



Research Centre on  
ZERO EMISSION  
NEIGHBOURHOODS  
IN SMART CITIES



# ZERO EMISSION NEIGHBOURHOODS IN SMART CITIES

Definition, key performance indicators and assessment criteria:  
Version 1.0. Bilingual version

ZEN REPORT No. 7 – 2018





Research Centre on  
ZERO EMISSION  
NEIGHBOURHOODS  
IN SMART CITIES

## ZEN Report No. 7

Marianne Kjendseth Wiik<sup>1</sup>, Selamawit Mamo Fufa<sup>1</sup>, John Krogstie<sup>2</sup>, Dirk Ahlers<sup>2</sup>,  
Annemie Wyckmans<sup>2</sup>, Patrick Driscoll<sup>2</sup>, Helge Brattebø<sup>2</sup> and Arild Gustavsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) SINTEF Building and Infrastructure, <sup>2</sup>) Norwegian University of Science and Technology (NTNU)

### Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities

Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 1.0

Bilingual version

*(Nullutslippsområder i smarte byer: Definisjon, nøkkellindikatorer og vurderingskriterier.  
Oversatt til norsk i juni 2018 av: Christofer Skaar)*

Keywords: Zero Emission Neighbourhoods, Definition, Key Performance Indicators,  
Assessment Criteria

ISBN 978-82-536-1593-6

Norwegian University of Science and Technology (NTNU) | [www.ntnu.no](http://www.ntnu.no)

SINTEF Building and Infrastructure | [www.sintef.no](http://www.sintef.no)

<https://fmezen.no>

## Preface

### Acknowledgements

This report has been written within the Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (FME ZEN). The authors gratefully acknowledge the support from the Research Council of Norway, the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), SINTEF, the municipalities of Oslo, Bergen, Trondheim, Bodø, Bærum, Elverum and Steinkjer, Trøndelag county, Norwegian Directorate for Public Construction and Property Management, Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Norwegian Building Authority, ByBo, Elverum Tomteselskap, TOBB, Snøhetta, Tegn\_3, Asplan Viak, Multiconsult, Sweco, Civitas, FutureBuilt, Hunton, Moelven, Norcem, Skanska, GK, Caverion, Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE), Smart Grid Services Cluster, Statkraft Varme, Energy Norway and Norsk Fjernvarme.

### The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities

The ZEN Research Centre develops solutions for future buildings and neighbourhoods with no greenhouse gas emissions and thereby contributes to a low carbon society.

Researchers, municipalities, industry and governmental organizations work together in the ZEN Research Centre in order to plan, develop and run neighbourhoods with zero greenhouse gas emissions. The ZEN Centre has nine pilot projects spread over all of Norway that encompass an area of more than 1 million m<sup>2</sup> and more than 30 000 inhabitants in total.

In order to achieve its high ambitions, the Centre will, together with its partners:

- Develop neighbourhood design and planning instruments while integrating science-based knowledge on greenhouse gas emissions;
- Create new business models, roles, and services that address the lack of flexibility towards markets and catalyze the development of innovations for a broader public use; This includes studies of political instruments and market design;
- Create cost effective and resource and energy efficient buildings by developing low carbon technologies and construction systems based on lifecycle design strategies;
- Develop technologies and solutions for the design and operation of energy flexible neighbourhoods;
- Develop a decision-support tool for optimizing local energy systems and their interaction with the larger system;
- Create and manage a series of neighbourhood-scale living labs, which will act as innovation hubs and a testing ground for the solutions developed in the ZEN Research Centre. The pilot projects are Furuset in Oslo, Fornebu in Bærum, Sluppen and Campus NTNU in Trondheim, an NRK-site in Steinkjer, Ydalir in Elverum, Campus Evenstad, NyBy Bodø, and Zero Village Bergen.

The ZEN Research Centre will last eight years (2017-2024), and the budget is approximately NOK 380 million, funded by the Research Council of Norway, the research partners NTNU and SINTEF, and the user partners from the private and public sector. The Norwegian University of Science and Technology (NTNU) is the host and leads the Centre together with SINTEF.



<https://fmezen.no>



@ZENcentre



FME ZEN (page)

The Editors would like to thank all practitioners and researchers for their contributions. The list below includes the names of the authors that have contributed the most to the various fields:

**GHG Emissions:** Marianne Kjendseth Wiik, Selamawit Mamo Fufa, Christofer Skaar, Helge Brattebø and Carine Lausset.

**Energy:** Igor Sartori, Inger Andresen, Ove Wolfgang and Åse Lekang Sørensen.

**Power:** Igor Sartori, Inger Andresen, Ove Wolfgang and Åse Lekang Sørensen.

**Mobility:** Selamawit Mamo Fufa, Michael Klinski and Daniela Baer.

**Economy:** Selamawit Mamo Fufa, Michael Klinski and Marianne Kjendseth Wiik.

**Spatial Qualities:** Daniela Baer, Brita Fladvad Nielsen, Taru Uusinoka, Dirk Ahlers, Inger Andresen and Annemie Wyckmans.

**Innovation:** Terje Jacobsen, Ann Kristin Kvelheim, Ruth Woods and Asgeir Tomasgard.

In addition, the ZEN definition report was sent for external hearing to all ZEN partners. The editors would like to thank all ZEN partners for their contributions. The following ZEN partners have sent in suggestions, comments and contributions to this version of the ZEN definition report:

Asplan Viak, Bodø kommune, Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK), Energi Norge, Forskningsrådet, Heidelberg cement / Norcem, Norsk Fjernvarme, Statkraft Varme, Statsbygg, Sweco and Trondheim kommune.

## Abstract

This document outlines the definition, key performance indicators (KPI) and assessment criteria for the Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (ZEN research centre). This first version of the ZEN definition includes contributions from the ZEN partners. In total, around 50 people involved in the ZEN research centre have contributed to this document.

### ZEN Definition

In the ZEN research centre, a neighbourhood is defined as a group of interconnected buildings with associated infrastructure <sup>1)</sup>, located within a confined geographical area <sup>2)</sup>. A **zero emission neighbourhood** aims to reduce its direct and indirect **greenhouse gas (GHG) emissions** towards zero over the analysis period <sup>3)</sup>, in line with a **chosen ambition level** with respect to which life cycle modules and building and infrastructure elements to include <sup>4)</sup>. The neighbourhood should focus the following, where the first four points have direct consequences for energy and emissions:

- a. Plan, design and operate buildings and associated infrastructure components towards zero life cycle **GHG emissions**.
- b. Become highly **energy efficient** and powered by a high share of new **renewable energy** in the neighbourhood energy supply system.
- c. Manage energy flows (within and between buildings) and exchanges with the surrounding energy system in a smart and **flexible way** <sup>5)</sup>.
- d. Promote sustainable transport patterns and smart mobility systems.
- e. Plan, design and operate with respect to **economic sustainability**, by minimising total life cycle costs.
- f. Plan and locate amenities in the neighbourhood to provide good **spatial qualities** and stimulate **sustainable behaviour**.
- g. Development of the area is characterised by innovative processes based on new forms of cooperation between the involved partners leading to **innovative solutions**.

---

<sup>1)</sup> Buildings can be of different types, e.g. new, existing, retrofitted or a combination. Infrastructure includes grids and technologies for exchange, generation and storage of electricity and heat. Infrastructure may also include grids and technologies for water, sewage, waste, mobility and ICT.

<sup>2)</sup> The area has a defined physical boundary to external grids (electricity and heat, and if included, water, sewage, waste, mobility and ICT). However, the system boundary for analysis of energy facilities serving the neighbourhood is not necessarily the same as the geographical area.

<sup>3)</sup> The analysis period is normally 60 years into the future, assuming 60 years service life of buildings and 100 years service life of infrastructure, and relevant service life for components that will be replaced.

<sup>4)</sup> The standard NS-EN 15978 "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method" and the proposed new standard NS 3720 "Methods for greenhouse gas calculations for buildings", defines a set of life cycle modules; material production (A1-A3), construction (A4-A5), operation (B1-B7 in NS-EN 15978 and B1-B8 in NS 3720), end-of-life (C1-C4), and benefits and loads beyond the system boundary (D). NS 3451 "Table of building elements" provides a structured nomenclature checklist of building elements which can be used to define the physical system boundary. A given zero emission neighbourhood should have a defined ambition level with respect to which of these life cycle modules to include, and which building and infrastructure elements to include. It is up to the owner of a ZEN project to decide such an ambition level, but this should be unambiguously defined according to the modulus principle of NS-EN 15978 and NS 3720. In the FME-ZEN Centre, further work is carried out to clarify what should be the recommended minimum ambition level for ZEN pilot projects. Further work is done to clarify how to calculate CO2 emission gains from local renewable energy production, and the FME-ZEN does not currently bind to the method of emission calculations in NS-EN 15978 and NS 3720.

<sup>5)</sup> Flexibility should facilitate the transition to a decarbonised energy system and reduction of power and heat capacity requirements.

## Sammendrag

Denne rapporten beskriver definisjonen, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier som benyttes i forskningssenteret for nullutslippsområde i smarte byer (ZEN senteret). Dette er den første utgaven og inkluderer innspill og bidrag fra ZEN partnerne. Til sammen har omkring femti eksperter fra ZEN senteret bidratt til dette dokumentet. Rapporten foreligger både på engelsk og norsk.

### ZEN Definisjon

Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN) definerer et "område" som en samling bygninger med tilhørende infrastruktur <sup>1)</sup>, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område <sup>2)</sup>. Et **nullutslippsområde** har som målsetning å redusere sine direkte og indirekte **utslipp av klimagassutslipp** mot null innenfor sin analyseperiode <sup>3)</sup>, i tråd med et **valgt ambisjonsnivå** med hensyn til hvilke livsløpsmoduler og bygnings- og infrastrukturelementer som inkluderes <sup>4)</sup>. Området bør ha fokus på følgende, der de fire første punktene har direkte konsekvens for energi og utslipp:

- a. Planlegging, design og drift av bygninger og deres tilhørende infrastruktur komponenter med sikte på **null klimagassutslipp** over livsløpet.
- 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** <sup>5)</sup>.
- d. Fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetsystemer.
- e. Planlegging, design og drift med hensyn på **økonomisk bærekraft**, ved minimerte levetidskostnader.
- f. Arealplanlegging sikrer gode **stedskvaliteter** og stimulerer bærekraftig atferd.
- g. Utviklingen av området er preget av innovative prosesser som benytter nye former av samarbeid mellom de involverte aktører som fører til **innovative løsninger**.

<sup>1)</sup> Bygninger kan være av ulike typer, f.eks. nye, eksisterende, energioppgraderte eller en kombinasjon. Infrastruktur inkluderer nettverk og teknologier for utveksling, produksjon og lagring av elektrisitet og varme. Infrastruktur kan eventuelt også inkludere nettverk og teknologier for vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT.

<sup>2)</sup> Området har en definert fysisk grense til eksterne nettverk (elektrisitet og varme, og hvis inkludert, vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT). Systemgrensen for vurdering av energianlegg som betjener området er derimot ikke nødvendigvis lik den geografiske områdeavgrensningen.

<sup>3)</sup> Analyseperioden er normalt 60 år, der det antas 60 år levetid for bygning og 100 år for infrastruktur, samt relevant levetid for komponenter som skiftes ut.

<sup>4)</sup> Standarden NS-EN 15978 "Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøprestasjon – Beregningsmetode" og den foreslåtte nye standarden NS 3720 "Metode for klimagassberegninger for bygninger", definerer et sett av livsløpsmoduler; produkter (A1-A3), gjennomføringsfase (A4-A5), bruksfase (B1-B7 i NS-EN 15978 og B1-B8 i NS 3720), livsløpets slutfase (C1-C4), og fordeler og ulemper utover systemgrensen (D). NS 3451 "Bygningsdelstabell" fastlegger inndeling i bygnings- og installasjonsdeler for systematisering, klassifisering og koding av informasjon som omfatter de fysiske delene av bygningen og de tilhørende utvendige anlegg. Et gitt ZEN-prosjekt bør ha et definert ambisjonsnivå med hensyn til hvilke av disse livsløpsmodulene som inkluderes, og hvilke infrastrukturelementer som inkluderes. Det er opp til eieren av et ZEN prosjekt å beslutte slikt ambisjonsnivå, men dette bør være entydig definert i henhold til modulprinsippet i NS-EN 15978 og NS 3720. I FME-ZEN senteret arbeides det videre med avklaringer om hva som bør være anbefalt minimumsambisjonsnivå for ZEN pilotprosjekter. Det arbeides også videre med å avklare hvordan beregne CO<sub>2</sub>-utslippsgevinster av lokal fornybar energiproduksjon, og FME-ZEN binder seg per i dag ikke til metodikken for utslippsberegninger i NS-EN 15978 og NS 3720.

<sup>5)</sup> Fleksibilitet bør legge til rette for overgangen til et utslippsfritt energisystem og reduksjon av effektbehov.

# Contents

Preface .....	3
Abstract .....	5
Sammendrag .....	6
1 Introduction .....	11
Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities .....	11
2 Background .....	13
2.1 The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB research centre) .....	13
2.2 Planning Instruments for Smart Energy Communities (PI-SEC) .....	13
2.3 Smart Cities and Communities (SCC) .....	14
2.4 Positive Energy Blocks (PEB) .....	15
2.5 BREEAM Communities .....	15
2.6 CITYkeys .....	15
2.7 Relevant national and international standards .....	16
3 Definitions .....	17
3.1 ZEN definition .....	17
3.2 Other terms and definitions .....	18
4 ZEN assessment criteria and key performance indicators .....	22
4.1 GHG emissions .....	27
Total GHG emissions .....	28
GHG emission reduction .....	28
4.2 Energy .....	28
Energy efficiency in buildings .....	29
Energy carriers .....	29
4.3 Power / load .....	29
Power / load performance .....	30
Power / load flexibility .....	30
4.4 Mobility .....	30
Mode of transport .....	31
Access to public transport .....	31
4.5 Economy .....	31
Life cycle costs (LCC) .....	31
4.6 Spatial Qualities .....	31

	Demographic needs and consultation plan .....	32
	Delivery and proximity to amenities .....	32
	Public space .....	32
4.7	Innovation .....	32
5	Limitations and further work .....	34
	References .....	36
	APPENDIX A: Life cycle modules in accordance with NS 3720 .....	38
	APPENDIX B: Translation of some of the main terminology used in the ZEN definition report from English to Norwegian .....	39
	APPENDIX C: Additional assessment criteria and KPI .....	40
 <b>Norwegian version/norsk versjon</b>		
	Sammendrag .....	41
	Abstract .....	42
1	Introduksjon .....	43
	Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret) .....	43
2	Bakgrunn .....	45
2.1	The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB-senteret) .....	45
2.2	Planning Instruments for Smart Energy Communities (PI-SEC) .....	45
2.3	Smart Cities and Communities (SCC) .....	46
2.4	Positive Energy Blocks (PEB) .....	47
2.5	BREEAM Communities .....	47
2.6	CITYkeys .....	48
2.7	Relevante nasjonale og internasjonale standarder .....	48
3	Definisjoner .....	49
3.1	ZEN-definisjonen .....	49
3.2	Andre begrep og definisjoner .....	50
	Kategorier .....	51
4	ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer .....	54
4.1	Klimagassutslipp .....	59
	Totale klimagassutslipp .....	60
	Reduksjon i klimagassutslipp .....	60
4.2	Energi .....	60
	Energieffektivitet i bygninger .....	61
	Energibærere .....	61
4.3	Effekt .....	61
	Effekt .....	62
	Effektflexibilitet .....	62



4.4	Mobilitet .....	62
	Transportmåte.....	62
	Tilgang til kollektivtransport.....	63
4.5	Økonomi .....	63
	Livssyklus kostnader (life cycle costs, LCC).....	63
4.6	Stedskvaliteter .....	63
	Demografiske behov og konsultasjonsplan.....	64
	Tilgjengelighet til servicefunksjoner og rekreasjonsområder .....	64
	Offentlige rom .....	64
4.7	Innovasjon .....	64
5	Begrensninger og videre arbeid .....	65
	Referanser .....	67
	Vedlegg A: Livsløpsmoduler i henhold til NS 3720.....	69
	Vedlegg B: Norsk-engelsk oversettelse av kjernebegreper i ZEN-definisjonsrapporten .....	70
	Vedlegg C: Ytterligere kriterier og nøkkelindikatorer (KPI).....	71



# 1 Introduction

## Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities

This document outlines the central definition, key performance indicators (KPI) and assessment criteria used in the Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (ZEN research centre). This initial version (version 1.0) of the zero emission neighbourhood (ZEN) definition includes contributions from the ZEN partners. In total, around 50 people involved in the ZEN research centre have contributed to this document. A Norwegian translation of the document will be provided in 2018.

The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities [1] aims to answer the following research question:

### **How should the sustainable neighbourhoods of the future be designed, built, transformed, and managed to reduce their greenhouse gas (GHG) emissions towards zero?**

In the proposal for the ZEN research centre, a preliminary description of a zero emission neighbourhood was provided:

"a group of interconnected buildings with distributed energy resources such as solar energy systems, electric vehicles, charging stations and heating systems, located within a confined geographical area and with a well-defined physical boundary to the electric and thermal grids. The neighbourhood is not seen as a self-contained entity, but is connected to the surrounding mobility and energy infrastructure, and will be optimized in relation to larger city and community structures".

Whilst this preliminary description of the boundary conditions is primarily focused on energy aspects, the concept of the zero emission neighbourhood also has aspects relating, but not limited to, GHG emissions, power, mobility, economy, spatial qualities and innovation aspects. These aspects are described in more detail in this report.

When defining the concept of a zero emission neighbourhood, we have taken inspiration from a range of sources; including, the work of other similar definitions and concepts across Europe, and more specifically Norway. Some of these sources are:

- FME ZEB - The Research Centre on Zero Emission Buildings [2]
- Research project PI-SEC - Planning Instruments for Smart Energy Communities [3]
- Horizon 2020 – Smart Cities and Communities (SCC) [4, 5]
- The definition of PEB – Positive Energy Blocks in Horizon 2020 [6]
- The methodology of BREEAM Communities [7]
- CITYKeys [8]
- Relevant national and international standards

These sources of information are discussed in Chapter 2 Background, and more information can be found in the 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9]. In addition, we have organised a series of ZEN partner workshops in 2017 on the following subtopics:

- Design and planning (27<sup>th</sup> April)
- Energy supply (27<sup>th</sup> April)
- Buildings and materials (3<sup>rd</sup> May)
- Joint workshops (27<sup>th</sup> March and 7<sup>th</sup> June)

Further discussions have taken place in autumn 2017, between the ZEN definition working group in WP1 and the ZEN guideline working group in WP6 to operationalise the ZEN definition in the ZEN pilot areas. More information on the outcome of these specialized workshops can be found in [9].

To follow, the background for the ZEN definition report is presented in Chapter 2. The ZEN definition is presented in Chapter 3, whilst a breakdown of the KPIs and assessment criteria included in the ZEN definition is included in Chapter 4. An overview of the limitations of the ZEN definition report, and scope for further work on the ZEN definition is presented in Chapter 5.

## 2 Background

### 2.1 The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB research centre)

In the ZEB research centre, a methodology was developed for measuring and reporting greenhouse gas (GHG) emissions, in terms of CO<sub>2</sub> equivalents (kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>2</sup>/yr), from operational energy use (O), materials (M), construction (C), end-of-life (E) and the use phase (PLET) of buildings [10-12]. These GHG emissions should in a ZEB be compensated for through local renewable energy generation. For each ZEB pilot project, a ZEB ambition level was selected based on the scope of GHG emission calculations. For example, a ZEB-COM ambition level required the building to generate enough local renewable energy to compensate for all GHG emissions relating to the construction phase (C), operational energy use (O), and the production and replacement of materials (M). A more detailed description of the ZEB definition and methodology can be found in ZEB report no.17, ZEB report no. 29 and SINTEF design guideline 473.010 on zero emission buildings [10-12]. Figure 1 shows the time horizon of GHG emissions in ZEB Campus Evenstad's education and administration building over a building lifetime of 60 years. These results show that a high amount of GHG emissions occur during the production and construction phases, contra a low amount of GHG emissions for annual operational energy use because of energy effective solutions and low emission energy resources. The compensation of GHG emissions with renewable, local energy sources also occurs annually, during the 60-year operational phase. There is an increase in GHG emissions at 20, 30 and 40 years because of the replacement of building components during the building's lifetime. Campus Evenstad is also a pilot area in the ZEN research centre.

