområdene. Definisjonen er basert på tidligere prosjekter, eksisterende vurderingsmetoder (som ZEB-senteret, PI-SEC, SSC, PEB, BREEAM Communities og CITYkeys) samt innspill fra forskere og partnere i ZEN gjennom en rekke diskusjoner og workshoper.

Forskningssenter for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN) definerer et "område" som en samling bygninger med tilhørende infrastruktur¹⁾, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område²⁾. Et netto **nullutslippsområde** har som målsetning å redusere og kompensere sine direkte og indirekte **klimagassutslipp** mot null innenfor sin analyseperiode, i tråd med et **valgt ambisjonsnivå**. Området bør ha fokus på følgende:

- a. Planlegging, design, og drift av bygninger og deres tilhørende infrastrukturkomponenter med sikte på **null klimagassutslipp** over livsløpet og å kompensere gjenstående klimagassutslipp for å oppnå et netto nullutslippsområde.
- b. Oppnåelse av høy **energieffektivitet** og en høy andel av **ny fornybar energi** i områdets forsyningssystem for energi.
- c. Smart styring av energiflyten i området (i bygg og mellom bygg) og av utvekslinger med det omkringliggende energisystemet, som sikrer **fleksibilitet**.
- d. Fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetssystemer.
- e. Planlegging, design og drift med hensyn til **økonomisk bærekraft**, ved minimerte levetidskostnader for å oppnå prisgunstige nullutslippsområder og velge kostnadsoptimale tiltak for å redusere klimagassutslipp.
- f. Arealplanlegging som sikrer god **byform og arealbruk** og stimulerer til bærekraftig atferd.

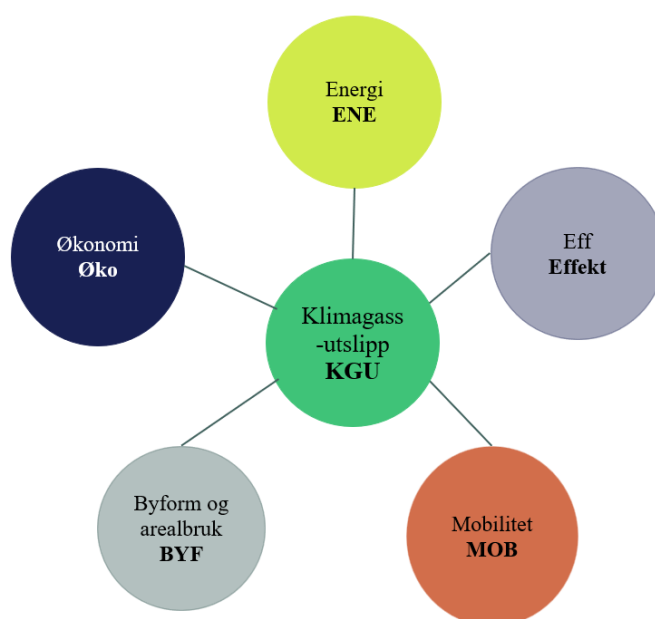
ZEN-definisjonen er skalerbar og bør alltid tilpasses lokale forhold med tanke på det bygde miljø, økonomi, teknologi, miljø, styring/regulering og sosiale forhold. Se kapittel 2.2 for en nærmere diskusjon av kjernebegreper.

Det må være et klart definert sett av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer for alle aspektene av ZEN-definisjonen. Disse må være definert slik at det er mulig å utvikle kvantitative og kvalitative metoder og verktøy som kan brukes til å vurdere status og framdrift for ZEN-pilotene opp mot ambisjonsnivået for klimagassutslipp. For å gjøre ZEN-definisjonen operativ vil retningslinjer utvikles og gjøres tilgjengelige (1,5,6). Definisjon av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer vil legge føringer for hvordan data måles og samles inn for ZEN KPI-verktøyet.

Som en følge av dette omfatter ZEN-definisjonen seks kategorier: Klimagassutslipp (KGU), Energi (ENE), Effekt (EFF), Byform og arealbruk (BYF), Mobilitet (MOB) og Økonomi (ØKO). Se Figur 2.

¹⁾ Bygninger kan være av ulike typer, for eksempel nye, eksisterende, energioppgraderte eller en kombinasjon. Infrastruktur inkluderer nettverk og teknologier for utveksling, produksjon og lagring av elektrisitet og varme, samt mobilitet.

²⁾ Området har en definert fysisk grense til eksterne nettverk (elektrisitet, varme og mobilitet). Systemgrensen for vurdering av energianlegg som betjener området, er derimot ikke nødvendigvis lik den geografiske områdeavgrensningen.



Figur 2. Seks kategorier i ZEN-definisjonen

Kategoriene er identifisert gjennom en rekke workshoper med ZEN-interessenter. De er et viktig ledd i realiseringen av ZEN-målet og skal gi et tilpasningsdyktig rammeverk for utvikling av framtidige ZEN-områder. ZEN-definisjonen bør være skalerbar. Kategoriene har et sett vurderingskriterier og – for hvert av disse – et sett med nøkkelindikatorer (KPI-er).

3.2 Andre begreper og definisjoner

ZEN-senteret benytter kunnskap og erfaringer fra et bredt spekter av fagområder og personer med ulik faglig bakgrunn. Derfor er det viktig å sikre at vi har en felles forståelse av hovedbegrepene og definisjonene som brukes i denne rapporten.

Det finnes ulike definisjoner av de forskjellige begrepene som er i bruk (7–11):

- nesten nullenergibygg (nZEB)
- nesten nullenergiområde (nZEN)
- nesten nullutslippsbygg (nZEB)
- nesten nullutslippsområde (nZEN)
- netto nullenergibygg (nZEB)
- netto nullenergiområde (nZEN)
- netto nullutslippsbygg (nZEB)
- netto nullutslippsområde (nZEN)

I 2010 ble Europaparlaments- og Rådskretsiv 2010/31/EU om bygningers energiytelse (EPBD) (12) omarbeidet for å definere et *nesten nullenergibygg* som et bygg med veldig høy energiytelse, mens det "nesten null" eller veldig lave energibehovet i betydelig grad skal dekkes av energi fra fornybare kilder, inkludert energi fra fornybare kilder produsert på stedet eller i nærheten. Denne definisjonen er brukt i EUs taksonomi (13), der ett av kriteriene for nye bærekraftige bygninger er at energibehovet må være

10 % lavere enn den nasjonale definisjonen av nesten nullenergibygg. I 2022 ble det foreslått en ny revisjon av EPBD (14): *Nullutslippsbygg* skal defineres som et bygg med veldig høy energiytelse i samsvar med prinsippet "energieffektivisering først", og hvor den energien som fortsatt behøves, er dekket av energi fra fornybare kilder i bygget eller fornybare kilder på distrikts- eller kommunenivå der det er teknisk mulig (spesielt de som genereres på stedet, de som genereres fra områder med fornybar energi eller fra fornybar energi eller spillvarme fra fjernvarme eller -kjølingssystem). I 2022 publiserte ISO IWA 42: 2022 (15) "Retningslinjer for netto null" som definerer *netto null klimagassutslipp* som:

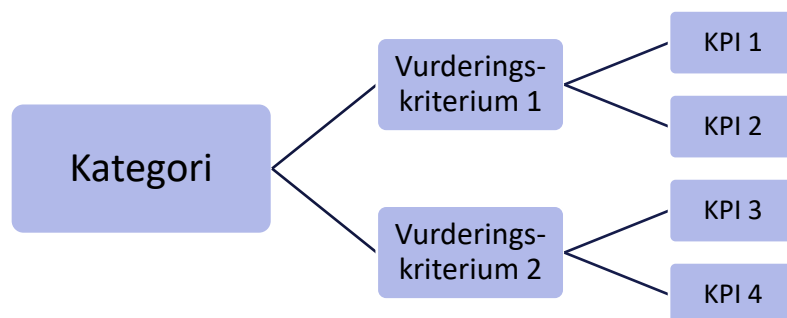
'... tilstanden der gjenværende klimagassutslipp forårsaket av mennesker er balansert av menneskelig ledet fjerning over en spesifisert tidsperiode og med spesifiserte systemgrenser [...] Gjenstående klimagassutslipp er utslipp som gjenstår etter at man har gjort alle mulige tiltak for å redusere utslipp [...] Menneskelig ledet fjerning inkluderer restaurering av økosystemer, direkte luftkarbonfangst og -lagring, skogplanting, forbedret forvitring, biokull og andre effektive metoder.'

Retningslinjene sier videre at unngåtte utslipp ikke bør brukes for å kompensere gjenstående utslipp. Dette gjenspeiler at kun atmosfærisk fjerning av karbondioksid kan levere negative utslipp og virkeligheten av å skille mellom reelle negative utslipp og unngåtte utslipp (16). Negative utslipp og unngåtte utslipp kan ikke summeres til å hevde at et prosjekt har oppnådd netto-null eller netto-negative utslipp. Material- eller energierstatning gir imidlertid typisk miljøgevinster som bør rapporteres separat som unngåtte utslipp (16,17).

I Norge har Forskningscenter for nullutslippsbygg (FME ZEB) utarbeidet en definisjon for *nullutslippsbygg* ved å utvikle en rekke ambisjonsnivåer – fra det laveste, ZEB-O, hvor klimagassutslipp fra energibruk i driftsfasen (O) kompenseres med fornybar energiproduksjon, til det høyeste, ZEB-COMplete, hvor alle klimagassutslipp gjennom livsløpet til et bygg (fra byggefasen (C), energibruk i driftsfasen (O), materialbruk (M), bruk, reparasjon og vedlikehold (PLE), transportbruk i driftsfasen (T), og slutfasen (E)) kompenseres med fornybar energiproduksjon (9–11). EPBDs definisjon av nullutslippsbygg samsvarer med det laveste ambisjonsnivået i FME ZEBs definisjon (ZEB-O). Begrepet *nesten* tilsier nær null, mens *netto* tilsier en balanse hvor gjenstående energi/utslipp er balansert gjennom enten fangst, lagring eller kompensasjon. I ZEN-definisjonen betyr nZEB *netto nullutslippsbygg*, og nZEN betyr *netto nullutslippsområde*.

Vurderingskriterier er krav som må oppfylles for at et område skal betraktes som miljømessig, sosialt og økonomisk bærekraftig og gjennomførbart (18). Kriterier kan være gjensidig avhengige, slik at ett kriterium må være oppfylt før det er mulig å oppfylle et annet. Vanligvis benyttes det kvantitative nøkkelindikatorer (KPI) for å måle kriterier, men noen kan være kvalitative. Se Figur 3 for en oversikt over systemet av kategorier, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer i ZEN-definisjonen.

Nøkkelindikator (Key Performance Indicator, KPI) er i ZEN-sammenheng et sett med tallfestede prestasjonsindikatorer basert på prosjektdata. De brukes til å måle hvor godt et område presterer. Nøkkelindikatorene kan brukes til å måle utviklingstrekk over tid eller til å sammenlikne et område med liknende prosjekter (19).



Figur 3. System av kategorier, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer i ZEN-definisjonen.

ZEN-beregninger: Betegnelsen dekker nøkkelverdiene for både vurderingskriteriene og nøkkelverdiene brukt i forskningscenteret ZEN.

Systemgrenser

ZEN-senteret benytter kunnskap og erfaringer fra et bredt spekter av fagområder og fra personer med ulik faglig bakgrunn. Derfor er det viktig å sikre at alle har en felles forståelse av systemgrenser. Først ble det vurdert om de samme systemgrensene kunne benyttes i alle ZEN-pilotområdene – på tvers av alle KPI-er og kriterier og felles for bygninger, energi og annen infrastruktur. Det ble imidlertid fort klart at hver ZEN-kategori (klimagassutslipp, energi, effekt, byform og arealbruk, mobilitet, og økonomi) allerede har etablerte systemgrenser og metodikker med ulikt omfang. De ulike systemgrensene er basert på metodologiske forutsetninger innen hvert fagfelt. For eksempel er påvirkningen fra materialene i eksisterende bygninger ikke inkludert i systemgrensen for klimagassutslipp for et bygg, siden dette regnes som en del av bygningens forrige livsløp. Men klimagassutslippene fra all energi- og materialbruk som brukes til renovering av bygningen, er innenfor systemgrensene. Dette regnes som begynnelsen på et nytt livsløp for bygningen. Det er sannsynlig at klimagassutslippene fra energi- og materialprosessene som er brukt til renovering av en bygning, vil være lavere enn klimagassutslippene fra et nybygg siden deler av bygningskroppen kan gjenbrukes. Med hensyn til klimagassutslipp er konsekvensen av metodevalgene at systemgrensene for klimagassutslipp fremmer reduksjon, ombruk, reparasjon, rehabilitering og resirkulering, altså en sirkulær økonomi. På den annen side blir det galt å utelukke energibehovet i eksisterende bygninger fra systemgrensen for energi fordi eksisterende bygninger typisk har høyere energibehov enn nye bygninger. Derfor anerkjenner ZEN-definisjonen at systemgrenser kan variere på tvers av ZEN-kategoriene og på tvers av ZEN-pilotområdene, og at systemgrensene kan variere avhengig av hvilket datagrunnlag som kreves for å utarbeide nøkkelindikatorer (KPI). I denne rapporten definerer vi følgende terminologi som en del av ZEN-systemgrensene:

Område: En gruppe sammenkoblede bygninger med tilhørende infrastruktur, innenfor et avgrenset geografisk område med en veldefinert fysisk grense. Bygningene kan være av forskjellig type, for eksempel ny/gammel/oppgradert eller en kombinasjon. Infrastruktur omfatter nett og teknologi for forsyning, produksjon, lagring og eksport av elektrisitet og varme, og mobilitet. Området har en veldefinert fysisk grense mellom intern og ekstern infrastruktur. Merk at systemgrensene for

energisystemer ikke nødvendigvis er de samme som for det geografiske området. Systemgrensene er kontekstavhengige og kan derfor variere fra en ZEN-pilot til en annen.

Systemgrense for bygningsvurdering: Denne systemgrensen definerer hvilke bygningselementer som skal inngå i systembeskrivelsen for ZEN. Hvilke bygningselementer som skal tas med, kan variere avhengig av hvilken ZEN-kategori vi ser på, det vil si om det er klimagassutslipp, energi, effekt, byform og arealbruk, mobilitet eller økonomi.

Systemgrense for områdevurdering: Denne definerer hvilke deler av området som skal inngå i systembeskrivelsen for ZEN. Hvilke deler av området som skal tas med, kan variere avhengig av hvilken ZEN-kategori vi ser på, det vil si om det er klimagassutslipp, energi, effekt, byform og arealbruk, mobilitet eller økonomi.

Systemgrense for livsløpsvurdering: Denne er basert på livsløpsvurdering (*life cycle assessment, LCA*) og er relevant for beregning av klimagassutslipp. Den er typisk bare referert til som "systemgrensen". Systemgrense for livsløpsvurdering definerer hva som er inkludert og hva som er ekskludert fra klimagassberegningene, og beskriver også omfanget av livsløpsvurderingen (tilpasset fra definisjonen i *EN 15643* (20)). Hvilke livsløpsfaser som er inkludert i systemet, kan defineres i henhold til modularitetsprinsippet i *NS 3720* (21), mens hvilke fysiske bygningsdeler som er inkludert i systemet, kan defineres i henhold til *NS 3451* (22) (bygningdeltabellen). I ZEN-senteret skal hele livsløpet være med: utvinning av råmaterialer, tilvirkning av produkt, transport, installasjon, bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, energibruk i drift, transport i drift, demontering, avfallsbehandling, samt gjenbruk og gjenvinning i en sirkulær økonomi, samt modul D, fordeler og konsekvenser.

3.3 ZEN definisjonskategorier

Klimagassutslipp (KGU) refererer til utslipp av klimagasser (*greenhouse gasses, GHG*) målt i kg CO₂-ekvivalenter beregnet i et livsløpsperspektiv basert på *NS 3720* (21). Direkte utslipp av klimagasser er utslipp hvor vår aktivitet også er kilden til utslippene. Indirekte utslipp er utslipp hvor vår aktivitet forårsaker utslipp et annet sted i verdikjeden (23). Hvis aktiviteten vår er å kjøre bil, så er de direkte utslippene det som kommer ut av eksosrøret, mens de indirekte utslippene kommer fra oljeutvinning, oljetransport, raffinering av olje til drivstoff, transport til bensinstasjon og så videre. Vi har også indirekte utslipp fra å produsere, bruke og avhende bilen.

Energi (ENE) er i fysikken definert som evne til å utføre arbeid, eller hvor mye arbeid som utføres over en tidsperiode. Matematisk er energi integralet av effekt over tid. I forhold til et energisystem (for eksempel strøm eller varme), er energi nettbelastningen over tid og måles i [kWh].

Effekt (EFF) er i fysikken definert som energiens momentanverdi, eller arbeid utført per tidsenhet. Matematisk er effekt tidsderivert av energi. I et energisystem er effekt (for eksempel elektrisk effekt eller varmeeffekt) nettbelastningen målt i [kW]. Effekt brukes også om gjennomsnittsverdien for energi per time (timeseffekt), og måles da i [kWh/h].

Byform og arealbruk (BYF) refererer i denne sammenheng til hvordan arealbruksmønstre og formen på bygninger og offentlige rom kan forbedre attraktiviteten til et område samt støtte biogent karbonopptak fra arealbruk og lavutslipp fra mobilitet, bygg og infrastruktur.

Mobilitet (MOB) er i denne sammenhengen avgrenset til forhold som utbygger kan påvirke direkte gjennom egne valg og beslutninger, bl.a. gjennom valg av lokalisering.

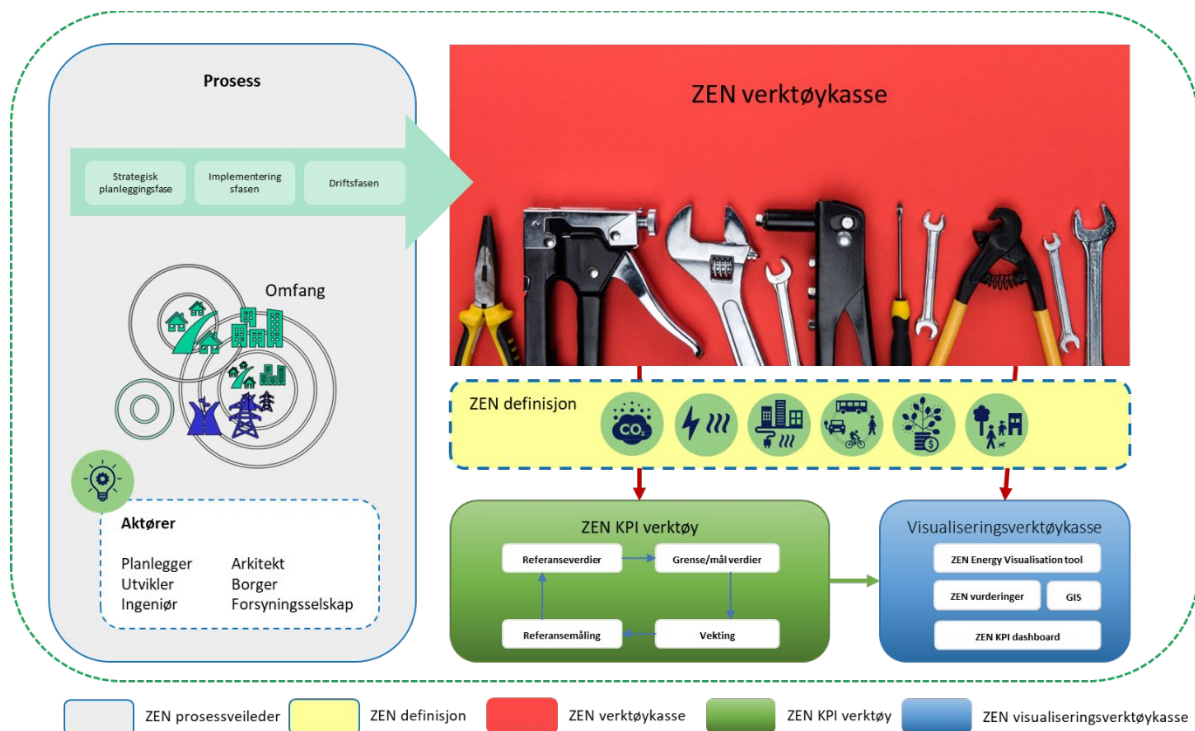
Økonomi (ØKO) er i denne sammenhengen bærekraft i henhold til sosioøkonomiske, sosiomiljø, og miljøøkonomiske hensyn. Økonomisk bærekraft vil være viktig når flere ZEN-områder kommer på markedet, hvor byggherrer og investorer må utvikle en forretningsmodell for en samling av bygninger med tilhørende infrastruktur i et nullutslippsområde.