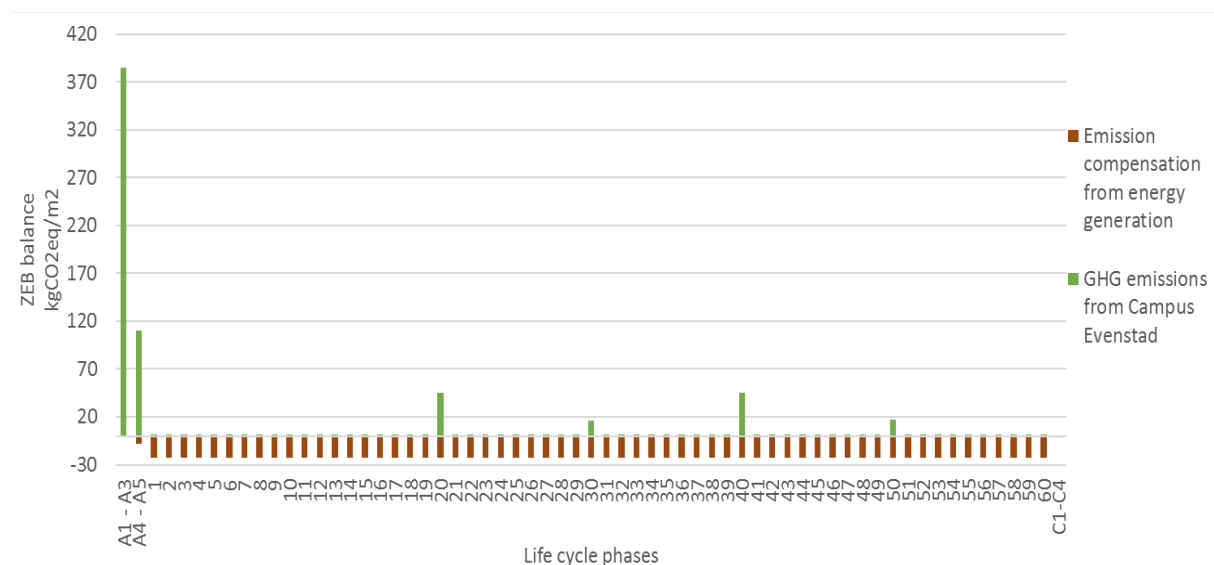


Figure 1. Time horizon of GHG emissions and emission compensation from energy generation in ZEB Campus Evenstad's education and administration building [13].

### 2.2 Planning Instruments for Smart Energy Communities (PI-SEC)

PI-SEC (Planning instruments for smart energy communities) is a Norwegian research project whereby the main deliverable will be a toolkit that aims to resolve both municipal planning (top-down) and project planning and construction (bottom-up) needs. On the municipal planning level, it is important to understand the practice of urban planners and how energy consumption can become an

integrated part of Norwegian planning practice, whilst on the project planning and construction level, the toolkit will increase knowledge about which parameters or key performance indicators (KPIs) are important for smart sustainable cities [3]. Between these two levels, there is a challenge to connect key performance indicators for buildings with neighbourhood criteria. This requires a combination of quantitative and qualitative key performance indicators and assessment criteria. The municipal planning toolkit includes a 'planning wheel' approach, whilst the project planning and construction toolkit includes an indicator tool for setting targets. Based on this, PI-SEC specifically investigates CO2 reduction, increased energy efficiency, increased use of renewable energy resources, increased use of local energy sources and green mobility. PI-SEC identifies 21 KPIs through a multi-disciplinary approach at all levels (building, neighbourhood, city, region, nation), and uses two ZEN pilot areas (Zero Village Bergen and Furuset) as test arenas [3].

### 2.3 Smart Cities and Communities (SCC)

The Horizon 2020 Smart Cities & Communities (H2020 SCC) programme is placed under the 'secure, clean and efficient energy' category of the Societal Challenges section of the Horizon 2020 work programme [6]. The overall goal is to address the challenge of sustainable development in urban areas. It focuses on new, efficient and user-friendly technologies and services, within energy, transport and ICT. It also highlights the need for integrated approaches in the areas of research, development and deployment.

The SCC programme has a series of lighthouse projects (12 active projects since 2015). These lighthouse projects address city-driven challenges, and demonstrate solutions at scale, by building integrated, highly efficient commercial solutions with a high market potential. The widespread development of lighthouse projects in cities encourages the replication and uptake of new technologies [4, 5]. In parallel, efforts have been made to create a reporting platform and database for the Smart Cities Information System (SCIS) [14], as well as key performance indicators in the H2020 project CITYkeys project [8]. The SCIS compiles KPIs and monitoring procedures.

Many aspects that are important for the ZEN research centre are also considered in SCC, making SCC a good comparison to the ZEN research centre on the European level. Some of these aspects include:

- development, testing and performance-monitoring
- sustainable energy transition
- increasing energy systems integration and energy performance levels
- integrating innovative solutions for positive energy blocks and districts
- analysing the interaction and integration between buildings, users and energy systems
- storage solutions and electro-mobility
- integration in planning and mixed use urban districts
- replication of solutions, adapted to different local conditions
- reduction of greenhouse gas emissions and decarbonisation
- improving energy efficiency, storage, integration and self-consumption
- supporting climate mitigation and adaptation goals
- investigating urban, technical, financial, regulatory legal, gender, socio-economics, and social aspects
- developing new business models
- aligning indicators with overall city goals and scaling up to the city level
- including local communities and local governments

- air quality improvement
- big data, data management, digitalisation, data security and protection

## 2.4 Positive Energy Blocks (PEB)

The Horizon 2020 work programme states that, to achieve the necessary energy transition in cities, it is essential to increase energy systems integration and to push energy performance levels significantly beyond the levels of current EU building codes and to realise Europe-wide deployment of positive energy blocks and districts by 2050. The Horizon 2020 work programme provides a definition for positive energy blocks and districts [6]:

"Positive Energy Blocks [and] Districts consist of several buildings (new, retro-fitted or a combination of both) that actively manage their energy consumption and the energy flow between them and the wider energy system. Positive Energy Blocks [and] Districts have an annual positive energy balance. They make optimal use of elements such as advanced materials, local [renewable energy sources] RES, local storage, smart energy grids, demand-response, cutting edge energy management (e.g. electricity, heating and cooling), user interaction [or] involvement and ICT. Positive Energy Blocks [and] Districts are designed to be an integral part of the district [or] city energy system and have a positive impact on it. Their design is intrinsically scalable and they are well embedded in the spatial, economic, technical, environmental and social context of the project site."

## 2.5 BREEAM Communities

BREEAM Communities is a neighbourhood sustainability assessment (NSA) tool developed in the United Kingdom, and later adopted in Norway, that can be used to measure and improve various social, environmental and economic issues in a neighbourhood [7]. BREEAM communities should not be confused with BREEAM-NOR – the Norwegian adoption of BREEAM (the British Research Establishment's Environmental Assessment Method) for buildings. BREEAM Communities can be used by planners, local politicians, communities and other relevant statutory bodies. BREEAM Communities provides a holistic framework of assessment criteria that assesses issues concerning sustainability in an early stage of the design process. The tool has been specifically designed for developments which are likely to have significant impacts on future or existing communities and infrastructures. The BREEAM Communities methodology assesses neighbourhoods quantitatively and qualitatively.

## 2.6 CITYkeys

The goal of the CITYkeys project [8] is to support the development of smart city solutions and services, to have an impact upon the most urgent societal challenges relating to both continuous growth and densification of cities, together with EUs energy and climate targets. The overall aim of this two-year project is to develop and validate key performance indicators and different methods for collecting data for both transparent monitoring and comparability of smart city solutions in different European cities. The project has selected indicators that can be utilised when assessing smart city projects, and has key performance indicators at the city level [8].

## 2.7 Relevant national and international standards

A range of national and international standards have been identified as relevant to the ZEN definition and are thus implemented into the ZEN definition framework. To follow, is an overview of these core standards:

- NS-EN 15978: 2011. Sustainability of Construction Works - Assessment of Environmental Performance of Buildings - Calculation Method.
- NS 3720: 201X. Method for Greenhouse Gas Calculations for Buildings.
- NS 3457-3: 2013. Classification of Construction Works – Part 3 Building Types.
- NS 3451: 2009: Table of Building Elements.
- ISO 52000: 2017. Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures.
- SN/TS 3031: 2007. Calculation of energy performance of buildings - Method and data.
- NS 3454: 2013. Life cycle costs for construction works - Principles and classification.
- NS-EN 16627: 2015. Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation methods
- ISO 15686-5: 2017. Building and construction assets - service life planning. Part 5: Life-cycle costing.
- NS-EN 16258: 2012. Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers).



## 3 Definitions

### 3.1 ZEN definition

The following definition is a first version of the ZEN definition, and serves as an overarching guiding principle for the whole ZEN project [1] and its pilot areas [9]. The definition is based on previous projects and existing assessment frameworks (such as the ZEB research centre, PI-SEC, SCC, PEB, BREEAM communities and CITYkeys) as well as input from ZEN researchers and partners through numerous discussions and workshops.

In the ZEN research centre, a neighbourhood is defined as a group of interconnected buildings with associated infrastructure <sup>1)</sup>, located within a confined geographical area <sup>2)</sup>. A **zero emission neighbourhood** aims to reduce its direct and indirect **greenhouse gas (GHG) emissions** towards zero over the analysis period <sup>3)</sup>, in line with a **chosen ambition level** with respect to which life cycle modules and building and infrastructure elements to include <sup>4)</sup>. The neighbourhood should focus the following, where the first four points have direct consequences for energy and emissions:

- a. Plan, design and operate buildings and their associated infrastructure components towards minimized life cycle **GHG emissions**.
- b. Become highly **energy efficient** and powered by a high share of new **renewable energy**.
- c. Manage energy flows (within and between buildings) and exchanges with the surrounding energy system in a **flexible way** <sup>5)</sup>.
- d. Promote **sustainable transport** patterns and smart mobility systems.
- e. Plan, design and operate with respect to **economic sustainability**, by minimising total life cycle costs.
- f. Plan and locate amenities in the neighbourhood to provide good **spatial qualities** and stimulate **sustainable behaviour**.
- g. development of the area is characterised by innovative processes based on new forms of cooperation between the involved partners leading to **innovative solutions**.

<sup>1)</sup> Buildings can be of different types, e.g. new, existing, retrofitted or a combination. Infrastructure includes grids and technologies for supply, generation, storage and export of electricity and heat. Infrastructure may also include grids and technologies for water, sewage, waste, mobility and ICT.

<sup>2)</sup> The area has a defined physical boundary to external grids (electricity and heat, and if included, water, sewage, waste, mobility and ICT). However, the system boundary for analysis of energy facilities serving the neighbourhood is not necessarily the same as the geographical area.

<sup>3)</sup> The analysis period is normally 60 years into the future, assuming 60 years service life of buildings and 100 years service life of infrastructure, and relevant service life for components that will be replaced.

<sup>4)</sup> The standard NS-EN 15978 "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method" and the proposed new standard NS 3720 "Methods for greenhouse gas calculations for buildings", defines a set of life cycle modules; material production (A1-A3), construction (A4-A5), operation (B1-B7 in NS-EN 15978 and B1-B8 in NS 3720), end-of-life (C1-C4), and benefits and loads beyond the system boundary (D). NS 3451 "Table of building elements" provides a structured nomenclature checklist of building elements which can be used to define the physical system boundary. A given zero emission neighbourhood should have a defined ambition level with respect to which of these life cycle modules to include, and which building and infrastructure elements to include. It is up to the owner of a ZEN project to decide such an ambition level, but this should be unambiguously defined according to the modulus principle of NS-EN 15978 and NS 3720. In the FME-ZEN Centre, further work is carried out to clarify what should be the recommended minimum ambition level for ZEN pilot projects. Further work is done to clarify how to calculate CO<sub>2</sub> emission gains from local renewable energy production, and the FME-ZEN does not currently bind to the method of emission calculations in NS-EN 15978 and NS 3720.

<sup>5)</sup> Flexibility should facilitate the transition to a decarbonised energy system and reduction of power and heat capacity requirements.

The ZEN definition is intrinsically scalable, but should always be adapted to its local spatial, economic, technical, environmental, governance, and social contexts. A more detailed discussion of important terminology can be found in section 3.2.

To follow, there must be a clearly defined set of assessment criteria and key performance indicators (KPIs) that address these aspects, which are defined in such a way as to enable the development of quantitative and qualitative methods and tools for assessing the status and progress of ZEN pilot areas in terms of achieving emission reduction goals. To operationalise the ZEN definition, more detailed guideline documents will be made available [9, 15-17]. Furthermore, they will inform how data is measured and collected for the data management platform [9, 18].

As a result, the scope of the ZEN definition includes the following seven categories, whereby each category may have a set of one or more assessment criteria and for each of those a set of key performance indicators (KPIs):

- GHG emissions
- Energy
- Power/load
- Mobility
- Economy
- Spatial qualities
- Innovation

These categories were identified as important categories by ZEN stakeholders in the ZEN research centre through a series of ZEN definition workshops.

### 3.2 Other terms and definitions

The ZEN research centre utilises interdisciplinary knowledge and experiences from a vast range of fields, and from people with different professional backgrounds. It is therefore important to ensure that we have a common understanding of some of the main terms and definitions used in this ZEN definition report.

**Assessment Criteria:** are requirements that need to be fulfilled for a neighbourhood to be considered environmentally, socially and economically sustainable and feasible [19]. Assessment criteria can be either mandatory or voluntary. Criteria may be interconnected, meaning that the fulfilment of one criteria depends upon the fulfilment of another. The criteria use KPIs that are normally quantitative, but some could be qualitative.

**Key Performance Indicator (KPI):** a set of quantifiable performance measurements that define sets of values based on measured data from a project, making it easier to measure and track the neighbourhood's performance over time and against other similar projects [3].

**Project phases:** the project phases to be assessed in the ZEN research centre include: planning phases, brief and preparation phase, early design phase, detailed design phase, as built phase and operational phase. A more detailed description of these phases is included in the 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9].

**Sustainability:** the state of the global system, including environmental, social and economic aspects, in which the needs of the present are met without compromising the ability of the future generations to meet their own needs (adapted from the definition in ISO 37100 [20]) as specified by the United Nation's (UN) 17 sustainable development goals (SDG) with 169 associated targets [21].

UN SDG addressed by the ZEN research centre include:

- SDG 3: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages
- SDG 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all
- SDG 8: Promote sustained, inclusive and sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all
- SDG 9: Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization and foster innovation
- SDG 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable
- SDG 12: Ensure sustainable consumption and production patterns
- SDG 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts
- SDG 15: Protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss
- SDG 17: Revitalize the global partnership for sustainable development

### **Categories**

**GHG emissions:** in this instance refer to greenhouse gas (GHG) emissions expressed in terms of kg of CO<sub>2</sub> equivalence calculated according to the IPCC AR5 report [22] in a life cycle perspective. Direct GHG emissions are those taking place directly from a source as consequence of an activity resulting in the GHG emissions, whilst indirect emissions are those occurring through indirect pathways [22]. For example, the GHG emissions from driving a car includes not only the direct GHG emissions that come out of the exhaust pipe, but also the indirect GHG emissions that take place when oil is extracted, shipped, refined into fuel and transported to the petrol station, and also the indirect emissions caused by producing, using and disposing the car.

**Energy:** In physics, energy is the potential to perform work, or the amount of work performed over a period of time. Mathematically, energy is the integral of power/load over time. In relation to an energy system (e.g. electricity or heat), energy is the load on the grid over time and is measured in (kWh).

**Power/load:** In physics, power/load is the instantaneous rate at which work is performed. Mathematically, power/load is the time derivative of energy. In relation to an energy system (e.g. electricity or heat), power is the instantaneous load on the grid and is measured in (kW). It may also refer to the average value of energy in one hour, and should then be measured in [kWh/h].

**Mobility:** In this context, mobility refers to inhabitants' and other users' transport patterns within, to and from the neighbourhood. Holiday trips and goods traffic are included.

**Economy:** In this context, economy refers to economic sustainability, expressed mainly in terms of life cycle costs for buildings, energy and other infrastructure within the neighbourhood, as well as

total life cycle system costs from the surrounding energy system. Some other economic aspects will be covered in the innovation category.

**Spatial Qualities:** refers to the delivery of amenities and the design of a public space based on demands from the neighbourhood's users.

### **Innovation:**

Innovation in ZEN is defined broadly as something new that is of value to the stakeholders in ZEN. It includes new or improved business models, processes, products and services and how organisation can support innovation. Innovation is further defined and specified in an innovation strategy and - plan.

### **System boundaries**

The ZEN research centre utilises interdisciplinary knowledge and experiences from a vast range of fields, and from people with different professional backgrounds. It is therefore important to ensure that we all have a common understanding of system boundaries. At first, an assessment was made to see whether or not the same system boundaries could be used across the ZEN pilot areas, regardless of whether a KPI or criteria being assessed concerned buildings, energy or other infrastructure. However, it soon became clear that each ZEN definition category (GHG emissions, energy, power, mobility, economy, spatial qualities and innovation) already has established system boundaries and methodologies with various scopes. These different system boundaries have been designed with methodological consequences in mind for each professional field of research. For example, the system boundary for GHG emissions typically excludes existing buildings since the existing building belongs to the previous life cycle of that building. However, all new energy and material processes used for renovating the existing building are included in the system boundaries as the renovation works has initiated a new, longer life cycle for the building. Arguably, the new energy and material processes used in a renovation project will have lower GHG emission impacts compared to constructing a new building of equal performance since parts of the existing building envelope can be reused. The methodological implication of this GHG emission system boundary is that it promotes reuse and recycling in a circular economy. On the other hand, in the energy category, it would be disadvantageous to exclude energy needs for existing buildings from the energy system boundary. Therefore, the ZEN definition acknowledges that system boundaries may vary across the ZEN categories, across the ZEN pilot areas and according to the level of data resolution required to understand the assessment criteria and KPI being assessed. In this report, we define the following terminology as part of the ZEN system boundaries:

**Neighbourhood:** a group of interconnected buildings (which can be of different types, e.g. new, existing, retrofitted or a combination) with associated infrastructure (which includes grids and technologies for supply, generation, storage and export of electricity and heat, and may also include grids and technologies for water, sewage, waste, mobility and ICT), located within a confined geographical area. The area has a defined physical boundary to external grids (electricity and heat, and if included, water, sewage, waste, mobility and ICT). However, the system boundary for analysis of energy facilities serving the neighbourhood is not necessarily the same as the geographical area.

The system boundary for each ZEN pilot area is also dependent on the case, and may vary accordingly.

**Building assessment boundary:** describes which elements of building(s) in the ZEN pilot areas should be included in the system boundary. This may vary for each category (e.g. GHG emissions, energy, power/load, mobility, economy, spatial qualities and innovation) identified in the ZEN definition. More details on the scope of the building assessment boundary can be found in [9] under the GHG emissions, energy, power/load, economy, mobility and spatial qualities chapters.