4 Rammeverk for ZEN KPI

Det konseptuelle rammeverket for ZEN KPI viser hvordan ZEN-definisjonen skal brukes i ZEN pilotområder (24). Se Figur 4. Rammeverket viser hvordan ulike aktører, omfang, og prosjektfaser (grå boks) går sammen for å velge relevante verktøy (ZEN verktøykasse) til å vurdere vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI) for hver kategori i ZEN-definisjonen (gul boks). Resultatene fra vurderingene kan mates inn i ZEN KPI verktøyet (grønn boks) og analyseres for å fastslå om området har oppnådd ZEN. Resultatene fra ZEN verktøykasse og ZEN KPI verktøyet kan brukes for å lage en rekke visualiseringer (blå boks).

Det konseptuelle rammeverket er utviklet basert på informasjon og erfaringer fra pågående arbeid med ZEN-definisjonen, ZEN pilotområdene, ZEN-partnere og eksisterende verktøy. Det bygger videre på det opprinnelige ZEN verktøy-rammeverket som ble utviklet av Houlihan Wiberg & Baer i (25). ZEN KPI rammeverket skal brukes i ulike sammenhenger og vil vurdere ulike prosjektfaser, omfang og aktører. Hoveddelene av rammeverket er:

- ZEN verktøykasse
- ZEN-definisjon, vurderingskriterier og KPI
- ZEN KPI verktøy
- ZEN visualiseringsverktøykasse
- ZEN prosessveileder



Figur 4. Konseptuelt rammeverk for ZEN KPI utviklet fra (52).

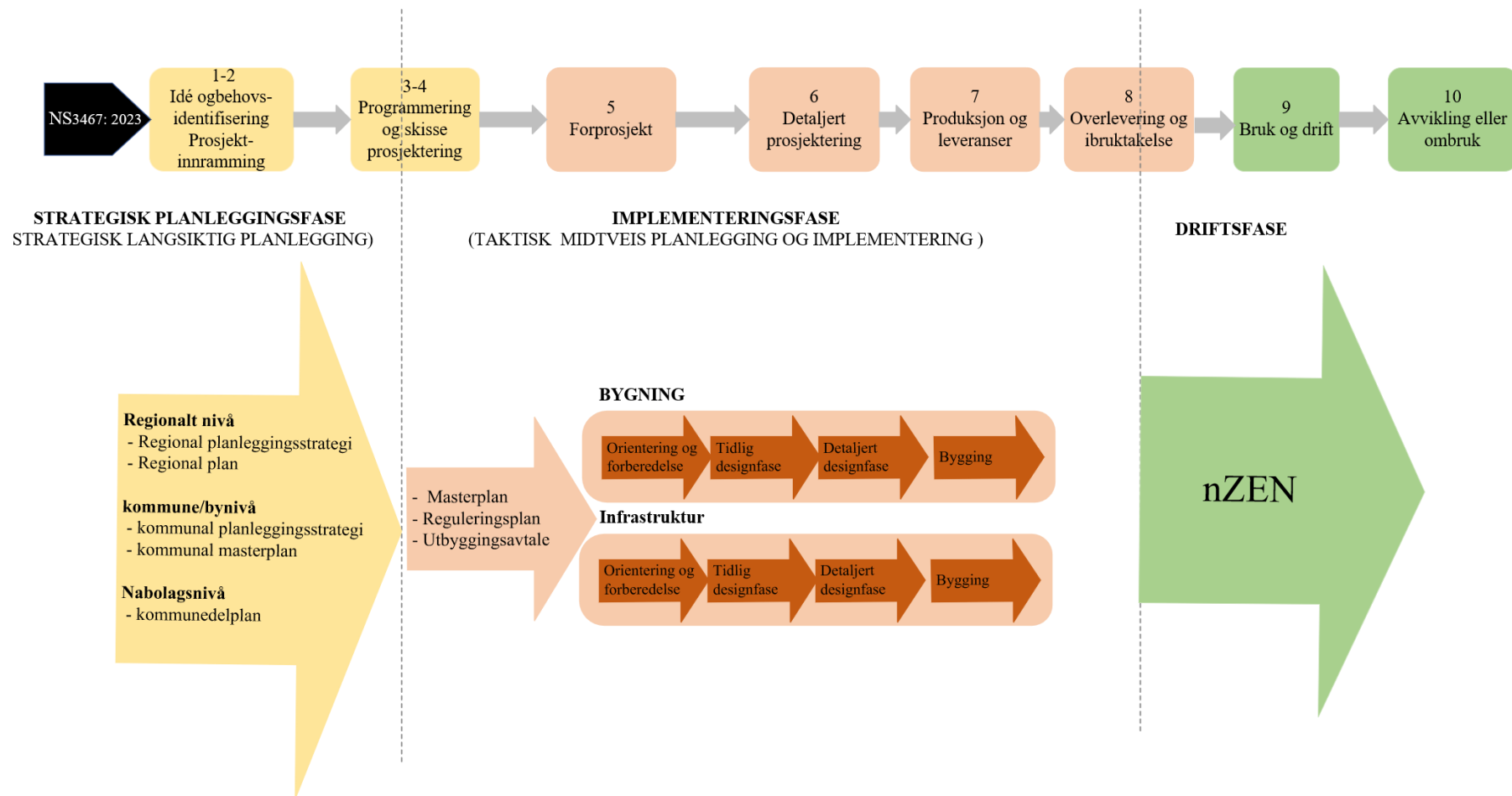
4.1 Omfang

Omfanget av vurderingen varierer fra KPI til KPI. Noen KPI-er er vurdert på byggnivå, noen på områdenivå, og andre vurderer begge. KPI-ene skal vurderes av en rekke aktører – blant annet

planleggere, arkitekter, utviklere, ingeniører, konsulenter og forsyningsselskaper. Over livsløpet vil området gå gjennom ulike prosjektfaser. De tre prosjektfasene, se Figur 5, skal vurderes i ZEN-definisjonen og inkludere:

1. Strategisk planleggingsfase
2. Implementeringsfase
3. Driftsfase

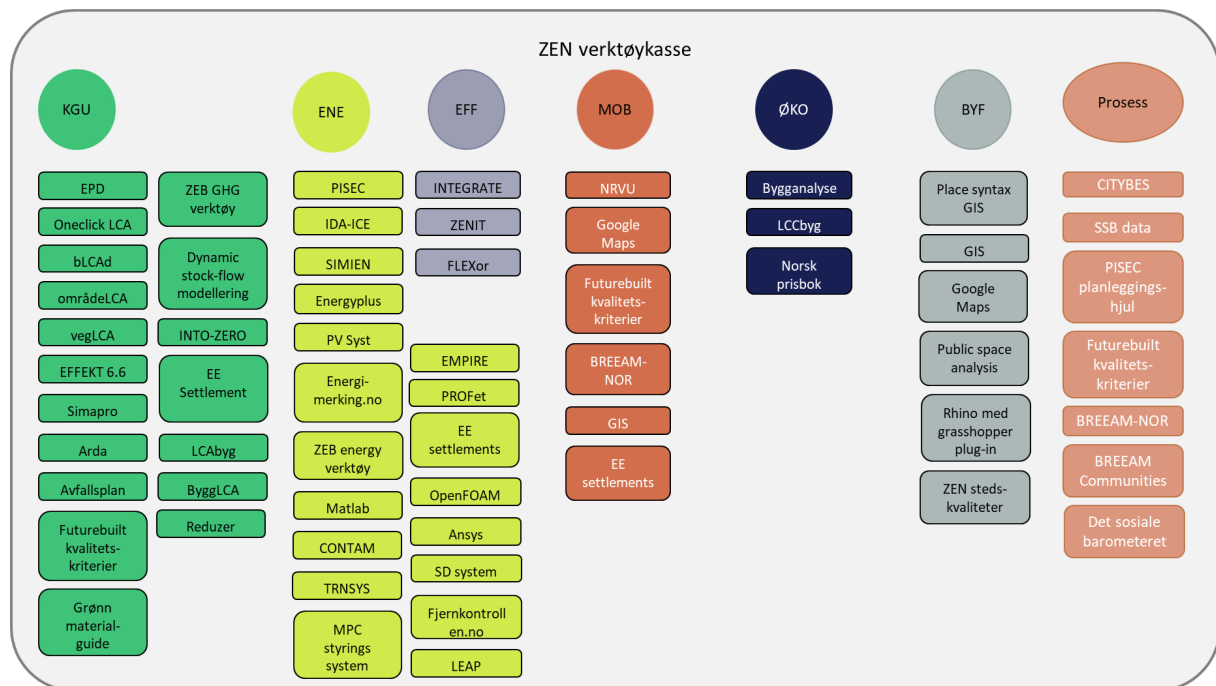
Det er mulig, og også sannsynlig, at et område vil oppleve flere prosjektfaser samtidig. Derfor er det anbefalt at hvert ZEN pilotområde klassifiseres i henhold til de ulike planlagte utviklingsfaser. Hver utviklingsfase vil gå gjennom de samme prosjektfasene, men på ulike tidspunkter. Således kan man sørge for at hvert trinn av utviklingen er dokumentert for hver prosjektfase, og at prosjektdataene for hver utviklings- og prosjektfase er utarbeidet og samlet for hele området.



Figur 5. Diagram som forklarer de tre prosjektfasene i ZEN i forhold til NS 3467 Steg og leveranser i byggverkets livsløp (26).

4.2 ZEN verktøykasse

ZEN verktøykasse er vist i Figur 6 og inneholder forslag til nyttige, eksisterende verktøy som kan brukes til å beregne resultater av ulike kriterier og KPI-er i ZEN-definisjonen. Listen er ikke uttømmende. En første kartlegging av eksisterende verktøy ble gjennomført av ZEN-partnere, og deretter har flere verktøy blitt lagt til i ZEN verktøykasse etter hvert som ulike vurderingskriterier og KPI-er har blitt testet i ZEN pilotområder. Verktøyene er løst gruppert etter hvilken ZEN-kategori de kan brukes i.



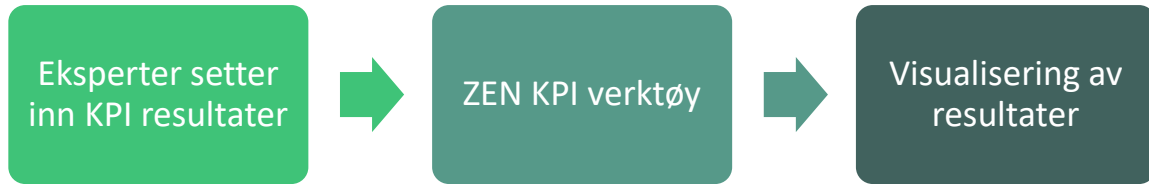
Figur 6. Oversikt over ZEN verktøykasse (listen er ikke uttømmende).

Funnene fra verktøykartleggingen viser en manglende harmonisering mellom verktøyene. Det kan føre til vanskeligheter med å harmonisere inndata og utdata for ZEN KPI-verktøyet. Noen av hovedutfordringene inkluderer forskjeller i systemgrensene, metodene og bakgrunnsdataene (databasene) som er brukt, samt ulike dataoppløsninger avhengig av prosjektfase i prosjektet (for eksempel er det ofte lav dataoppløsning i strategisk planleggingsfase og høy dataoppløsning i senere prosjektfaser). De ulike verktøyene som er identifisert i kartleggingen, bruker ulike databehandlingsformater (for eksempel csv, xml, json, sql og html) (22, 24).

4.3 ZEN KPI-verktøy

Testing og utvikling av ZEN-definisjonen og ZEN KPI-verktøyet er en kontinuerlig, iterativ prosess som innebærer å bestemme passende referanseprosjekter og referanseverdier, grense- og målverdier, vektning og referansemålinger for hver KPI i ZEN-definisjonen. Hovedformålet med ZEN KPI-verktøyet er å operasjonalisere ZEN-definisjonen og bistå ZEN-aktører gjennom planlegging og implementering av nullutslippsbygg, infrastruktur og område. ZEN KPI-verktøyet har tre hovedtyper av brukere: for det første forskere som supplerer bakgrunnsdata og metode for beregning av KPI, for det andre ulike konsulenter og entreprenører som er ansvarlige for å beregne KPI og sette KPI-resultater inn i ZEN KPI-verktøyet, og for det tredje ZEN piloteiere som myndighetene, kommuner, bygningseiere,

eiendomsutviklere og beslutningstakere som er ansvarlige for å vurdere resultatene fra verktøyet og spore framgangen i ZEN pilotområdet gjennom de ulike prosjektfasene.



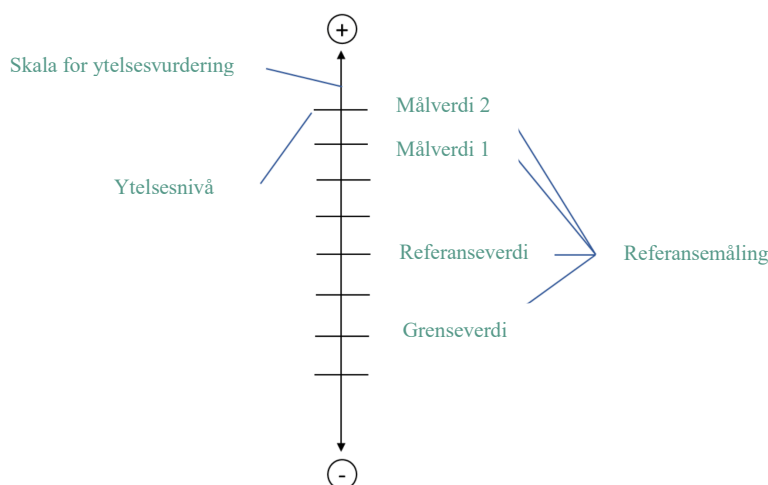
Figur 7. Inngangsfaktorer og utgangsfaktorer i ZEN KPI verktøyet.

4.4 Referanseprosjekter og referanseverdier

I noen KPI-er brukes det et referanseprosjekt eller referanseverdier. Et referanseprosjekt er et prosjekt som representerer nullutslippsområdet hvis det hadde blitt bygget i henhold til dagens standard i stedet for å være designet, bygget og driftet for å oppfylle KPI-mål og -krav. Formålet med referanseprosjektet er å fungere som et sammenlikningsgrunnlag for å dokumentere hvor mye ZEN pilotområdet har oppfylt KPI-mål og -krav. Et referanseprosjekt vil bruke referanseverdier basert på dagens tekniske standarder. For eksempel kan et referanseprosjekt bruke en bygnings energiytelse fra dagens byggeteknisk forskrift (TEK) for å fastslå hvor mye energi ulike type bygninger i området vil bruke om de ikke var designet innenfor ZEN-rammeverket, eller et referanseprosjekt kan bruke reisevaneundersøkelsen (RVU) for å fastslå referanse for mobilitetsmønstre før tiltak er iverksatt i ZEN pilotområdet for å oppmuntre aktiv og offentlig transport framfor privat transport. Et ZEN pilotområde kan deretter spore i hvilken grad det har klart å redusere energi eller private transportbehov sammenliknet med referanseverdiene.

4.5 Grense- og målverdier

Grenseverdier er definert i reguleringer og nasjonale standarder, se Figur 8. Grenseverdiene forholder seg til minimumskrav for øvre og nedre verdier for ulike aspekter ved ytelse. Målverdier forholder seg til et mål som går videre enn referanseverdien.



Figur 8. Skala for ytelsesvurdering som viser referansemåling, referanseverdier, grenseverdier og målverdier (28).

4.6 Vekting

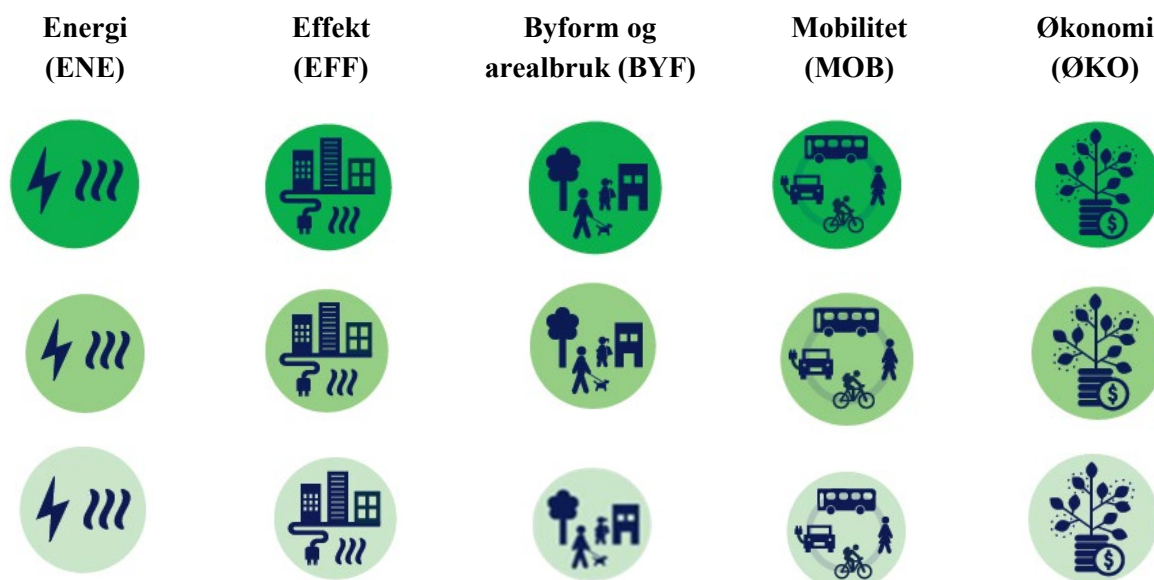
Poeng er tildelt til hver KPI i hver kategori av ZEN-definisjonen. Kategoripoeng skal ikke oppsummeres til en enkelt poengsum for området, men i stedet vurderes på en kategori-for-kategori basis. KPI-er innen samme kategori er vektet, og dette oppnås ved å allokere hele poeng innenfor kategorien.

4.7 Referansemåling

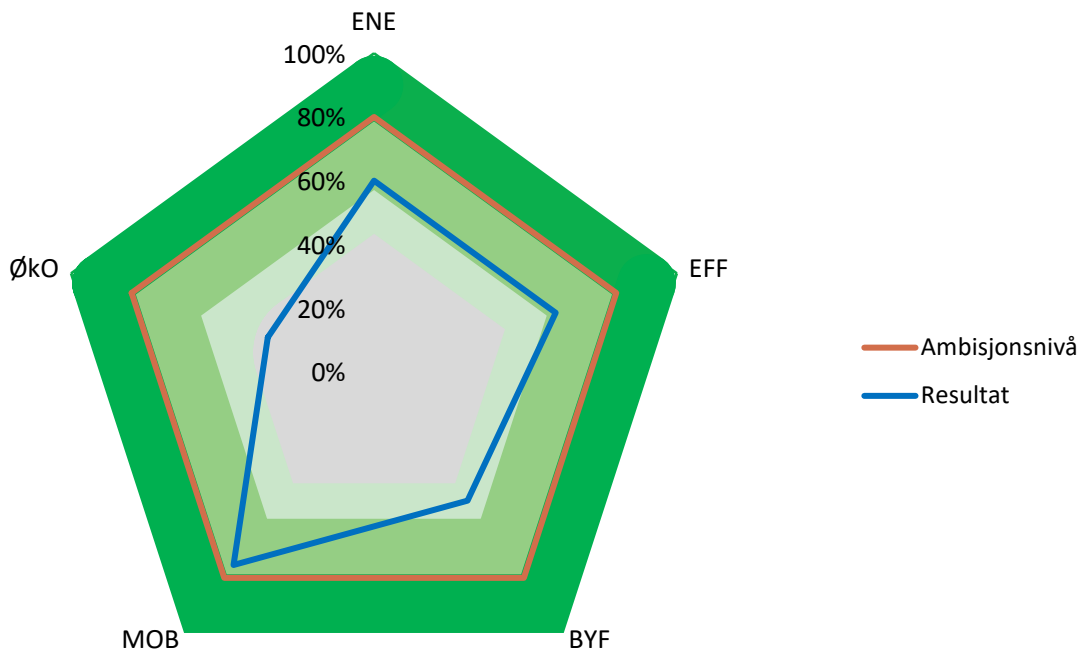
ZEN KPI-verktøyet gjøre det mulig for brukere å samle resultater fra ZEN verktøykasse og vurdere individuelle KPI-er samt motta en ZEN kategorivurdering. For ZEN kategorivurdering er 20 poeng tilgjengelig per kategori (ENE, EFF, BYF, MOB og ØKO). Resultatene fra hver kategorivurdering skal ikke summeres opp til en enkeltpoengscore, se Tabell 1. og Figur 9. Verktøybrukere kan sette ambisjonsnivå og spore framgang av ZEN gjennom ulike prosjektfaser basert på hvor mange poeng de oppnå for hver kategori, se Figur 10. Legenden viser hvor stor andel (%) KPI-poeng som er oppnådd for hver prosjektfase for hver ZEN-kategori.