**Neighbourhood assessment boundary:** describes which neighbourhood elements in the ZEN pilot areas should be included in the system boundary. This may vary for each category (e.g. GHG emissions, energy, power/load, mobility, economy, spatial qualities and innovation) identified in the ZEN definition. For example, the 'energy-boundary' for the electric or thermal grid is not necessarily the same as the geographical area of buildings and other infrastructure. More details on the scope of the neighbourhood assessment boundary can be found in [9] under the GHG emissions, energy, power/load, mobility, economy and spatial qualities chapters.

**LCA system boundary:** (relevant for the emissions category) is more commonly referred to as just 'system boundaries', and is used in life cycle assessment (LCA) methodology. It defines what is included and excluded in the assessment, and also describes the scope of the assessment (adapted from the definition in EN 15643 [23]). The system boundary for the life cycle phases can be defined in accordance with the life cycle modularity principle in NS-EN 15978 and NS 3720 (see Appendix A), whilst the physical system boundary can be defined according to NS 3451 [24-26]. In the ZEN research centre, the whole life cycle shall be reported from extraction of raw materials, production, transport, installation, use, maintenance, repair, replacement, energy during operation, water during operation, transport during operation, deconstruction, waste treatment, reuse, recovery and end use of waste in a circular economy.

More details on these terms are discussed in the 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9]. The translation of some of the main terminology used in the ZEN definition report from English to Norwegian are presented in Appendix B.

## 4 ZEN assessment criteria and key performance indicators

The set of assessment criteria and key performance indicators (KPIs) shown in Table 1, have been developed based on previous projects and existing assessment frameworks (such as the ZEB research centre, PI-SEC, SCC, PEB, BREEAM communities and CITYkeys) as well as input from ZEN researchers and partners through numerous discussions and workshops. The criteria and KPIs were identified and defined by experts for each category. The criteria and KPIs utilise existing policies, frameworks, standards and references that professionals within each of those fields are already familiar with. The criteria and KPIs will be used to track, understand and validate the progress and performance of the ZEN pilot areas, and may also be used outside of the ZEN research centre to quantify and qualify the performance of other neighbourhoods. The criteria and KPIs are grouped into seven categories, namely GHG emissions, energy, power/load, mobility, economy, spatial qualities and innovation. Each category has 1-3 assessment criteria and for each of those a set of KPIs. Not all KPIs can be measured during all project phases (planning phase, brief and preparation phase, early design phase, detailed design phase, as built phase and operational phase (annually)), therefore Table 1 includes an overview showing which project phases the criteria and KPIs are valid for.

Through the various ZEN workshops, the ZEN partners have highlighted the importance of clearly defining system boundaries, and have identified a need for a 'building assessment boundary' and a 'neighbourhood assessment boundary'. These boundaries can be used across the various ZEN definition categories that assess criteria and KPIs, and may vary according to the needs and requirements of each category. As a result, for each criteria and KPI information is given as to whether the criteria and KPI is valid at the building assessment boundary level (B), neighborhood assessment boundary level (N) or both (BN). This concept is further explained under section 3.2 of this report, and in the 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9].

In this ZEN definition report, the criteria and KPIs are shown in Table 1. Additional criteria and KPIs still being considered are presented in Appendix C. The criteria and KPIs presented in Table 1 are mandatory and shall be evaluated wherever possible, whilst the additional criteria and KPIs presented in Appendix C are optional. More details on how to measure the criteria and KPIs in terms of the ZEN pilot areas is presented in the 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9].

Table 1: ZEN assessment criteria and Key Performance Indicators (KPIs)

Category	Assessment criteria and KPIs	Unit	Building (B), neighbourhood (N) or both (BN) levels	Standards & References	Planning phases	Brief and preparation	Early design phase	Detailed design phase	As built phase	Operational phase
<b>GHG emissions</b>	Total GHG emissions	tCO <sub>2eq</sub>	BN	NS-EN 15978 [24], NS 3720 [25], NS 3457-3 [27], NS 3451 [26]						
		kgCO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup> heated floor area (BRA)/yr	B		x	x	x	x	x	x
	kgCO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup> outdoor space (BAU)/yr	N								
	kgCO <sub>2eq</sub> /capita <sup>1</sup>	BN								
	GHG emission reduction	% reduction compared to a base case	BN		x	x	x	x	x	x
<b>Energy</b>	Energy efficiency in buildings: - Net energy need - Gross energy need - Total energy need	kWh/m <sup>2</sup> heated floor area (BRA)/yr	B	SN/TS 3031 [28], ISO 52000 [29]	x	x	x	x	x	x

<sup>1</sup> Capita will be defined in subsequent versions of the ZEN definition.

Category	Assessment criteria and KPIs	Unit	Building (B), neighbourhood (N) or both (BN) levels	Standards & References	Planning phases	Brief and preparation	Early design phase	Detailed design phase	As built phase	Operational phase
	Per energy carrier: - Energy use - Energy generation - Delivered energy - Exported energy - Self consumption - Self generation - Colour coded carpet plot	kWh/yr kWh/yr kWh/yr kWh/yr % % kWh/yr	BN	SN/TS 3031 [28], ISO 52000 [29], IEA EBC Annex 52 [30], ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x
<b>Power/load</b>	Power/load performance: - Yearly net load profile - Net load duration curve - Peak load - Peak export - Utilisation factor	kW kW kW kW %	BN	Engineering praxis, ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x
	Power/load Flexibility*: - Daily net load profile	kW	BN	IEA EBC Annex 67 [31], ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x



Category	Assessment criteria and KPIs	Unit	Building (B), neighbourhood (N) or both (BN) levels	Standards & References	Planning phases	Brief and preparation	Early design phase	Detailed design phase	As built phase	Operational phase	
<b>Mobility</b>	Mode of transport	% share	N	NS-EN 16258 [32], NS 3720 [25], CityKEYS 3.2.3 [8]	x			x		X	
	Access to public transport	Meters Frequency	N	BREEAM Communities TM01, TM04, TM06 [7]	x			x		X	
<b>Economy</b>	Life cycle cost (LCC)	NOK	BN	NS 3451 [26], NS 3454 [33], NS-EN 16627 [34], ISO 15686-5 [35], Norsk prisbok [36]							
		NOK/m <sup>2</sup> heated floor area (BRA)/yr	B								
		NOK/m <sup>2</sup> outdoor space (BAU)/yr	N					x	x	x	x
		NOK/capita <sup>1</sup>	BN								
<b>Spatial Qualities</b>	Demographic needs and consultation plan	qualitative	BN	BREEAM Communities GO01, SE02 [7]	x	x	x	x	x	X	

Category	Assessment criteria and KPIs	Unit	Building (B), neighbourhood (N) or both (BN) levels	Standards & References	Planning phases	Brief and preparation	Early design phase	Detailed design phase	As built phase	Operational phase
	Delivery and proximity to amenities	No. of amenities Meters (distance from buildings)	N	BREEAM Communities SE06 [7],	x	x	x	x	x	x
	Public Space	qualitative	N	Public-life Analysis Oslo	x	x	x	x	x	x
<b>Innovation**</b>										

\*Additional KPIs for power/load flexibility will be decided in autumn 2018.

\*\*The KPIs and/or criteria for the Innovation category can be measured qualitatively and quantitatively. This will be finally decided upon during 2018.

When assessing criteria and KPIs, a multi-criteria analysis approach will be used, due to the multiple dimensions involved in the ZEN definition. This allows for different dimensions to be evaluated alongside each other simultaneously.

As with any set of assessment criteria and KPIs, users should evaluate the proposed indicators against data availability and reliability, alignment with existing monitoring and evaluation methods (both in Norway and in Europe), relevance to existing city-wide strategic goals, and applicability to project scale (i.e. building, block, district, or city scale). Such adaptations for pilot areas shall be harmonised with the ZEN definition, metrics, data management and monitoring working group in WP1, and the ZEN pilot area partners in WP6. Visualisation of the results will be investigated in first versions of the data management [18] and data visualisation reports, developed further in subsequent versions of these reports, and tie back to subsequent versions of the ZEN definition report. More details on how to use the criteria and KPIs can be found in [9], whilst further details on the monitoring and tracking of the KPIs and criteria can be found in [18].

#### 4.1 GHG emissions

The primary goal of the ZEN research centre is for a zero emission neighbourhood to reduce its direct and indirect **GHG emissions towards zero** over the analysis period, in line with a chosen ambition level with respect to which life cycle modules and building and infrastructure elements to include. To achieve this, the neighbourhood must plan, design and operate buildings and their associated infrastructure components towards minimized life cycle GHG emissions from the whole life cycle; from extraction of raw materials, production, transport, installation, use, maintenance, repair, replacement, energy during operation, water during operation, transport during operation, deconstruction, waste treatment, reuse, recovery and end use of waste in a circular economy.

During the ZEN workshops, the top down approach used in the Global Protocol for Community-Scale GHG Emission Inventories report [37] was suggested for use, but deemed unsuitable during the planning and design phases of a neighbourhood, as the top down approach does not follow the modular life cycle approach and has been developed for cities (not neighbourhoods) which are already operational. Additionally, it is difficult to separate out direct and indirect emissions from different emission factor sources (e.g. environmental product declarations) to follow the scope 1, 2 and 3 system boundaries suggested in [37].

Therefore, KPIs in the GHG emissions category build upon pre-existing standards and methodologies used in the building and construction industry, such as NS 3720 A methodology for GHG emission calculations for buildings, EN 15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method and NS 3451 Table of building elements [24-26]. Here, it is important to note that the ZEN LCA methodology includes life cycle module B8 from NS3720 on transport in use, as well as person transport throughout the whole life cycle e.g. includes transport of construction workers to and from the construction site during the construction phase. These standards and methodologies will be adopted and expanded for use at both the building and neighbourhood level through future ZEN definition, ZEN guideline [9] and ZEN LCA reports [15, 16]. The KPIs for the GHG emission category consist of 'total GHG emissions' and 'GHG emission reduction'.

### Total GHG emissions

This KPI is calculated according to both the building assessment boundary and neighbourhood assessment boundary, and will use the life cycle modularity principle in NS 3720 A methodology for GHG emission calculations for buildings [25], EN15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method [24] and NS 3451 Table of Building Elements [26] as starting points. Total GHG emissions will be measured in terms of tonnes of carbon dioxide equivalents ( $tCO_{2eq}$ ) for the neighbourhood, energy systems, other infrastructure, buildings, components and materials. The buildings within a neighbourhood will be divided according to NS 3457-3: 2013 Classification of construction works - Part 3: Building types, which covers building categories, such as apartment buildings, schools and nursing homes [27]. In addition, a key performance indicator of '1m<sup>2</sup> outdoor space (bolig/annet uteoppholdsareal (BAU)) per year' over a neighbourhood's reference study period of 100 years ( $kgCO_{2eq}/m^2/yr$ ) will be used at the neighbourhood level, and a key performance indicator of '1m<sup>2</sup> heated floor area (BRA) per year' over a building's reference study period of 60 years ( $kgCO_{2eq}/m^2/yr$ ) will be used at the building level for comparing pilot projects. A key performance indicator of total GHG emissions per building and/or neighbourhood user will also be developed ( $tCO_{2eq}/capita$ ) in subsequent versions of the ZEN definition report.

A life cycle matrix for reporting total GHG emissions can be found in the 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9]. This also includes the time perspectives of GHG emissions. GHG emission factors (e.g. emission factors for different energy carriers) will be developed during the ZEN research centre [17].

### GHG emission reduction

This KPI is calculated according to both the building assessment boundary and neighbourhood assessment boundary, and will use the life cycle modularity principle in NS 3720 A methodology for GHG emission calculations for buildings [25], EN15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method [24] and NS 3451 Table of Building Elements [26] as a starting point. GHG emission reduction will be measured in terms of a percentage reduction compared to a project specific base case (or reference project). More information on the development of project specific base cases can be found in [9]. This KPI will connect the tracking and reporting of total GHG emissions during the various project phases (planning phase, brief and preparation phase, early design phase, detailed design phase, as built phase and operational phase (annually)) to the goal of the ZEN definition (a zero emission neighbourhood aims to reduce its direct and indirect GHG emissions towards zero over the analysis period, in line with a chosen ambition level with respect to which life cycle modules to include) by showing the reductions in GHG emissions compared to reference values.

## **4.2 Energy**

The first goal for a zero emission neighbourhood is to become highly **energy efficient**. The most environmental friendly energy is the energy not used. Thus, reducing energy demand should always be the first priority in the transition towards a **decarbonised energy system**, as recognised in the Energy Union's political priorities and the Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) key actions [38, 39].

A zero emission neighbourhood shall be powered by smart, **renewable energy** sources. This means that design and operation of a ZEN pilot area is focused on using renewables in synergy with the surrounding energy system. To achieve this, there will be a focus on energy storage, power/load management, digitalisation, smart grids and system optimisation.

The KPIs in the energy category refer solely to the energy flows in the operational phase, and thus exclude embodied energy. This is because embodied energy is already covered indirectly by the GHG emission category. However, the operational energy flows will be modelled and/or estimated in all project phases. During the operational phase the KPIs should be evaluated directly from measurement, as far as possible. During the planning and design phases the KPIs should be estimated, e.g. by means of simulations. All of these KPIs are calculated with an hourly resolution and are presented as annual totals, supplemented by graphical information, such as monthly profiles and color coded carpet plots. The KPIs for the energy category consist of 'energy efficiency in buildings' and 'energy carriers'.

#### Energy efficiency in buildings

Key performance indicators are calculated according to the *building assessment boundary*, which must be harmonised between ISO 52000 and NS 3031 [28, 29]. This typically includes building energy need for: heating, cooling, ventilation, domestic hot water, de-/humidification, lighting, and may include plug loads. The buildings are divided according to NS 3457-3 Classification of construction works - Part 3: Building types, which covers building categories, such as apartment buildings, schools and nursing homes [27]. Local energy generation is not considered.

#### Energy carriers

Key performance indicators are calculated according to the *neighbourhood assessment boundary*, which will be specified in later editions of the ZEN definition report. This is typically an expansion of the building assessment boundary, and includes energy use for: people transport inside buildings (e.g. elevators, escalators), dataservers, refrigeration and other industrial processes inside buildings, outdoor lighting, snow melting, and – most notably – the charging of electric vehicles, whether inside or outside of buildings. In other words, the neighborhood assessment boundary includes, in principle, all energy use in the neighborhood. The energy use is divided according to delivered energy and energy need, as defined in ISO 52000 and NS 3031 [28, 29]. Local energy generation is also considered.

### **4.3 Power / load**

A zero emission neighbourhood manages (the energy flows within and between buildings) and exchanges with the surrounding energy system in a **flexible** way, responding to signals from smart energy grids, and facilitates the transition towards a **decarbonised energy system**. Therefore, the ZEN definition shall have a strong focus on power flows, and especially on power peaks. This category is based on important feedback from ZEN partners during the ZEN definition and energy workshops that took place in 2017.

The KPIs in this category refer solely to the energy flows in the operational phase. However, the operational energy flows will be modelled and/or estimated in multiple project phases. During the operational phase the KPIs should be evaluated directly from measurement, as far as possible. During

the planning and design phases the KPIs should be estimated, e.g. by means of simulations. All KPIs are calculated with an hourly or sub-hourly resolution (i.e. 15 min or 1 min) and are supplemented by graphical information, such as load duration curves and typical daily profiles. The KPIs for the power category consist of 'power performance' and 'power flexibility'.

#### Power / load performance

Key performance indicators are calculated according to the *neighbourhood assessment boundary* (see above) and include yearly net load profile, net load duration curve, peak load, peak export and utilization factor.

#### Power / load flexibility

Key performance indicators may be calculated according to different assessment boundaries, e.g. at the neighborhood level, for a single building or a single component. This is mainly because power/load flexibility indicators are not yet established, and so it is not possible to define a proper boundary *a priori*. These KPI will be developed in subsequent versions of the ZEN definition report and include power management with surrounding energy systems. The KPI for the power /load flexibility category is 'daily net load profile'.

Since the coordination of energy flows with smart grids (both electric and thermal) occur at an hourly or sub-hourly level, the focus is on the optimisation of the net load profiles on typical days, distinguishing between seasons (e.g. winter, summer) and weekdays (e.g. weekday, weekend).

Additional key performance indicators for 'power /load flexibility' will be tested and eventually included in the ZEN definition, as they emerge either from in-house development during the ZEN research centre or from external sources, such as the ongoing work from the IEA EBC Annex 67 on 'energy flexible buildings' [31].

## **4.4 Mobility**

When selecting the KPIs and criteria for the mobility category, there was a strong wish from the ZEN partners to use criteria from BREEAM Communities [7] and other relevant national studies [40] that best represent the goal of the zero emission neighbourhood. To achieve this goal, the neighbourhood should promote **sustainable transport** patterns through the overall design of the neighbourhood and implementation of sustainable smart mobility systems both locally and regionally. This can be achieved through good spatial planning and logistics.

Sustainable transport patterns are achieved through the overall design of the neighbourhood and integrated traffic planning measures, which will be supported by smart mobility systems. These aim to reduce the environmental footprint of transport in the neighbourhood and improve the quality of life for its users. In addition, smart mobility systems help reduce journey times, pollution and congestion, promote and encourage healthier and more sustainable travel choices, as well as increase the traffic network capacity and decrease the number of accidents [41]. Therefore, KPIs in the mobility category assess 'mode of transport' and 'access to public transport'.

### Mode of transport

This KPI will be assessed at the neighbourhood level, and does not include transport within buildings (e.g. lifts and escalators). The aim of the mode of transport KPI is to describe the percentage share of 'green' transport modes available in the ZEN pilot area, and the number of trips made by different modes of transport, including, but not limited to walking, cycling, bus, car, tram, metro, train and boat. Here, it is important to include the fuel types for vehicles (e.g. diesel, petrol, HVO biodiesel, electric and hydrogen) as well as the user ratio per mode of transport to identify transport sharing (e.g. bike sharing, car sharing and percentage share by public transport). The Norwegian travel survey (*reisevaneundersøkelse (RVU)* in Norwegian) is an initial source of information for annual data that needs to be assessed and adapted to the pilots.

### Access to public transport

This KPI will be assessed at the neighbourhood level, and does not include transport within buildings (e.g. lifts and escalators). The aim of the access to public transport KPI is to ensure the availability of frequent and convenient public transport, as a low-carbon choice, within the ZEN pilot area. The KPI will assess links to existing and planned public transport nodes (such as train, bus, tram or metro) as well as links to local city centres. The distance from a building within the ZEN pilot area to the nearest transport node, as well as the frequency of transport at peak and off-peak times in urban and rural areas, as given in BREEAM Communities technical manual, can be used as a reference [7].

## **4.5 Economy**

The ZEN researchers and partners expressed an interest in harmonising pre-existing life cycle costing methodology [26, 33-35] with the ZEN GHG emission methodology and physical system boundaries outlined in the emission category. This will save on time and effort, as much of the same life cycle inventory data can be reused in both instances. Thus, life cycle costs are considered as economic performance indicators in the **economy** category.

### Life cycle costs (LCC)

LCC include investment or capital costs, annual costs (such as management, operation, maintenance, replacement, development, consumption and cleaning costs) and demolishment costs. This KPI will be assessed at both the building and neighbourhood level.

## **4.6 Spatial Qualities**

When selecting the criteria for the spatial qualities category, there was a strong wish among partners working in this area to use criteria from BREEAM Communities [7]. When considering the ZEN definition, efforts have been made to select criteria from BREEAM Communities that best represent the aim of the ZEN research centre. In the **spatial qualities** category, only indicators relating to quality of public space are taken into account [7]. This is because each ZEN pilot area has other, additional requirements from planning authorities regarding the planning and design of spatial qualities. This is due to differences between the ZEN pilot areas in terms of their size, function and location. The expert group have therefore tried to identify mandatory criteria and assessment aspects which are appropriate for all ZEN pilot areas.

Spatial qualities cover open and public spaces such as street networks, parks, waterfronts and squares; as well as their interconnections. The spatial qualities category covers different features of the built

environment that can directly or indirectly affect the appeal of a neighbourhood. It is important to pay attention to the different qualities of urban space, since it affects whether people living and working in the neighbourhood are willing and motivated to stay and use the neighbourhood to allow for sustainable low-carbon behaviour. In a worst-case scenario, users need to satisfy their needs elsewhere, outside of their own neighbourhood for all services. This would lead to increased travel needs, which would in turn lead to higher GHG emissions. Essentially, the core of city planning is to create resilient neighbourhoods for citizens to live, work and play in; whereby urban planners typically have a regulatory framework to ensure criteria for good urban planning.

The spatial qualities category consists of three assessment criteria and KPIs, namely; demographic needs and consultation plan, delivery and proximity to amenities, and public space. These three criteria and KPIs ensure the delivery of appropriate amenities based on user demand, and facilitates for sustainable mobility patterns within the neighbourhood, which will help reduce emissions through reducing transport needs.

#### Demographic needs and consultation plan

The demographic needs and consultation plan criterion is assessed according to the neighbourhood assessment boundary. This criterion is measured qualitatively, whereby the consultation plan ensures that crucial stakeholders for the neighbourhood development are identified and consulted.

#### Delivery and proximity to amenities

The delivery and proximity to amenities criterion is assessed according to the neighbourhood assessment boundary. This criterion is measured in terms of the number of amenities in proximity to the ZEN pilot area, and the distance (in meters) from buildings in the ZEN pilot area. The delivery and proximity to amenities criterion can be ascertained through the results of the previous criterion, demographic needs and consultation plan. This ensures that the desired amenities are provided within walking distance for the users of the neighbourhood.

#### Public space

The public space criterion is assessed according to the neighbourhood assessment boundary. This criterion is measured qualitatively, whereby the implementation of public space supports the use of nearby amenities by providing an appropriate open space and encourages sustainable mobility behaviour by focusing on walkability.

### **4.7 Innovation**

Innovation is a critical success criteria to ZEN and an innovation strategy is contributing to the achievement of ZEN objectives to design, build, transform and administer sustainable neighbourhoods. The innovation activities in ZEN reflect the needs of the partners of new knowledge, new business opportunities, new networks and ability to deliver new solutions in the market in order to realize the vision of zero emission neighbourhoods.



Innovations are registered with the following information:

- a. Type of innovation (according to how ZEN define innovation)
- b. Short description of the area of usage.
- c. Market potential: What area of application has the innovation (local, national, international).  
New or existing market? Who is the customer and the main competitors?
- d. Climate effect: Energy (production or saving), emissions and peak load.
- e. Status and next step. Contact a Technology Transfer Organisation (TTO)?
- f. Is information about the innovation ready to be published/reported?

Innovations are registered along the Technology Readiness Level (TRL)-scale. Assessment criteria and KPIs for the innovation category will be further developed and decided upon during 2018.

## 5 Limitations and further work

There are some limitations to the ZEN definition report. It should be noted that this first version of the ZEN definition report does not consider the following:

- *Other environmental indicators than GHG emissions:* This is because there is a larger degree of uncertainty with other environmental indicators; other environmental indicators tend to be proportional to GHG emissions; it is easier to communicate environmental impacts to stakeholders in terms of GHG emissions since these are most frequently used and understood by the industry; it would be extremely time consuming to complete a detailed life cycle assessment at the neighbourhood level for all environmental indicators; and there may not be enough life cycle inventory data available for all environmental indicators.
- *Land use change effects:* Methods for assessing the land use change effects are not currently included in the assessment methodology. However, carbon sinks will be accounted for in the GHG emission calculation methodology for the ZEN research centre through, for example, the inclusion of biogenic carbon, carbonation of concrete, carbon sinks from green walls and roofs, and the planting of trees and plants in gardens and parks.
- *Building quality:* This is because building quality should be considered in all building projects as a minimum standard (e.g. law on planning and building regulations (Plan- og bygningsloven (PBL)) and Norwegian building requirements (Byggteknisk forskrift (TEK17)), and is not a prerequisite for zero emission neighbourhoods. If the ZEN definition is not limited to Norwegian planning and building codes then the ZEN definition can also be applied internationally. The focus of the ZEN research centre shall move away from the focus of the ZEB research centre, and have a greater focus on neighbourhoods, energy systems and other infrastructure. However, aspects such as indoor climate and fire safety are considered together with zero emission strategies in the design, planning, construction and operation of the ZEN pilot areas, in several ZEN work packages, whereby focus is given to holistic planning.
- *The ZEB research centre's emission compensation approach:* The method and experiences from the Norwegian ZEB research centre described in chapter 2.1 of this report are an important development for the field of GHG emission calculations of buildings in Norway. Lessons learnt from the Norwegian ZEB research centre on methodological choices have been incorporated into NS3720 Method for GHG calculations for buildings, and lessons learnt on GHG emission reduction measures (such as material reduction, reuse and recycling) will be transferred to the ZEN research centre. In the ZEN Centre, further work is carried out to clarify what should be the recommended minimum ambition level for ZEN pilot projects and how to calculate CO<sub>2</sub> emission gains from local renewable energy production.
- *Universal design and climate change adaptation:* This is because universal design and climate change adaptation strategies should be considered for all neighbourhood development projects as a minimum standard (e.g. law on planning and building regulations (Plan- og bygningsloven (PBL)) and Norwegian building requirements (Byggteknisk forskrift (TEK17)), and are not prerequisites for zero emission neighbourhoods. If the ZEN definition is not limited to Norwegian planning and building codes then the ZEN definition can also be applied internationally. However, these aspects are considered together with zero emission strategies in the design, planning, construction and operation of the ZEN pilot areas, in several ZEN work packages, whereby focus is given to holistic planning.

The first version of the ZEN definition report has highlighted considerable scope for further work.

Therefore, during the ZEN research centre, the following aspects will be resolved:

- In 2018/2019, KPIs and criteria for the Innovation category will be further developed.
- Baseline reference values (and reference projects / base cases) for the KPIs and criteria will be developed in 2018/2019 to facilitate comparison between the ZEN pilot areas.

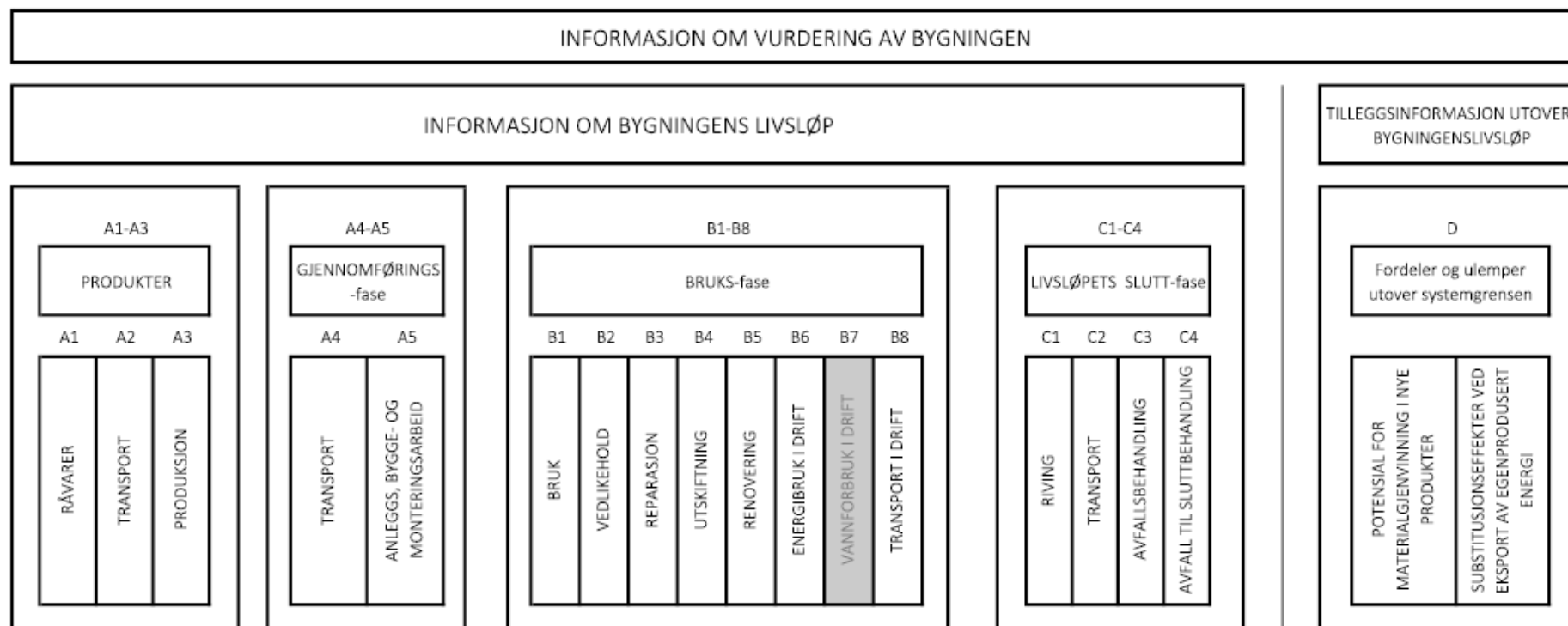
- The ZEN definition working group will check with the ZEN pilot areas which indicators they already use, and discuss whether to include these in the ZEN definition and multi-criteria indicator system if not already covered. This work will be harmonised with future editions of the ZEN guideline for the ZEN pilot areas report.
- A semi-automatic monitoring and evaluation system to systematically measure qualitative and quantitative data collected during the project period will be designed in collaboration with the work on the ZEN definition and ZEN guidelines.
- A process to finetune and adapt the ZEN definition and management of key performance indicators will be set up. The ZEN definition will be updated according to lessons learnt.
- A methodology for multicriteria analysis approach for evaluating, measuring and reporting criteria and KPI results will be established.
- The interconnection of criteria and KPI results between the ZEN definition categories will be investigated, and possible weighting of KPI and criteria results will be assessed.
- The recommended minimum requirements and ZEN ambition levels will be set.
- A definition for 'capita' (or users of the ZEN pilot area) will be developed.
- GHG emission factors will be investigated and developed (e.g. specific emission factors for different energy carriers).

## References

1. ZEN, F. *FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities*. 2016 10.05.2017]; Available from: <https://www.ntnu.no/zen> and <http://fmezen.com/>.
2. ZEB. *The Research Centre on Zero Emission Buildings*. 2016 01.07.2016]; Available from: <http://www.zeb.no/>.
3. Walnum, H.T., K. Sørnes, M. Mysen, Å.L. Sørensen, and A.-J. Almås, *Preliminary toolkit for goals and KPIs*, in *PI-SEC Planning Instruments for Smart Energy Communities*. 2017: Oslo.
4. European Commission. *Smart Cities & Communities*. 2017 07.12.2017]; Available from: <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/smart-cities-communities>.
5. RemoUrban. *Smartcities Network*. 07.12.2017]; Available from: <http://www.remourban.eu/smartcities-network/title.kl>.
6. European Commission, *Horizon 2020 Work Programme 2018-2020. 10. Secure, clean and efficient energy*. 2017.
7. BREEAM, *BREEAM Communities Technical Manual SD202-01.2012*. BRE Global Limited. 2012.
8. Bosch, P., S. Jongeneel, V. Rovers, H.-M. Neumann, M. Airaksinen, and A. Huovila, *CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities*, in *CITYkeys report*. 2017.
9. Wiik, M.K., D. Bær, S.M. Fufa, I. Andresen, I. Sartori, T. Uusinoka, and B.F. Nielsen, *A ZEN Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 1.0. FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities*. 2018 forthcoming,.
10. Kristjansdottir, T., H. Fjeldheim, E. Selvig, B. Risholt, B. Time, L. Georges, . . . Z. Cervenka, *A Norwegian ZEB Definition: Embodied Emissions*. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). 2014, Oslo: ZEB Project Report (17) SINTEF Academic Press
11. Fufa, S.M., R. Dahl Schlanbusch, Kari Sørnes, M. Inman, and I. Andresen, *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). 2016, Oslo: ZEB Project Report (29) SINTEF Academic Press.
12. Schlanbusch, R.D. and I.L. Segtnan, *bks 473.010. Nullutslippsbygninger (ZEB) Retningslinjer og beregningsmetoder*, in *Byggforskserien*, SINTEF, Editor. forthcoming, SINTEF: Oslo. p. 9.
13. Wiik, M.K., S.M. Fufa, T. Kristjansdottir, and I. Andresen, *Lessons learnt from embodied GHG emission calculations in zero emission buildings (ZEBs) from the Norwegian ZEB research centre*. Energy and Buildings, 2018. **165**: p. 25-34.
14. SCIS. *EU Smart Cities Information System*. 2017 07.12.2017]; Available from: <http://smartcities-infosystem.eu/>.
15. Brattebø, H., C. Skaar, and C. Lausset, *ZEN LCA report*, in *The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities*. 2017: Oslo.
16. Brattebø, H., C. Skaar, and C. Lausset, *ZEN LCA guideline*, in *The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities*. 2017: Oslo.
17. Wolfgang, O., *European power market analyses to be carried out within FME ZEN 2017*
18. Ahlers, D. and J. Krogstie, *ZEN Data Management and Monitoring: Requirements and Architecture*, in *The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities*. 2017: Oslo.
19. Strasser, H., J. Kimman, A. Koch, O.M. am Tinkhof, D. Müller, J. Schiefelbein, and C. Slotterback, *IEA EBC Annex 63—Implementation of Energy Strategies in Communities*. Energy and Buildings, 2017.
20. ISO 37100:2016, *Sustainable cities and communities -- Vocabulary*. 2016, International Organization for Standardization.
21. United Nations General Assembly. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/70/L.1 2015 12.03.2018]; Available from: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E).
22. IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; , T.F. Stocker, et al., Editors. 2013.

23. NS-EN 15643-1:2010, *Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework*. 2010, Standard Norge.
24. NS-EN 15978, *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode / Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method* 2011, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
25. NS 3720, *Metode for klimagassberegninger for bygninger / Method for greenhouse gas calculations for buildings*. 2018, Standard Norge.
26. NS 3451: 2009, *Bygningsdelstabell / Table of Building Elements*. 2009, Standard Norge: Oslo, Norway.
27. NS 3457-3: 2013, *Klassifikasjon av byggverk – Del 3 Bygningstyper*. 2013 Standard Norge: Oslo.
28. SN/TS 3031, *Bygningers energiytelse - Beregning av energibehov og energiforsyning / Energy performance of buildings - Calculation of energy needs and energy supply* 2016, Standards Norway, Oslo, Norway.
29. ISO 52000-1:2017, *Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment -- Part 1: General framework and procedures*. 2017, International Organization for Standardization.
30. IEA EBC. *IEA Solar Heating and Cooling (Task 40). EBC Annex 52 Towards Net Zero Energy Solar Buildings*. 2014 04.12.2017]; Available from: <http://www.iea-ebc.org/projects/completed-projects/ebc-annex-52/>.
31. IEA EBC. *EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings*. 2014 04.12.2017]; Available from: <http://www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-67/> <http://www.annex67.org/>.
32. NS-EN 16258, *Metode for beregning av og deklarerer av energiforbruk og klimagassutslipp for transporttjenester (vare- og persontransport) / Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers)*. 2012, Standard Norge, Oslo, Norway.
33. NS 3454, *Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifikasjon / Life cycle costs for construction works - Principles and classification* 2013, Standard Norge, Oslo, Norway.
34. NS-EN 16627, *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers økonomiske prestasjon - Beregningsmetoder / Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation methods*. 2015, Standard Norge, Oslo, Norway.
35. ISO 15686-5: 2017, *Building and construction assets - service life planning. Part 5: Life-cycle costing*. 2017, International Standard Organisation: Switzerland. p. 44.
36. Norconsult Informasjonssystemer AS and Bygganalyse AS, *Norsk prisbok*. 2017, Sandvika: Norconsult Informasjonssystemer AS.
37. Fong, W.K., M. Sotos, M. Doust, S. Schultz, A. Marques, and C. Deng-Beck. *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities*. 2014.
38. European Commission. *Energy union and climate. Making energy more secure, affordable and sustainable*. 2017 07.12.2017]; Available from: [https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate\\_en](https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en).
39. SETIS. *Strategic Energy Technologies Information System*. 2017 07.12.2017]; Available from: <https://setis.ec.europa.eu/>.
40. Vibeke Nenseth, Petter Christiansen, and May Hald, *Sustainable urban mobility indicators - relationships and comparisons. Report nr 1210/2012. ISBN 978-82-480-1351-8*. 2012, Institute of Transport Economics (TØI).
41. Benevolo, C., R. Dameri, and B. D'Auria, *Smart Mobility in Smart City. Action taxonomy, ICT intensity and public benefits*. Vol. 11. 2016. 13-28.
42. NS-EN 15251:2007 + NA:2014, *Inneklimaparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*. 2007, Standard Norge: Oslo.

## APPENDIX A: Life cycle modules in accordance with NS 3720



## APPENDIX B: Translation of some of the main terminology used in the ZEN definition report from English to Norwegian

zero emission neighbourhood – nullutslippsområde

key performance indicator – nøkkelindikator

assessment criteria - vurderingskriteria

category – kategori

GHG emissions – klimagassutslipp

energy – energi

power - effekt

mobility – mobilitet

economy – økonomi

spatial qualities – stedskvaliteter

innovation – innovasjon

reference project – referanseprosjekt

phase of development – utbyggingstrinn

project phases - prosjektfaser

planning phases – planleggingsfaser

brief and preparation phase - programmering

early design phase – skisseprosjekt/forprosjekt

detailed design phase – detaljprosjektering/bygging

as built phase – som bygget/overtakelse

operational phase (annually) – driftsfase (årlig)

## APPENDIX C: Additional assessment criteria and KPI

Category	KPI and assessment criteria	Unit	Building (B), neighbourhood (N) or both (BN) levels	Standards & References	Planning phases	Brief and preparation	Early design phase	Detailed design phase	As built phase	Operational phase
Power	Power reduction	kW %	BN	Engineering praxis, ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x
Spatial qualities	Design review	N/A		BREEAM Communities [7] GO03	x	x	x	x	x	x
	Community management of facilities			BREEAM Communities [7] GO04	x	x	x	x	x	x
	Local vernacular	Qualitative		BREEAM Communities [7] SE14	x	x	x	x	x	x
	Indoor climate		B	NS-EN 15251:2007 + NA:2014 [42]			x	x	x	x
Innovation*										

\*The additional KPIs/criteria being considered for the Innovation category will be supplied in 2018.



## Sammendrag

Denne rapporten beskriver definisjonen, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier som benyttes i forskningssenteret for nullutslippsområde i smarte byer (ZEN-senteret). Dette er den første utgaven og inkluderer innspill og bidrag fra ZEN-partnerne. Til sammen har omkring femti eksperter fra ZEN-senteret bidratt til dette dokumentet. Rapporten foreligger både på engelsk og norsk.

### ZEN Definisjon

Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN) definerer et "område" som en samling bygninger med tilhørende infrastruktur <sup>1)</sup>, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område <sup>2)</sup>. Et **nullutslippsområde** har som målsetning å redusere sine direkte og indirekte **utslipp av klimagassutslipp** mot null innenfor sin analyseperiode <sup>3)</sup>, i tråd med et **valgt ambisjonsnivå** med hensyn til hvilke livsløpsmoduler og bygnings- og infrastrukturelementer som inkluderes <sup>4)</sup>. Området bør ha fokus på følgende, der de fire første punktene har direkte konsekvens for energi og utslipp:

- h. Planlegging, design og drift av bygninger og deres tilhørende infrastruktur komponenter med sikte på **null klimagassutslipp** over livsløpet.
- i. Oppnåelse av høy **energieffektivitet** og en høy andel av **ny fornybar energi** i områdets forsyningsystem for energi.
- j. Smart styring av energiflyten i området (i bygg og mellom bygg) og av utvekslinger med det omkringliggende energisystemet, som sikrer **fleksibilitet** <sup>5)</sup>.
- k. Fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetssystemer.
- l. Planlegging, design og drift med hensyn på **økonomisk bærekraft**, ved minimerte levetidskostnader.
- m. Arealplanlegging sikrer gode **stedskvaliteter** og stimulerer bærekraftig atferd.
- n. Utviklingen av området er preget av innovative prosesser som benytter nye former av samarbeid mellom de involverte aktører som fører til **innovative løsninger**.