Tabell 1. ZEN kategorivurdering

ZEN kategorivurdering (ENE, EFF, BYF, MOB og ØKO)	Grense- og målverdier
Mørk grønn	80–100 %
Grønn	60–80 %
Lys grønn	40–60 %
None	< 40 %



Figur 9. ZEN KGU-vurdering og ZEN kategorivurderinger brukt i ZEN KPI verktøyet



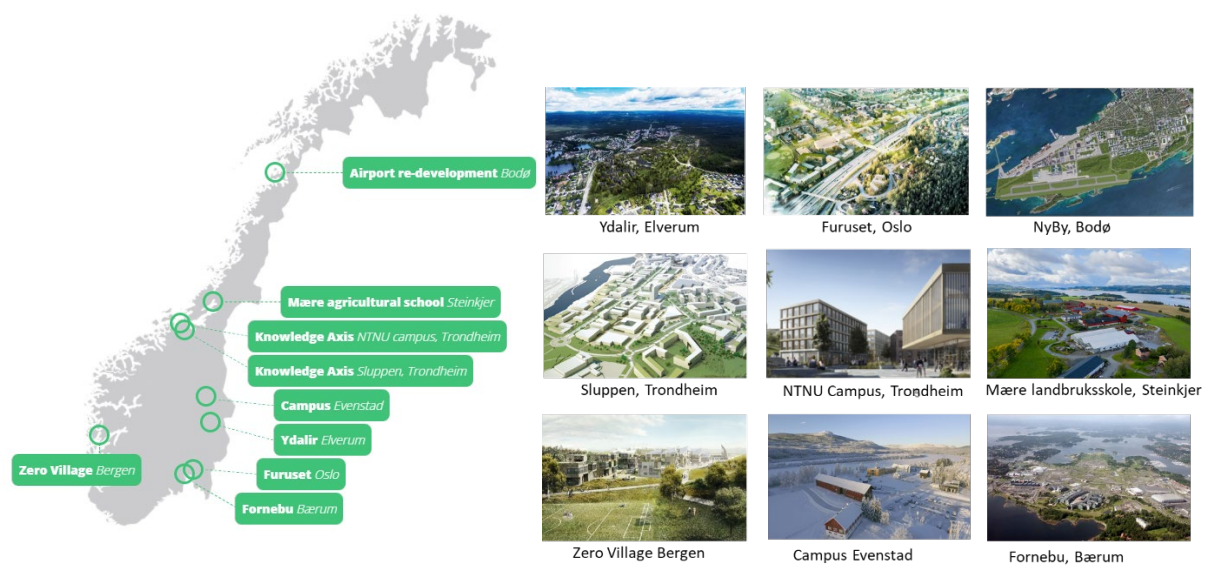
Figur 10. Edderkoppdiagram som viser utvikling av et ZEN-områdets ytelse gjennom ulike prosjektfaser. Tallene viser hvor stor andel (%) KPI-poeng som er oppnådd for hver prosjektfase for hver ZEN kategori.

4.8 ZEN visualiseringsverktøykasse

ZEN visualiseringsverktøykasse er en samling eksisterende og nye verktøy som er brukt av ZEN-partnere og verktøy som er utviklet av FME ZEN for å visualisere resultater fra ZEN verktøykasse og ZEN KPI-verktøyet. Disse verktøyene kan inkludere ZEN energivisualiseringsverktøyet, ZEN KPI Dashboard (29), ZEN kategorivurderinger og GIS. ZEN KPI dashboard er nyttig for å overvåke ZEN KPI resultater i driftsfasen.

4.9 ZEN pilotområder

I Norge har FME ZEN ni ZEN pilotområder hvor nye løsninger for planlegging, implementering, og drift av bygninger og infrastruktur er testet for å redusere totale klimagassutslipp mot null på et områdenivå. ZEN pilotområdene fungerer som rollemodeller og inspirerer andre til å bygge ZEN, og de viser hvordan man kan oppnå best mulige resultater. Det er anerkjent at ulike aktører vil ha ulike påvirkninger på ZEN pilotområder på forskjellige stadier i løpet av områdets utvikling. Det finnes ni pilotområder i ZEN: Ydalir i Elverum, Furuset i Oslo, Ny by – ny flyplass i Bodø, Knowledge axis i Sluppen i Trondheim, Knowledge axis på NTNU campus, Mære landbruksskole på Steinkjer, Zero Village Bergen, Campus Evenstad på Hedmark, og Fornebu i Bærum, se Figur 11.



Figur 11. Plassering (venstre) og illustrasjon (høyre) av ZEN pilotområdene. Bildeopphav fra venstre til høyre er som følger: tegn3, a-lab, Bodø kommune, Kjeldsberg Eiendom, Koht Arkitekter, Zeiner Media, Snøhetta/Mir, Statsbygg, Wilhelm Joys Andersen.

ZEN KPI-ene er blitt testet i ZEN pilotområder. Tabell 2 gir en oversikt over hvilke KPI-kategorier som har blitt testet ut i de ulike ZEN pilotområdene.

Tabell 2. Oversikt over testing av KPI-kategorier i ZEN pilotområder.

	KGU	ENE	EFF	MOB	BYF	ØKO
Bodø					ZEN memo no. 19 (30) ZEN memo no. 50 (31) ZEN report no. 25 (32)	
Campus Gløshaugen	ZEN memo (33,34)	ZEN memo (33)	ZEN memo (33)	ZEN memo no. 46 (35)	ZEN memo (33)	
Sluppen	Master thesis (36) Rambøll report (37)	ZEN report no. 41 (38)			ZEN memo no. 20 (39)	
Mære	ZEN memo no. 44 (40)	ZEN memo (41) ZEN report no. 36 (42)	ZEN memo (41) ZEN report no. 36 (42)			
Flytårnet (Fornebu)	ZEN memo no. 38 (43) Homaei et al. (44)	ZEN memo no. 48 (45) Homaei et al. (44)	ZEN memo no. 48 (45) Homaei et al. (44)	Kommunedelplan (46) Asplan Viak (47)	ZEN memo no. 21 (48) ZEN memo no. 50 (31)	
Oksenøya (Fornebu)	FutureBuilt (49–51)	ZEN report no. 36 (42)	ZEN report no. 36 (42)	Kommunedelplan (46)	ZEN memo no. 21 (48) ZEN memo no. 50 (31)	
Ydalir	Master thesis (52,53) ZEN report no. 20 (54) ZEN report no. 43 (55) ZEN report no. 51 (56) ZEN report no. 52 (57) Lausset et al. (58–60) Lund et al. (61) Yttersian et al. (62) Wiik et al. (63,64)	ZEN report no. 36 (42) ZEN report no. 51 (56) Baer et al. (65)	ZEN report no. 36 (42) ZEN report no. 51 (56)	ZEN report no. 51 (56)	ZEN report no. 51 (56)	Master thesis (52,53) ZEN report no. 43 (55) ZEN report no. 51 (56) Hamdan (66) Healey et al. (67) Henriksen (68) Wiik et al. (63)
Campus Evenstad	Master thesis (69) ZEB report no. 36 (70) Fufa et al. (71) Wiik et al. (72)	Bachelor's (73–75) Master thesis (76–79) Doctoral thesis (80,81) ZEN memo no. 36 (82) ZEN report no. 17 (83) ZEN report no. 36 (42) Brozovsky et al. (87) Askeland et al. (84) Pinel (85,86)	Bachelor's (73–75) Master thesis (76–79) Doctoral thesis (80,81) ZEN memo no. 36 (82) ZEN report no. 17 (83) ZEN report no. 36 (42) Brozovsky et al. (87) Gjertsen et al. (88) Korsnes et al. (89) Mehammer et al. (90)		Nielsen et al. (91)	Project report (92) ZEN report no. 17 (83) Backe et al. (93) Pinel et al. (94)
ZVB	ZEN report no. 12 (95)	ZEN report no. 36 (42)	ZEN report no. 36 (42)	ZEN memo no. 37 (96)		
Furuset	FutureBuilt report (97)	ZEN report no. 35 (98) Kauko et al. (99)	ZEN report no. 35 (98) Kauko et al. (99)			ZEN report no. 35 (98) Kauko et al. (99)

5 ZEN vurderingskriterier og nøkkelindikatorer

Utvalget av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI), se Tabell 3, er basert på tidligere prosjekter, eksisterende vurderingsmetoder (som ZEB-senteret, PI-SEC, SSC, PEB, BREEAM Communities og CITYkeys) samt innspill fra forskere og partnere i ZEN gjennom en rekke diskusjoner og workshoper. Kriteriene og KPI-ene ble identifisert og definert av eksperter innenfor hver kategori. De benytter eksisterende retningslinjer, rammeverk, standarder og referanser som fagfolk innenfor hvert av feltene allerede er kjent med. Kriteriene og KPI-ene er brukt til å måle, forstå og validere framdrift og prestasjon i ZEN-pilotområdene, og de kan også brukes utenfor ZEN-senteret til å kvantifisere og vurdere prestasjonen i andre prosjekter. Kriteriene og KPI-ene er gruppert i seks kategorier: klimagassutslipp (KGU), energi (ENE), effekt (EFF), mobilitet (MOB), økonomi (ØKO) og byform og arealbruk (BYF). Hver kategori har 1–4 vurderingskriterier, og for hver av disse er det et sett nøkkelindikatorer (KPI-er). Ikke alle KPI-ene kan måles i alle faser av et prosjekt (strategisk planleggingsfase, implementeringsfase og driftsfase). Derfor inneholder Tabell 3. en oversikt over prosjektfasene som kriteriene og KPI-ene kan benyttes i.

I en rekke workshoper har ZEN-partnerne lagt vekt på hvor viktig det er å ha klart definerte systemgrenser, og de har identifisert omfang for både en "systemgrense for bygningsvurdering" og en "systemgrense for områdevurdering". Disse systemgrensene benyttes på tvers av ZEN-kategoriene og tilhørende vurderingskriterier og nøkkelindikatorer, og de varierer avhengig av behov og krav i de ulike ZEN-kategoriene. På grunn av dette vil det for hvert kriterium og hver nøkkelindikator opplyses om den er relevant på et bygningsnivå (*building, B*), på et områdenivå (*neighbourhood, N*) eller begge deler (*BN*). I denne ZEN-definisjonsrapporten er vurderingskriterier og nøkkelindikatorer vist i Tabell 3. Når kravene for hvordan man beregner KPI-ene er satt, er det brukt metodisk og organisatorisk modenhet ved å sette enten (i rekkefølge etter hierarki):

1. Ytelsesmål, for eksempel $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^2/\text{yr}$
2. Reduksjonsmål, for eksempel %
3. Informasjonsmål, for eksempel bruk av EPD-er
4. Beskrivende mål, for eksempel at man må bruke bæresystem i tre eller solceller

ZEN-definisjonen har flere dimensjoner som er metodologisk uforenlige. Det er derfor nødvendig med flermålsanalyse (*multi-criteria decision analysis, MCDA*) for å kunne vurdere kriteriene og nøkkelindikatorer (KPI-ene) ut fra en samlet prestasjon. Dette gjør at flere ulike dimensjoner kan vurderes mot hverandre. I likhet med all annen bruk av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer må brukerne alltid vurdere aktuelle indikatorer opp mot datatilgjengelighet og -pålitelighet, harmonisering med eksisterende måle- og evalueringsmetoder (i Norge og Europa), relevans i forhold til eksisterende målsettinger på bynivå, samt hvor anvendelige kriteriene er og om indikatorer er tilpasset til prosjektnivået (for eksempel bygning, kvartal, område og by). Ytterligere informasjon om allokering av ZEN KPI-poeng finnes i ZEN definisjonsveileder rapport (1).

Tabell 3. ZEN vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI).

Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkelindikatorer (KPI)	Omfang	KPI-poeng	Strategisk planleggingsfase	Implementeringsfase	Driftsfase
KGU	Utslippsreduksjon	<i>KGU1.1 Materialer (A1-A3, B4)</i>	BN	nZEN	X	X	X
		<i>KGU1.2 Byggefasen (A4-A5)</i>	BN		X	X	X
		<i>KGU1.3 Bruk (B1-B3, B5)</i>	BN		X	X	X
		<i>KGU1.4 Energibruk i drift (B6)</i>	N		X	X	X
		<i>KGU1.5 Transport i drift (B8)</i>	N		X	X	X
		<i>KGU1.6 Slutfasen (C1-C4)</i>	BN		X	X	X
	Kompensasjon	<i>KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D)</i>	BN		X	X	X
ENE	Energieffektivitet i bygninger	<i>ENE2.1 Energibehov i bygg</i>	B	8		X	
	Energibærer	<i>ENE2.2 Levert energi</i>	N	8		X	X
		<i>ENE2.3 Egenforbruk</i>	N	2		X	X
		<i>ENE2.4 Netto lastprofiler</i>	N	1		X	X
		<i>ENE2.5 Fargekodete teppeplott</i>	N	1		X	X
EFF	Effektytelse	<i>EFF3.1 Maksimal last</i>	N	6		X	X
		<i>EFF3.2 Maksimal eksport</i>	N	2		X	X
		<i>EFF3.3 Energibelastning</i>	N	6		X	X
		<i>EFF3.4 Representative dager</i>	N	2		X	X
	Lastfleksibilitet	<i>EFF3.5 Endring i levert energi</i>	N	1		X	X
		<i>EFF3.6 Endring i driftskostnader</i>	N	1		X	X
		<i>EFF3.7 Endring i Energibelastning</i>	N	1		X	X
		<i>EFF3.8 Endring i maksimal last</i>	N	1		X	X
BYF	Tetthet og arealbruksmiks	<i>URB4.1 Befolkningstetthet</i>	N	2	X		
		<i>URB4.2 Blokketetthet</i>	N	1	X		

Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkellindikatorer (KPI)	Omfang	KPI-poeng	Strategisk planleggingsfase	Implementeringsfase	Driftsfase	
		<i>URB4.3 Arealbruksmiks</i>	N	2	X			
		<i>URB4.4 Tilgang til mangfold av fasiliteter</i>	N	2	X			
	Bygningslayout	<i>URB4.5 Boligtype</i>	B	1	X			
		<i>URB4.6 Flerbruks bygningstak</i>	B	1	X			
		<i>URB4.7 Aktive fasader</i>	B	2	X			
	Gatenettverk	<i>URB4.8 Gatetilkoblinger</i>	N	2	X			
		<i>URB4.9 Gatekryss tetthet</i>	N	1	X			
		<i>URB4.10 Sykle- og gangbare gater</i>	N	1	X			
	Grønn åpen rom	<i>URB4.11 Andel grønn åpen rom</i>	N	2	X			
		<i>URB4.12 Andel grønt permeable areal</i>	N	2	X			
		<i>URB4.13 Konservering og planting av trær</i>	N	1	X			
	MOB	Tilgang	<i>MOB5.1 Tilgang til kollektivtransport</i>	N	5		X	X
			<i>MOB5.2 Reisetidsforhold</i>	N	8	X	X	X
<i>MOB5.3 Parkeringstilbud</i>			BN	7	X	X	X	
ØKO	Sosio-økonomisk	<i>ØKO6.1 Investeringskostnader</i>	BN	1	X	X	X	
		<i>ØKO6.2 Driftskostnader</i>	BN	1	X	X	X	
		<i>ØKO6.3 Restverdi</i>	BN	1	X	X	X	
	Sosio-miljø	<i>ØKO6.4 Delingsøkonomi</i>	BN	3	X	X	X	
		<i>ØKO6.5 Bærekraftige materialer</i>	BN	2	X	X		
		<i>ØKO6.6 Sirkularitet</i>	BN	2	X	X		
		<i>ØKO6.7 Miljøbevissthet</i>	BN	2	X	X	X	
	Miljø-økonomisk	<i>ØKO6.8 Kostnad av klimagassutslipp spart</i>	BN	8	X	X	X	

6 Begrensninger

Det er noen begrensninger i serien med ZEN definisjonsrapporter. Følgende aspekter er ikke vurdert:

- *Andre miljøprestasjonsindikatorer enn klimagassutslipp:* Dette er fordi det er høyere usikkerhet forbundet med andre indikatorer samt at andre miljøpåvirkningskategorier har en tendens til å samsvare med klimagassutslipp. Videre er det enklere å kommunisere miljøpåvirkning til interessenter i form av klimagassutslipp, som er mye brukt og kjent i næringen. Det vil være svært tidkrevende å samle inn data til en livsløpsvurdering av hele området og for alle miljøpåvirkningskategoriene, i tillegg til at det ikke alltid er tilgjengelige livsløpsdata for alle miljøprestasjonsindikatorer.
- *Byggkvalitet:* Dette er fordi byggkvalitet skal vurderes i alle byggeprosjekter som et minstekrav (for eksempel i plan- og bygningsloven (pbl) og byggteknisk forskrift (TEK17)), og det er heller ikke et kriterium for å nå ambisjonen om et nullutslippsområde. ZEN-definisjonen er ikke begrenset til norske lover og forskrifter og kan derfor også anvendes internasjonalt. Fokuset i ZEN-senteret er å utvide perspektivet fra ZEB-senteret, fra bygg til områder, energisystemer, mobilitet og annen infrastruktur. Men noen aspekter, som inneklimate og brannsikkerhet er vurdert i arbeidspakkene i ZEN-senteret, hvor fokus er på helhetlig planlegging.
- *Universell utforming og klimatilpasning:* Disse har ikke blitt tatt med siden det er et minstekrav for både universell utforming og klimatilpasning at det skal vurderes i alle områdeutviklinger (for eksempel plan- og bygningsloven (pbl) og byggteknisk forskrift (TEK17)). De er heller ikke i seg selv forutsetninger for å realisere ambisjonen om et nullutslippsområde.

Referanser

1. Wiik MRK, Homaei S, Lien SK, Fjellheim K, Vandervaeren C, Fufa SM, et al. The ZEN Definition. A Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 3.0. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022. Report No.: 44.
2. Wiik MK, Fufa SM, Krogstie J, Ahlers D, Wyckmans A, Driscoll P, et al. Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities. Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 1.0. Bilingual version [Internet]. FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2018 [cited 2021 Oct 29]. Report No.: 7. Available from: <https://fmezen.no/wp-content/uploads/2018/11/ZEN-Report-no-7-Bilingual.pdf>
3. Wiik MK, Fufa SM, Fjellheim K, Lien SK, Krogstie J, Ahlers D, et al. Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities. Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 2.0. Bilingual version [Internet]. FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2021. Report No.: 32. Available from: <https://fmezen.no/wp-content/uploads/2021/04/ZEN-Report-no-32.pdf>
4. Wiik MK, Fufa SM, Fjellheim K, Lien SK, Krogstie J, Ahlers D, et al. Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities. Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 3.0 English. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022. (ZEN report). Report No.: 39.
5. Wiik MK, Bær D, Fufa SM, Andresen I, Sartori I, Uusinoka T. The ZEN Definition. A Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 1.0. [Internet]. The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU; 2018 [cited 2021 Oct 29]. Available from: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2019/03/ZEN-Report-no-11_The-ZEN-definition_A-guideline-for-the-ZEN-pilot-areas.pdf
6. Wiik MK, Krekling Lien S, Fjellheim K, Vandervaeren C, Fufa SM, Baer D, et al. The ZEN Definition. A Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 2.0 [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2021 p. 70. Report No.: 40. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1335/the_zen_definition_a_guideline_for_the_zen_pilot_areas_version_20
7. Marszal AJ, Heiselberg P, Bourrelle JS, Musall E, Voss K, Sartori I, et al. Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies. *Energy Build.* 4;43(4):971–9.
8. Sartori I, Hestnes AG. Energy Use in the Life Cycle of Conventional and Low-Energy Buildings: A Review Article. *Energy Build.* 3;39(3):249–57.
9. Byggforskserien. Nullutslippsbygninger (ZEB). Retningslinjer og beregningsmetoder - Byggforskserien [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 3]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/5177/nullutslippsbygninger_zeb_retningslinjer_og_beregningsmetoder
10. Fufa SM, Schlanbusch RD, Sørnes K, Inman MR, Andresen I. A Norwegian ZEB Definition Guideline [Internet]. Trondheim, NO: SINTEF and Norwegian University of Science and Technology (NTNU): Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB); 2016 [cited 2017 Jan 9]. Report No.: 29–2016. Available from: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2401097>