<sup>1)</sup> Bygninger kan være av ulike typer, f.eks. nye, eksisterende, energioppgraderte eller en kombinasjon. Infrastruktur inkluderer nettverk og teknologier for utveksling, produksjon og lagring av elektrisitet og varme. Infrastruktur kan eventuelt også inkludere nettverk og teknologier for vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT.

<sup>2)</sup> Området har en definert fysisk grense til eksterne nettverk (elektrisitet og varme, og hvis inkludert, vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT). Systemgrensen for vurdering av energianlegg som betjener området er derimot ikke nødvendigvis lik den geografiske områdeavgrensningen.

<sup>3)</sup> Analyseperioden er normalt 60 år, der det antas 60 år levetid for bygning og 100 år for infrastruktur, samt relevant levetid for komponenter som skiftes ut.

<sup>4)</sup> Standarden NS-EN 15978 "Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøprestasjon – Beregningsmetode" og den foreslåtte nye standarden NS 3720 "Metode for klimagassberegninger for bygninger", definerer et sett av livsløpsmoduler; produkter (A1-A3), gjennomføringsfase (A4-A5), bruksfase (B1-B7 i NS-EN 15978 og B1-B8 i NS 3720), livsløpets slutfase (C1-C4), og fordeler og ulemper utover systemgrensen (D). NS 3451 "Bygningsdelstabell" fastlegger inndeling i bygnings- og installasjonsdeler for systematisering, klassifisering og koding av informasjon som omfatter de fysiske delene av bygningen og de tilhørende utvendige anlegg. Et gitt ZEN-prosjekt bør ha et definert ambisjonsnivå med hensyn til hvilke av disse livsløpsmodulene som inkluderes, og hvilke infrastrukturelementer som inkluderes. Det er opp til eieren av et ZEN-prosjekt å beslutte slikt ambisjonsnivå, men dette bør være entydig definert i henhold til modulprinsippet i NS-EN 15978 og NS 3720. I FME-ZEN senteret arbeides det videre med avklaringer om hva som bør være anbefalt minimumsambisjonsnivå for ZEN pilotprosjekter. Det arbeides også videre med å avklare hvordan beregne CO<sub>2</sub>-utslippsgevinster av lokal fornybar energiproduksjon, og FME-ZEN binder seg per i dag ikke til metodikken for utslippsberegninger i NS-EN 15978 og NS 3720.

<sup>5)</sup> Fleksibilitet bør legge til rette for overgangen til et utslippsfritt energisystem og reduksjon av effektbehov.

## Abstract

This document outlines the definition, key performance indicators (KPI) and assessment criteria for the Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (ZEN research centre). This first version of the ZEN definition includes contributions from the ZEN partners. In total, around 50 people involved in the ZEN research centre have contributed to this document.

### ZEN Definition

In the ZEN research centre, a neighbourhood is defined as a group of interconnected buildings with associated infrastructure <sup>1)</sup>, located within a confined geographical area <sup>2)</sup>. A **zero emission neighbourhood** aims to reduce its direct and indirect **greenhouse gas (GHG) emissions** towards zero over the analysis period <sup>3)</sup>, in line with a **chosen ambition level** with respect to which life cycle modules and building and infrastructure elements to include <sup>4)</sup>. The neighbourhood should focus the following, where the first four points have direct consequences for energy and emissions:

- h. Plan, design and operate buildings and associated infrastructure components towards zero life cycle **GHG emissions**.
- i. Become highly **energy efficient** and powered by a high share of new **renewable energy** in the neighbourhood energy supply system.
- j. Manage energy flows (within and between buildings) and exchanges with the surrounding energy system in a smart and **flexible way** <sup>5)</sup>.
- k. Promote sustainable transport patterns and smart mobility systems.
- l. Plan, design and operate with respect to **economic sustainability**, by minimising total life cycle costs.
- m. Plan and locate amenities in the neighbourhood to provide good **spatial qualities** and stimulate **sustainable behaviour**.
- n. Development of the area is characterised by innovative processes based on new forms of cooperation between the involved partners leading to **innovative solutions**.

<sup>1)</sup> Buildings can be of different types, e.g. new, existing, retrofitted or a combination. Infrastructure includes grids and technologies for exchange, generation and storage of electricity and heat. Infrastructure may also include grids and technologies for water, sewage, waste, mobility and ICT.

<sup>2)</sup> The area has a defined physical boundary to external grids (electricity and heat, and if included, water, sewage, waste, mobility and ICT). However, the system boundary for analysis of energy facilities serving the neighbourhood is not necessarily the same as the geographical area.

<sup>3)</sup> The analysis period is normally 60 years into the future, assuming 60 years service life of buildings and 100 years service life of infrastructure, and relevant service life for components that will be replaced.

<sup>4)</sup> The standard NS-EN 15978 "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method" and the proposed new standard NS 3720 "Methods for greenhouse gas calculations for buildings", defines a set of life cycle modules; material production (A1-A3), construction (A4-A5), operation (B1-B7 in NS-EN 15978 and B1-B8 in NS 3720), end-of-life (C1-C4), and benefits and loads beyond the system boundary (D). NS 3451 "Table of building elements" provides a structured nomenclature checklist of building elements which can be used to define the physical system boundary. A given zero emission neighbourhood should have a defined ambition level with respect to which of these life cycle modules to include, and which building and infrastructure elements to include. It is up to the owner of a ZEN project to decide such an ambition level, but this should be unambiguously defined according to the modulus principle of NS-EN 15978 and NS 3720. In the FME-ZEN Centre, further work is carried out to clarify what should be the recommended minimum ambition level for ZEN pilot projects. Further work is done to clarify how to calculate CO2 emission gains from local renewable energy production, and the FME-ZEN does not currently bind to the method of emission calculations in NS-EN 15978 and NS 3720.

<sup>5)</sup> Flexibility should facilitate the transition to a decarbonised energy system and reduction of power and heat capacity requirements.

# 1 Introduksjon

## Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret)

Dette dokumentet beskriver definisjonen av et nullutslippsområde, samt nøkkelindikatorer og vurderingskriterier som brukes i forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN-senteret). Denne innledende versjonen (versjon 1.0) av ZEN-definisjonen er utviklet med bidrag fra ZEN-partnerne. Til sammen har rundt 50 personer fra ZEN-senteret bidratt til utviklingen av dette dokumentet.

Formålet for forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer [1] er å besvare følgende forskningsspørsmål:

### **Hvordan skal fremtidens bærekraftige områder utformes, bygges, transformeres og styres for å redusere utslippene av klimagasser mot null?**

I forskningssøknaden for ZEN-senteret ble det gitt en foreløpig beskrivelse av et nullutslippsområde:

"Et utvalg av sammenkoblede bygninger med distribuerte energiresurser som solenergisystemer, elektriske kjøretøyer, ladestasjoner og varmesystemer, som ligger innenfor et avgrenset geografisk område og med en veldefinert fysisk grense for elektriske og termiske nett. Området skal ikke sees som en selvstendig enhet; det er knyttet til den omkringliggende mobilitets- og energiinfrastrukturen, og området skal optimaliseres i forhold til omkringliggende by- og samfunnsstrukturer. "

Selv om denne foreløpige beskrivelsen primært er fokusert på energiaspekter, er begrepet nullutslippsområde også knyttet til andre aspekter som klimagassutslipp, effekt, mobilitet, økonomi, steds-kvaliteter og innovasjonsaspekter. Disse aspektene er beskrevet mer detaljert i denne rapporten.

Vi har hentet inspirasjon fra en rekke kilder når vi har definert konseptet *nullutslippsområde*, inkludert arbeid med andre lignende definisjoner og konsepter fra hele Europa og spesielt i Norge. Noen av disse kildene er:

- FME-ZEB – The Research Centre on Zero Emission Buildings [2]
- Forskningsprosjektet PI-SEC – Planning Instruments for Smart Energy Communities [3]
- Horizon 2020 – Smart Cities and Communities [4, 5]
- PEB-definisjonen – Positive Energy Blocks in Horizon 2020 [6]
- Miljøsertifiseringsverktøyet BREEAM Communities [7]
- Forskningsprosjektet CITYKeys [8]
- Relevante nasjonale og internasjonale standarder

Kildene er beskrevet i kapittel 2 Bakgrunn, og ytterligere informasjon finnes i rapporten som beskriver retningslinjer for pilotprosjekter i ZEN [9] I tillegg har vi organisert en rekke ZEN partnerworkshops i 2017 om følgende underemner:

- Design og planlegging (27. april)
- Energiforsyning (27. april)
- Bygninger og materialer (3. mai)
- Tverrgående workshops (27. mars og 7. juni)

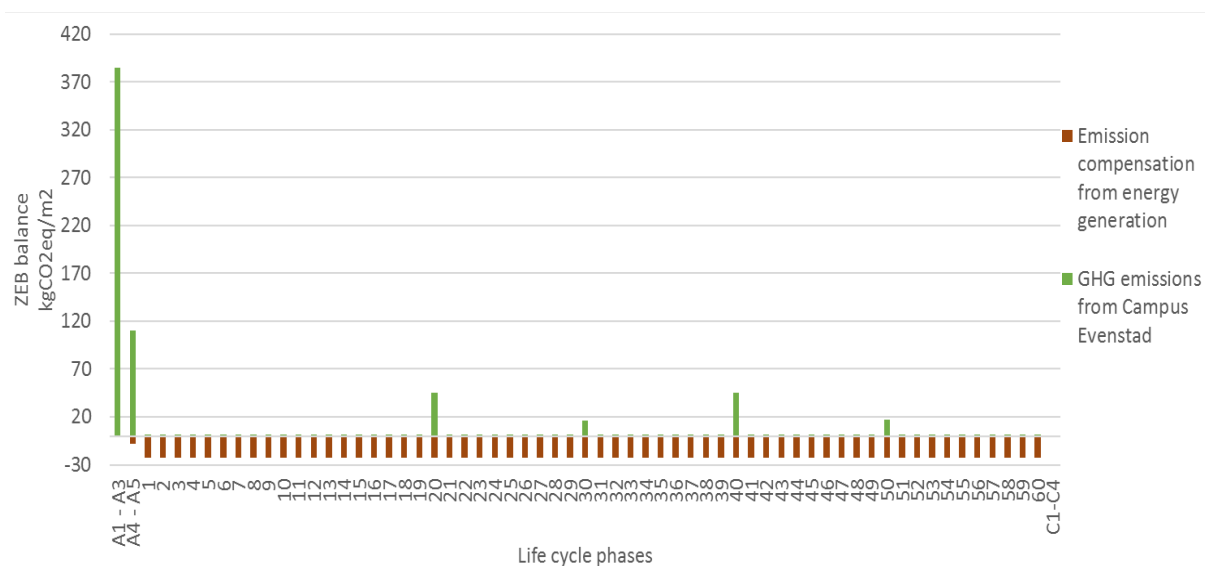
Høsten 2017 har det i tillegg vært diskusjoner mellom arbeidsgruppen i WP1 med ansvar for ZEN-definisjonen og arbeidsgruppen i WP6 med ansvar for retningslinjene for ZEN-pilotområder. Ytterligere informasjon om innhold og utfall av disse workshopene finnes i [9].

I de påfølgende kapitlene presenteres bakgrunnen for ZEN-definisjonen (kapittel 2), selve ZEN-definisjonen (kapittel 3), en sammenstilling av nøkkelindikatorene og vurderingskriteriene som inngår i ZEN-definisjonen (kapittel 4) og en oversikt over begrensninger samt muligheter for videre arbeid (kapittel 5).

## 2 Bakgrunn

### 2.1 The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB-senteret)

ZEB-senteret var et forskningssenter for miljøvennlig energi (FME) i perioden 2009-2017. I ZEB-senteret ble det utviklet en metodikk for måling og rapportering av klimagassutslipp, målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/år), for energibruk i drift (O), materialbruk i bygget (M), byggefasen (C), bruksfasen ut over energi- og materialbruk (PLET) og bygningens slutfase (E) [10-12]. For å nå nullambisjonen skal disse utslippene kompenseres gjennom lokal fornybar energiproduksjon. For hvert ZEB-pilotprosjekt ble det definert et ZEB-ambisjonsnivå, basert på hvilke faser som ble inkludert innenfor systemgrensene. For eksempel forutsetter ambisjonsnivået ZEB-COM at bygningen skal produsere nok lokal fornybar energi til å kompensere for alle klimagassutslipp fra byggefasen (C), energibruk i drift (O) og materialbruk (M). En mer detaljert beskrivelse av ZEB-definisjonen og metodikken finnes i ZEB-rapport nr. 17, ZEB-rapport nr. 29 og Byggforskserien 473.010 om nullutslippsbygninger [10-12]. Figur 1 viser hvordan klimagassutslippene utvikler seg over tid for pilotprosjektet ZEB Campus Evenstads utdannings- og administrasjonsbygning i et 60-årsperspektiv. Resultatene viser at en stor andel av utslippene oppstår i produksjonsfasen og byggefasen, mens det er lave årlige klimagassutslipp fra driftsfasen på grunn av energieffektive løsninger og lavt utslipp fra energikildene. Kompensasjon av klimagassutslippene med lokal fornybar energiproduksjon gir også årlige utslag. Videre ser vi at det er en økning i klimagassutslippene etter 20, 30 og 40 år. Dette skyldes utskiftning av bygningsdeler i byggets levetid. Campus Evenstad er også et pilotområde i ZEN-senteret.



Figur 1. Årlige klimagassutslipp (grønt) og kompenserte utslipp (rødt) fra undervisnings- og administrasjonsbygningen på Campus Evenstad over en tidsperiode på 60 år [13].

### 2.2 Planning Instruments for Smart Energy Communities (PI-SEC)

PI-SEC (Planning instruments for smart energy communities) er et norsk forskningsprosjekt som går fra 2016-2019, hvor hovedleveransen vil være en verktøykasse som skal møte behovene både i forbindelse med kommunal planlegging (ovenfra-ned) og i prosjektplanlegging og byggefase (nedenfra-opp). På kommuneplanleggingsnivå er det viktig å forstå praksisen til byplanleggerne, slik at energibruk kan bli en integrert del av planleggingen. På prosjektplanleggings- og byggefasenivå

skal verktøykassen bidra til økt kunnskap om hvilke parametere eller nøkkelindikatorer (KPIer) som er viktige for smarte og bærekraftige byer [3]. Det er en utfordring å koble nøkkelindikatorer på bygningsnivå med områdekriterier. Dette krever en kombinasjon av kvantitative og kvalitative nøkkelindikatorer og vurderingskriterier. Verktøyet for kommunal planlegging er basert på planleggingshjul som metode, mens det for prosjektplanleggings- og byggefase utvikles et indikatorverktøy som kan brukes til å definere mål. Basert på dette undersøker PI-SEC spesielt klimagassreduksjon, økt energieffektivitet, økt bruk av fornybare energiresurser, økt bruk av lokale energikilder og grønn mobilitet. PI-SEC identifiserer 21 nøkkelindikatorer (KPIer) gjennom en tverrfaglig tilnærming på alle nivåer (bygning, nabolag, by, region, nasjon). To ZEN-pilotområder er testarenaer i PI-SEC; Zero Village Bergen og Furuset [3].

### 2.3 Smart Cities and Communities (SCC)

Smart Cities & Communities (H2020 SCC) er et Horizon 2020-arbeidsprogram som adresserer underkategorien 'sikker, ren og effektiv energi' under hovedkategorien 'samfunnsutfordringer' [6]. Den overordnede målsettingen er å løse utfordringen med bærekraftig utvikling i byområder. Det fokuseres på nye, effektive og brukervennlige teknologier og tjenester innen energi, transport og IKT. Arbeidsprogrammet fremhever også behovet for integrerte tilnærminger innen forskning, utvikling og anvendelse.

SCC-programmet har en serie forbildeprosjekter (12 aktive prosjekter siden 2015), hvor forbildeprosjektene tar utgangspunkt i problemstillinger som er særskilte for byer. Det skal frembringes storskala-løsninger basert på integrerte og svært effektive kommersielle løsninger med stort markedspotensial. Utbredelsen av forbildeprosjekter skal oppmuntre til å reprodusere løsningene og utbredelse av ny teknologi [4, 5]. Parallelt med dette arbeides det med å opprette en rapporteringsplattform og database for Smart Cities Information System (SCIS) [14], i tillegg til nøkkelindikatorer utviklet i H2020-prosjektet CITYkeys [8].

En rekke aspekter som er viktige for ZEN-senteret er også vurdert i SSC, som gjør at SSC er en god sammenligning med ZEN-senteret i et europeisk perspektiv. Dette inkluderer aspekter som:

- Utvikling, testing og ytelsesovervåking
- Bærekraftig overgang til ren energi
- Økt integrasjon av energisystemer og strengere krav til energiytelse
- Integrerte og nyskapende løsninger for plusskvartaler og plussområder
- Integrere innovative løsninger for plussområder (*positive energy blocks and districts*)
- Analysere samspill og integrering mellom bygninger, brukere og energisystemer
- Energilagring og elektromobilitet
- Integrert planlegging og flerbruksområder i byer
- Gjenskape løsninger med lokal tilpasning
- Reduserte klimagassutslipp og dekarbonisering
- Forbedret energieffektivitet, lagring, integrasjon og egenforbruk
- Støtte klimareduksjon og klimatilpasning
- Undersøke urbane, tekniske, økonomiske, reguleringsmessige, kjønnsmessige, sosioøkonomi og sosiale aspekter
- Utvikle nye forretningsmodeller
- Harmonisere indikatorer med mål på byplan, oppskalering til bynivå
- Inkludere lokalsamfunn og lokaldemokrati

- Forbedret luftkvalitet
- Stordata (big data), datahåndtering, digitalisering, datasikkerhet, datavern

## 2.4 Positive Energy Blocks (PEB)

Horizon 2020-arbeidsprogrammet fastslår at for å oppnå en nødvendig overgang til ren energi i byer, så må energisystemene integreres, energikravene strammes inn betydelig i forhold til dagens krav, samt plussområder (positive energy blocks) må realiseres over hele Europa innen 2050. Arbeidsprogrammet gir følgende definisjon for plussområder [6]:

"Positive Energy Blocks [and] Districts consist of several buildings (new, retro-fitted or a combination of both) that actively manage their energy consumption and the energy flow between them and the wider energy system. Positive Energy Blocks [and] Districts have an annual positive energy balance. They make optimal use of elements such as advanced materials, local [renewable energy sources] RES, local storage, smart energy grids, demand-response, cutting edge energy management (e.g. electricity, heating and cooling), user interaction [or] involvement and ICT. Positive Energy Blocks [and] Districts are designed to be an integral part of the district [or] city energy system and have a positive impact on it. Their design is intrinsically scalable and they are well embedded in the spatial, economic, technical, environmental and social context of the project site."

*"Plussområder er kvartaler og områder som består av flere bygninger (nye, oppgraderte, eller en kombinasjon) som aktivt styrer egen energibruk og energiflyten mellom området og det omkringliggende energisystemet. Plussområder har netto eksport av energi over året. De har optimal bruk av elementer som avanserte materialer, lokal fornybar energiproduksjon, lokal lagring, smarte nett, behovsstyring, banebrytende energistyring (f.eks. elektrisk, varme, kjøling), brukermedvirkning og IKT. Plussområder er designet for å være en positiv og integrert del av området eller byens energisystem. Løsningene er utformet med egenskaper som gjør dem skalerbare og godt integrert i prosjektets kontekst med tanke på stedskvaliteter, økonomi, teknologi, miljø og sosiale forhold." (egen oversettelse)*

## 2.5 BREEAM Communities

BREEAM Communities er et sertifiseringsverktøy for bærekraftige nabolag. Det er utviklet i Storbritannia og senere også anvendt i Norge. Det kan benyttes til å måle og forbedre sosiale, miljømessige og økonomiske aspekter i et område [7]. BREEAM Communities bør ikke forveksles med BREEAM-NOR, som er en sertifisering for bygninger. BREEAM Communities kan brukes av planleggere, lokale politikere, lokalsamfunn og andre offentlige aktører. BREEAM Communities gir et helhetlig rammeverk for vurdering av bærekraftskriterier i et tidlig stadium av designprosessen. Verktøyet er utviklet spesielt for prosjekter som vil ha betydelig påvirkning på fremtidige eller eksisterende samfunn og infrastrukturer. BREEAM Communities-metodikken vurderer nabolag både kvantitativt og kvalitativt.

## 2.6 CITYkeys

CITYkeys-prosjektet [8] skal støtte utviklingen av løsninger og tjenester for smarte byer, for å kunne påvirke presserende samfunnsmessige utfordringer knyttet til kontinuerlig vekst og fortetting av byer, samt bidra til å nå EUs energi- og klimamål. Det overordnede målet med dette toårige prosjektet er å utvikle og validere nøkkelindikatorer og ulike metoder for datainnsamling for både transparent overvåkning og for å kunne sammenligne smartby-løsninger i ulike europeiske byer. Prosjektet har valgt nøkkelindikatorer for smarte byer som kan benyttes både på prosjekt- og bynivå [8].

## 2.7 Relevante nasjonale og internasjonale standarder

Et bredt utvalg av nasjonale og internasjonale standarder som er relevante for en ZEN-definisjon har blitt identifisert, og dermed også implementert i rammeverket for ZEN-definisjonen. Disse er:

- NS-EN 15978: 2011. Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøpåvirkning – Beregningsmetode.
- NS 3720: 201X (ikke utgitt per d.d.). Metode for klimagassberegninger for bygninger.
- NS 3457-3: 2013. Klassifisering av byggverk - Del 3: Bygningstyper.
- NS 3451: 2009: Bygningsdeltabell.
- ISO 52000: 2017. Bygningers energiytelse - Overordnet vurdering av bygningers energiytelse - Del 1: Generelt rammeverk og prosedyrer.
- SN/TS 3031: 2007. Bygningers energiytelse - Beregning av energibehov og energiforsyning.
- NS 3454: 2013. Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifisering.
- NS-EN 16627: 2015. Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers økonomiske prestasjon – Beregningsmetoder.
- ISO 15686-5: 2017. Building and construction assets - service life planning. Part 5: Life-cycle costing. (kun engelsk versjon)
- NS-EN 16258: 2012. Metode for beregning av og deklarerer av energiforbruk og klimagassutslipp for transporttjenester (vare- og persontransport).



## 3 Definisjoner

### 3.1 ZEN-definisjonen

Nedenfor er første utgave av ZEN-definisjonen, som skal være et overordnet og veiledende prinsipp for hele ZEN-prosjektet [1] og pilotområdene [9]. Definisjonen er basert på tidligere prosjekt, 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 workshops.

#### ZEN Definisjon

Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN) definerer et "område" som en samling bygninger med tilhørende infrastruktur <sup>1)</sup>, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område <sup>2)</sup>. Et **nullutslippsområde** har som målsetning å redusere sine direkte og indirekte **klimagassutslipp** mot null innenfor sin analyseperiode <sup>3)</sup>, i tråd med et **valgt ambisjonsnivå** med hensyn til hvilke livsløpsmoduler og bygnings- og infrastrukturelementer som inkluderes <sup>4)</sup>. Området bør ha fokus på følgende, der de fire første punktene har direkte konsekvens for energi og utslipp:

- a. Planlegging, design og drift av bygninger og deres tilhørende infrastruktur komponenter med sikte på **null klimagassutslipp** over livsløpet.
- 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** <sup>5)</sup>.
- d. Fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetssystemer.
- e. Planlegging, design og drift med hensyn på **økonomisk bærekraft**, ved minimerte levetidskostnader.
- f. Arealplanlegging sikrer gode **stedskvaliteter** og stimulerer bærekraftig atferd.
- g. Utviklingen av området er preget av innovative prosesser som benytter nye former av samarbeid mellom de involverte aktører som fører til **innovative løsninger**.

<sup>1)</sup> Bygninger kan være av ulike typer, f.eks. nye, eksisterende, energioppgraderte eller en kombinasjon. Infrastruktur inkluderer nettverk og teknologier for utveksling, produksjon og lagring av elektrisitet og varme. Infrastruktur kan eventuelt også inkludere nettverk og teknologier for vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT.

<sup>2)</sup> Området har en definert fysisk grense til eksterne nettverk (elektrisitet og varme, og hvis inkludert, vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT). Systemgrensen for vurdering av energianlegg som betjener området er derimot ikke nødvendigvis lik den geografiske områdeavgrensningen.

<sup>3)</sup> Analyseperioden er normalt 60 år, der det antas 60 år levetid for bygning og 100 år for infrastruktur, samt relevant levetid for komponenter som skiftes ut.

<sup>4)</sup> Standarden NS-EN 15978 "Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøprestasjon – Beregningsmetode" og den foreslåtte nye standarden NS 3720 "Metode for klimagassberegninger for bygninger", definerer et sett av livsløpsmoduler; produkter (A1-A3), gjennomføringsfase (A4-A5), bruksfase (B1-B7 i NS-EN 15978 og B1-B8 i NS 3720), livsløpets slutfase (C1-C4), og fordeler og ulemper utover systemgrensen (D). NS 3451 "Bygningsdelstabel" fastlegger inndeling i bygnings- og installasjonsdeler for systematisering, klassifisering og koding av informasjon som omfatter de fysiske delene av bygningen og de tilhørende utvendige anlegg. Et gitt ZEN-prosjekt bør ha et definert ambisjonsnivå med hensyn til hvilke av disse livsløpsmodulene som inkluderes, og hvilke infrastrukturelementer som inkluderes. Det er opp til eieren av et ZEN prosjekt å beslutte slikt ambisjonsnivå, men dette bør være entydig definert i henhold til modulprinsippet i NS-EN 15978 og NS 3720. I FME-ZEN senteret arbeides det videre med avklaringer om hva som bør være anbefalt minimumsambisjonsnivå for ZEN pilotprosjekter. Det arbeides også videre med å avklare hvordan beregne CO<sub>2</sub>-utslippsgevinster av lokal fornybar energiproduksjon, og FME-ZEN binder seg per i dag ikke til metodikken for utslippsberegninger i NS-EN 15978 og NS 3720.

<sup>5)</sup> Fleksibilitet bør legge til rette for overgangen til et utslippsfritt energisystem og reduksjon av effektbehov.

ZEN-definisjonen er av natur skalerbar, men den bør alltid tilpasses lokale forhold med tanke på stedsqualiteter, økonomi, teknologi, miljø, styring/regulering og sosiale forhold. Se kapittel 3.2 for en mer detaljer diskusjon av kjernebegreper.

I tillegg må det 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 tilgjengelig [9, 15-17]. Definisjon av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer vil legge føringer for hvordan data måles og samles inn for datahåndteringsplattformen [9, 18].

Som en følge av dette omfatter ZEN-definisjonen sju kategorier, hvor hver kategori kan ha et sett med ett eller flere vurderingskriterier og for hvert av disse et sett med nøkkelindikatorer (KPIer):

- Klimagassutslipp
- Energi
- Effekt
- Mobilitet
- Økonomi
- Stedsqualiteter
- Innovasjon

Disse kategoriene har i en rekke workshops blitt identifisert som de viktigste kategoriene av ZEN-interessentene.

### 3.2 Andre begrep og definisjoner

ZEN-senteret benytter tverrfaglig kunnskap og erfaringer fra et bredt spekter av fagområder, og fra personer med ulik faglig bakgrunn. Det er derfor viktig å sikre at vi har en felles forståelse av noen av hovedbegrepene og definisjonene som brukes i denne ZEN-definisjonsrapporten.

**Vurderingskriterier** er krav som må oppfylles for at et område skal betraktes som miljømessig, sosialt og økonomisk bærekraftig og gjennomførbart [19]. Vurderingskriterier kan være enten obligatoriske eller frivillige. Kriterier kan være avhengige av hverandre, slik at et kriterium må være oppfylt før det er mulig å oppfylle et annet. Det er vanligvis kvantitative nøkkelindikatorer (KPI) som benyttes for å måle kriterier, men noen kan være kvalitative.

**Nøkkelindikatorer (Key Performance Indicator, KPI)** er i ZEN-sammenheng et sett med tallfestede prestasjonsindikatorer som er basert på prosjektdata og som brukes til å måle hvor godt et område presterer. Nøkkelindikatorerne kan brukes til å måle utviklingstrekk over tid eller til å sammenligne et område med andre lignende områder [3].

**Prosjektfaser** er de fasene av prosjektet som vurderes i ZEN-senteret: planleggingsfasen, programmeringsfasen, skisseprosjekt/forprosjekt, detaljprosjekt/bygging, som bygget og i drift. En mer detaljert beskrivelse av disse fasene er inkludert i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' [9]. En norsk-engelsk oversettelse av fasene er vist i Vedlegg B.

**Bærekraft** er en tilstand hvor dagens behov tilfredsstilles på et globalt nivå uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov, inkludert miljømessige, sosiale og økonomiske aspekter. Definisjonen er tilpasset fra ISO 37100 [20] og som spesifisert i FNs 17 bærekraftsmål (Sustainable Development Goals, SDG) og tilhørende 169 indikatorer [21].

Av disse 17 bærekraftsmålene kan ZEN-senteret spesielt kobles til:

- *SDG 3 – God helse:* Sikre god helse og fremme livskvalitet for alle, uansett alder
- *SDG 7 – Ren energi for alle:* Sikre tilgang til pålitelig, bærekraftig og moderne energi til en overkommelig pris for alle
- *SDG 8 – Anstendig arbeid og økonomisk vekst:* Fremme varig, inkluderende og bærekraftig økonomisk vekst, full sysselsetting og anstendig arbeid for alle
- *SDG 9 – Innovasjon og infrastruktur:* Bygge solid infrastruktur, fremme inkluderende og bærekraftig industrialisering og bidra til innovasjon
- *SDG 11 – Bærekraftige byer og samfunn:* Gjøre byer og bosettinger inkluderende, trygge, motstandsdyktige og bærekraftige
- *SDG 12 – Ansvarlig forbruk og produksjon:* Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre
- *SDG 13 – Stoppe klimaendringene:* Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem
- *SDG 15 – Liv på land:* Beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, bekjempe ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av artsmangfold
- *SDG 17 – Samarbeid for å nå målene:* Styrke gjennomføringsmidlene og fornye globale partnerskap for bærekraftig utvikling

### **Kategorier**

**Klimagassutslipp** refererer til utslipp av klimagasser (*greenhouse gases, GHG*) målt i kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter beregnet i et livsløpsperspektiv i henhold til IPCC AR5-rapporten [22]. 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 [22]. 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** 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 netbelastningen over tid og måles i [kWh].

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

**Mobilitet** er i denne sammenhengen beboere og andre brukeres transportmønstre innenfor og til/fra området. Ferier og varetransport er inkludert.

**Økonomi** er i denne sammenhengen økonomisk bærekraft, typisk uttrykt som livssyklus kostnader (*life cycle cost, LCC*) for bygninger, energi og annen infrastruktur innenfor området, i tillegg til total

livssyklus kostnad for det omkringliggende energisystemet. Merk at noen økonomiske aspekter vil bli adressert i innovasjonskategorien.

**Stedskvaliteter** er fasiliteter og utforming av offentlige rom, basert på brukernes behov.

**Innovasjon** er i ZEN-senteret bredt definert og viser til noe nytt som er av verdi for ZEN-interessenter. Dette inkluderer nye eller forbedrede forretningsmodeller, prosesser, produkter og tjenester, samt hvordan organisasjonen kan støtte innovasjon. Innovasjon er nærmere definert og detaljert i en innovasjonsstrategi og -plan.

### Systemgrenser

ZEN-senteret benytter tverrfaglig kunnskap og erfaringer fra et bredt spekter av fagområder, og fra personer med ulik faglig bakgrunn. Det er derfor viktig å sikre at vi alle har en felles forståelse av systemgrenser. Det ble først gjort en vurdering for å se om de samme systemgrensene kunne benyttes i alle ZEN-pilotområdene, på tvers av alle KPIer og kriterier og felles for bygninger, energi og annen infrastruktur. Det ble imidlertid fort klart at hver ZEN-kategori (klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter og innovasjon) allerede har etablerte systemgrenser og metodikker med ulikt omfang. De ulike systemgrensene er utformet basert på metodologiske forutsetninger innen hvert fagfelt. For eksempel er materialene i eksisterende bygninger ikke inkludert i systemgrensen for klimagassutslipp for et bygg som skal rehabiliteres, 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 av et nytt livsløp for bygningen. Det er sannsynlig at klimagassutslippene fra energi- og materialer brukt til renovering vil være lavere enn klimagassutslippene fra et nybygg, siden deler av bygningskroppen kan gjenbrukes. Konsekvensen av metodevalg for klimagassutslipp er at systemgrensene for klimagassutslipp fremmer ombruk og resirkulering, altså en sirkulær økonomi. På den annen side så vil det være galt å utelukke energibehovet i eksisterende bygninger fra systemgrensen for energi. 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:** Et utvalg sammenkoblede bygninger med tilhørende infrastruktur, innenfor et avgrenset geografisk område med en veldefinert fysisk grense. Bygningene kan være av forskjellig type, f.eks. ny/gammel/oppgradert eller en kombinasjon. Infrastruktur omfatter nett og teknologi for forsyning, produksjon, lagring og eksport av elektrisitet og varme, og kan også omfatte nett og teknologi for vann, avløp, avfall, mobilitet og IKT. 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 definerer hvilke bygningsselementer som skal inngå i systembeskrivelsen for ZEN-pilotområdet. Hvilke bygningsselementer som skal tas med kan variere avhengig av hvilken ZEN-kategori vi ser på, om det er klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter eller innovasjon. Ytterligere informasjon om systemgrensene for

bygningsevurdering finnes i [9], i kapitlene om klimagassutslipp, energi, effekt, økonomi, mobilitet og stedskvaliteter.

**Systemgrense for områdevurdering:** Denne definerer hvilke deler av området som skal inngå i systembeskrivelsen for ZEN-pilotområdet. Hvilke deler av området som skal tas med kan variere avhengig av hvilken ZEN-kategori vi ser på, om det er klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter eller innovasjon. Ytterligere informasjon om systemgrensene for området finnes i [9], i kapitlene om klimagassutslipp, energi, effekt, økonomi, mobilitet og stedskvaliteter.

**Systemgrense for livsløpsvurdering:** Denne er basert på livsløpsvurdering (*life cycle assessment, LCA*) og er relevant for beregning av klimagassutslippene. 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 [23]). Hvilke livsløpsfaser som er inkludert i systemet kan defineres i henhold til modularitetsprinsippet i NS-EN 15978 og NS 3720 (se Vedlegg A), mens hvilke fysiske bygningsdeler som er inkludert i systemet kan defineres i henhold til NS 3451 (bygningdeltabellen) [24-26]. I ZEN-senteret skal hele livsløpet være med, fra utvinning av råmaterialer, tilvirkning av produkt, transport, installasjon, bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, energibruk i drift, vannbruk i drift, transport i drift, demontering, avfallsbehandling, samt gjenbruk og gjenvinning i en sirkulær økonomi.

Ytterlige detaljer er diskutert i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' [9]. En oversettelse fra norsk til engelsk av enkelte nøkkelbegrep finnes i Vedlegg B.

## 4 ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer

Utvalget av vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI), som vist i tabell 1, er utviklet basert på tidligere prosjekt, 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 workshops. Kriteriene og KPIene ble identifisert og definert av eksperter innenfor hver kategori. Kriteriene og KPIene benytter eksisterende retningslinjer, rammeverk, standarder og referanser som fagfolk innenfor hvert av feltene allerede er kjent med. Kriteriene og KPIene vil bli brukt til å måle, forstå og validere framdrift og prestasjon i ZEN-pilotområdene, og kan også brukes utenfor ZEN-senteret til å kvantifisere og vurdere prestasjonen for andre områder. Kriteriene og KPIene er gruppert i syv kategorier: klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, steds kvaliteter og innovasjon. Hver kategori har 1-3 vurderingskriterier og for hver av disse er det et sett nøkkelindikatorer (KPIer). Ikke alle KPIene kan måles i alle faser av et prosjekt (planleggingsfasen, programmeringsfasen, skisseprosjekt/forprosjekt, detaljprosjekt/bygging, som bygget og i drift), derfor inneholder tabell 1 en oversikt over prosjektfasene som kriteriene og KPIene kan benyttes i.

Gjennom en rekke ZEN-workshops har ZEN-partnerne lagt vekt på hvor viktig det er å ha klart definerte systemgrenser, og de har identifisert behov for både en 'systemgrense for bygningsvurdering' og en 'systemgrense for områdevurdering'. Disse systemgrensene kan benyttes på tvers av ZEN-kategoriene og tilhørende vurderingskriterier og nøkkelindikatorer, og de kan variere 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*). Denne framgangsmåten er ytterligere forklart i kapittel 3.2 i denne rapporten, og i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9].

I denne ZEN-definisjonsrapporten er vurderingskriterier og nøkkelindikatorer vist i tabell 1. Ytterligere kriterier og nøkkelindikatorer som fortsatt er under vurdering, er presentert i Vedlegg C. Kriteriene og nøkkelindikatorene som er vist i Tabell 1 er obligatoriske, og skal evalueres der det er mulig. Ytterligere kriterier og nøkkelindikatorer i Vedlegg C er valgfrie. Hvordan kriteriene og nøkkelindikatorene skal måles og tallfestes i ZEN-pilotprosjektene er ytterligere forklart i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9].

Tabell 1: ZEN-vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)

Kategori	Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Planleggingsfase	Programmering	Skisse-/forprosjekt	Detaljprosjekt/bygging	Som bygget/overtakelse	Driftsfase
Klimagass- utslipp	Totale klimagassutslipp	tCO <sub>2eq</sub>  kgCO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup> oppvarmet areal (BRA)/år  kgCO <sub>2eq</sub> /m <sup>2</sup> annet uteoppholdsareal (BAU)/år  kgCO <sub>2eq</sub> /capita <sup>2</sup>	BN  B  N  BN	NS-EN 15978 [24], NS 3720 [25], NS 3457-3 [27], NS 3451 [26]	x	x	x	x	x	x
	Reduksjon i klimagassutslipp	% reduksjon i forhold til en referanse ( <i>base case</i> )	BN		x	x	x	x	x	x
Energi	Energieffektivitet i bygninger: - Netto energibehov - Brutto energibehov - Primærenergi	kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet areal (BRA)/år	B	SN/TS 3031 [28], ISO 52000 [29]	x	x	x	x	x	x

<sup>2</sup> *Capita* vil bli ytterligere spesifisert i senere versjoner av ZEN-definisjonen.

Kategori	Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Planleggingsfase	Programmering	Skisse-/forprosjekt	Detaljprosjekt/bygging	Som bygget/overtakelse	Driftsfase
	Per energibærer: - Energibruk - Energiproduksjon - Levert energi - Eksportert energi - Egenforbruk - Egenprodusert - Fargekodet diagram	kWh/år kWh/år kWh/år kWh/år % % kWh/år	BN	SN/TS 3031 [28], ISO 52000 [29], IEA EBC Annex 52 [30], ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x
<b>Effekt</b>	Effekt: - Årlig netto lastprofil - Netto lastvarighetskurve - Maksimal last - Maksimal eksport - Utnyttelsesfaktor	kW kW kW kW %	BN	Engineering praxis, ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x
	Effektflexibilitet*: - Daglig netto lastprofil	kW	BN	IEA EBC Annex 67 [31], ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x



Kategori	Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Planleggingsfase	Programmering	Skisse-/forprosjekt	Detaljprosjekt/bygging	Som bygget/overtakelse	Driftsfase	
<b>Mobilitet</b>	Transportmåte	% andel	N	NS-EN 16258 [32], NS 3720 [25], CityKEYS 3.2.3 [8]	x			x		X	
	Tilgang til kollektivtransport (gangavstand og transportfrekvens)	Meter Antall per tidsenhet	N	BREEAM Communities TM01, TM04, TM06 [7]	x			x		X	
<b>Økonomi</b>	Livssyklus kostnader (life cycle cost, LCC)	NOK	BN	NS 3451 [26], NS 3454 [33], NS-EN 16627 [34], ISO 15686-5 [35], Norsk prisbok [36]							
		NOK/m <sup>2</sup> oppvarmet areal (BRA)/år	B								
		NOK/m <sup>2</sup> annet uteoppholdsareal (BAU)/år	N				x	x	x	x	
		NOK/individ <sup>1</sup>	BN								

Kategori	Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), områdenivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Planleggingsfase	Programmering	Skisse-/forprosjekt	Detaljprosjekt/bygging	Som bygget/overtakelse	Driftsfase
Stedskvaliteter	Demografiske behov og konsultasjonsplan	kvalitativt	BN	BREEAM Communities GO01, SE02 [7]	x	x	x	x	x	X
	Tilgjengelighet til servicefunksjoner og rekreasjonsområder	Antall Meter (avstand fra bygning)	N	BREEAM Communities SE06 [7],	x	x	x	x	x	x
	Offentlige rom	kvalitativt	N	Public-life Analysis Oslo	x	x	x	x	x	x
Innovasjon**										

\*Ytterligere nøkkelindikatorer (KPI) for effektflexibilitet vil bli bestemt høsten 2018.

\*\*Kriterier og nøkkelindikatorer for innovasjonskategorien kan males både kvantitativt og kvalitativt. Framgangsmåte vil bli avgjort i 2018.

ZEN-definisjonen har flere dimensjoner som er metodologisk uforenelige. Det er derfor nødvendig med flermålsanalyse (*multi-criteria decision analysis, MCDA*) for å kunne vurdere kriteriene og nøkkelindikatorerne (KPIene) 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 vurderer 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 anvendelig kriteriene er og om indikatorene er tilpasset til prosjektnivået (f.eks. bygning, kvartal, område, by). Slike tilpasninger skal for pilotområdene harmoniseres med ZEN-definisjonen, målesystem, datahåndtering og datavisualisering i arbeidspakke 1 (WP1) og vis-a-vis partnerne i ZEN-pilotområdene i arbeidspakke 6 (WP6). Utprøving av visualisering vil gjøres i de første rapportene fra arbeidet med datahåndtering [18] og datavisualisering. Dette vil bli videreutviklet og tilbakekoblet i den videre utviklingen av ZEN-definisjonen. Ytterligere informasjon om bruken av kriteriene og nøkkelindikatorerne finnes i [9], mens ytterligere informasjon om overvåking og sporing av kriterier og nøkkelindikatorer finnes i [18].

#### 4.1 Klimagassutslipp

ZEN-senterets hovedformål er å redusere direkte og indirekte **klimagassutslipp mot null** i løpet av analyseperioden, i tråd med et valgt ambisjonsnivå og med hensyn til hvilke livsløpsmoduler og bygnings- og infrastrukturelementer som inkluderes. For å nå målet må planlegging, design og drift av bygninger og tilhørende infrastruktur gjøres med tanke på å minimere klimagassutslippene fra hele livsløpet, fra utvinning av råmaterialer, tilvirkning av produkt, transport, installasjon, bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, energibruk i drift, vannbruk i drift, transport i drift, demontering, avfallsbehandling, samt gjenbruk og gjenvinning i en sirkulær økonomi.

I ZEN-workshopene ble det innledningsvis foreslått å bruke en metode med et ovenfra-og-ned-perspektiv (*top down*), som Global Protocol for Community-Scale GHG Emission Inventories Report [37], men denne metodiske tilnærmingen ble ansett som uegnet i planleggings- og designfasen for områder av to grunner. For det første er denne tilnærmingen ikke forenelig med en modulær og livsløpsbasert metode. For det andre er det i datagrunnlaget (for eksempel miljødeklarasjoner) vanskelig å skille mellom direkte og indirekte utslipp, som er en forutsetning for å kunne rapportere klimagassutslipp etter scope 1, 2 og 3 i henhold til [37].

Nøkkelindikatorerne (KPI) er derfor basert på eksisterende standarder og metoder som benyttes i bygg- og anleggsbransjen, for eksempel *NS 3720 Klimagassberegninger for bygg* (ikke utgitt per d.d.), *EN 15978 Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøpåvirkning – Beregningsmetode* og *NS 3451: 2009: Bygningsdeltabell* [24-26]. Merk at LCA-metoden i ZEN-senteret inkluderer livsløpsmodulen B8 fra NS 3720 for transport i driftsfasen, samt at transport av arbeidere til og fra byggeplass er inkludert i gjennomføringsfasen (livsløpsmoduler A4 og A5). Disse standardene og metodene vil bli anvendt og tilpasset til både et bygnings- og et områdeperspektiv i fremtidige utgaver av ZEN-definisjonen, ZEN-retningslinjene [9] og LCA-rapporter fra ZEN-senteret [15, 16]. Nøkkelindikatorerne for klimagassutslipp er "totale klimagassutslipp" og "reduksjon i klimagassutslipp".

### Totale klimagassutslipp

Denne nøkkelindikatoren beregnes både på bygningsnivå (i henhold til systemgrense for bygningsvurdering) og på områdenivå (i henhold til systemgrense for områdevurdering), og bruker en modulær og livsløpsbasert tilnærming med utgangspunkt i *NS 3720 Klimagassberegninger for bygg* (ikke utgitt per d.d.) [25], *EN 15978 Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøpåvirkning – Beregningsmetode* [24] og *NS 3451: 2009: Bygningsdeltabell* [26]. Totale klimagassutslipp måles i tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (tCO<sub>2</sub>-eq.) for området, energisystemer, annen infrastruktur, bygninger, komponenter og materialer. Bygningene innenfor området inndeles i henhold *NS 3457-3: 2013: Klassifikasjon av byggverk - Del 3: Bygningstyper*, som omfatter bygningstyper som boligblokker, skoler og sykehjem [27]. I tillegg vil det benyttes nøkkelindikatorer på områdenivå og på bygningsnivå, for å kunne sammenligne ZEN-pilotprosjekter. På områdenivå er nøkkelindikatoren 'kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>2</sup> annet uteoppholdsareal (BAU)/år' med en analyseperiode på 100 år. På bygningsnivå er nøkkelindikatoren 'kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup> oppvarmet areal (BRA)/år' med en analyseperiode på 60 år. I senere versjoner av ZEN-definisjonen vil det utarbeides en nøkkelindikator for klimagassutslipp per bygningsbruker/områdebruker (tCO<sub>2</sub>-eq./individ).

En rapporteringstabell for klimagassutslipp finnes i rapporten 'ZEN guideline for the ZEN pilot areas. Version 1.0' report [9]. Dette omfatter også tidsperspektivet for klimagassutslippene. Utslippsfaktorer (f.eks. for ulike energibærere) skal utvikles i ZEN-senteret [17].

### Reduksjon i klimagassutslipp

Denne nøkkelindikatoren beregnes både på bygningsnivå (i henhold til systemgrense for bygningsvurdering) og på områdenivå (i henhold til systemgrense for områdevurdering), og bruker en modulær og livsløpsbasert tilnærming med utgangspunkt i *NS 3720 Klimagassberegninger for bygg* (ikke utgitt per d.d.) [25], *EN 15978 Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøpåvirkning – Beregningsmetode* [24] og *NS 3451: 2009: Bygningsdeltabell* [26]. Reduksjon i klimagassutslipp måles som en prosentvis reduksjon i forhold til en prosjektspesifikk referanse (*base case*). Ytterligere informasjon om hvordan en prosjektspesifikk referanse skal utvikles finnes i [9]. Denne nøkkelindikatoren vil knyttes til sporing og rapportering av klimagassutslipp i de ulike prosjektfasene (planleggingsfasen, programmeringsfasen, skisseprosjekt/forprosjekt, detaljprosjekt/bygging, som bygget og i drift) opp mot ZEN-målsettingen (et nullutslippsområde har som målsetting å redusere sine direkte og indirekte utslipp av klimagassutslipp mot null innenfor sin analyseperiode og i tråd med et valgt ambisjonsnivå og med hensyn til hvilke livsløpsmoduler, bygnings- og infrastrukturelementer som inkluderes) ved å vise reduksjon i klimagassutslipp sammenlignet med referanseverdier.

## **4.2 Energi**

En første målsetting for et nullutslippsområde er å ha høy **energieffektivitet**. Den mest miljøvennlige energien er den som ikke brukes. Å redusere energibehovet bør derfor alltid være første skritt på vei mot et **utslippsfritt energisystem** (*decarbonised energy system*), som også er en del av EUs politiske målsettinger og et hovedelement i SET-planen (Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan) [38, 39].

Et nullutslippsområde skal forsynes av smarte og **fornybare energikilder**. Dette betyr at design og drift av et ZEN-pilotområde må bruke fornybare energikilder i samspill med det omkringliggende energisystemet. For å oppnå dette er det nødvendig å se på energilagring, effektstyring, digitalisering, smarte nett og systemoptimering.

Nøkkellindikatorer for energi er rettet utelukkende mot energibruk i drift, og inkluderer altså ikke bundet energi (*embodied energy*). Dette er fordi bundet energi indirekte allerede dekkes i kategorien for klimagassutslipp. Energiflyt i driftsfasen skal modelleres/estimeres i alle prosjektfaser. I driftsfasen skal nøkkellindikatorer, så langt det er mulig, evalueres gjennom direkte måling. I fasene fra planlegging til detaljprosjektering så bør nøkkellindikatoren estimeres, for eksempel ved å simulere. Alle nøkkellindikatorer beregnes med timesoppløsning og presenteres som årlig total, supplert med visuelle fremstillinger som lastprofiler per måned og fargekodede diagram. Nøkkellindikatorer for energi er 'energieffektivitet i bygninger' og 'energibærere'.

#### Energieffektivitet i bygninger

Nøkkellindikatorer beregnes i henhold til *systemgrense for bygningsvurdering*, som må harmoniseres mellom ISO 52000 og NS 3031 [28, 29]. Dette inkluderer bygningens energibehov relatert til varme, kjøling, ventilasjon, varmtvann, fuktregulering, lys og kan inkludere teknisk utstyr. Bygningene inndeles i henhold *NS 3457-3: 2013: Klassifikasjon av byggverk - Del 3: Bygningstyper*, som omfatter bygningstyper som boligblokker, skoler og sykehjem [27]. Dette omfatter ikke lokal energiproduksjon.

#### Energibærere

Nøkkellindikatorer beregnes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*, som vil spesifiseres ytterligere i senere utgaver av ZEN-definisjonsrapporten. Dette er typisk en utvidelse av systemgrense for bygningsvurdering, og inkluderer energibruk knyttet til persontransport i bygninger (f.eks. heis eller rulletrapp), dataservere, kjøling og andre industrielle prosesser i bygningene, utendørs belysning, snøsmelting, og – viktigst – lading av elektriske kjøretøy uavhengig om det skjer innomhus eller ute. Med andre ord så skal systemgrense for områdevurdering i prinsippet inkludere all energibruk i området. Det skiller mellom netto/brutto energibehov og behov for levert energi, som i ISO 52000 og NS 3031 [28, 29].

### **4.3 Effekt**

Et nullutslippsnabolag styrer energistrømmer i området (i bygninger og mellom bygninger) og utveksler energi med det omkringliggende energisystemet på en **fleksibel** måte. Det responderer på signaler fra smarte nett og letter overgangen til et **utslippsfritt energisystem** (*decarbonised energy system*). ZEN-definisjonen har derfor et sterkt fokus på effektflyt, og spesielt på effekttopper. Denne kategorien er basert på tilbakemeldinger fra ZEN-partnerne i arbeidet med ZEN-definisjonen og på workshops i 2017 om energi.

Nøkkellindikatorer for effekt er rettet utelukkende mot energibruk i drift. Effektflyt i driftsfasen skal modelleres/estimeres i alle prosjektfaser. I driftsfasen skal nøkkellindikatorer, så langt det er mulig, evalueres gjennom direkte måling. I fasene fra planlegging til detaljprosjektering så bør nøkkellindikatoren estimeres, for eksempel ved å simulere. Alle nøkkellindikatorer beregnes minst med timesoppløsning (f.eks. per time, per kvarter, per minutt), supplert med visuelle fremstillinger som

lastkurver og typisk daglig forbruksprofil. Nøkkelindikatorerne for effekt er 'effekt' og 'effektflexibilitet'.

#### Effekt

Nøkkelindikatorer beregnes i henhold til *systemgrense for områdevurdering* (se ovenfor) og inkluderer årlig netto lastprofil, netto lastvarighetskurve, maksimal last, maksimal eksport og utnyttelsesfaktor.

#### Effektflexibilitet

Nøkkelindikatorer kan beregnes for ulike systemgrenser, for eksempel på områdenivå, for en enkelt bygning eller for en enkeltkomponent. Siden nøkkelindikatorer for effektflexibilitet ikke er etablert, er det ikke mulig å definere en systemgrense *a priori*. Nøkkelindikatorerne vil bli videreutviklet i senere versjoner av ZEN-definisjonsrapporten, og vil inkludere effektstyring i forhold til omkringliggende energisystemer. Nøkkelindikator for effektflexibilitet er 'daglig netto lastprofil'.

Fordi koordinering av energistrømmer i smarte nett (både elektrisk og termisk) gjøres på timebasis eller hyppigere så vil fokuset være på netto lastprofiler for typiske dager, avhengig av sesong (f.eks. sommer, vinter) og ukedag (f.eks. hverdag, helg).

Ytterligere nøkkelindikatorer for 'effektflexibilitet' skal utprøves og kan bli tatt inn i ZEN-definisjonen etter hvert som de utvikles, enten i ZEN-senteret eller fra eksterne kilder som IEA EBC Annex 67 om energifleksible bygg (*'energy flexible buildings'*) [31].

### **4.4 Mobilitet**

Da nøkkelindikatorer for mobilitet i et nullutslippsområde skulle defineres var det et sterkt ønske fra ZEN-partnerne om å velge relevante indikatorer blant eksisterende indikatorer fra BREEAM Communities [7] og relevante nasjonale studier [40]. For å nå målet om et nullutslippsområde bør området fremme **bærekraftige transportmønstre** og smarte mobilitetssystemer både lokalt og regionalt. Dette kan oppnås gjennom god fysisk planlegging og god logistikk.

Bærekraftige transportmønstre kan oppnås gjennom overordnet utforming av området og integrert trafikkplanlegging, som støttes av smarte mobilitetssystemer. Disse tar sikte på å redusere miljøpåvirkningen fra transport i området og forbedre livskvaliteten for brukerne. I tillegg bidrar smarte mobilitetssystemer til reduksjon i reisetid, utslipp og overbelastning. Samtidig fremmer og oppmuntrer de til sunnere og mer bærekraftige reisevalg, samt kapasitetsøkning og ulykkesreduksjon [41]. Nøkkelindikatorer for mobilitet er derfor 'transportmåte' og 'tilgang til kollektivtransport'.

#### Transportmåte

Nøkkelindikatorer beregnes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*, og inkluderer ikke transport inne i bygninger (f.eks. heiser, rulletrapper). Målsettingen for denne nøkkelindikatoren er å beskrive prosentandelen av 'grønne' transportmåter som er tilgjengelige i ZEN-pilotområdet, samt antall turer som gjøres med ulike transportmåter som til fots, sykkel, buss, bil, trikk, tog, bane, båt, og så videre. Her det viktig å inkludere drivstofforbruk for de ulike typene kjøretøy (f.eks. diesel, bensin, biodiesel, elektrisk, hydrogen, etc.), samt antall brukere per transportmåte for å identifisere andelen av transportdeling (f.eks. samkjøring, bildeling, andel offentlig transport). Reisevaneundersøkelsen

(RVU) er en innledende kilde til årlige reisevanedata som kan vurderes og tilpasset ZEN-pilotområdene. Nøkkellindikatorer for transportmåte er %-andel.

#### Tilgang til kollektivtransport

Nøkkellindikatorer beregnes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*, og inkluderer ikke transport inne i bygninger (f.eks. heiser, rulletrapper). Målsettingen for denne nøkkellindikatoren er å tilrettelegge for hyppig og lett tilgjengelig offentlig transport, som et klimaeffektivt transportvalg i ZEN-pilotområdene. Nøkkellindikatoren vil vurdere koblinger til eksisterende og planlagte transportnoder (som tog, buss, trikk eller metro), samt koblinger til lokale bysentra. Avstanden fra en bygning innenfor ZEN-pilotområdet til nærmeste transportnøkkel, samt transportfrekvensen i topp- og lavtider i urbane og landlige områder, som angitt i BREEAM Communities tekniske manual, kan brukes som referanse [7].

### 4.5 Økonomi

Forskere og partnere i ZEN-senteret ønsker å harmonisere eksisterende metodikk for livssyklus-kostnader (*life cycle costs, LCC*) [26, 33-35] med ZENs metodikk for klimagassberegninger og tilhørende fysiske systemgrenser. Dette vil spare tid og krefter, siden livsløpsinventar kan gjenbrukes i både LCC og LCA. Livssyklus-kostnader er derfor nøkkellindikator for **økonomi**.

#### Livssyklus-kostnader (life cycle costs, LCC)

Livssyklus-kostnader (LCC) inkluderer investerings- og kapitalkostnader, årlige kostnader (til for eksempel drift, vedlikehold, reparasjon, utskifting, utvikling, forbruk, rengjøring, etc.) og kostnader til rivning. Denne nøkkellindikatoren vil vurderes både på bygg- og områdenivå.

### 4.6 Stedskvaliteter

Da kriterier for stedskvaliteter skulle defineres var det et sterkt ønske fra ZEN-partnerne som arbeider med dette temaet om å bruke eksisterende indikatorer fra BREEAM Communities [7]. Det er lagt vekt på å velge kriterier fra BREEAM Communities som er tett knyttet til ZEN-definisjonen og tilhørende målsettinger. For **stedskvaliteter** er det kun tatt med nøkkellindikatorer for offentlige rom [7].

Årsaken er at hvert ZEN-pilotområde har ytterligere krav fra planmyndigheter knyttet til planlegging og utforming av områder. Videre er det stor forskjell mellom ZEN-pilotprosjektene med tanke på størrelse, funksjon og plassering. Ekspertgruppen har derfor søkt å identifisere kriterier og vurderingsaspekter som passer for alle ZEN-pilotområdene.

Stedskvaliteter dekker tilgjengelige offentlige rom som gatenett, parker, vann og torg, samt sammenkoblingene mellom disse. Kategorien dekker ulike egenskaper i det bygde miljø som direkte eller indirekte påvirker hvor attraktivt området er. Det er viktig å være oppmerksom på egenskapene i det urbane rom, da det påvirker vilje og motivasjon hos brukerne til å bli værende i området og bruke det aktivt i en klimaeffektiv livsstil. I verste fall vil brukerne måtte reise ut av området for å finne tjenester som dekker deres behov. Dette vil føre til økt reisebehov, noe som igjen fører til økte klimagassutslipp. Kjernen i byplanlegging er å skape robuste områder hvor brukerne kan bo, arbeide og leke; byplanleggere har normalt et regelverk å forholde seg til som skal sikre god byplanlegging.

**Stedskvaliteter** består av tre vurderingskriterier og tilhørende nøkkellindikatorer: demografiske behov og konsultasjonsplan, tilgjengelighet til servicefunksjoner og rekreasjonsområder, samt offentlige

rom. Disse kriteriene og tilhørende nøkkelindikatorer skal sikre tilgjengelighet til fasiliteter som dekker brukernes behov, og som tilrettelegger for bærekraftige mobilitetsmønstre i området. Dette vil bidra til å redusere utslippene ved at transportbehovet reduseres.

#### Demografiske behov og konsultasjonsplan

Demografiske behov og konsultasjonsplan vurderes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*. Dette kriteriet er kvalitativt. Konsultasjonsplanen skal sikre at nøkkelinteressenter identifiseres og konsulteres når områder skal utvikles.

#### Tilgjengelighet til servicefunksjoner og rekreasjonsområder

Dette kriteriet vurderes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*. Nøkkelindikatorene er tallfesting av antall tilgjengelige servicefunksjoner/rekreasjonsområder i nærheten av ZEN-pilotområdet, samt avstanden (i meter) fra bygninger i ZEN-pilotområdet til disse. Konsultasjonsplanen fra kriteriet for demografiske behov og konsultasjonsplan (se over) kan brukes til å fastsette dette kriteriet. Dette sikrer at ønskede servicefunksjoner og rekreasjonsområder finnes innen gangavstand for områdebrukerne.

#### Offentlige rom

Kriterier for offentlige rom vurderes i henhold til *systemgrense for områdevurdering*. Dette kriteriet er kvalitativt, hvor offentlige rom skal bidra til bruk av nærliggende servicefunksjoner og rekreasjonsområder. Dette bidrar til bærekraftig mobilitet, ved å fokusere på tilgjengelighet til fots.

## **4.7 Innovasjon**

Innovasjon er en kritisk suksessfaktor for ZEN-senteret og innovasjonsstrategien skal bidra til å nå ZEN-målsettingen om å utforme, bygge, transformere og styre bærekraftige områder. Innovasjonsaktivitetene i ZEN gjenspeiler partnernes behov for ny kunnskap, nye forretningsmuligheter, nye nettverk og styrket evne til å realisere visjonen om nullutslippsområder.

Innovasjoner registreres med følgende informasjon:

- Innovasjonstype (i henhold til ZEN-definisjonen av innovasjon)
- En kort beskrivelse av bruksområdet.
- Markedspotensialet: Hvilket markedsområde har innovasjonen (lokalt, nasjonalt, internasjonalt)? Er det et nytt eller eksisterende marked? Hvem er kunden og hvem er hovedkonkurrenten(e)?
- Klimaeffekt: Energiproduksjon/energisparing, klimagassutslipp og maksimal effektlast.
- Status og neste handling: Skal en TTO kontaktes? (*Technology Transfer Office*)
- Er det klart for å publisere/rapportere om innovasjonen?

Det skal registreres hvor innovasjonen er på skalaen for teknologimodning (*Technology Readiness Level, TRL*). Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer for innovasjon vil utvikles og fastsettes i løpet av 2018.



## 5 Begrensninger og videre arbeid

Dette er første versjon av ZEN-definisjonsrapporten og den har noen begrensninger. Følgende aspekter er ikke adressert her:

- *Andre miljøprestasjonsindikatorer enn klimagassutslipp:* Dette er fordi det er høyere usikkerhet forbundet med andre indikatorer; andre miljøpåvirkningskategorier har en tendens til å samsvare med klimagassutslipp; det er 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; det kan være at det ikke er tilgjengelige livsløpsdata for alle miljøprestasjonsindikatorer.
  - *Arealbruksendringer:* Klimagassutslipp fra arealbruksendring er foreløpig ikke tatt med i vurderingsmetodikken. Opptak av klimagasser kan regnes med i ZEN-beregningsmetoden, for eksempel for biogent karbon i materialer, karbonatisering av betong, karbonopptak i grønne vegger og tak, planting av trær i hager og parker.
  - *Byggkvalitet:* Dette er fordi byggkvalitet skal vurderes i alle byggeprosjekter som et minstekrav (f.eks. i Plan- og bygningsloven (PBL) og i Byggteknisk forskrift (TEK17)), og heller ikke er et kriterium for å nå ambisjonen om et nullutslippsområde. Hvis ZEN-definisjonen ikke er begrenset til norske lover og forskrifter, så kan ZEN-definisjonen også anvendes internasjonalt. Fokus i ZEN-senteret er å utvide perspektivet fra ZEB-senteret fra bygg til områder, energisystemer og annen infrastruktur. Men noen aspekter, som inneklimate og brannikkerhet, er adressert i arbeidspakkene i ZEN-senteret hvor fokus er på helhetlig planlegging.
  - *ZEB-senterets framgangsmåte for å kompensere for klimagassutslipp:* ZEB-metoden og erfaringene fra ZEB-senteret er beskrevet i kapittel 2.1 i denne rapporten, og har vært en sentral utvikling innen klimagassutslipp for norske bygninger. Erfaringer fra ZEB-senteret er tatt inn i NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger, og erfaringene knyttet til tiltak for å redusere utslipp (som redusert materialbruk, ombruk og resirkulering) vil overføres til ZEN-senteret. I ZEN-senteret skal det gjøres ytterligere arbeid for å avklare hva som skal være anbefalt minstekrav for ZEN-pilotområdene, og hvordan klimaeffekten av lokal fornybar energiproduksjon skal beregnes.
  - *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 (f.eks. Plan og bygningsloven (PBL) og Byggteknisk forskrift (TEK17)). De er heller ikke i seg selv forutsetninger for å realisere ambisjonen om et nullutslippsområde. Hvis ZEN-definisjonen ikke er begrenset til norske lover og forskrifter, så kan ZEN-definisjonen også anvendes internasjonalt. Men disse aspektene vurderes samtidig som nullutslippsstrategier i planlegging, design og drift i ZEN-pilotområdene, samt i arbeidspakkene i ZEN-senteret hvor fokuset er helhetlig planlegging.
- 
- Denne første utgaven av ZEN-definisjonsrapporten har vist at det er et betydelig omfang av videre arbeid. I ZEN-senteret vil følgende aspekter avklares:
  - I 2018/2019 skal kriterier og nøkkelindikatorer for innovasjon utvikles ytterligere.
  - Referanseverdier (*baseline/base case*) for kriterier og nøkkelindikatorer skal utvikles i 2018/2019 for å muliggjøre sammenligner mellom ZEN-pilotområdene.
  - Arbeidsgruppen for ZEN-definisjonen skal undersøke hvilke indikatorer ZEN-pilotområdene allerede benytter, og diskutere om disse skal inkluderes i ZEN-definisjonen og tilhørende kriterierammeverk hvis de ikke allerede er dekket. Dette arbeidet harmoniseres med senere utgaver av ZEN-guideline og rapporter for ZEN-pilotområder.

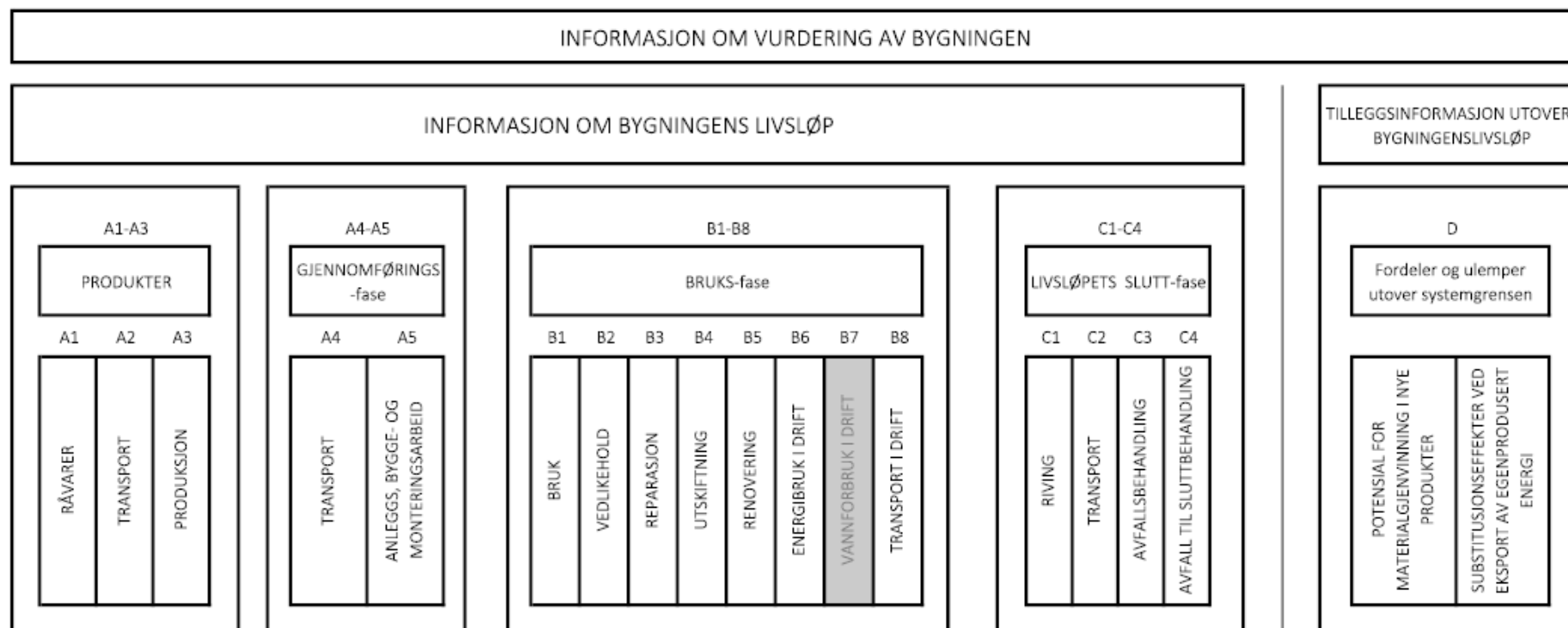
- I forbindelse med utviklingen av ZEN-definisjonen og ZEN-guideline skal et halvautomatisk overvåkings- og evalueringssystem utvikles for systematisk å måle kvantitative og kvalitative data som samles inn i løpet av prosjektperioden.
- En prosess for finjustering og tilpassing av ZEN-definisjonen og håndtering av nøkkelindikatorer skal utvikles. ZEN-definisjonen vil oppdateres, basert på erfaringer fra dette.
- En metodikk for flermålsanalyse (*multi-criteria decision analysis*) skal utvikles for å kunne evaluere, måle og rapportere kriterier og nøkkelindikatorer.
- Sammenhengen mellom kriterier og nøkkelindikatorer mellom kategoriene i ZEN-definisjonen skal undersøkes, og en eventuell vektingsmetode for ZEN-kriterier og tilhørende nøkkelindikatorer skal vurderes.
- Anbefalt minstestandard for ZEN-ambisjonsnivå skal defineres.
- En definisjon for 'capita' (eller 'individ', 'bruker') skal utvikles.
- Klimagassutslippsfaktorer skal undersøkes og utvikles (f.eks. spesifikke faktorer for ulike energibærere).

## Referanser

1. ZEN, F. *FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities*. 2016 10.05.2017]; Available from: <https://www.ntnu.no/zen> and <http://fmezen.com/>.
2. ZEB. *The Research Centre on Zero Emission Buildings*. 2016 01.07.2016]; Available from: <http://www.zeb.no/>.
3. Walnum, H.T., et al., *Preliminary toolkit for goals and KPIs*, in *PI-SEC Planning Instruments for Smart Energy Communities*. 2017: Oslo.
4. European Commission. *Smart Cities & Communities*. 2017 07.12.2017]; Available from: <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/smart-cities-communities>.
5. RemoUrban. *Smartcities Network*. 07.12.2017]; Available from: <http://www.remourban.eu/smartcities-network/title.kl>.
6. European Commission, *Horizon 2020 Work Programme 2018-2020. 10. Secure, clean and efficient energy*. 2017.
7. BREEAM, *BREEAM Communities Technical Manual SD202-01.2012*. BRE Global Limited. 2012.
8. Bosch, P., et al., *CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities*, in *CITYkeys report*. 2017.
9. Wiik, M.K., et al., *A ZEN Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 1.0. FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities*. 2018 forthcoming.
10. Kristjansdottir, T., et al., *A Norwegian ZEB Definition: Embodied Emissions*. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). 2014, Oslo: ZEB Project Report (17) SINTEF Academic Press
11. Fufa, S.M., et al., *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). 2016, Oslo: ZEB Project Report (29) SINTEF Academic Press.
12. Schlanbusch, R.D. and I.L. Segtnan, *bks 473.010. Nullutslippsbygninger (ZEB) Retningslinjer og beregningsmetoder*, in *Byggforskserien*, SINTEF, Editor. forthcoming, SINTEF: Oslo. p. 9.
13. Wiik, M.K., et al., *Lessons learnt from embodied GHG emission calculations in zero emission buildings (ZEBs) from the Norwegian ZEB research centre*. *Energy and Buildings*, 2018. **165**: p. 25-34.
14. SCIS. *EU Smart Cities Information System*. 2017 07.12.2017]; Available from: <http://smartcities-infosystem.eu/>.
15. Brattebø, H., C. Skaar, and C. Lausset, *ZEN LCA report*, in *The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities*. 2017: Oslo.
16. Brattebø, H., C. Skaar, and C. Lausset, *ZEN LCA guideline*, in *The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities*. 2017: Oslo.
17. Wolfgang, O., *European power market analyses to be carried out within FME ZEN 2017*
18. Ahlers, D. and J. Krogstie, *ZEN Data Management and Monitoring: Requirements and Architecture*, in *The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities*. 2017: Oslo.
19. Strasser, H., et al., *IEA EBC Annex 63–Implementation of Energy Strategies in Communities*. *Energy and Buildings*, 2017.
20. ISO 37100:2016, *Sustainable cities and communities -- Vocabulary*. 2016, International Organization for Standardization.
21. United Nations General Assembly. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/70/L.1 2015 12.03.2018]; Available from: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E).
22. IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; , T.F. Stochker, et al., Editors. 2013.
23. NS-EN 15643-1:2010, *Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework*. 2010, Standard Norge.

24. NS-EN 15978, *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode / Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method* 2011, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
25. NS 3720, *Metode for klimagassberegninger for bygninger / Method for greenhouse gas calculations for buildings*. 2018, Standard Norge.
26. NS 3451: 2009, *Bygningsdelstabell / Table of Building Elements*. 2009, Standard Norge: Oslo, Norway.
27. NS 3457-3: 2013, *Klassifikasjon av byggverk – Del 3 Bygningstyper*. 2013 Standard Norge: Oslo.
28. SN/TS 3031, *Bygningers energiytelse - Beregning av energibehov og energiforsyning / Energy performance of buildings - Calculation of energy needs and energy supply* 2016, Standards Norway, Oslo, Norway.
29. ISO 52000-1:2017, *Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment -- Part 1: General framework and procedures*. 2017, International Organization for Standardization.
30. IEA EBC. *IEA Solar Heating and Cooling (Task 40). EBC Annex 52 Towards Net Zero Energy Solar Buildings*. 2014 04.12.2017]; Available from: <http://www.iea-ebc.org/projects/completed-projects/ebc-annex-52/>.
31. IEA EBC. *EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings*. 2014 04.12.2017]; Available from: <http://www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-67/>; <http://www.annex67.org/>.
32. NS-EN 16258, *Metode for beregning av og deklarerer av energiforbruk og klimagassutslipp for transporttjenester (vare- og persontransport) / Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers)*. 2012, Standard Norge, Oslo, Norway.
33. NS 3454, *Livssyklus kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifikasjon / Life cycle costs for construction works - Principles and classification* 2013, Standard Norge, Oslo, Norway.
34. NS-EN 16627, *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers økonomiske prestasjon - Beregningsmetoder / Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation methods*. 2015, Standard Norge, Oslo, Norway.
35. ISO 15686-5: 2017, *Building and construction assets - service life planning. Part 5: Life-cycle costing*. 2017, International Standard Organisation: Switzerland. p. 44.
36. Norconsult Informasjonssystemer AS and Bygganalyse AS, *Norsk prisbok*. 2017, Sandvika: Norconsult Informasjonssystemer AS.
37. Fong, W.K., et al. *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities*. 2014.
38. European Commission. *Energy union and climate. Making energy more secure, affordable and sustainable*. 2017 07.12.2017]; Available from: [https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate\\_en](https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en).
39. SETIS. *Strategic Energy Technologies Information System*. 2017 07.12.2017]; Available from: <https://setis.ec.europa.eu/>.
40. Vibeke Nenseth, Petter Christiansen, and May Hald, *Sustainable urban mobility indicators - relationships and comparisons. Report nr 1210/2012. ISBN 978-82-480-1351-8*. 2012, Institute of Transport Economics (TØI).
41. Benevolo, C., R. Dameri, and B. D'Auria, *Smart Mobility in Smart City. Action taxonomy, ICT intensity and public benefits*. Vol. 11. 2016. 13-28.
42. NS-EN 15251:2007 + NA:2014, *Inneklimaparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert innelufte kvaliteten, termisk miljø, belysning og akustikk*. 2007, Standard Norge: Oslo.

## Vedlegg A: Livsløpsmoduler i henhold til NS 3720



## Vedlegg B: Norsk-engelsk oversettelse av kjernebegreper i ZEN-definisjonsrapporten

zero emission neighbourhood – nullutslippsområde

key performance indicator – nøkkelindikator

assessment criteria - vurderingskriterier

category – kategori

GHG emissions – klimagassutslipp

energy – energi

power - effekt

mobility – mobilitet

economy – økonomi

spatial qualities – stedskvaliteter

innovation – innovasjon

reference project – referanseprosjekt

phase of development – utbyggingstrinn

project phases - prosjektfaser

planning phases – planleggingsfaser

brief and preparation phase - programmering

early design phase – skisseprosjekt/forprosjekt

detailed design phase – detaljprosjektering/bygging

as built phase – som bygget/overtakelse

operational phase (annually) – driftsfase (årlig)

## Vedlegg C: Ytterligere kriterier og nøkkelindikatorer (KPI)

Kategori	Vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI)	Enhet	Bygningsnivå (B), område-nivå (N) eller begge deler (BN)	Standarder og referanser	Planleggingsfase	Programmering	Skisse-/forprosjekt	Detaljprosjekt/bygging	Som bygget/overatakelse	Driftsfase
<b>Efekt</b>	Effekt-reduksjon	kW %	BN	Engineering praxis, ZEN research centre [1]	x	x	x	x	x	x
<b>Steds-kvaliteter</b>	Design review	N/A		BREEAM Communities [7] GO03	x	x	x	x	x	x
	Samfunnsstyring av fasiliteter <i>Community management of facilities</i>			BREEAM Communities [7] GO04	x	x	x	x	x	x
	Byggeskikk <i>Local vernacular</i>	Kvalitatativt		BREEAM Communities [7] SE14	x	x	x	x	x	x
	Inneklima		B	NS-EN 15251:2007 + NA:2014 [42]			x	x	x	x
<b>Innovasjon*</b>										

\*Ytterligere nøkkelindikatorer (KPI) for effektfleksibilitet vil bli bestemt tidlig i 2018.



**VISION:**

**«Sustainable  
neighbourhoods  
with zero  
greenhouse gas  
emissions»**



# Z E N

Research Centre on  
ZERO EMISSION  
NEIGHBOURHOODS  
IN SMART CITIES



<https://fmezen.no>