11. Kristjansdottir T, Fjeldheim H, Selvig E, Risholt B, Time B, Georges L, et al. A Norwegian ZEB-definition embodied emission [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF and Norwegian University of Science and Technology (NTNU): Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB); 2014 [cited 2022 Aug 3] p. 41. Report No.: 17–2014. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/993/a_norwegian_zeb-definition_embodied_emission
12. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. :23.
13. European Commission. EU taxonomy for sustainable activities [Internet]. 2022 [cited 2022 Aug 5]. Available from: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
14. European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) [Internet]. 2021 [cited 2021 Dec 17]. Available from: <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/proposal-recast-energy-performance-buildings-directive.pdf>
15. ISO IWA 42:2022. Net Zero Guidelines. Accelerating the transition to net zero [Internet]. International Organization for Standardization (ISO); 2022 [cited 2022 Nov 16]. Report No.: IWA 42:2022(E). Available from: <https://www.iso.org/netzero>
16. Terlouw T, Bauer C, Rosa L, Mazzotti M. Life cycle assessment of carbon dioxide removal technologies: a critical review. *Energy Environ Sci*. 2021 Apr 21;14(4):1701–21.
17. Provost-Savard A, Majeau-Bettez G. Substitution modeling can coherently be used in attributional life cycle assessments. *J Ind Ecol* [Internet]. [cited 2024 May 8];n/a(n/a). Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.13480>
18. Strasser H, Kimman J, Koch A, Mair am Tinkhof O, Müller D, Schiefelbein J, et al. IEA EBC annex 63—implementation of energy strategies in communities. *Energy Build*. 2018 Jan 1;158:123–34.
19. Walnum HT, Sørnes K, Mysen M, Sørensen ÅL, Almås AJ. Preliminary toolkit for goals and KPIs. Oslo; 2017 p. 53.
20. NS-EN 15643-1:2010. Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework [Internet]. Standard Norge; 2010 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=512600>
21. NS 3720. Metode for klimagassberegninger for bygninger / Method for greenhouse gas calculations for buildings [Internet]. Standard Norge; 2018 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=992162>
22. NS 3451: 2009. Bygningsdelstabell / Table of Building Elements. Standard Norge; 2009.
23. IPCC. AR5 Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. 2013 [cited 2021 Oct 29]. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

24. Wiik MK, Fufa SM, Andresen I, Brattebø H, Gustavsen A. A Norwegian zero emission neighbourhood (ZEN) definition and a ZEN key performance indicator (KPI) tool. IOP Conf Ser Earth Environ Sci EES. 2019 Oct;352:012030.
25. Houlihan Wiberg AAM, Baer D. ZEN Toolbox: First concept for the ZEN Toolbox for use in the development of Zero Emission Neighbourhoods. Ulster University: SINTEF akademisk forlag; 2019.
26. NS 3467:2023. Steg og leveranser i byggverkets livsløp [Internet]. Lysaker, NO: Standard Norge (SN); 2023 [cited 2023 Nov 23]. Report No.: NS 3467:2023. Available from: <https://online.standard.no/ns-3467-2023>
27. Resch E, Andresen I. A Database Tool for Systematic Analysis of Embodied Emissions in Buildings and Neighborhoods. Buildings. 2018 Aug;8(8):106.
28. ISO 21678. Sustainability in buildings and civil engineering works — Indicators and benchmarks — Principles, requirements and guidelines. [Internet]. The International Organisation for Standardization; 2020 [cited 2022 Jun 24]. Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1138197>
29. springerprofessional.de [Internet]. [cited 2022 Sep 5]. Advanced Visualization of Neighborhood Carbon Metrics Using Virtual Reality: Improving Stakeholder Engagement. Available from: <https://www.springerprofessional.de/en/advanced-visualization-of-neighborhood-carbon-metrics-using-virt/19348848>
30. Nordström T, Manum B, Rokseth L, Green S. ZEN Spatial Indicators: Evaluation of Bodø-vest. 2020;36.
31. Nordstrom T, Manum B, Rokseth L, Schon P. Urban form and land use characteristics for a Zero Emission Neighbourhood. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022.
32. Baer D, Nielsen BF, Gohari S, Bø LA, Junker E. Nytt blikk på medvirkningsprosesser i bærekraftig byutvikling. Hvordan designtenking kan brukes for å identifisere nye løsninger for innbyggermedvirkning SINTEF Bokhandel [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2020 [cited 2024 Feb 7] p. 40. Report No.: 25. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1260/nytt_blikk_paa_medvirkningsprosesser_i_baerekraftig_byutvikling_hvordan_designtenking_kan_brukes_for_aa_identifisere_nye_loesninger_for_innbyggermedvirkning
33. Bjelland D, Lauselet C, Wiik MK, Delgado BM. NTNU CAMPUS GLØSHAUGEN. Testing of a selection of ZEN KPIs in a pilot project. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; forthcoming.
34. Moschetti R, Wiik MK, Skaar C. SIRKULÆRE LØSNINGER I BYGGEBRANSJEN: KUNNSKAPSTATUS. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; forthcoming.
35. Karlsson H, Bjørgen A. BYLOGISTIKK PÅ NTNU CAMPUS. Kunnskapsstatus og internasjonale erfaringer. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022 p. 16. Report No.: 46.
36. Daeyeon Cho. Visualisation of zero-emission neighbourhood for architects and the application to Nidarvoll Skole in Trondheim. [Trondheim, NO]: Norwegian University of Science and Technology (NTNU); 2019.
37. Ramboll. Utbygging Nidarvoll klimagassberegninger. 2019 Jun.

38. Kauko H, Rotan M, Claussen IC. Overskuddsvarme som varmekilde. Barrierer og drivere for økt bruk av overskuddsvarme til bygningsoppvarming [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022 [cited 2024 Feb 7] p. 36. Report No.: 41. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1334/overskuddsvarme_som_varmekilde_barrierer_og_drivere_for_oekt_bruk_av_overskuddsvarme_til_bygningsoppvarming
39. Nordström T, Rokseth L, Green S, Manum B. ZEN Spatial Indicators. Evaluation of parallel assignments for Sluppen. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2020 p. 29. (ZEN). Report No.: 20.
40. Skaar C, Mjønes T, Jystad TH, Larsen G. Nullutslippsgården i ZEN. Systemgrenser for en nullutslippsgård i et nullutslippsområde. ZEN-pilot Mære. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022 p. 34. (ZEN).
41. Bugge M, Brækken A, Kauko H. MODELLERING AV ENERGISYSTEMET PÅ MÆRE. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2024.
42. Krekling Lien S, Heimar Andersen K, Bottolfsen H, Lolli N, Sartori I, Lekang Sørensen Å, et al. Energy and Power: Essential Key Performance Indicators for Zero Emission Neighbourhoods: An analysis of 6 pilot areas [Internet]. ZEN Research Centre; 2021 [cited 2021 Nov 30]. Report No.: ZEN REPORT No. 36. Available from: https://fmezen.no/wp-content/uploads/2021/11/ZEN-Report-no-36_ENERGY-AND-POWER-ESSENTIAL-KEY-PERFORMANCE-INDICATORS-FOR-ZERO-EMISSON-NEIGHBOURHOODS.pdf
43. Skaar C, Fjellheim K, Stråby K, Jensen TM. SIRKULÆRE BYGGEVARER PÅ FORNEBU ZEN-case om ombruk av byggevarer på Flytårnområdet, Fornebu. 2021;(38):151.
44. Homaei S, Moschetti R, Clauss J. Selection of the most high-performance and robust design for a zero-emission neighbourhood: Case study of Flytårnet area in Norway. In: Building Simulation Conference Proceedings. 2024.
45. Delgado BM, Bø LA. ENERGY AND POWER IN FLYTÅRNET/FORNEBU. Calculation of energy and power requirements, and assessment of opportunities to produce renewable energy at Flytårnet. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2023 p. 28. Report No.: 48.
46. Bærum kommune. Kommunedelplan 3 og Fornebu 2035. Utvalgte saksdokumenter. Bærum, Norway; 2018 p. 323.
47. Bugge L, Fuglseth M, Fossbakken M, Bernhard P, Rindal L. Konseptutredning - EL FORNEBU. Helelektrisk klimavennlig mobilitet på Fornebu [Internet]. Asplan Viak; 2020 p. 101. Report No.: 618001-02. Available from: <https://smartcitybaerum.net/wp-content/uploads/2020/03/Konseptutredning-El-Fornebu.pdf>
48. Nordström T, Manum B, Rokseth L, Green S. ZEN Spatial Indicators: Evaluation of kommunedelplan 3 (KDP 3) for Fornebu. :60.
49. Nilsen NI. Oksenøya senter SKOLE KLIMAGASSBEREGNING. 2020 p. 24.
50. Nilsen NI. Oksenøya senter Barnehage KLIMAGASSBEREGNING. 2020 p. 25.
51. Nilsen NI. Oksenøya senter BBS (Bo og Behandlingssenter) KLIMAGASSBEREGNING. 2020 p. 24.
52. Siglevik S. A LCA of embodied emissions in Norwegian passive house, Ydalir. Trondheim: NTNU, Faculty of Engineering, Department of Processs Engineering; 2022 p. 39.

53. Siglevik ST. Life cycle emissions- and cost analysis of residential building scenarios in a zero emission neighborhood, Ydalir. NTNU, Trondheim; 2023 p. 88.
54. Krekling Lien S, Venås C. Energy and power in Ydalir. Testing of Key Performance Indicators for energy and power in a ZEN pilot during the planning phase [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2020 [cited 2024 Jan 25] p. 40. Report No.: 20. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1248/energy_and_power_in_ydalir
55. Wiik MRK, Schneider-Marín P, Fernández IG, Winsvold J, Rosochacki L, Nørstebøen S, et al. Teori møter praksis - er miljøriktige bygg økonomisk gjennomførbare? Scenarioanalyse av konstruksjonsvalg på Ydalir. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2022 p. 50.
56. Wiik MK, Delgado BM, Meland S, Karlsson H, Rokseth LS, Homaei S. YDALIR. Testing av alle ZEN nøkkelindikatorer i en ZEN-pilot [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF; 2023 p. 50. Report No.: 51. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1376/ydalir_testing_av_alle_zen_noekkelindikatorer_i_en_zen-pilot
57. Winsvold JR, Liaøy AR, Steneng C, Bergsdal H, Petersen AJ. KLIMAGASSBELASTNING FOR VVS-INSTALLASJONER Beregning av klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner i Ydalir skole og barnehage, i samarbeid med FoU Grønn VVS [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF; 2023 p. 26. Report No.: 52. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1379/klimagassbelastning_for_vvs-installasjoner
58. Lausset C, Ellingsen LAW, Strømman AH, Brattebø H. A life-cycle assessment model for zero emission neighborhoods. *J Ind Ecol.* 2020;24(3):500–16.
59. Lausset C, Lund KM, Brattebø H. LCA and scenario analysis of a Norwegian net-zero GHG emission neighbourhood: The importance of mobility and surplus energy from PV technologies. *Build Environ.* 2021 Feb 1;189:107528.
60. Lausset C, Crawford RH, Brattebø H. Hybrid life cycle assessment at the neighbourhood scale: The case of Ydalir, Norway. *Clean Eng Technol.* 2022 Jun 1;8:100503.
61. Lund KM, Lausset C, Brattebø H. LCA of the Zero Emission Neighbourhood Ydalir. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2019 Oct;352(1):012009.
62. Yttersian VL. Greenhouse gas emission assessment using OmrådeLCA: Case study of the Zero Emission Neighbourhood Ydalir [Internet] [Master thesis]. NTNU; 2019 [cited 2023 Feb 3]. Available from: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2620429>
63. Wiik MK, González-Fernández I, Schneider-Marín P. A holistic sustainability assessment of a zero-emission development in Norway. *J Phys Conf Ser.* 2023 Dec;2654(1):012129.
64. Wiik MK. A comparative assessment of the development of GHG emission criteria and benchmark values for buildings in Norway. *J Phys Conf Ser.* 2023 Dec;2654(1):012131.
65. Baer D, Haase M. Energy Master Planning on neighbourhood level: learnings on stakeholders and constraints from the Norwegian case of Ydalir. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2020 Nov 1;588(2):022001.
66. Hamdan HAM, de Boer L, Andersen PH. The architecture of procurement in sustainable and zero-emission neighborhood projects—strategic challenges and new realities. *Environ Syst Decis.* 2023 Sep 1;43(3):472–88.

67. Healey Trulsrud T, van der Leer J. How are Positive Energy Districts and Neighbourhoods Planned and Designed in Practice in Norway and Sweden? [Internet]. Rochester, NY; 2023 [cited 2024 Feb 7]. Available from: <https://papers.ssrn.com/abstract=4612606>
68. Henriksen HM. From science to sales: changing representations of zero emission housing. *Build Cities*. 2023;4(1):594–611.
69. Nørgreen S. Scenario analysis for greenhouse gas emissions of the energy system at a zero emission neighbourhood, Campus Evenstad [Internet] [Master thesis]. NTNU; 2023 [cited 2024 Jan 25]. Available from: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3092160>
70. Wiik MK, Sørensen ÅL, Selvig E, Cervenka Z, Fufa SM, Andresen I. ZEB Pilot Campus Evenstad. Administration and educational building. As-built report. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report no 36. 2017.
71. Fufa SM, Wiik MK, Mellegård S, Andresen I. Lessons learnt from the design and construction strategies of two Norwegian low emission construction sites. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2019 Oct 31;352:012021.
72. Wiik MK, Fufa SM, Homaei S. A chronological development of a framework for emission free construction sites in Norway.
73. Brajkovic AA, Bjugan M. Verdien av en batteribank på campus Evenstad som nullutslippsområde. Trondheim, Norway: NTNU; 2019.
74. Gunar AM. Modelling av radiaalt mikronett i Febdok med UPS-vekselretter som distribuert energikilde. Trondheim, Norway: NTNU; 2022.
75. Gjertsen M. A Mapping of the Domestic Hot Water System at Campus Evenstad. Trondheim, Norway: NTNU; 2018.
76. Gjertsen M. Optimal Control of Batteries and Hot Water Heaters for Energy Flexibility in Zero Emission Neighbourhoods. Trondheim, Norway: NTNU; 2019.
77. Nes H. Load match study of photovoltaic production and charging demand of electric vehicles in a Zero Emission Neighbourhood - Case Campus Evenstad,. Trondheim, Norway: NTNU; 2017.
78. Åsheim TB. Analysis of a Photovoltaic Power Plant at Evenstad. Trondheim, Norway: NTNU; 2017.
79. Rognan LMH. Photovoltaic Power Prediction and Control Strategies of the Local Storage Unit at Campus Evenstad. Trondheim, Norway: NTNU; 2018.
80. Askeland M. Policy issues for distributed energy resources as a part of larger energy systems. Trondheim, Norway: NTNU; 2022.
81. Backe S. Impacts of Neighbourhood Energy Systems on European Decarbonization Pathways. Trondheim, Norway: NTNU; 2021.
82. Bottolfsen HL, Sørensen ÅL, Sartori I. CAMPUS EVENSTAD. ENERGI MÅLINGER 2017 – 2019. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2021 p. 28. Report No.: 36.
83. Stian Backe, Sørensen ÅL, Pinel D, Clauss J, Lausset C, Woods R. Consequences of local energy supply in Norway. A case study on the ZEN pilot project Campus Evenstad. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2019 p. 50. Report No.: 19.

84. Askeland M, Backe S, Lindberg KB. Zero energy at the neighbourhood scale: Regulatory challenges regarding billing practices in Norway. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2019 Oct;352(1):012006.
85. Pinel D. Clustering methods assessment for investment in zero emission neighborhoods' energy system. *Int J Electr Power Energy Syst*. 2020 Oct 1;121:106088.
86. Pinel D, Korpås M, B. Lindberg K. Impact of the CO₂ factor of electricity and the external CO₂ compensation price on zero emission neighborhoods' energy system design. *Build Environ*. 2021 Jan;187:107418.
87. Brozovsky J, Gustavsen A, Gaitani N. Zero emission neighbourhoods and positive energy districts – A state-of-the-art review. *Sustain Cities Soc*. 2021 Sep 1;72:103013.
88. Gjertsen M, Lamb JJ, Andresen I, Lien KM. Optimal control of batteries and hot water heaters in zero emission neighbourhoods. In: Lamb JJ, Pollet BG, editors. *IOP Publishing*; 2020 [cited 2024 Feb 26]. p. 7-1-7–20. Available from: <https://iopscience.iop.org/book/edit/978-0-7503-3259-0/chapter/bk978-0-7503-3259-0ch7>
89. Korsnes M, Throndsen W. Smart energy prosumers in Norway: Critical reflections on implications for participation and everyday life. *J Clean Prod*. 2021 Jul 15;306:127273.
90. Mehammer EB, Berg K, Torsater N, Johansson O. Power Quality in Islanded Microgrids supplied by Vehicle-to-Grid: Norwegian Pilot Study | Semantic Scholar. *IEEE*. 2021;(269420):1–6.
91. Nielsen BF, Baer D, Lindkvist C. Identifying and supporting exploratory and exploitative models of innovation in municipal urban planning; key challenges from seven Norwegian energy ambitious neighborhood pilots. *Technol Forecast Soc Change*. 2019 May;142:142–53.
92. Stai P. Kartlegging av lønnsomhet for strømfleksibilitet i dagens marked med case studie på Campus Evenstad. NTNU; 2022.
93. Backe S, Sørensen ÅL, Pinel D, Clauß J, Lauselet C. Opportunities for Local Energy Supply in Norway: A Case Study of a University Campus Site. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2019 Oct;352(1):012039.
94. Pinel D, Korpås M, Lindberg KB. Cost Optimal Design of Zero Emission Neighborhoods' (ZENs) Energy System: Model Presentation and Case Study on Evenstad [Internet]. *arXiv*; 2019 [cited 2024 Feb 26]. Available from: <http://arxiv.org/abs/1903.07978>
95. Lauselet C, Borgnes V, Ellingsen LAW, Strømman AH, Brattebø H. Life-cycle assessment methodology to assess Zero Emission Neighbourhood concept SINTEF Bokhandel [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2019 [cited 2024 Feb 7] p. 118. Report No.: 12. Available from: https://www.sintefbok.no/book/index/1217/life-cycle_assessment_methodology_to_assess_zero_emission_neighbourhood_concept
96. Meland S, Karlsson H. ZEN Mobilitetscase ZVB - Sammendrag av utvikling og anvedelse av metodikk for boligprosjekter. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2021 p. 22. (ZEN). Report No.: 37.
97. Buvik E. Furuset Hageby. Klimagassberegning. Oslo, Norway: AF Gruppen; 2021 p. 20.
98. Kauko H, Wolfgang O, Pinel D. Sesonglagring av varme for lokale energisystem – analyse av potensialet på Furuset [Internet]. Oslo, Norway: SINTEF Academic Press; 2021 [cited 2024 Feb

5] p. 40. (ZEN report). Report No.: 35. Available from:
https://www.sintefbok.no/book/index/1304/sesonglagring_av_varme_for_lokale_energisystem_analyse_av_potensialet_paa_furuset

99. Kauko H, Pinel D, Graabak I, Wolfgang O. Assessing the potential of seasonal thermal storage for local energy systems: Case study for a neighborhood in Norway. *Smart Energy*. 2022 May 1;6:100075.



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES