

Einar Sæteren  
Kasper Sørumshagen

## NTNU Campussamling

Hvordan kan NTNU Campussamling brukes for å redusere klimafotavtrykket til NTNU Trondheim

Masteroppgave i Helse, miljø og sikkerhet (Sivilingeniør)

Veileder: Ottar Michelsen

Medveileder: Christofer Skaar

Juni 2022



Einar Sæteren  
Kasper Sørumshagen

## **NTNU Campussamling**

Hvordan kan NTNU Campussamling brukes for å  
redusere klimafotavtrykket til NTNU Trondheim

Masteroppgave i Helse, miljø og sikkerhet (Sivilingeniør)  
Veileder: Ottar Michelsen  
Medveileder: Christofer Skaar  
Juni 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for økonomi  
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



## FORORD

Denne oppgaven er utarbeidet vårsemesteret 2022 ved NTNU Trondheim. Masteroppgaven markerer slutten av vårt toårige masterløp ved sivilingeniørstudiet i helse, -miljø og sikkerhet for ingeniører ved institutt for industriell økonomi og teknologiledelse. Oppgaven er gjennomført i samarbeid med veileder Ottar Michelsen, medveileder Christofer Skaar, Tore Betten og andre personer tilknyttet prosjektet NTNU Campussamling.

I masteroppgaven har vi sett på hvordan prosjektet NTNU Campussamling kan brukes for å redusere klimagassutslippet ved NTNU Trondheim. Det har vært en utfordrende oppgave ettersom NTNU Campussamling er et omfattende prosjekt med mye usikkerhet. Gjennom arbeidet med masteroppgaven har det blitt gjort flere endringer i forbindelse med campussamlingen som er utenfor vår kontroll. Vi sitter allikevel igjen som veldig fornøyde ettersom vi har lært mye nytt i løpet av semesteret. Det er første gang vi gjennomfører en organisatorisk livssyklusanalyse, og vi har erfart hvordan datakvalitet og valg av utslippsfaktorer påvirker resultatet.

En stor takk rettes til:

- Ottar Michelsen, veileder ved NTNU Trondheim.
- Christofer Skaar, veileder ved NTNU Trondheim.
- Tore Betten, seniorrådgiver ved NTNU Trondheim.

Trondheim, 10.06.2022

*Einar Sæteren*

---

Einar Sæteren

*Kasper Sørumshagen*

---

Kasper Sørumshagen

## SAMMENDRAG

Prosjektet NTNU campussamling er et av fem delprosjekter i et stort og omfattende utviklingsprosjekt ved universitetet NTNU Trondheim. I tråd med et økende fokus på å redusere sin negative påvirkning på det ytre miljøet har NTNU laget en miljøutviklingsplan frem mot år 2030. Miljøutviklingsplanen er ansett som et viktig virkemiddel for at NTNU skal kunne bidra til at Norge oppfyller forpliktelsene sine tilknyttet Parisavtalen. I denne oppgaven har formålet vært å undersøke hvordan prosjektet NTNU Campussamling kan brukes for å redusere NTNU Trondheim sine klimagassutslipp. Oppgaven har fokusert på hvordan klimagassutslipp fra energiforbruk, og arbeidsreiser til og fra campus kan reduseres gjennom campussamlingen. Det er fordi campussamlingen kan påvirke disse områdene direkte ved å gjennomføre tiltak.

For å kunne belyse oppgavens formål ble det utarbeidet tre forskningsspørsmål. Første forskningsspørsmål handlet om å kvantifisere dagens klimafotavtrykk ved NTNU Trondheim. Det ble derfor gjennomført en organisatorisk livssyklusanalyse av NTNU Trondheim for å ha et referansescenario og sammenligne med. Året 2019 ble satt som tidsperiode for analysen, og resultatene viste at transport og reise er den største utslippskategorien for NTNU Trondheim. Innenfor denne kategorien bidro ansatte sine daglige reiser til og fra campus med 4,8% av de totale utslippene tilknyttet transport og reise. Klimagassutslippene tilknyttet energi varierte ut ifra hvilken utslippsfaktor som ble brukt for elektrisitet og fjernvarme. Det ble undersøkt klimagassutslipp med to forskjellige utslippsfaktorer for elektrisitet og to forskjellige utslippsfaktorer for fjernvarme. Resultatene varierte fra 4309 tonn CO<sub>2</sub>ekv til 20 683 tonn CO<sub>2</sub>ekv, avhengig av hvilke utslippsfaktorer som ble lagt til grunn.

Forskningsspørsmål to tok utgangspunkt i å undersøke hvordan klimabelastningen vil endres gjennom campusprosjektet. For å kartlegge hvordan arbeidsreisene til og fra campus ville endres, ble gjeldende planforslag for områdene, samt en reisemiddelfordeling fra 2017 lagt til grunn. Basert på disse ble det estimert en fremtidig reisemiddelfordeling for arbeidsreiser etter campussamlingen. Beregningene basert på estimert fremtidig reisemiddelfordeling viste en reduksjon på 999 tonn CO<sub>2</sub>ekv innen arbeidsreiser til og fra campus etter campussamlingen. Videre ble det tatt utgangspunkt i et vedlegg fra rapport oppstart forprosjekt for NTNU Campussamling. Vedlegget adresserte miljøambisiøs utbygging, solcelle-produksjon og et borehullsbasert sesonglager for varme, som relevante tiltak for campussamlingen. Det ble beregnet hvor stor utslippsreduksjon NTNU Trondheim kunne få med disse energitiltakene. Utslippsreduksjonen varierte ut ifra hvilken utslippsfaktor som ble satt på elektrisitet og fjernvarme.

Til slutt ble det sett på hvordan NTNU Trondheims styringssystem kan bli brukt for å få ut klimagevinsten campussamlingen medfører. Gjennom en litteraturstudie, gjennomgang av gevinstrealiseringplan for NTNU Campussamling, og bruk av et rammeverk for bærekraftig campus utarbeidet av undertegnede, resulterte

det i at det er fire hovedpunkter NTNU Trondheims styringssystem må fokusere på. Disse er hhv. systematikk i gevinstrealisering, roller og ansvarsområder i ledelses- og styringssystemet for gevinstrealisering, mål og indikatorer, og bruk av campus for gevinstrealisering.

Oppgaven viser at prosjektet NTNU Campussamling kan brukes til å redusere klimautslippene tilknyttet arbeidsreiser til og fra campus ved å fjerne parkeringsmulighetene ved campus. Prosjektet kan også brukes for å redusere de energirelaterte utslippene ved å sørge for at berørte bygg blir bygd etter en miljøambisiøs standard, samt legge til rette for solcelle-produksjon og energieffektivisering gjennom EnergiHUB Gløshaugen. Oppgaven viste at totalutslippene for NTNU Trondheim derimot ikke påvirkes i så stor grad av campussamlingen. For å få en betydelig reduksjon av de totale utslippene ved NTNU Trondheim trengs det tiltak innenfor områder som campussamlingen ikke påvirker direkte.

## ABSTRACT

The project “unified campus” at NTNU is one of five sub-projects of the University of NTNU Trondheim's vast and comprehensive development project. NTNU has developed an environmental development strategy for the year 2030, in accordance with a growing focus on decreasing its negative influence on the external environment. The environmental development plan is seen as a crucial tool for NTNU in its efforts to help Norway meet its obligations under the Paris Agreement. The purpose of this thesis has been to see how the project “unified campus” at NTNU may be used to minimize NTNU Trondheim's greenhouse gas emissions. The study focuses on how the project “unified campus” can reduce greenhouse gas emissions from energy usage and work travels to and from campus. This is because the implementation of actions by the project “unified campus” can have a direct impact on these areas.

Three research questions were established in order to have better understanding of the thesis's purpose. The first research question concerned quantifying NTNU Trondheim's current climate footprint. It was conducted an organizational life cycle analysis of NTNU Trondheim to provide a baseline against which to compare. The year 2019 was chosen as the study's timeframe, and the findings revealed that transportation and travel constitute the most significant source of emissions at NTNU Trondheim. Employees contributed 4.8 percent of the total emissions linked with transportation and travel in this category, which included their daily commutes to and from campus. Depending on the emission factor chosen for electricity and district heating, the greenhouse gas emissions associated with energy varied. The effect of the two distinct emission factors for electricity and the two different emission factors for district heating on greenhouse gas emissions were evaluated. Depending on the emission variables utilized, the findings ranged from 4309 to 20,683 tonnes of CO<sub>2</sub>eq.

The second research question referred to see how the climatic effect will change as a result of the campus project. The current plan proposals for the areas, as well as a distribution of travel funding from 2017, were utilized as a basis for identifying how work trips to and from campus might alter. On the premise of these, a projected allocation of modes of transportation for work trips following the project “unified campus” was estimated. For the project “unified campus”, calculations based on expected projected allocation of modes of transportation revealed a decrease of 999 tonnes of CO<sub>2</sub>eq in work trips to and from campus. Furthermore, an appendix from the report start-up pre-project for “unified campus” at NTNU used as an aid. As applicable measures for the “unified campus” the appendix addressed environmentally ambitious development, solar cell manufacture, and a borehole-based seasonal heat storage system. The amount of emission reduction that NTNU Trondheim could achieve with these energy measures was determined. The amount of pollution reduced differed based on the emission factor for electricity and district heating.



Finally, it was evaluated how NTNU Trondheim's management system may be used to maximize the campus collection's climate benefits. It resulted in four primary areas that NTNU Trondheim's management system must focus on, based on a literature research, examination of the profit realization plan for the “unified campus” at NTNU, and usage of a framework for a sustainable campus produced by the undersigned. These are, respectively, profit realization systematics, management roles and duties, profit realization management system, goals and indicators, and profit realization utilization of campus.

The thesis demonstrates how the project “unified campus” at NTNU can be used to reduce carbon emissions related with work travels to and from campus by eliminating on-campus parking options. Through EnergiHUB at Gløshaugen, the project can also be used to minimize energy-related emissions by ensuring that affected buildings are built to an environmentally ambitious standard and promoting solar cell manufacture and energy efficiency. The project “unified campus”, on the other hand, has no significant impact on NTNU Trondheim's total emissions, according to the thesis. In order to achieve a significant reduction in the total emissions at NTNU Trondheim, measures are needed in areas that the project “unified campus” does not directly affect.

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>IX</b>
<b>TERMINOLOGI</b> .....	<b>X</b>
BEGREPER.....	X
FORKORTELSER .....	X
NOTASJON .....	XI
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>- 1 -</b>
1.1 BAKGRUNN .....	- 1 -
1.2 FORMÅL OG PROBLEMSTILLING .....	- 2 -
1.3 AVGRENSNINGER.....	- 2 -
1.4 OPPGAVENS STRUKTUR .....	- 2 -
<b>2. TEORETISK GRUNNLAG</b> .....	<b>- 4 -</b>
2.1 NTNU CAMPUSSAMLING .....	- 4 -
2.2 NTNUS MILJØAMBISJON .....	- 6 -
2.3 O – LCA.....	- 7 -
2.4 RAMMEVERK FOR BÆREKRAFTIG CAMPUS .....	- 9 -
2.5 ZEN OG ZEB.....	- 10 -
2.6 ENERGIEFFEKTIVISERING .....	- 12 -
2.7 NTNU CAMPUSSAMLING SITT PÅVIRKNINGSPOTENSIAL .....	- 14 -
<b>3. METODE</b> .....	<b>- 15 -</b>
3.1 VALGT METODE - DAGENS KLIMABELASTNING VED NTNU TRONDHEIM.....	- 15 -
3.2 VALGT METODE - ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM CAMPUSPROSJEKTET .....	- 20 -
3.2.1 <i>Arbeidsreiser til og fra campus</i> .....	- 20 -
3.2.2 <i>Energi</i> .....	- 22 -
3.3 VALGT METODE – BRUKEN AV NTNU TRONDHEIMS STYRINGSSYSTEM .....	- 23 -
3.4 VURDERING AV METODENE .....	- 24 -
<b>4. RESULTATER</b> .....	<b>- 26 -</b>
4.1 O-LCA – DAGENS SITUASJON .....	- 26 -
4.1.1 <i>Transport og reise</i> .....	- 29 -
4.1.2 <i>Energi</i> .....	- 31 -
4.1.3 <i>Kjøp og anskaffelse</i> .....	- 32 -
4.1.4 <i>Drift</i> .....	- 34 -
4.1.5 <i>Tjenester</i> .....	- 36 -
4.1.6 <i>Avfall</i> .....	- 37 -
4.1.7 <i>Personal</i> .....	- 37 -
4.1.8 <i>Andre kostnader</i> .....	- 38 -
4.2 ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM CAMPUSPROSJEKTET .....	- 38 -
4.2.1 <i>Arbeidsreiser til og fra campus</i> .....	- 38 -

4.2.2	<i>Energi</i>	- 46 -
4.2.3	<i>Oppsummering - utslippsreduksjon</i>	- 50 -
4.3	BRUKEN AV NTNU TRONDHEIMS STYRINGSSYSTEM	- 55 -
4.3.1	<i>NTNU Campussamlings Gevinstrealiseringsplan</i>	- 55 -
4.3.2	<i>Rammeverk for bærekraftig campus</i>	- 62 -
4.3.3	<i>Forskningsartikler</i>	- 63 -
<b>5.</b>	<b>DISKUSJON</b>	<b>- 67 -</b>
5.1	O-LCA	- 67 -
5.1.1	<i>Begrensninger og usikkerhet</i>	- 67 -
5.1.2	<i>Vurdering av scenarioer</i>	- 69 -
5.2	ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM CAMPUSPROSJEKTET	- 70 -
5.2.1	<i>Arbeidsreiser til og fra campus - begrensninger og usikkerhet</i>	- 70 -
5.2.2	<i>Energi - begrensninger og usikkerhet</i>	- 72 -
5.2.3	<i>Endring av klimabelastning gjennom samlokalisering av campus</i>	- 73 -
5.3	BRUKEN AV NTNU TRONDHEIMS STYRINGSSYSTEM	- 77 -
5.3.1	<i>Sammenligning av scenarioer</i>	- 77 -
<b>6.</b>	<b>KONKLUSJON</b>	<b>- 82 -</b>
6.1	VIDERE ARBEID	- 83 -
	<b>REFERANSER</b>	<b>- 84 -</b>
	<b>VEDLEGG</b>	<b>- 88 -</b>

## FIGURLISTE

FIGUR 1-1: OPPGAVENS STRUKTUR .....	- 3 -
FIGUR 2-1: CAMPUSINNRETNING FOR NTNU TRONDHEIM I 2017 (NILSSON, 2017, s. 4).....	- 4 -
FIGUR 2-2: CAMPUSINNRETNING FOR NTNU TRONDHEIM I 2030 (NILSSON, 2017, s. 6).....	- 5 -
FIGUR 2-3: ILLUSTRASJON AV FIRETRINNSMETODEN FOR LCA (GOLSTEIJN, 2020) .....	- 7 -
FIGUR 2-4: POTENSIELLE MÅL FOR EN ORGANISASJON (UNEP, 2015, s. 31).....	- 8 -
FIGUR 2-5: RAMMEVERK FOR BÆREKRAFTIG CAMPUS (SØRUMSHAGEN AND SÆTEREN, 2021, s. 37).....	- 9 -
FIGUR 2-6: ZEN - ULIKE AMBISJONSNIVÅ (SOLLI ET AL., 2018, s. 21) .....	- 11 -
FIGUR 2-7: KYOTO-PYRAMIDEN (ANDERSEN, 2008, s. 10) .....	- 13 -
FIGUR 2-8: KLIMABIDRAG FRA NTNU CAMPUSSAMLING, MED PÅVIRKNINGSPOTENSIAL TIL NTNU CAMPUSSAMLING STIPLER INN (NERSUND LARSEN, BORG AND TØNNESEN, 2018, s. 8) .....	- 14 -
FIGUR 3-1: ILLUSTRASJON SCOPE INNDELING (EMISOFT, 2021A).....	- 16 -
FIGUR 3-2: ANTALL ANSATTE OG STUDENTER VED DE ULIKE CAMPUSENE I 2017 (BIRGITTE NILSSON AND KARI S. NORDDAL, 2019, s. 21) ...- 21 -	
FIGUR 4-1: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSSCENARIO 1.....	- 26 -
FIGUR 4-2: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSSCENARIO 2.....	- 27 -
FIGUR 4-3: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSSCENARIO 3.....	- 27 -
FIGUR 4-4: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSSCENARIO 4.....	- 28 -
FIGUR 4-5: UTSLIPP TRANSPORT OG REISE .....	- 29 -
FIGUR 4-6: UTSLIPP ARBEIDSREISER (NTNU, 2017, s. 5) .....	- 30 -
FIGUR 4-7: UTSLIPP TRANSPORT OG REISE FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER.....	- 30 -
FIGUR 4-8: ENERGI - UTSLIPPSSCENARIO 1 .....	- 31 -
FIGUR 4-9: ENERGI - UTSLIPPSSCENARIO 2 .....	- 31 -
FIGUR 4-10: ENERGI - UTSLIPPSSCENARIO 3 .....	- 31 -
FIGUR 4-11: ENERGI - UTSLIPPSSCENARIO 4 .....	- 31 -
FIGUR 4-12: UTSLIPP ENERGI MED FORSKJELLIGE SCENARIOER .....	- 32 -
FIGUR 4-13: UTSLIPP KJØP OG ANSKAFFELSE .....	- 33 -
FIGUR 4-14: UTSLIPP KJØP OG ANSKAFFELSE FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER .....	- 34 -
FIGUR 4-15: UTSLIPP DRIFT .....	- 34 -
FIGUR 4-16: UTSLIPP DRIFT FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER.....	- 35 -
FIGUR 4-17: UTSLIPP TJENESTER.....	- 36 -
FIGUR 4-18: UTSLIPP TJENESTER FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER .....	- 37 -
FIGUR 4-19: UTSLIPP PERSONAL.....	- 38 -
FIGUR 4-20: PLANFORSLAG HESTHAGEN (ASPLAN VIAK AS, 2022B, s. 7).....	- 39 -
FIGUR 4-21: KART OVER PARKERINGSOMRÅDE D VED S.P.ANDERSEN VEG (NTNU, 2022) .....	- 40 -
FIGUR 4-22: PLANKART FREMTIDIG SITUASJON LERKENDAL/VALGRINDA (ASPLAN VIAK AS, 2022C) .....	- 40 -
FIGUR 4-23: EFFEKTBEHOV NYE CAMPUS GLØSHAUGEN (SOLLI ET AL., 2018, s. 36) .....	- 47 -
FIGUR 4-24: EFFEKTBEHOV NYE CAMPUS GLØSHAUGEN MED SESONGLAGER, VP OG PV (SOLLI ET AL., 2018, s. 36).....	- 47 -
FIGUR 4-25: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGIFORSYNINGSCENARIOER, SCENARIO 1.....	- 51 -
FIGUR 4-26: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGIFORSYNINGSCENARIOER, SCENARIO 2.....	- 52 -
FIGUR 4-27: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGIFORSYNINGSCENARIOER, SCENARIO 3.....	- 53 -
FIGUR 4-28: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGIFORSYNINGSCENARIOER, SCENARIO 4.....	- 53 -
FIGUR 4-29: KLIMAGASSUTSLIPP TRANSPORT OG REISE ETTER CAMPUSSAMLING .....	- 54 -
FIGUR 4-30: FASER I GEVINSTREALISERING (MENON ECONOMICS, 2021, s. 14) .....	- 55 -
FIGUR 4-31: ROLLER OG ANSVARSOMRÅDER UNDER PROSJEKTS PLANLEGGINGS- OG BYGGEFASE.....	- 57 -
FIGUR 4-32: ROLLER OG ANSVARSOMRÅDER I BRUKSFASEN ETTER FERDIGSTILLING AV PROSJEKT .....	- 58 -
FIGUR 4-33: RIKTIG INNRETNING OG GOD BRUK AV CAMPUS GIR STØRRE GEVINSTER (MENON ECONOMICS, 2021, s. 23).....	- 58 -
FIGUR 4-34: GJENSIDIGE PÅVIRKNINGEN MELLOM MENNESKER, INFRASTRUKTUR OG TEKNOLOGI (MENON ECONOMICS, 2021, s. 24) ..	- 59 -

FIGUR 4-35: MÅLINDIKATORER FOR NTNU CAMPUSSAMLING (MENON ECONOMICS, 2021, s. 27) .....	- 60 -
FIGUR 4-36: TRE GRUNNLEGGENDE SPØRSMÅL VED BRUK AV DEMINGS SIRKEL (BRUDVIK, 2010).....	- 62 -
FIGUR 4-37: MODELL FOR ET BÆREKRAFTIG UNIVERSITET MED STYRINGSPRINSIPPER (GRECU AND IPINA, 2014, s. 18) .....	- 63 -
FIGUR 4-38: PROSESS FOR FORBEDRET BÆREKRAFT (UMAR, 2020, s. 9) .....	- 66 -
FIGUR 5-1: FREMTIDIG UTSLIPP FRA ARBEIDSREISER - SENSITIVITET .....	- 71 -
FIGUR 5-2: TOTALTUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSSCENARIO 1.....	- 74 -
FIGUR 5-3: TOTALTUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSSCENARIO 2.....	- 74 -
FIGUR 5-4: TOTALTUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSSCENARIO 3.....	- 75 -
FIGUR 5-5: TOTALTUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSSCENARIO 4.....	- 75 -

## TABELLISTE

TABELL 2-1: FORKLARING PÅ ULIKE ZEB-DEFINISJONER (BYGGFORSK, 2017).....	- 11 -
TABELL 3-1: OVERSIKT OVER METODER .....	- 15 -
TABELL 3-2: OVERSIKT OVER SCOPES .....	- 15 -
TABELL 3-3: ESTIMERT ANTALL STUDENTER OG ANSATTE I OMRÅDET GLØSHAUGEN OG ELGESETER I 2022 .....	- 21 -
TABELL 3-4: OVERSIKT OVER FORSKNINGSARTIKLER .....	- 23 -
TABELL 4-1: REISEMIDDELFORDELING FOR ANSATTE DAGENS SITUASJON (BIRGITTE NILSSON AND KARI S. NORDDAL, 2019, s. 10) .....	- 41 -
TABELL 4-2: REISEMIDDELFORDELING FOR STUDENTER DAGENS SITUASJON (BIRGITTE NILSSON AND KARI S. NORDDAL, 2019, s. 10)...	- 41 -
TABELL 4-3: ESTIMERT ANTALL PARKERTE BILDER PR. DAG FOR DAGENS SITUASJON.....	- 42 -
TABELL 4-4: ANTALL HC-PARKERINGER ETTER CAMPUSSAMLINGEN .....	- 42 -
TABELL 4-5: BEREGNET ANDEL BILER VED CAMPUS ETTER CAMPUSSAMLINGEN .....	- 43 -
TABELL 4-6: ESTIMERT FREMTIDIG REISEMIDDELFORDELING FOR STUDENTER.....	- 43 -
TABELL 4-7: ESTIMERT FREMTIDIG REISEMIDDELFORDELING FOR ANSATTE .....	- 44 -
TABELL 4-8: SIMULERT TOTALT ENERGIFORBRUK FOR NYBYGG OG REHABILITERTE BYGG, SAMT REDUKSJON FRA TEK17 (SOLLI <i>ET AL.</i> , 2018, s. 34) .....	- 46 -
TABELL 4-9: SIMULERT ENERGIPRODUKSJON FRA SOLCELLER (SOLLI <i>ET AL.</i> , 2018, s. 34) .....	- 46 -
TABELL 4-10: DEKNINGSGRAD ENERGI (STRØM OG VARME) I PROSENT MED BASIS I ULIKE SYSTEMGRENSER (SOLLI <i>ET AL.</i> , 2018, s. 37) -	- 48 -
TABELL 4-11: UTSLIPPSFAKTOR SCENARIOER FOR UTSLIPPSREDUKSJON ENERGI .....	- 50 -

## TERMINOLOGI

### BEGREPER

Klimafotavtrykk	Total mengde klimagasser, både direkte og indirekte, som blir sluppet ut på grunn av menneskelig aktivitet. Ofte uttrykt som tonn CO <sub>2</sub> ekvivalenter
Akademia	Brukes om det kulturelle og vitenskapelige fellesskapet innen høyere utdanning og forskning
Inventaranalyse	Samle inn spesifikk miljødata for delene av systemet som er relevant i henhold til oppgavens formål
Hotspots	Områder organisasjonen kan fokusere ekstra på med tanke på miljøinnsats
Input-output-analyse	Et analytisk verktøy for økonomiske transaksjoner
Spillvarme	Overskuddsvarme
EnergiHUB	Et borehullsbasert sesonglager for varme
CO <sub>2</sub> -ekvivalent	Den effekten en oppgitt mengde CO <sub>2</sub> har på den globale oppvarmingen over en bestemt tidsperiode

### FORKORTELSER

NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
FN	Forente nasjoner
O-LCA	Organisatorisk livssyklusanalyse
LCA	Livssyklusanalyse
ZEN	Zero Emission Neighbourhoods
ZEB	Zero Emission Buildings
NOK	Norske kroner
RVU	Reisevaneundersøkelse

GHG	Greenhouse gas
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
HC	Handicap
MC	Motorsykkel

## NOTASJON

%	prosent
m <sup>2</sup>	Kvadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikkmeter
g	gram
kg	kilo
km	kilometer
CO <sub>2</sub>	Karbondioksid
kWh	Kilowattimer
MWh	Megawattimer
GWh	Gigawattimer
Ws	Wattsekund
MJ	MegaJoule

## 1. INNLEDNING

Denne oppgaven tar for seg hvordan klimafotavtrykket til NTNU Trondheim kan reduseres gjennom prosjektet NTNU Campussamling. NTNU Campussamling er ett av fem prosjekter i campusutviklingen ved NTNU Trondheim. Prosjektet er lokalisert rundt området Gløshaugen, og er oppdelt i fem delområder. Delområdene campusprosjektet er oppdelt i er Gløshaugen, Lerkendal, Valgrinda, Høgskoleveien/Grensen og Elgeseter/Hesthagen (Statsbygg and NTNU, 2022). Campusprosjektet er fortsatt i planleggingsfasen, og det er per dags dato tilknyttet en del usikkerhet rundt omfanget av prosjektet.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven har det kommet ny informasjon om mulige endringer i planene rundt prosjektet NTNU Campussamling på grunn av kutt i kostnadsrammen til prosjektet. Det har ikke blitt tatt hensyn til endringene gjennom arbeidet med oppgaven, og av den grunn forholder oppgaven seg til de foreløpige forslagene som er utgitt i prosjektet for å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene.

### 1.1 BAKGRUNN

Global oppvarming er et økende problem og gjennomsnittstemperaturen på jorda er høyere enn noen gang. Hvert av de siste tiårene har oppvarmingen vært kraftigere og raskere enn det forrige, og den største effekten ser man spesielt på Arktis hvor snøen og isen smelter. At klimaet på jorda har endret seg over tid vet man fordi det blir gjort regelmessige målinger av for eksempel temperatur og pH-verdi i havet. Klimaendringene vil fortsette å endre seg i årene som kommer hvis man ikke gjør noe med det (FN Sambandet, 2021).

I forbindelse med det økende problemet rundt klimaendringene ble Paris-avtalen vedtatt i 2015. Paris-avtalen er en internasjonal klimaavtale som skal sørge for at verdens land jobber for å begrense klimaendringene. Målet med Paris-avtalen er å begrense den globale oppvarmingen til maks 2 grader, og helst ned mot 1,5 grader. Alle land som har blitt med på avtalen forplikter seg til å sette seg konkrete utslippsmål (FN Sambandet, 2020). I 2016 ble Norge en del av avtalen, og satte seg mål om å redusere klimagassutslippene med 50% innen 2030 (Miljødepartementet, 2021).

Som følge av at Norge med ble i Paris-avtalen har NTNU satt i gang tiltak for å være med å bidra til at klimagassutslippene reduseres. Ettersom NTNU er en stor organisasjon som disponerer store arealer med kompleks virksomhet, ønsker de å være et foregangsuniversitet med mål om å påvirke miljøet i minst mulig grad. NTNU kan være med på å vise hva som er mulig på områder de har en spesiell fordel, med FN bærekraftsmål som et viktig verktøy. Med det pågående campusprosjektet har NTNU en mulighet til å vise hva som er mulig med tanke på reduksjon av klimagassutslipp. Campusprosjektet er et stort



utbyggingsprosjekt, og det kan gjøres mange tiltak i forbindelse med utbygging og miljøvennlige løsninger (NTNU, 2020).

## 1.2 FORMÅL OG PROBLEMSTILLING

Som nevnt tidligere er campusprosjektet et pågående prosjekt, og det er blitt sett på ulike løsninger for hvordan de forskjellige campusene i Trondheim kan samles til en felles campus rundt Gløshaugen området med tanke på utbygging og miljøvennlige løsninger. Med utgangspunkt i dette er formålet med oppgaven å se på hvordan NTNU Trondheim kan redusere sitt klimafotavtrykk ved å gjennomføre en samlokalisering av campus. Problemstillingen i oppgaven er derfor følgende:

**«Hvordan kan prosjektet NTNU Campussamling brukes for å redusere NTNU Trondheims klimagassutslipp?»**

For å svare på problemstillingen i oppgaven blir følgende forskningsspørsmålene formulert:

- Hva er dagens klimabelastning ved NTNU Trondheim?
- Hvordan vil klimabelastningen endres gjennom campusprosjektet?
- Hvordan kan NTNU Trondheims styringssystem brukes for å få ut denne gevinsten?

## 1.3 AVGRENSNINGER

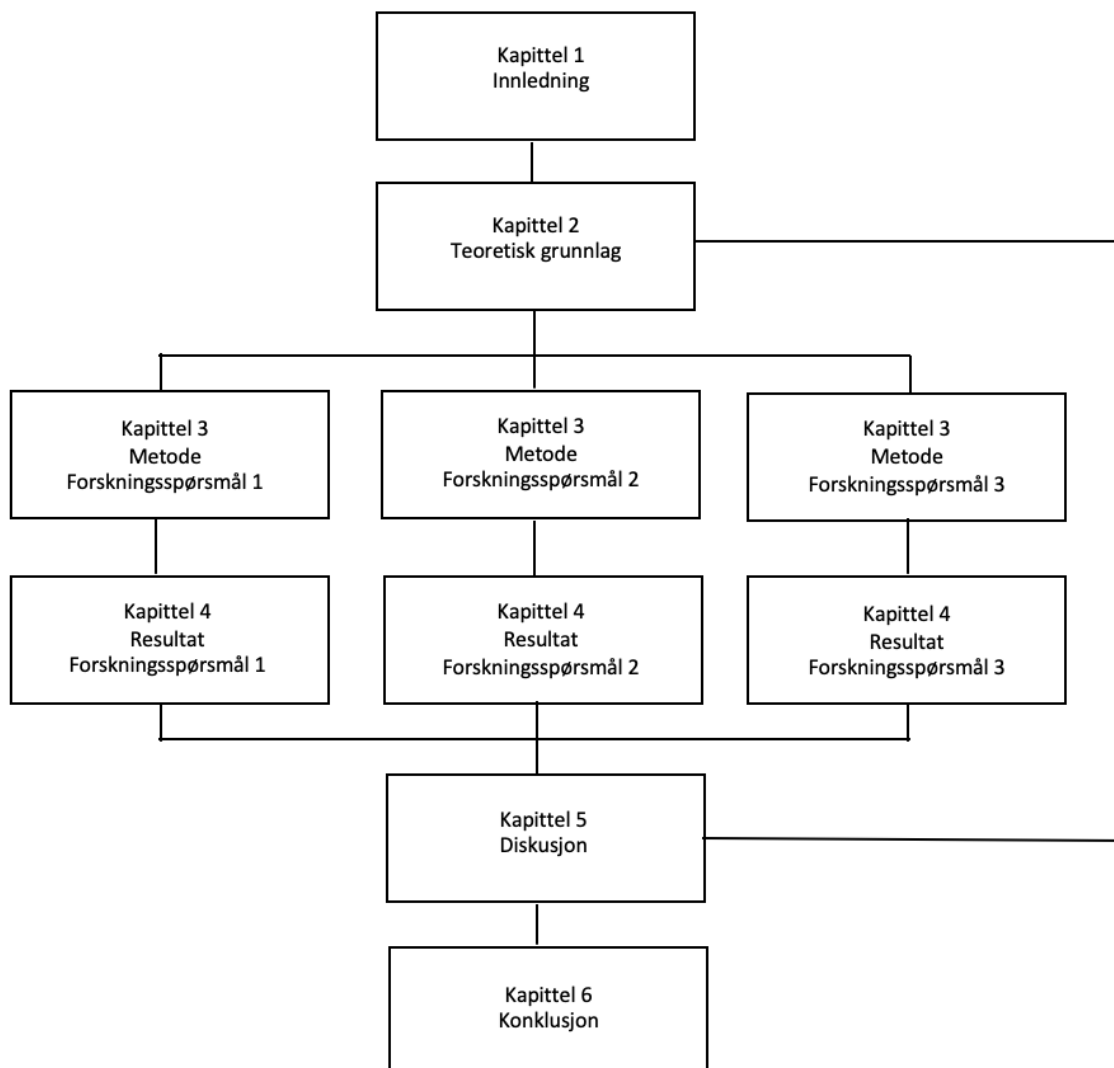
For å begrense oppgavens omfang har vi valgt å gjøre noen avgrensninger.

- For å gjennomføre oppgaven har vi vært svært avhengig av data. Innenfor enkelte områder har datakvaliteten og tilgangen på data vært begrenset. For å kunne gjennomføre oppgaven innenfor tidsfristen har vi derfor blitt tvunget til å ta valg på når dataen har vært god nok.
- Når vi skal se på hvordan klimabelastningen endres gjennom prosjektet NTNU Campussamling ser vi kun på energi og transport. Dette er fordi det er disse to områdene campussamlingen kan påvirke direkte.
- I resultatdelen for NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan forklarer vi ikke spesifikt hva hovedindikatorene og støtteindikatorene innebærer for å begrense størrelsen på oppgaven.

## 1.4 OPPGAVENS STRUKTUR

Oppgaven er inndelt i seks kapitler, illustrert på figur 1-1. I den første delen av oppgaven blir det teoretiske grunnlaget presentert, og inneholder teori om campussamlingen, NTNUs miljøambisjon, O-LCA, rammeverk for bærekraftig campus, ZEN og ZEB, energieffektivisering og NTNU Campussamling sitt påvirkningspotensial. Denne bakgrunnsinformasjonen er nødvendig for å forstå hva vi har kommet frem til

i diskusjonsdelen. Kapittel 3 er den neste delen av oppgaven og tar for seg hvilke metoder vi har brukt for å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Oppgaven krevde at vi måtte bruke tre ulike metoder for å svare på hvert enkelt forskningsspørsmål, noe figur 1-1 illustrerer. Hoveddelen av oppgaven består av tre resultatdeler som er basert på problemstillingen og forskningsspørsmålene, samt en diskusjonsdel der vi diskuterer hva vi har kommet frem til i resultatdelen i kapittel 4. Siste delen av oppgaven er en konklusjon der vi svarer på oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål basert på arbeidet som er utført gjennom masteroppgaven.



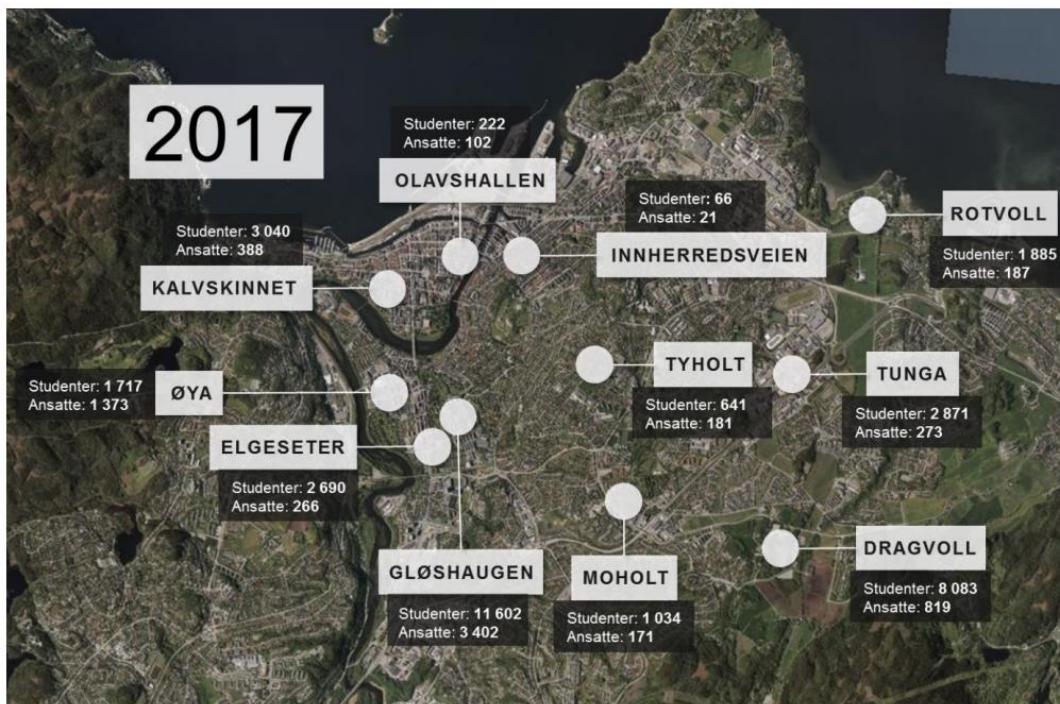
FIGUR 1-1: OPPGAVENS STRUKTUR

## 2. TEORETISK GRUNNLAG

I dette kapitelet blir det teoretiske grunnlaget for oppgaven presentert. Det består av teori om campussamlingen, NTNUs miljøambisjon, O-LCA, rammeverk for bærekraftig campus, ZEN og ZEB, energieffektivisering og NTNU Campussamling sitt påvirkningspotensial.

### 2.1 NTNU CAMPUSSAMLING

NTNU Campussamling er et stort prosjekt som omhandler at fagmiljøer som er lokalisert i Midtbyen og Dragvoll skal samles til et område rundt Gløshaugen. I dette prosjektet skal det bygges inntil 137 000 m<sup>2</sup> med nybygg og ombygg, og planen er at den nye campus skal stå ferdig i 2030 (Menon Economics, 2021, s. 8–9). Prosjektutviklingen og gjennomføringen av prosjektet er det Statsbygg som har ansvaret for, og prosjektet er et statlig utbyggingsprosjekt som finansieres over statsbudsjettet. Kostnadsrammen for prosjektet NTNU Campussamling er satt til 11,9 milliarder NOK, i henhold til regjeringens forslag til Statsbudsjett 2022 (NTNU, 2018). Campusinnetningen for 2017 vises på figur 2-1, og campusinnetning etter at prosjektet er gjennomført i 2030 vises på figur 2-2.



FIGUR 2-1: CAMPUSINNRETNING FOR NTNU TRONDHEIM I 2017 (NILSSON, 2017, S. 4)



FIGUR 2-2: CAMPUSINNETNING FOR NTNU TRONDHEIM I 2030 (NILSSON, 2017, S. 6)

Studenter og ansatte fra fagmiljøer som kunst, musikk, humaniora og samfunnsvitenskap, og administrasjon skal fra 2017 til 2030 flyttes til området rundt Gløshaugen.

Begrunnelsen for at man ønsker å samle de ulike fagmiljøene fra NTNU på et sted i Trondheim er fordi man ønsker å hente ut synergier mellom de ulike fagmiljøene. Det betyr at ved å samle fagmiljøene får man større og bedre resultater i motsetning til at fagmiljøene er spredt på ulike lokasjoner. Dette vil resultere i at de ulike fagmiljøene jobber tettere sammen for å løse utfordringene de står ovenfor. Gjennom en god fysisk infrastruktur, gode møteplasser, fremtidsrettede rom for læring og arbeid, og ved å realisere campus som en utviklingsarena og laboratorium skal de fysiske rammene gi bedre vilkår for undervisning, forskning, kunst, innovasjon og formidling på et høyt internasjonalt nivå.

For å lykkes med NTNUs faglige ambisjoner og videreutvikle universitetet i en positiv retning er campussamlingen et viktig verktøy. Campussamlingen vil bidra til å bedre kommunikasjonen mellom studenter, mellom studenter og forskere, og mellom næringsliv, akademia og lokalsamfunnet. Med det kan man si at campussamlingen er et prosjekt som ønsker å utvikle organisasjonen, og ikke kun et utbyggingsprosjekt (Menon Economics, 2021, s. 8–9).

## 2.2 NTNUS MILJØAMBISJON

NTNUs miljøambisjon/miljøutviklingsplan og miljømål er utviklet i samarbeid med eiendomsavdelingen, innkjøpsseksjonen, driftsavdelingen og fagpersoner ved NTNU, og gjelder for perioden 2020-2030. Der hvor NTNU har størst miljøpåvirkning og der det er størst potensial til forbedring er utpekt som satsingsområdene på NTNU (NTNU Eiendomsforvaltning, 2012). NTNU har laget seg et overordnet miljømål, og det lyder som følge:

*«NTNU skal være et foregangsuniversitet som benytter kunnskap fra forskningen i egen praksis for å sikre en gjennomgående miljøforsvarlig virksomhet. Dette medfører at vi skal ha full oversikt over hvor stor miljøpåvirkning virksomheten har, og synliggjøre dette ovenfor ansatte, studenter og omverden. NTNU skal til enhver tid har klare mål for hvordan miljøpåvirkningen skal reduseres» (NTNU Eiendomsforvaltning, 2012, s. 1).*

For at det overordnede miljømålet skal nås er det laget ulike delmål, og miljøutviklingsplanen viser til dette. Det er laget delmål for energiforbruk, avfall og gjenbruk, innkjøp, reise/transport, campussamling og biologisk mangfold (NTNU, 2020), og de er:

- **Energiforbruk.**
  - Innen 2030 skal NTNU redusere eget energiforbruk med minimum 50% per årsverk sammenliknet med 2019.
- **Avfallsmengder.**
  - NTNU skal redusere avfallsmengden med 25% per årsverk i forhold til 2019-nivå og samtidig øke utsorteringsprosenten til materialgjenvinning til minimum 65% innen 2030.
- **Innkjøp.**
  - NTNU skal sikre at anskaffelsesprosessen tar hensyn til behov for bærekraftskriterier og innkjøp.
  - NTNU skal redusere klimafotavtrykket sitt fra innkjøp ved å redusere innkjøpsmengde, stille miljøkrav i alle anskaffelser og vekte miljøkrav med minimum 30% på områder det er naturlig å gjøre det.
- **Transport.**
  - NTNU skal innen 2030 redusere sine CO<sub>2</sub>-utslipp med 50% per årsverk fra reiser sammenliknet med 2019.
- **Campussamling.**
  - NTNU skal utvikle samlede, fremtidsrettede campuser som kan bli en inspirasjon for fremtidige offentlige utbygginger i Norge.

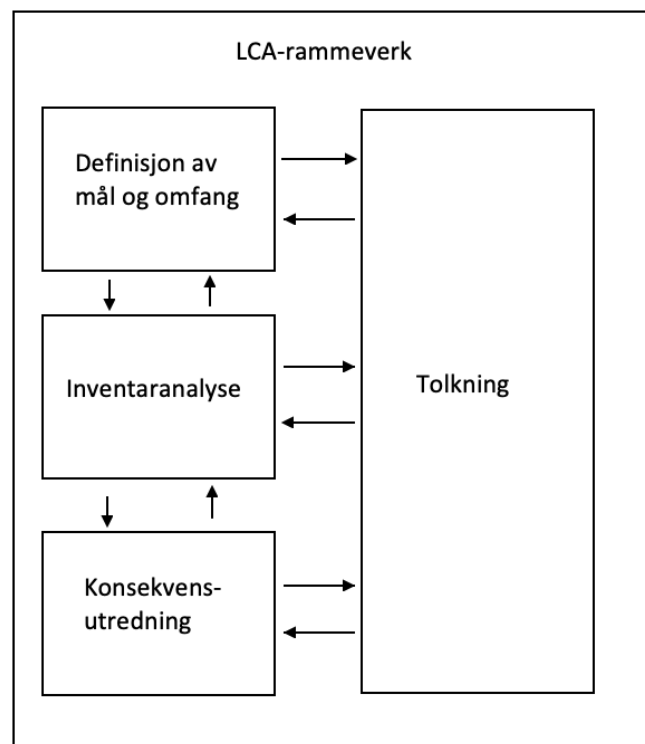
- **Biologisk mangfold.**

- NTNU skal prioritere tilrettelegging for økt biologisk mangfold på campus i skjøtsel og utforming av beplantning og uteområder.

Miljøutviklingsplanen henviser også til rapportering, organisering, miljøledelse og kommunikasjon som NTNU må jobbe med. Det går ut på at NTNU må bli bedre på miljøstyring, spesielt med organisering og rapportering på miljøområdet. Når en ny miljøutviklingsplan blir vedtatt, må de oppdatere eksisterende system i henhold til nye mål og fokusområder (NTNU, 2020).

### 2.3 O – LCA

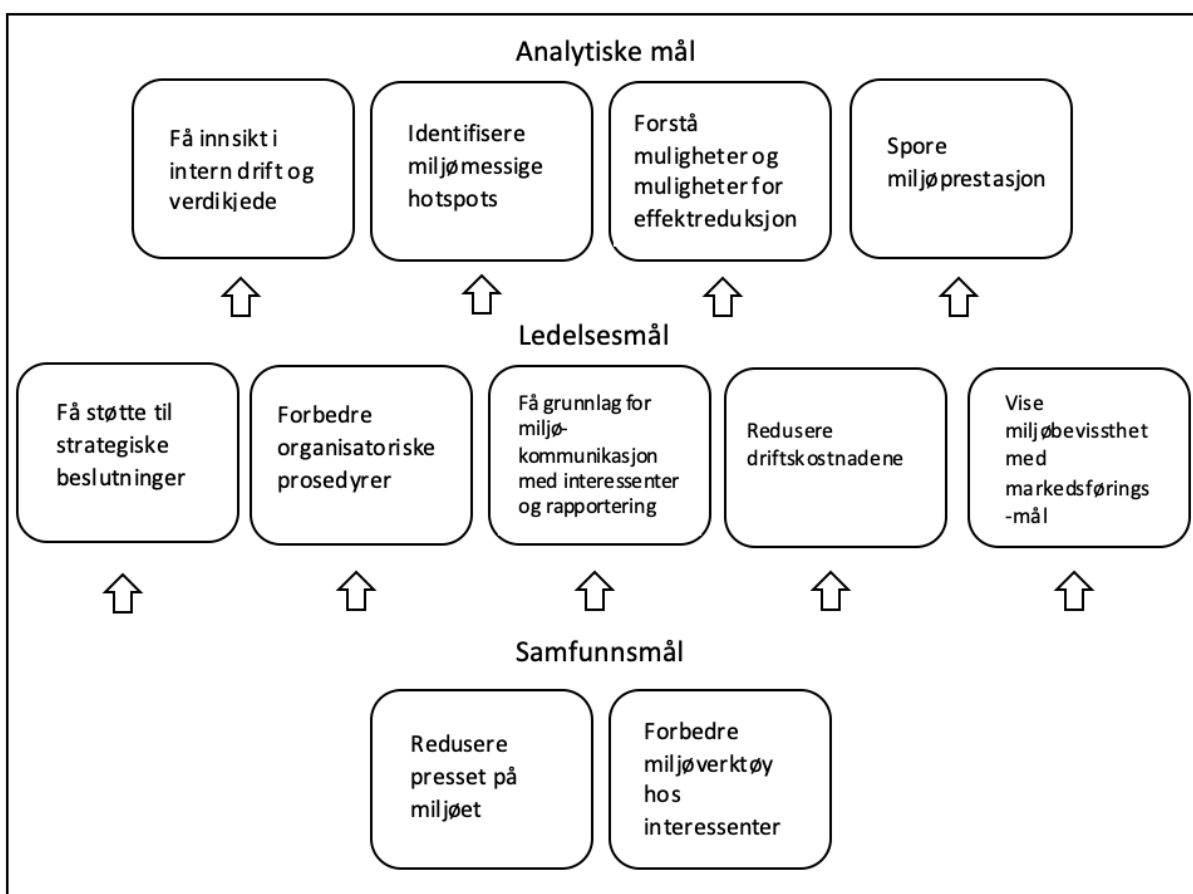
I henhold til ISO/TS 14072 er organisatorisk livssyklusanalyse (O-LCA) en konstellasjon og evaluering av input, output og potensielle miljøpåvirkninger i organisasjonens aktiviteter som brukes i et livssyklusperspektiv. O-LCA har som mål å identifisere og kvantifisere miljøaspektene i og utenfor organisasjonen. I organisasjonsporteføljen finnes det gjerne mer enn et produkt, og derfor vurderes alle tjenester og varer levert av organisasjonen samtidig (UNEP, 2015). I likhet med LCA, følger O-LCA en firetrinns metode, se figur 2-3. Trinn én går ut på at man skal ha en klar definisjon av mål og omfang, i trinn to gjennomfører man en inventaranalyse av uttak og utslipp, i trinn tre gjennomfører man en livssyklus konsekvensvurdering der man klassifiserer miljøpåvirkningene etter hva som er viktigst for sin bedrift, og i trinn fire kontrollerer man om konklusjonene sine er godt underbygget (Golsteijn, 2020).



FIGUR 2-3: ILLUSTRASJON AV FIRETRINNSMETODEN FOR LCA (GOLSTEIJN, 2020)

Når du gjennomfører en O-LCA vurderer man miljøprestasjonen til hele verdikjeden i organisasjonen, samt verdikjeden til leverandøren. I en O-LCA må alle direkte og indirekte utslipp regnskapsføres, og fordeles hensiktsmessig. Når organisasjonen har fått resultatet av en O-LCA vil den vise organisasjonens miljøpåvirkning, og vise områder (hotspots) som organisasjonen kan fokusere ekstra på med tanke på miljøinnsatsen. Hver organisasjon er unik både i strukturen og verdikjeden, og derfor skal man ikke sammenligne O-LCA mellom organisasjoner. Hvis organisasjonen gjør hensiktsmessige endringer kan resultatene brukes til å måle ytelsen over årsbasis.

En O-LCA vil gi organisasjonen flere muligheter. De ulike mulighetene kan ordnes i tre grupper med tilhørende mål, som vist på figur 2-4, og det er analytiske mål, ledelsesmål og samfunns mål (UNEP, 2015).



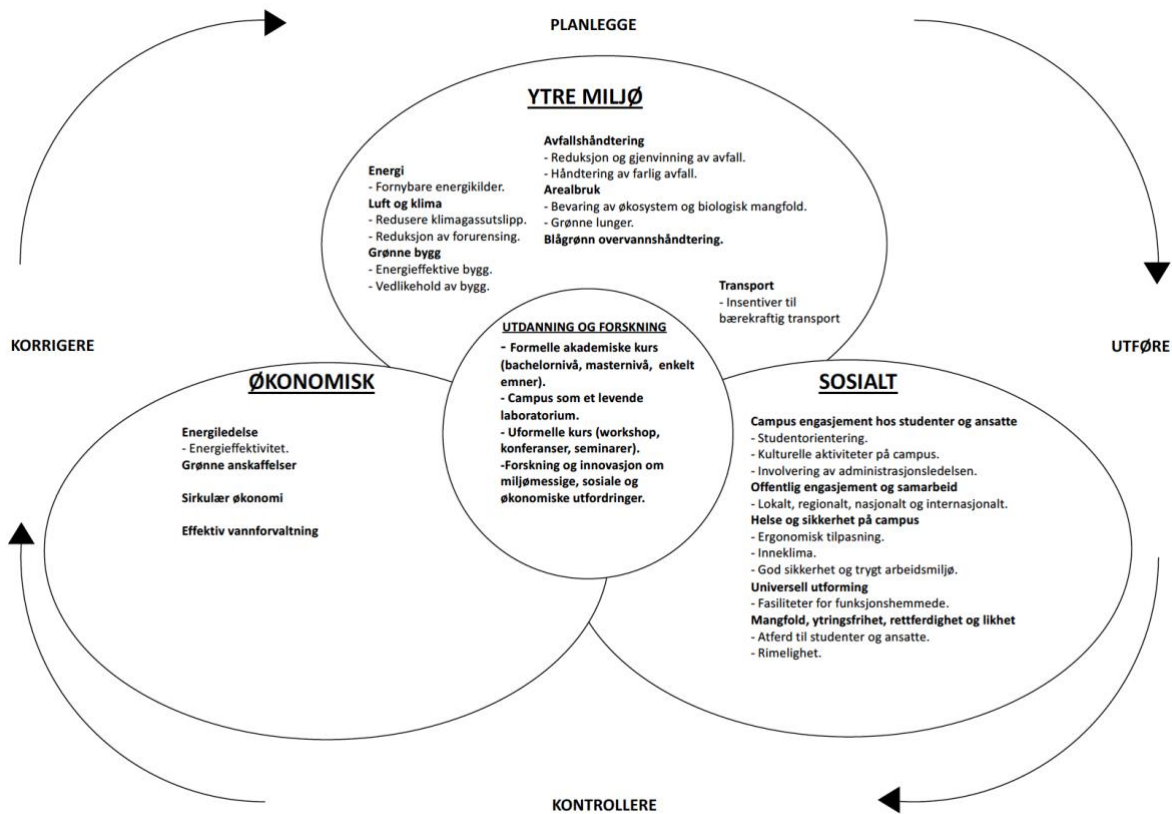
FIGUR 2-4: POTENSIELLE MÅL FOR EN ORGANISASJON (UNEP, 2015, s. 31)

Tilnærmingen en O-LCA har er forskjellig fra en produkt-LCA. Det er fordi at produkt-LCA har en «*bottom-up*» tilnærming, hvor det må samles inn informasjon fra alle prosesser knyttet til det produktet du vurderer. Mens en O-LCA har en mer «*top-down*» tilnærming, fordi den er avhengig av en mer miljømessig utvidet input-output-analyse. Man kan si at en produkt-LCA med en «*bottom-up*» tilnærming tar mye tid, er detaljert og blir veldig begrenset, mens en O-LCA med en «*top-down*» tilnærming gir muligheten for en mer komplett og bedre oversikt over verdikjeden (UNEP, 2015).

For å få mer nøyaktig utslippsdata for organisasjonen gjennom en O-LCA, kan man kombinere den mer komplette tilnærmingen av «top-down» med den mer nøyaktige tilnærmingen «bottom-up». Ved å kombinere de to datakildene i en databasetilnærming, vil man få de nødvendige detaljene i prosessmodelleringen samtidig som det blir mulig å unngå dataavvik (Weidema, 2021). Med det kan man si at ved en kombinasjon av metodene får man den mest nøyaktige O-LCA.

## 2.4 RAMMEVERK FOR BÆREKRAFTIG CAMPUS

Rammeverket på figur 2-5 er hentet fra forprosjektet til denne oppgaven gjort av undertegnende høsten 2021, og blir brukt til å svare på hvordan prosjektet NTNU Campussamling kan realisere gevinstene.



FIGUR 2-5: RAMMEVERK FOR BÆREKRAFTIG CAMPUS (SØRUMSHAGEN AND SÆTEREN, 2021, S. 37)

Rammeverket er delt inn i de fire dimensjonene utdanning og forskning, ytre miljø, sosialt og økonomisk. Rammeverket illustrerer at for å oppnå bærekraft ved en campus må dimensjonene henge sammen. Dette betyr at hvis man skal sette inn tiltak eller gjøre forbedringer i en av dimensjonene, må ikke dette gå på bekostning av de andre dimensjonene i rammeverket. Dimensjonene i rammeverket inneholder også ulike temaer, som er vesentlige for at man skal kunne oppnå en bærekraftig campus. Basert på hva formålet med temaene er, kan noen av temaene gå igjen i mer enn kun en dimensjon. Et eksempel på nettopp dette kan



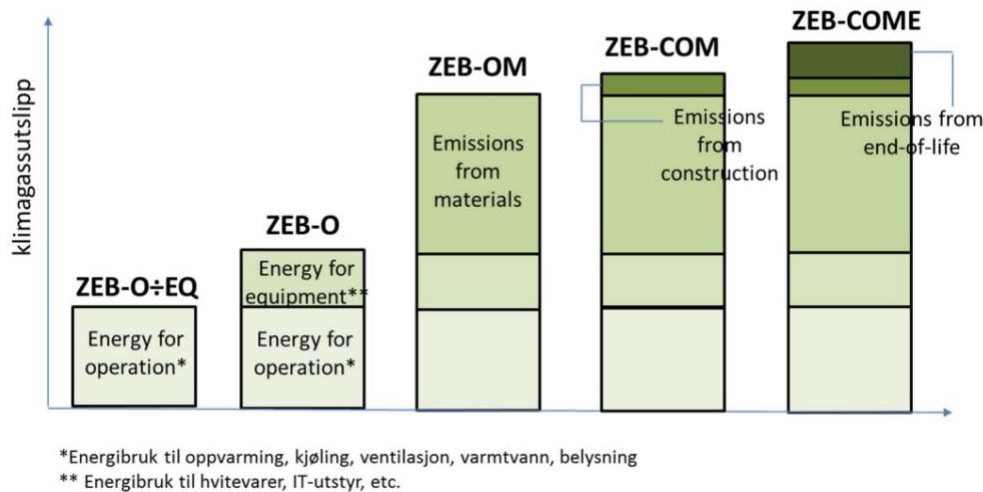
være temaet «sirkulær økonomi», fordi den både kan plasseres i den økonomiske dimensjonen og dimensjonen som omhandler ytre miljø. Hvis målet er å spare penger ved å gjenbruke ressurser i stedet for å kjøpe nytt plasseres den i den økonomiske dimensjonen, men hvis målet er mindre bruk av naturressurser plasseres den i ytre miljø dimensjonen. Uansett hva hensikten med tiltaket er, så vil det bidra positivt i begge dimensjonene.

Dimensjonen utdanning og forskning er selve kjernen i rammeverket. Hovedmålet til universiteter rundt om i verden er å forske på ulike temaer og gi høyere utdanning basert på denne forskningen. Av denne grunn vil universiteter bidra til å utvikle samfunnet vårt, og bidra i hver av dimensjonene med sin posisjon og kompetanse. Det er derfor dimensjonen utdanning og forskning er plassert i midten av rammeverket. Eksempelvis vil utdanning og forskning innen fornybar energi bidra i dimensjonen ytre miljø, mens utdanning og forskning innen hvordan man skal oppnå mindre ulikhet vil bidra i dimensjonen sosialt.

Rammeverket baserer seg på kontinuerlig forbedring, og er derfor koblet til et miljøstyringssystem. Det er viktig at ledelsen på universitetet gjennomfører en regelmessig og systematisk prosess hvor de er forpliktet til å jobbe med å fremme bærekraft. Demings sirkel er benyttet i rammeverket vårt, og skal bidra til å oppnå en systematisk prosess med kontinuerlig arbeid. For å overvåke og analysere effekten av ulike bærekraftsinitiativer er det essensielt at det blir kartlagt metoder, og de ulike temaene i rammeverket må derfor operasjonaliseres til målbare indikatorer (Sørumshagen and Sæteren, 2021, s. 36–37).

## 2.5 ZEN OG ZEB

ZEN står for «Zero Emission Neighbourhoods», og har som formål å utvikle bærekraftige områder uten klimagassutslipp i sitt livsløp (SINTEF, 2019). ZEB står for «Zero Emission Buildings», og fokuserer på bærekraftige enkeltbygg uten klimagassutslipp knyttet til drift, produksjon og avhending (SINTEF, 2014). ZEN er en etterfølger av ZEB hvor systemgrensene er utvidet fra bygg til område, og fra klimagasser til flere ulike kategorier (effekt, økonomi, innovasjon, energi, mobilitet og stedskvaliteter). For at et bygg skal oppnå nullutslipp over levetid, må det gjennom eksport av fornybar energi og egenproduksjon, erstatte alternativ produksjon av energi og føre dette som negative klimagassutslipp. ZEN og ZEB angir forskjellige systemgrenser for nullutslipp etter hvor stor andel av området/byggets totale klimafotavtrykk som kan gå i null eller lavere, når det regnes inn i den antatte substitusjonseffekten fra egenprodusert energi (Solli *et al.*, 2018).



FIGUR 2-6: ZEN - ULIKE AMBISJONSNIVÅ (SOLLI ET AL., 2018, S. 21)

På figur 2-6 er det illustrert definisjoner av nullutslippsbygg med ulike ambisjonsnivå, der endret disponering av landareal (ZEB-COME), energibruk i drift av bygget (ZEB-O÷EQ og ZEB-O), energibruk til bygging av både bygg og uteområder (ZEB-COM), og utslipp fra materialer (ZEB-OM) er inkludert. Ved et prosjekt burde det tas standpunkt til hvilke av definisjonene som skal legges til grunn, fordi inkluderer man flere av søylene må den fornybare energiproduksjonen på bygget og tomten være større (Solli *et al.*, 2018). I tabell 2-1 vil hver enkelt definisjon bli forklart nærmere, hvor forklaringen er direkte sitert fra Byggforsk (Byggforsk, 2017).

TABELL 2-1: FORKLARING PÅ ULIKE ZEB-DEFINISJONER (BYGGFORSK, 2017)

Definisjon	Forklaring
ZEB-O÷EQ	Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra energibruk i drift (O) av bygningen, med unntak av elektrisk utstyr (EQ).
ZEB-O	Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra energibruk i drift (O) av bygningen.
ZEB-OM	Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra energibruk i drift av bygningen (O) og produksjon av byggematerialer (M) gjennom hele bygningens livsløp.
ZEB-COM	Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslipp fra bygging (C), energibruk i drift av bygningen (O) og produksjon av byggematerialer (M) gjennom hele bygningens livsløp.
ZEB-COME	Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslipp fra bygging (C), energibruk i drift av bygningen (O), produksjon av byggematerialer (M) og avhending (E) av byggematerialer gjennom hele bygningens livsløp.

## 2.6 ENERGIEFFEKTIVISERING

Med effekt, menes tilført energi dividert med den tiden energien blir tilført. Effekt måles i Watt [W] og er det samme som Joule [J] per sekund [s]. Effekten til for eksempel en generator multiplisert med tiden den virker, er arbeidet en generator utfører. Det er dette som er grunnlaget for den mye brukte tekniske enheten kilowatttime.  $1 kWh = 1000 W * 3600 s = 3,6 * 10^6 Ws = 3,6 MJ$  (Myhre, 2015).

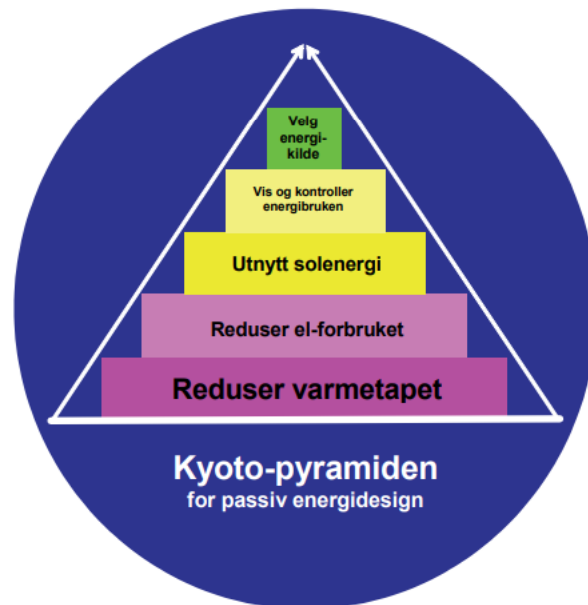
En effekttopp oppstår når det brukes mye energi på kort tid. Strømnettet er dimensjonert etter den momentane høyeste etterspørselen etter effekt, altså effekttoppen (Maria Bakke and Lill Paulen, 2016). Energieffektivisering vil si å gjennomføre tiltak slik at man bruker mindre energi på å løse en oppgave. På denne måten får man en effektutjevning og reduksjon av effekttoppene.

Det finnes flere gevinster ved å effektivisere energibruken, og blant disse er mindre utbygging av kraftnettet. Dersom forbruket fortsetter med samme utvikling som i dag, vil det koste ca. 140 milliarder NOK å oppgradere kraftnettet frem mot 2027 for å håndtere påfølgende etterspørsel. En utbygging i dette omfanget vil ha stor påvirkning på naturområder, samtidig som det vil slippes ut store mengder klimagasser under arbeidet (Maria Bakke and Lill Paulen, 2016). Energieffektivisering vil også muliggjøre en større andel fornybar energi. Fornybare energikilder som for eksempel sol og vind er ikke like fleksible når det kommer til produksjon, og de kan derfor ikke like enkelt brukes for å dekke effekttoppene. Reduserer man effekttoppene vil det være enklere å bruke de mindre fleksible energikildene. Samtidig vil energieffektiverende tiltak bidra til at energiforbruket stabiliseres eller reduseres, noe som fører til mindre utslipp av klimagasser (Sveen Olsen, 2018).

Bygg som forsynes av vannbåren varme har også flere gevinster av å effektivisere energibruken sin. Fjernvarmesystemet må, slik som kraftnettet, dimensjoneres etter effekttoppene. Ved å jevne ut effekttoppene vil derfor behovet for store systemer avta. Varmebehovet til bygg består av behov for romoppvarming og tappevann. Disse behovene varierer med tiden, noe som vil si at påkjenningen i fjernvarmesystemet varierer. Disse variasjonene påvirker driften til fjernvarmeanleggene. Når varmebehovet er størst, som ofte er på vinteren, oppstår effekttoppene. Fjernvarmeanleggene må derfor ofte bruke brensler som har høy utslippsfaktor for å kompensere disse effekttoppene. Disse brenslene er ofte fossile brensler som olje og gass. Utjevning av effekttoppene vil derfor bidra til at behovet for å bruke fossile brensler som brensler vil minke (Sveen Olsen, 2018).

Et nyttig verktøy man kan bruke for energieffektivisering er Kyoto-pyramiden, se figur 2-7. Denne pyramiden angir i hvilken rekkefølge man bør tenke for å effektivisere energibruken til et bygg. Først bør man redusere bygningens energibehov. Den mest miljøvennlige energien er den som ikke blir brukt. Dette innebærer en solid og godt isolert klimaskjerm og ventilasjon med varmegjenvinning. Deretter skal man

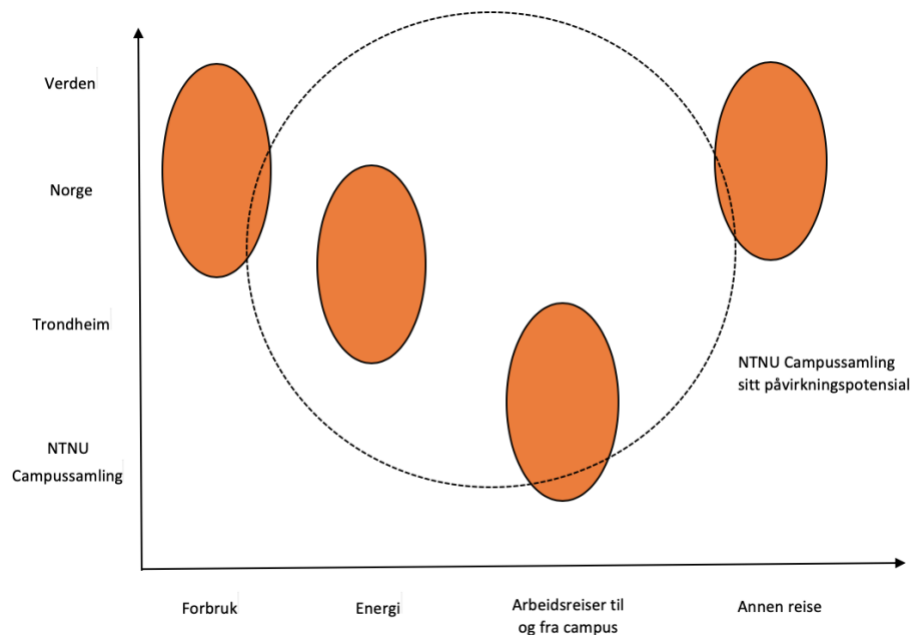
effektivisere elektrisitetsforbruket. Dette kan man gjøre ved å benytte energieffektive hvitevarer og belysning. Det tredje stadiet er utnyttelse av solenergien. Dette kan gjøres passivt ved å ha flest vinduer mot solrik orientering, og det kan gjøres aktivt ved bruk av solceller eller solfangere. Deretter bør energibruken synliggjøres. Selv om bygget produserer mer energi enn det bruker, kommer det helt an på brukeren om dette blir en realitet. Til slutt bør man velge fornybare energikilder (Andersen, 2008) (Schmidt Overøye, 2012).



FIGUR 2-7: KYOTO-PYRAMIDEN (ANDERSEN, 2008, S. 10)

## 2.7 NTNU CAMPUSSAMLING SITT PÅVIRKNINGSPOTENSIAL

I dagens samfunn er det et økende fokus på å redusere den globale oppvarmingen og klimaendringene. For å se på hvordan prosjektet NTNU Campussamling kan være med å redusere og påvirke klimagassutslippene globalt og lokalt er det på figur 2-8 illustrert en oversikt over dette.



**FIGUR 2-8: KLIMABIDRAG FRA NTNU CAMPUSSAMLING, MED PÅVIRKNINGSPOTENSIAL TIL NTNU CAMPUSSAMLING STIPLLET INN (NERSUND LARSEN, BORG AND TØNNESEN, 2018, S. 8)**

NTNU Campussamling har som mål å påvirke flere bidrag med tanke på en bærekraftig utvikling, men det er noen bidrag som opplagt er lettere å påvirke enn andre. Med utgangspunkt i campusprosjektet ansees det at bidrag fra energi og arbeidsreiser til og fra campus ligger innenfor grensene for direkte påvirkningspotensial, som man kan se på figur 2-8. Fra Verden og Norge er det store bidrag fra forbruk (klær, mat og annet forbruksmateriale) og annen reise (flyreiser), og det er vanskeligere for NTNU Campussamling å påvirke dette direkte. Men det skal sies at det også trengs et økt fokus på disse bidragene for NTNU Campussamling. (Nersund Larsen, Borg and Tønnesen, 2018, s. 7–8).

### 3. METODE

I dette kapittelet blir metodene vi har brukt for å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene i oppgaven presentert. Det er brukt forskjellige metoder for å besvare forskningsspørsmålene, se tabell 3-1.

TABELL 3-1: OVERSIKT OVER METODER

Kapittel	Forskningsspørsmål	Metode
3.1	Hva er dagens klimabelastning ved NTNU Trondheim?	O-LCA
3.2	Hvordan vil klimabelastningen endres gjennom campusprosjektet?	Dokumentgjennomgang og beregning
3.3	Hvordan kan NTNU Trondheims styringssystem brukes for å få ut denne gevinsten?	Litteraturstudie og bruk av rammeverk for bærekraftig campus

Videre blir de forskjellige metodene for forskningsspørsmålene presentert.

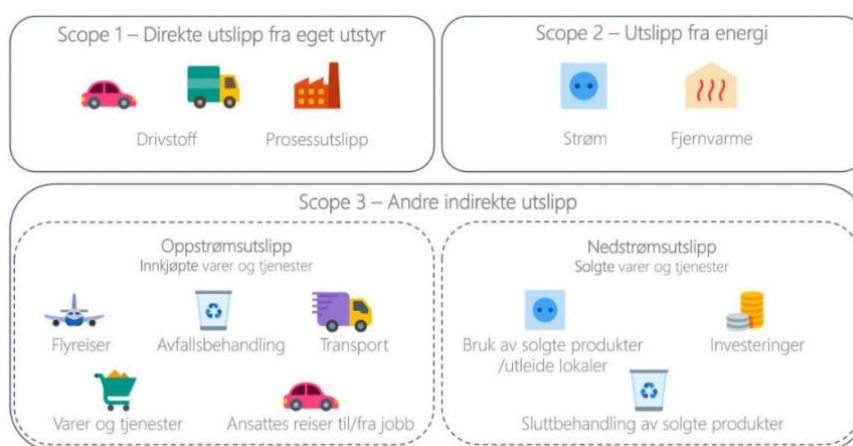
#### 3.1 VALGT METODE - DAGENS KLIMABELASTNING VED NTNU TRONDHEIM

For å beregne dagens miljøbelastning ved NTNU Trondheim ble det gjennomført en organisatorisk livssyklusanalyse (O-LCA). Året 2019 ble satt som tidsperiode for analysen ettersom COVID-19 pandemien i stor grad har påvirket tallene for 2020 og 2021. Den organisatoriske livssyklusanalysen ble utført ved bruk av en hybrid LCA-tilnærming, gjennom å kombinere prosessdata og økonomiske data (Blanco, Finkbeiner and Inaba, 2015). Dette sikrer at både direkte og indirekte utslipp blir med i klimaregnskapet. Man kan da kategorisere og dele utslippene i tre forskjellige «scopes». Denne oppdelingen er hovedtanken i GHG-protokollen, hvor utslippene deles inn i (Emisoft, 2021a):

TABELL 3-2: OVERSIKT OVER SCOPES

Definisjon	Utslippstype	Forklaring
Scope 1	Direkte utslipp	Klimagassutslipp fra utstyr som virksomheten selv eier eller kontrollerer. Eksempler er klimagassutslipp tilknyttet forbrenning av drivstoff i virksomhetens kjøretøy og klimagassutslipp tilknyttet intern energiproduksjon hos virksomheten.
Scope 2	Indirekte utslipp fra kjøpt energi	Klimagassutslipp fra de fire kategoriene: elektrisitet, fjernvarme, fjernkjøling og damp. Disse utslippene oppstår ved det produserende

		anlegget, og skal plasseres i Scope 2 i virksomheten som kjøper energien.
Scope 3	Andre indirekte utslipp	GHG-protokollen definerer klimagassutslippene i denne kategorien som klimagassutslipp som ikke kommer fra utstyr som virksomheten eier, men som virksomheten fremdeles påvirker på en eller annen måte. Dette inkluderer alle utslipp tilknyttet innkjøpte varer og tjenester.



FIGUR 3-1: ILLUSTRASJON SCOPE INNDELING (EMISOFT, 2021A)

For å få en ryddig og oversiktlig forståelse av NTNU Trondheim sitt klimafotavtrykk ble de forskjellige utslippene kategorisert i ulike utslippskategorier. I stedet for å fordele utslippene i Scope 1, 2 og 3 som beskrevet ovenfor, følger klimaregnskapet i denne oppgaven stort sett den samme inndelingen som de økonomiske dataene har. Det er fordi klimaregnskapet baserer seg i stor grad på de økonomiske dataene. Klimaregnskapet består av åtte hovedkategorier og er delt inn i underkategorier, som igjen består av delkategorier med tilhørende artskontoer.

Regnskapsdata for NTNU Trondheim 2019 ble tilsendt av Tore Betten som jobber i avdeling for virksomhetsstyring ved NTNU. Totalt 113 artskoder med økonomiske data ble tilsendt, der alle data var tilknyttet sin egen tresifret artskode. Tresifrete artskoder er standardiserte for statlige virksomheter, noe som gjorde at dataene kunne knyttes opp mot faktorene presentert i rapporten «*The carbon footprint of central government procurement*» av Asplan Viak (Larsen *et al.*, 2016). Av totalt 113 artskoder var 63 utslippsfaktorer representert i rapporten, se vedlegg A. De resterende 50 artskodene ble derfor ikke benyttet i klimaregnskapet. De resterende 50 artskodene besto stort sett av lønnskostnader og andre kategorier som ikke medfører utslipp ved NTNU Trondheims virksomhet. Hver enkelt av de benyttende 63 artskodene som var representert i Asplan Viak-rapporten ble koblet opp mot en utslippsfaktor med enheten kgCO<sub>2</sub>/NOK. Dette ga livsløpsutslippet til hver spesifikk artskode.

For å få et mer nøyaktig og pålitelig klimaregnskap ble det også inkludert fysiske enheter. De fysiske enhetene som ble inkludert hadde mer detaljert data tilgjengelig. Videre ble disse multiplisert med fysiske utslippsfaktorer som var direkte knyttet til den fysiske enheten som ble undersøkt. På den måten ble «*top-down*» tilnærmingen kombinert sammen med den mer nøyaktige tilnærmingen «*bottom-up*», som er beskrevet nærmere i underkapittel 2.3. Den økonomiske dataen ble justert opp mot de fysiske enhetene, slik at klimaregnskapet unngikk dobbelt telling. De fysiske enhetene som ble inkludert i klimaregnskapet er beskrevet videre i kapittelet.

## **Energi**

### **Fjernvarme**

Antall kWh som byggene på NTNU bruker i Trondheim ble hentet fra Miljørapporten for NTNU i 2019 (NTNU, 2019). I miljørapporten er det en tabell som viser estimert forbruk av fjernvarme og elektrisitet i både eide og leide bygg. Ettersom NTNU ikke har en komplett fysisk oversikt over energiforbruk, baserer estimert energiforbruk seg på det NTNU betaler for energi. Ettersom denne oppgaven kun tar for seg NTNU Trondheim, ble det sett bort ifra alle byggene som ikke ligger i Trondheim kommune.

Utslippsfaktoren man bruker for elektrisitet og fjernvarme påvirker klimaregnskapet i stor grad, ettersom et så stort universitet som NTNU Trondheim har et høyt forbruk av energi. I dette klimaregnskapet er fjernvarme beregnet med to ulike utslippsfaktorer. Disse to utslippsfaktorene påvirker på hver sin måte utslippene tilknyttet den fysiske enheten avfall, ettersom en stor del av varmeproduksjonen ved fjernvarmeanlegget på Heimdal baserer seg på forbrenning av avfall. Avfalls- og fjernvarmeutslippene må derfor sees i sammenheng.

Den første utslippsfaktoren for fjernvarme er hentet fra Statkraft Varme sin nettside. Der oppgir de at faktoren for forbrenningsanlegget på Heimdal er 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh (Statkraft, 2022). Dette tallet baserer seg på LCA-faktorer og inkluderer utslipp fra infrastruktur og varmetap i distribusjonsnett. Fjernvarmemiksen ved fjernvarmeanlegget på Heimdal besto i 2019 av 72,4% gjenvunnet varme (Norsk fjernvarme, 2021), der den gjenvinnende varmen hovedsakelig kommer fra avfallsforbrenning. Hvordan utslippene fra avfallsforbrenning skal fordeles mellom destruksjon av avfall og energiproduksjon er et omdiskutert tema. Ettersom det ikke finnes en objektiv allokeringfaktor som kan brukes, så vil det alltid være et verdivalg rundt dette.

I en rapport fra Norsk Fjernvarme skriver de at hensikten med avfallsforbrenning primært er destruksjon av avfall, og ikke energiproduksjon. Når dette avfallet forbrennes, er det lovpålagt å utnytte spillvarmen. Videre henviser de til NS 3720, klimagassberegninger i bygg. Ifølge NS 3720 legges det til grunn at klimagassutslippet fra selve forbrenningsprosessen allokteres til den som det opprinnelige genererte avfallet



(Polluter Pays principle), og ikke på den som utnytter spillvarmen til energiproduksjon" (Belgum Torstensen, 2020). Ettersom forbrenningsanlegget ved Heimdal stort sett bruker gjenvunnet varme som energikilde blir derfor utslippsfaktoren veldig lav. Utslippsfaktoren tilknyttes da de andre energikildene som blir benyttet (bioenergi, elektrisitet, fossil gass, fossil olje), samt infrastruktur og varmetap i nettet.

Ettersom dette er et omdiskutert tema, kan man benytte seg av alternative utslippsfaktorer for fjernvarme. Det er derfor beregnet en egen utslippsfaktor basert på fjernvarmemiksen ved fjernvarmeanlegget på Heimdal i 2019. Utslippene allokeres da prosentvis på de ulike brenslene som er brukt for å varme opp vannet. Utslippsfaktorer for de ulike brenslene ble hentet fra rapporten av Norsk Fjernvarme (Belgum Torstensen, 2020). Faktorene i denne rapporten er basert på verdikjedebetraktninger (LCA), noe som forenkler arbeidet. Utslippsfaktoren blir da mye den samme som utslippsfaktoren som Statkraft Varme oppgir på sine nettsider. Det som utgjør den store forskjellen, er at det i tillegg beregnes utslipp tilknyttet avfallsforbrenning. I rapporten til Norsk Fjernvarme er det, som beskrevet ovenfor, ikke gitt noen utslippsfaktorer tilknyttet avfallsforbrenning. Utslippsfaktor for avfallsforbrenning ble derfor hentet fra byggforskblad 473.020, hvor de i tabell 36 oppgir CO<sub>2</sub>-faktorer for energibærere anvendt av forskningssentret ZEB, oppgitt i gCO<sub>2</sub>ekv/kWh (Byggforsk, 2017). Utslippsfaktoren ble beregnet til å være 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh, se vedlegg B for utregning med forklaring.

Den første utslippsfaktoren for fjernvarme på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh følger dermed «Polluter Pays principle» og allokerer derfor utlippene fra avfallsforbrenning til den som genererte avfallet. Den andre utslippsfaktoren for fjernvarme på 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh allokerer utlippene til forbrenningsanlegget. I avsnittet for «avfall» lenger ned i underkapitlet vil det forklares hvordan utslipp tilknyttet avfall medregnes i utslippsfaktorene.

### Elektrisitet

Utslippsfaktor for elektrisitet ble også hentet fra rapporten av Norsk Fjernvarme. Rapporten henviser til standarden NS 3720 «Metode for klimagassberegninger for bygninger», hvor denne krever at det skal benyttes to utslippsscenarioer; en ren norsk forbruksmiks og en europeisk (EU28+NO). Rapporten sier at «*begge scenarioene tar utgangspunkt i gjennomsnittet av siste tre års forbruksmiks, og det er beregnet en faktor basert på antatt gjennomsnitt og utvikling for perioden frem mot 2075*» (Belgum Torstensen, 2020). De anbefalte faktorene er 18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for norsk forbruksmiks og 136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for europeisk forbruksmiks. Videre spesifiserte rapporten det at det ikke er inkludert noen utslipp tilknyttet infrastruktur. Utslippsfaktorer tilknyttet infrastruktur var det vanskelig å finne tall på. Det resulterte i at det ble benyttet en faktor på 10,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh, som ble hentet fra en masteroppgave av Håvard Gustafson Jacobsen (Gustafson Jacobsen, 2017). Denne faktoren kom opprinnelig fra programvaren Simapro.

### Arbeidsreiser til og fra campus

Med arbeidsreiser til og fra campus menes ansatte sine daglige reiser til og fra NTNU Trondheim. I 2019 ble det gjennomført en reisevaneundersøkelse (RVU) for studenter og ansatte. Analysen av resultatene fra denne studien ble derimot satt på vent på grunn av ulike årsaker. Det ble også gjennomført reisevaneundersøkelser i 2013, 2015 og 2017 for ansattes arbeidsreiser ved NTNU Trondheim. Basert på reisevaneundersøkelsen for 2017 og statistikk for bruk av parkering, har det blitt utarbeidet et grovt estimat av klimafotavtrykket til ansattreiser til og fra jobb. Klimaregnskapet for NTNU Trondheim, metode og resultater for 2016 og 2017 presenterer dette resultatet. Disse tallene ble benyttet ettersom vi ikke hadde tilgang til noe nyere data rundt temaet. Resultatene NTNU Trondheim kom frem til baserer seg på en antagelse om utslipp på 200 gCO<sub>2</sub>/kjøretøy-km for bil og 50 gCO<sub>2</sub> per passasjer-km for kollektiv (NTNU, 2017).

### Avfall

Utslippene fra avfall betraktes som et «*end-of-life*»-utslipp ettersom avfallet går ut av organisasjonen. I tillegg kommer utslipp tilknyttet nedstrøms transport av avfallet til leveringssted. I et «*gate-to-gate*»-perspektiv vil den økonomiske dataen dekke hva som går inn i organisasjonen av varer, mens avfallet dekker utslipp tilknyttet varene når de går ut av organisasjonen som avfall.

Avfallsdata for hele NTNU 2019 ble tilsendt av Tore Betten. Dataen inkluderte forskjellige avfallstyper og var representert i antall kg avfall. Avfallsdata som hadde rapportert hentested utenfor Trondheim kommune ble fjernet. Den totale mengden av avfall for NTNU Trondheim var i 2019 på 1 616 380,7 kg.

Det var utfordrende å finne spesifikke utslippsfaktorer for de ulike avfallstypene. Ulike rapporter benytter forskjellige utslippsfaktorer og det var store forskjeller i hva som var anbefalt. NTNU Trondheim har i sin miljørapport fra 2019 beregnet utslipp tilknyttet avfallsbehandling på 607 tonn CO<sub>2</sub>ekv, hvorav 44 tonn er beregnet til å komme fra transporten nedstrøms (NTNU, 2019). Dette utslippet er beregnet ved hjelp av en LCA-modell som er utarbeidet i verktøyet SimaPro og Ecoinvent. Ettersom det i denne modellen var beregnet utslipp tilknyttet avfallsbehandling, ble dette utslippet brukt sammen med fjernvarmefaktoren på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh som Statkraft Varme oppgir på sine nettsider. Utslippene fra avfallsbehandlingen allokeres da på den som generer avfallet.

For den utarbeidete utslippsfaktoren på 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme allokeres utslippene til fjernvarmeanlegget. Utslippene tilknyttet avfallsbehandling inkluderer da kun transport nedstrøms, og ikke forbrenning av avfall. Disse utslippene blir allokert til fjernvarmen og gjenvinnende materialer. Dette følger prinsippene i GHG-protokollen. Emisoft skriver på sine nettsider at «*Slik GHG-protokollen regner utslipp fra avfall er det kun transport av avfall til behandling som skal telles med, og ikke selve behandlingen. For avfall*

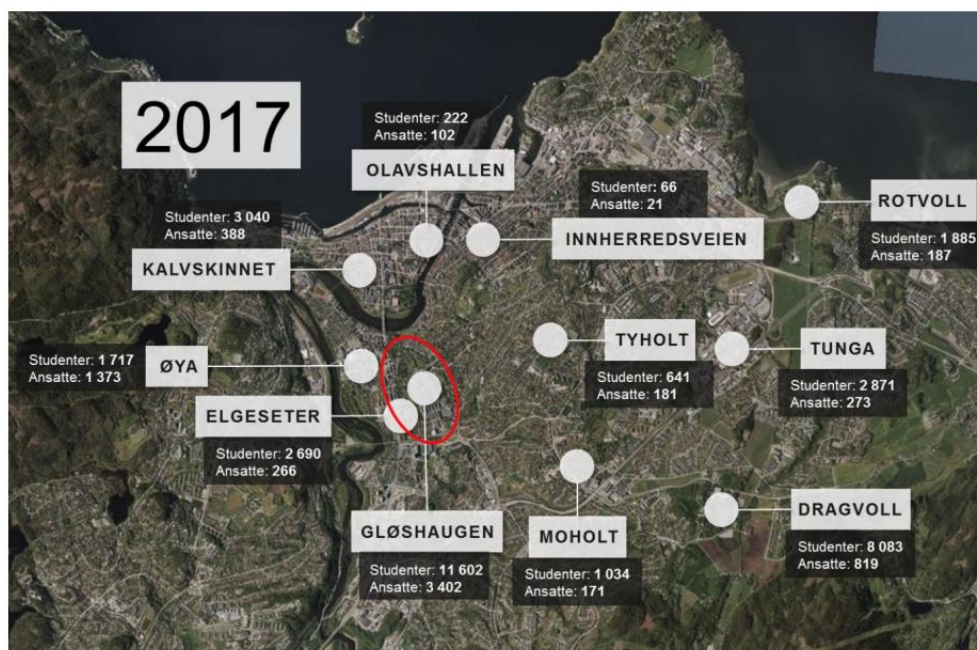
som blir gjenvunnet enten til nye materialer eller til fjernvarme, regnes utslipp fra behandling i Scope 1 (direkte utslipp) for virksomheten som utfører gjenvinningen og i Scope 3 (andre indirekte utslipp) for virksomheten som produserer avfallet som skal gjenvinnes» (Emisoft, 2021b). Utslippene tilknyttet avfall blir med utgangspunkt i dette 44 tonn, som kommer fra transport nedstrøms.

## 3.2 VALGT METODE - ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM CAMPUSPROSJEKTET

### 3.2.1 ARBEIDSREISER TIL OG FRA CAMPUS

For å finne ut hvordan klimabelastningen fra arbeidsreiser til og fra campus endres etter campussamlingen, ble det tatt utgangspunkt i gjeldende planforslag som ligger på NTNU Campussamling sin nettside. Reguleringen for området hvor campussamlingen tar sted er inndelt i fem planområder. Planforslag for delområde 1 – Høgskoleveien/Grensen ble i november 2021 sendt inn til førstegangsbehandling hos Trondheim kommune. Planforslag for delområde 2 – Hesthagen ble i januar 2022 sendt inn til førstegangsbehandling hos Trondheim kommune, mens planforslag for delområde 4 (Lerkendal) og 5 (Valgrinda) ble sendt inn til behandling hos Trondheim kommune mars 2022. Planforslaget for delområde 3 – Gløshaugen er også sendt inn til behandling hos Trondheim kommune (NTNU and Statsbygg, 2022). En sentral del av planforslagene er at områdene skal bidra til nullvekstmålet i Byvekstavtalen. Nullvekstmålet er et mål om at veksten i persontransport skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange (Sandvik, 2019). Planforslagene har blitt brukt for å finne antall parkeringsplasser som er foreslått etter campussamling.

I tillegg er rapporten *Campus NTNU Transportstrømmer 2030* utarbeidet av Asplan Viak i 2019 blitt benyttet for å finne relevant informasjon. Hovedfokuset i denne rapporten har vært å se på transportstrømmene til og fra Gløshaugen, Kalvskinnet og Elgeseter, og hvordan disse endres etter samlokaliseringen. På grunnlag av at vi ikke hadde tall på antall ansatte og studenter fordelt på de ulike campusene i 2022, ble disse tallene hentet fra Asplan Viak sin rapport. Disse tallene representerte antall studenter og ansatte ved de ulike campusene i 2017. Det ble gjort en liten justering på disse tallene, ettersom det ikke lenger er studenter og ansatte ved Rotvoll den dag i dag. Det er tatt utgangspunkt i at studenter og ansatte på Rotvoll er flyttet til Kalvskinnet, og samme antall teknologistudenter og ansatte er flyttet videre fra Kalvskinnet til Gløshaugen. Dette gjør det blir en mer eksakt beregning med tanke på dagens fordeling av studenter og ansatte ved Gløshaugen/Elgeseter. På figur 3-2 ser man hvordan situasjonen var i 2017 når det var en campus på Rotvoll, mens i tabell 3-3 ser man hvordan dagens situasjon er estimert etter at campusen på Rotvoll ble flyttet. Tall på antall ansatte og studenter ved de ulike campusene etter samlokaliseringen ble også hentet ifra Asplan Viak-rapporten. Fra rapporten er det estimert en økning på rundt 3000 studenter og 500 ansatte ifra 2017 til 2030 (Birgitte Nilsson and Kari S. Norddal, 2019).



FIGUR 3-2: ANTALL ANSATTE OG STUDENTER VED DE ULIKE CAMPUSENE I 2017 (BIRGITTE NILSSON AND KARI S. NORDDAL, 2019, S. 21)

TABELL 3-3: ESTIMERT ANTALL STUDENTER OG ANSATTE I OMRÅDET GLØSHAUGEN OG ELGESETER I 2022

	Før Rotvoll flyttet i 2017		Etter Rotvoll flyttet i 2022	
Sted	Gløshaugen	Elgeseter	Gløshaugen	Elgeseter
Studenter	11 602	2 690	13 487	2 690
Ansatte	3 402	266	3 589	266

Merk her at tallene for Gløshaugen i tabell 3-3 inkluderer studenter og ansatte lokalisert i delområde 4 (Lerkendal) og 5 (Valgrinda), mens tallene for Elgeseter inkluderer studenter og ansatte lokalisert i delområde 2 – Hesthagen.

I tillegg er det blitt benyttet en reisemiddelfordeling mellom reisemidlene bil, kollektiv, sykkel og gange som var representert i rapporten. Denne reisemiddelfordelingen er hentet fra en tilsvarende rapport av Asplan Viak fra 2017. Reisemiddelfordelingen skiller mellom studenter og ansatte. For ansatte på Gløshaugen og Dragvoll baserer reisemiddelfordelingen seg på en reisevaneundersøkelse blant ansatte fra 2015. Reisemiddelfordelingen for studenter er hentet fra en reisevaneundersøkelse fra 2013-2014 med et utvalg av alle studenter i undersøkelsen som reiser til Gløshaugen/Elgeseter/Øya. For Dragvoll og andre studiesteder er reisemiddelfordelingen fra den samme undersøkelsen for skoleelever i Trondheim generelt benyttet (skolereiser fra 8. klasse og eldre) (Birgitte Nilsson and Kari S. Norddal, 2019).

Beregningen for hvor mye klimagassutslipp arbeidsreiser medfører etter campussamlingen er basert på den tilgjengelige dataen som er beskrevet ovenfor. Beregningen inkluderer kun ansatte sine reiser, da klimagassregnskapet for 2019 i kapittel 4.1 ikke inkluderer utslipp tilknyttet hvordan studentene reiser til og fra campus.

### 3.2.2 ENERGI

For å finne ut hvordan energibehovet kan endre seg gjennom campussamlingen er det tatt utgangspunkt i dokumenter som gjennomgår hvilke energiaspekter som anses som mest relevante for tilhørende prosjekt.

For prosjektet NTNU Campussamling har Statsbygg, NTNU og Trondheim kommune utarbeidet en rapport for oppstart forprosjekt for NTNU Campussamling. Vedlegg F i rapporten for oppstart forprosjekt for NTNU Campussamling er et premissdokument for miljø som er et svar på Stortingets anmodning knyttet til miljøambisjoner for campussamlingen. Dokumentet har lagt spesiell vekt på energiambisjonene (Solli *et al.*, 2018).

Det er valgt å bruke dette dokumentet for å få et mest mulig realistisk bilde av hvordan energibehovet kan være etter campussamlingen. I dokumentet har det blitt gjennomført energisimuleringer med et mål om at resultatene skal være så realistiske som mulig. Det er estimert forbruk av energi for både eksisterende bygninger, nybygg og rehabiliterte arealer. Videre er resultatene kalibrert mot empiriske data for bruksmønster og energiforbruk i tilsvarende bygg på campus i dag (Solli *et al.*, 2018).

I miljøprogrammet for NTNU Campussamling er hovedmålet for energibruk og effektutjevning at NTNU Campussamling skal tilstrebe å oppnå plussenergicampus i henhold til definisjonen ZEN-O (Statsbygg and NTNU, 2021). I premissdokumentet for miljø er det derfor gjennomført simuleringer av potensialet for elektrisitetsproduksjon fra solceller. I simuleringene er det lagt til grunn klimadata fra et «normalår», samt gjennomsnittlig teknologi på virkningsgraden for solcellene. Det er i tillegg gjort beregninger for EnergiHub på Gløshaugen. EnergiHub på Gløshaugen er et borehullsbasert sesonglager for varme basert på en park av ca. 300 brønner. I tillegg er det et korttidsvarmelager og et batteri for effektutjevning av strømforbruket over et kort tidsrom (Solli *et al.*, 2018).

Utslippsfaktorer tilknyttet materialbruk for lavutslippsteknologiene for energiproduksjon er hentet fra en rapport av Asplan Viak. I denne rapporten baserer de utslippsfaktoren for solceller på en solinnstrømning på 1000 kWh/m<sup>2</sup>/år. Ettersom rapporten er en utredning for et utbyggingsprosjekt som ligger i Trondheim kommune er det valgt å bruke samme utslippsfaktor (Nersund Larsen, Borg and Tønnesen, 2018).

### 3.3 VALGT METODE – BRUKEN AV NTNU TRONDHEIMS STYRINGSSYSTEM

For å svare på forskningsspørsmål 3 i denne oppgaven benyttet vi NTNU Trondheims gevinstrealiseringsplan, rammeverket for bærekraftig campus vi utarbeidet i forprosjektet, og forskningsartikler.

For å finne ut av hvordan styringssystemet til NTNU Trondheim hadde planlagt å realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling benyttet vi rapporten *Gevinstrealiseringsplan for NTNU Campussamling*, som vi fikk tilsendt av vår veileder Ottar Michelsen.

Vårt eget rammeverk for bærekraftig campus i underkapittel 2.4 ble også benyttet i oppgaven. Dette er fordi rammeverket er koblet til et miljøstyringssystem som baserer seg på en kontinuerlig prosess hvor tilknyttede personer er forpliktet til å fremme bærekraft. Av den grunn kunne vi benytte rammeverket for å vise hvordan NTNU Trondheim kan realisere gevinster i prosjektet NTNU Campussamling.

I arbeidet med å finne forskningsartikler ble det gjennomført en litteraturstudie, der litteraturstudien besto av å finne relevant litteratur som kunne belyse forskningsspørsmålet «Hvordan kan NTNU Trondheims styringssystem brukes for å få ut denne gevinsten?». Litteratursøket ble gjennomført i databasene Research Gate og Oria, og for å finne relevante artikler brukte vi søkeord som vist i tabell 3-4. Formålet med forskningsartiklene vi brukte i oppgaven var å finne relevant informasjon som kan underbygge det NTNU Trondheims gevinstrealiseringsplan og vårt eget rammeverk for bærekraftig campus sier om hvordan man kan realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling.

TABELL 3-4: OVERSIKT OVER FORSKNINGSARTIKLER

Database	Søkeord	Antall treff	Benyttet artikkel
Research Gate	«Sustainable» OG «University»	100 treff	Valentin Grecu, Nagore Ipina (2014), <i>“The Sustainable University – A Model for the Sustainable University”</i> .
Oria	“Sustainability-management” OG “Universities”	13 916 treff	Tariq Umar (2020), <i>“An integrated sustainability-management approach for universities”</i> .

Gjennom arbeidet med litteraturstudien var det flere forskningsartikler som svarte HVA en campus måtte inneholde for at man skulle kunne kalle den bærekraftig, men veldig få forskningsartikler som svarte på HVORDAN man skulle bruke styringssystemet for å oppnå bærekraft. Etter å ha lest gjennom flere

forskningsartikler i databasene Research Gate og Oria fant vi to forskningsartikler som svarte på HVORDAN et styringssystem kunne brukes for å oppnå bærekraft, som vist i tabell 3-4.

### 3.4 VURDERING AV METODENE

Det er ikke gitt at kildene som er brukt i oppgaven gir den riktige informasjonen, selv om vi har fått tak i de riktige kildene for å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Derfor er det viktig at det foretas en kritisk drøfting av kildenes evne til å gi riktig informasjon om problemstilling og forskningsspørsmålene (Jacobsen, 2018, s. 230). Når vi skal vurdere metodene vi har brukt i oppgaven er det to begreper som er viktige å tenke på, nemlig validitet og reliabilitet. Begrepet validitet (relevans) sier noe om den informasjonen man samler inn faktisk gir svar på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Begrepet reliabilitet (troverdighet) sier noe om den informasjonen man har samlet inn er til å stole på. Et nyttig tankeeksperiment kan da være: «ville resultatene blitt lik dersom den samme jobben hadde blitt gjennomført av en annen person?» (Jacobsen, 2018, s. 17).

#### Forskningsspørsmål 1

I underkapittel 2.3 presiseres det at hensikten med en O-LCA er å identifisere og kvantifisere miljøaspektene i og utenfor organisasjonen. Gjennom bruk av en hybrid LCA-tilnærming sikres det at både direkte og indirekte utslipp blir med i klimaregnskapet. Metodevalget er dermed relevant (valid), ettersom det er en klar sammenheng mellom forskningsspørsmålet og metodevalget. Det har blitt foretatt en ytterligere validitetskontroll ved å sammenligne vårt klimaregnskap med NTNU sitt eget klimaregnskap for 2019. For å øke reliabiliteten har innsamling, behandling og presentasjon av data blitt forsøkt gjort så systematisk som mulig. Kvaliteten på dataen har vært varierende, og valg av utslippsfaktorer påvirker resultatene i stor grad. Hvis en annen person hadde gjort samme arbeid kunne resultatene vært annerledes, ettersom man må ta egne valg gjennom et klimagassregnskap. Det er etter beste evne prøvd å kompensere for dette ved å ha detaljerte beskrivelser over valgene som er gjort, samt hvilke usikkerheter som medfører.

#### Forskningsspørsmål 2

Metoden som er valgt har en klar sammenheng med forskningsspørsmål 2, noe som tilsier at metodevalget er valid. Reliabiliteten tilknyttet arbeidsreiser til og fra campus er ikke høy, da datagrunnlaget er ganske svakt. Det svake datagrunnlaget har tvunget oss til å gjøre noen antagelser. Til tross for dette har det også her blitt forsøkt å øke reliabiliteten ved å behandle og presentere data og usikkerhet på en systematisk måte. Reliabiliteten tilknyttet energidelen er høyere, ettersom det ble valgt å ta utgangspunkt i et dokument hvor målet har vært at resultatene skal være så realistiske som mulig. Det ble vurdert å velge en metode hvor vi selv valgte energiltak og energibehov ved de berørte byggene. Dette ble nedstemt

ettersom dette hadde svekket relabiliteten, da vi ikke hadde hatt tid til å gjennomføre simuleringer på de berørte byggene selv.

### Forskningsspørsmål 3

Informasjonen som er innhentet for forskningsspørsmål 3 er basert på en rapport, en litteraturstudie og vårt eget rammeverk for bærekraftig campus. Rapporten *Gevinstrealiseringsplan for NTNU Campussamling* fikk vi tilsendt av veilederen vår Ottar Michelsen, mens forskningsartiklene er hentet fra en litteraturstudie utført i databasene Oria og Research Gate. Gevinstrealiseringsplanen er utarbeidet for prosjektet NTNU Campussamling og av ansatte ved NTNU Trondheim (Menon Economics, 2021, s. 58–59), og vi kan derfor si at den er reliabel. Vi kan også si at Gevinstrealiseringsplanen er valid, fordi den svarer på forskningsspørsmål 3 om hvordan prosjektet NTNU Campussamling skal realisere gevinstene.

Oria og Research Gate er to siteringsdatabaser med vitenskapelig litteratur og berikende data, som er skrevet av blant annet høytstående professorer (Oria, 2021) (Research Gate, no date). Dette er to databaser som blir brukt til forskning og identifiserer fagfolk, og vi kan derfor si at databasene er reliable. Vi har funnet forskningsartikler som gir oss relevant informasjon til å svare på forskningsspørsmålet, som tilsier at informasjonen også er valid.

Rammeverket for bærekraftig campus vi utarbeidet i forprosjektet som er brukt i oppgaven kan vi si at er valid, fordi den inneholder et miljøstyringssystem der formålet er å realisere gevinstene for dimensjonene rammeverket er basert på. Dimensjonene og temaene i rammeverket er basert på tre forskningsartikler som er hentet fra Oria og Scopus (Sørumshagen and Sæteren, 2021, s. 21–26), som er skrevet av forskere og professorer. Med utgangspunkt i kildene rammeverket er basert på, kan vi si at det er reliabelt.

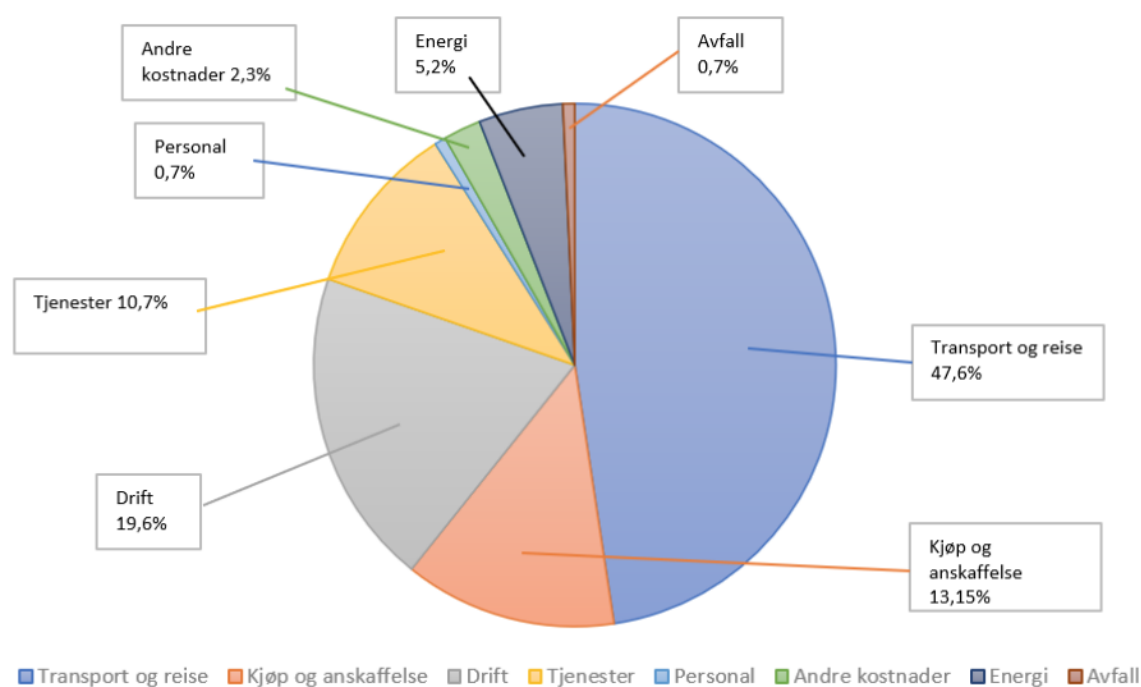


## 4. RESULTATER

I dette kapitlet blir resultatet av problemstillingen og forskningsspørsmålene presentert. Resultatet blir presentert som; O-LCA – dagens situasjon, endring av klimabelastningen gjennom campusprosjektet, og bruken av NTNU Trondheims styringssystem.

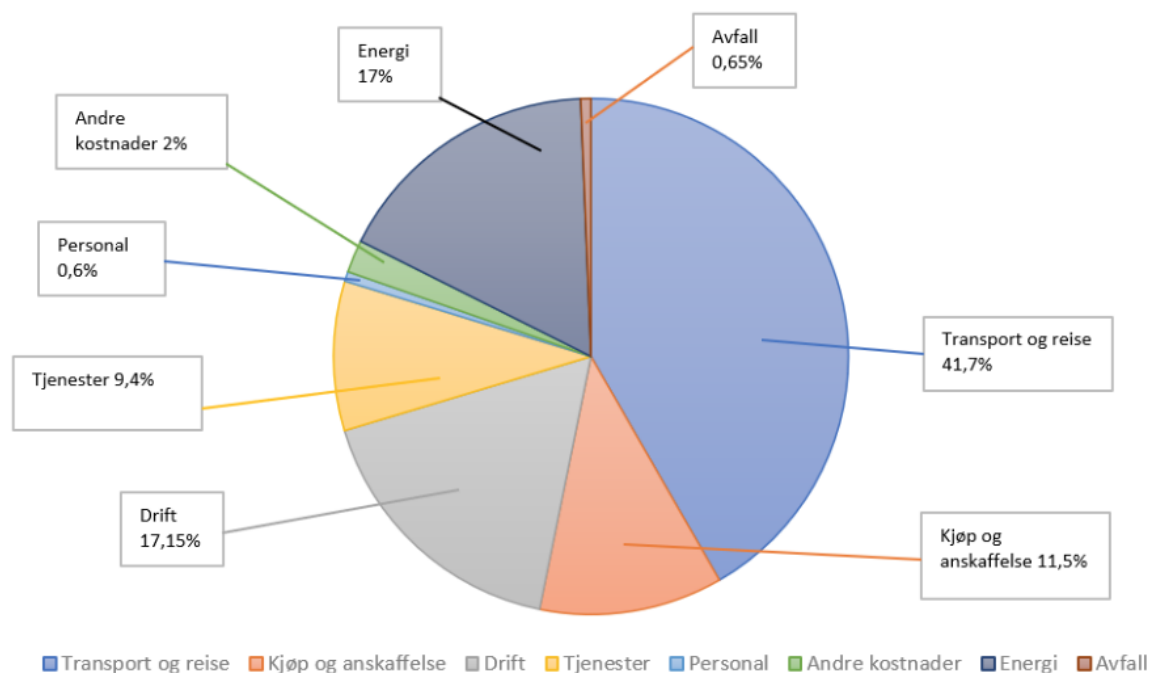
### 4.1 O-LCA – DAGENS SITUASJON

Klimaregnskapet er fordelt på åtte hovedkategorier. NTNU Trondheim sitt totale klimagassutslipp i 2019 var på 77 766,9 tonn CO<sub>2</sub>ekv, dersom man ikke regner med utslipp tilknyttet energi og avfall. Det har blitt undersøkt fire forskjellige utslippsscenarioer tilknyttet energit utslipp og avfall. Det største utslippsscenarioet hadde et utslipp på totalt 98 493,9 tonn CO<sub>2</sub>ekv, mens det minste utslippsscenarioet hadde et utslipp på totalt 82 682,92 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Forskjellene ligger i hvilken utslippsfaktor som brukes i punktene elektrisitet, fjernvarme og avfall. Figurene 4-1 – 4-4 viser den relative fordelingen av klimagassutslipp i de fire forskjellige utslippsscenarioene.



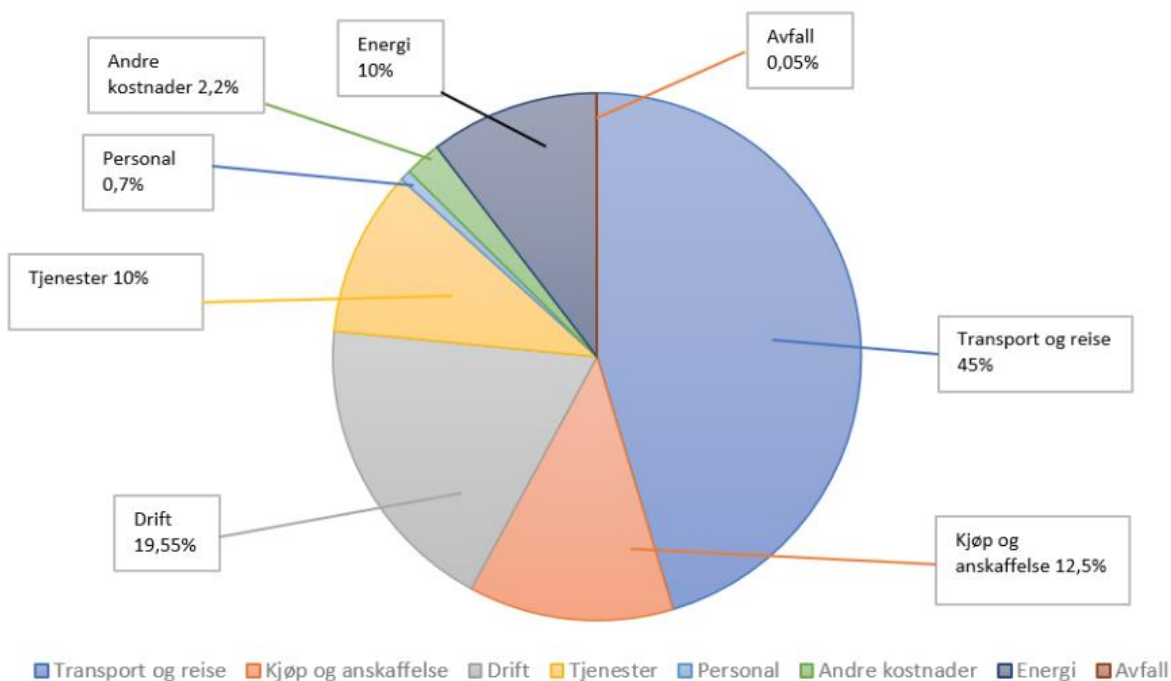
FIGUR 4-1: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSCENARIO 1

Utslippsscenario 1 kan sees på figur 4-1, og gir et totalt utslipp på 82 682,92 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Energi bidrar med kun 5,2% av utslippene i dette scenarioet. Utslippene tilknyttet energi er da beregnet med norsk forbruksmiks for elektrisitet som er 18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh, og faktoren 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. Tilknyttet denne fjernvarmefaktoren kommer et utslipp på 607 tonn CO<sub>2</sub>ekv for avfall i tillegg.



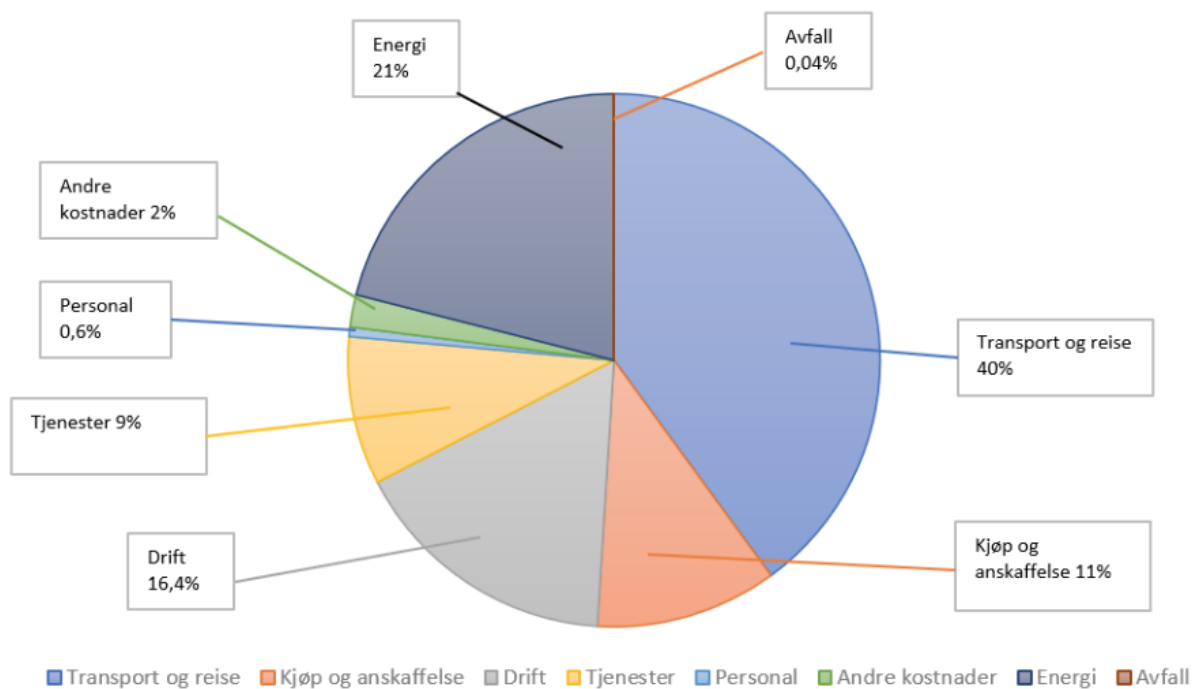
FIGUR 4-2: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSCENARIO 2

Utslippsscenario 2 kan sees på 4-2, og gir et totalt utslipp på 94 409,9 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Energi bidrar med 17% av utslippene i dette scenarioriet. Utslippene tilknyttet energi er da beregnet med europeisk forbruksmiks for elektrisitet som er 136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh, og 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. Tilknyttet denne fjernvarmefaktoren kommer et utslipp på 607 tonn CO<sub>2</sub>ekv for avfall i tillegg.



FIGUR 4-3: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSCENARIO 3

Utslippsscenario 3 kan sees på figur 4-3, og gir et totalt utslipp på 86 766,9 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Energi bidrar med 10% av utslippene i dette scenarioriet. Utslippene tilknyttet energi er da beregnet med norsk forbruksmiks for elektrisitet som er 18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh, og 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. Tilknyttet denne fjernvarmefaktoren kommer et utslipp på 44 tonn CO<sub>2</sub>ekv for transport av avfall i tillegg.

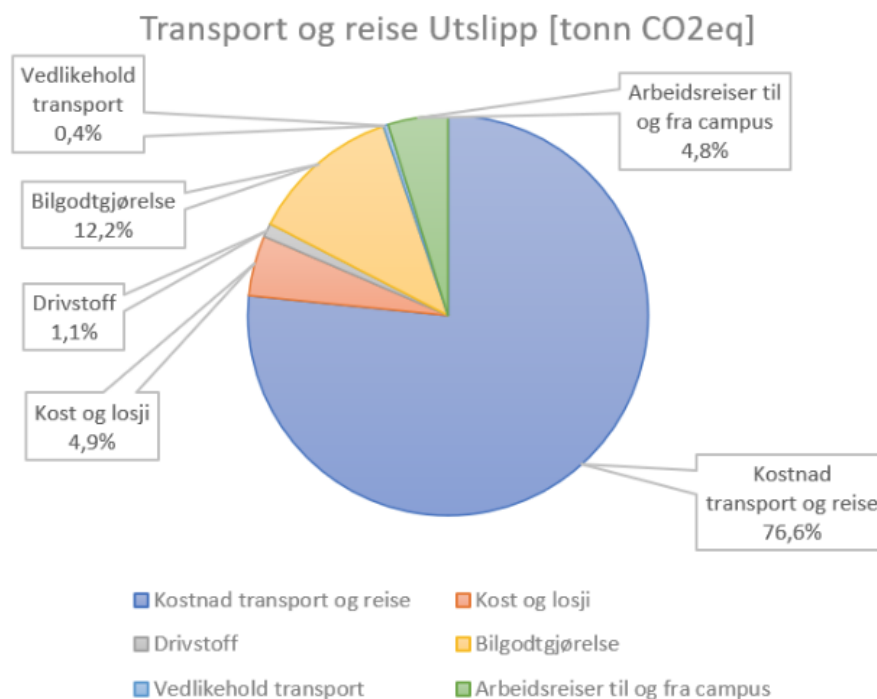


FIGUR 4-4: TOTALT UTSLIPP - UTSLIPPSSCENARIO 4

Utslippsscenario 4 kan sees på figur 4-4, og gir et totalt utslipp på 98 493,9 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Energi bidrar med 21% av utslippene i dette scenarioriet. Utslippene tilknyttet energi er da beregnet med europeisk forbruksmiks for elektrisitet som er 136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh, og 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. Tilknyttet denne fjernvarmefaktoren kommer et utslipp på 44 tonn CO<sub>2</sub>ekv for transport av avfall i tillegg.

## 4.1.1 TRANSPORT OG REISE

**Transport og reise** hadde utslipp på totalt 39 355,8 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Kategorien ble delt inn i seks underkategorier som figur 4-5 viser.



FIGUR 4-5: UTSLIPP TRANSPORT OG REISE

Underkategorien **kostnad transport og reise** hadde et bidrag på 30 140,14 tonn CO<sub>2</sub>ekv og var med det, den desidert største utslippskategorien i denne kategorien som vist på figur 4-7. I denne underkategorien var det delkategorien «reisekostnad» som med sine 29 437,64 tonn CO<sub>2</sub>ekv var det største utslippsområdet. Dette innebærer alle regnskapsførte tjenestereiser som er gjort i regi av NTNU Trondheim. Videre bidro delkategorien «frakt og transportkostnader» med 592,10 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «leie av transportmidler» med 99,55 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «forsikring av transport» med 2,48 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «toll og spedisjon ved vareforsendelse» med 8,37 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

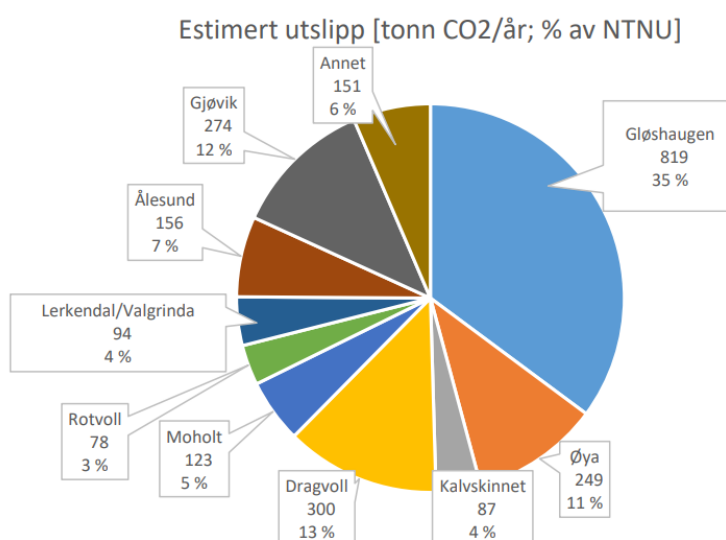
Underkategorien **kost og losji** hadde et bidrag på totalt 1 922,26 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **drivstoff** hadde et bidrag på totalt 435,41 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Denne underkategorien er som beskrevet tidligere basert på det økonomiske, og ikke antall liter forbruk av drivstoff.

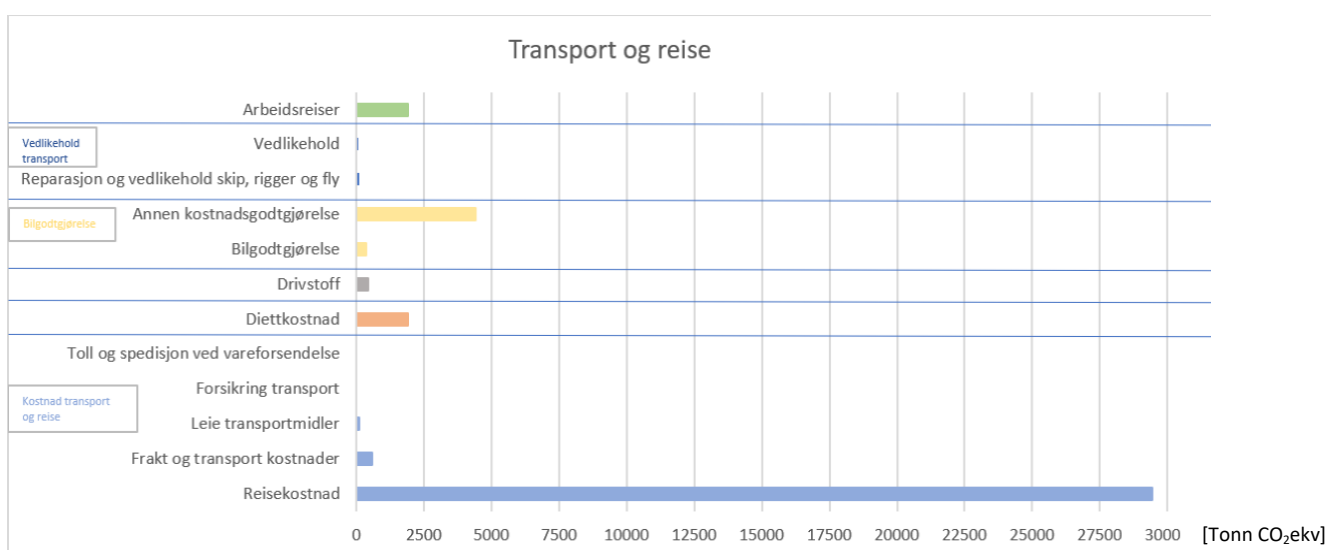
Underkategorien **bilgodtgjørelse** bidro med nest mest utslipp med totalt 4 796,49 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Underkategorien består av delkategoriene «bilgodtgjørelse» med 376,74 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «annen kostnadsgodtgjørelse» med 4 419,75 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **vedlikehold transport** bidro med 160,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Underkategorien består av delkategoriene «reparasjon og vedlikehold skip, rigger og fly» med 88,52 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «vedlikehold» med 71,98 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **arbeidsreiser** bidro med 1 901 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Tallene er hentet direkte fra klimaregnskapet for NTNU Trondheim, metode og resultater for 2016 og 2017 (NTNU, 2017). Fordelingen av utslippet fordelt på de ulike campusene kan sees i figur 4-6. Merk at det kun er tatt med utslipp fra campuser som ligger i Trondheim kommune, samt punktet «Annet». Punktet «Annet» kommer fra campuser som har færre en 20 svar i reisevaneundersøkelsene som utslippet er basert på (NTNU, 2017). Det er derfor knyttet en del usikkerhet til utslippet.



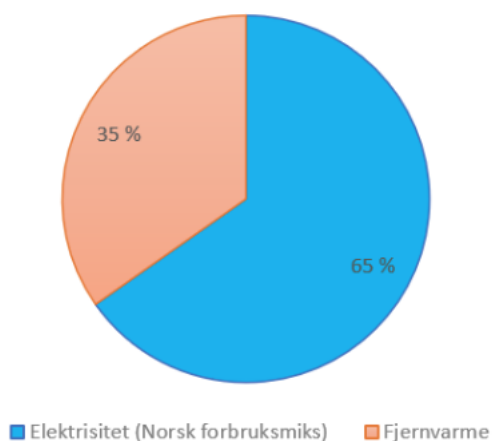
FIGUR 4-6: UTSLIPP ARBEIDSREISER (NTNU, 2017, S. 5)



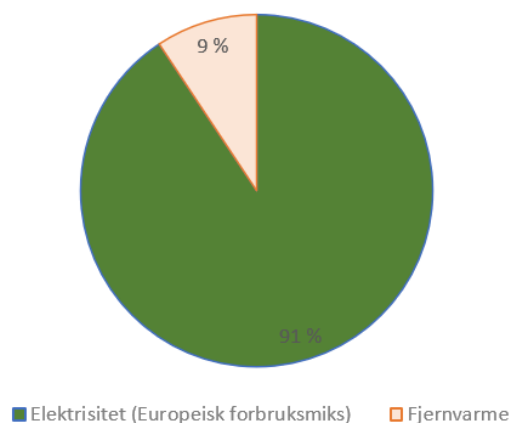
FIGUR 4-7: UTSLIPP TRANSPORT OG REISE FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER

## 4.1.2 ENERGI

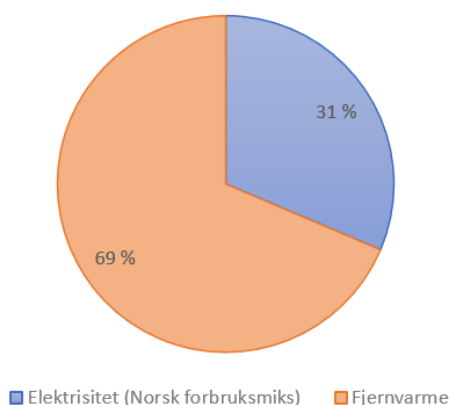
I kategorien **energi** ble det beregnet fire forskjellige resultater. Utslippsscenario 1 og 2 ble beregnet med utslippsfaktor på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. For elektrisitet ble utslippsscenario 1 beregnet med norsk forbruksmiks (18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh), mens utslippsscenario 2 ble beregnet med europeisk forbruksmiks (136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh). Utslippsscenario 3 og 4 ble beregnet med utslippsfaktor på 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. For elektrisitet ble utslippsscenario 3 beregnet med norsk forbruksmiks, mens utslippsscenario 4 ble beregnet med europeisk forbruksmiks. Figurene 4-8 – 4-11 viser prosentvis fordeling av utslippene i de forskjellige scenarioene.

Energi. Totalt 4309 tonn CO<sub>2</sub>eq

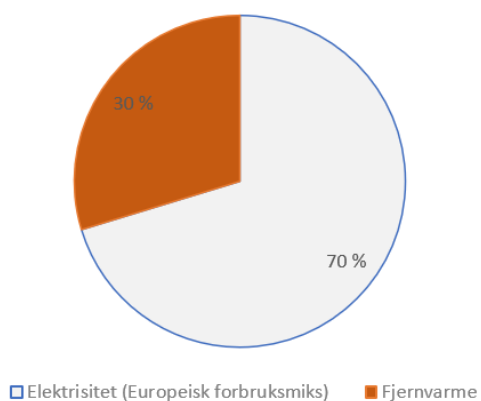
FIGUR 4-8: ENERGI - UTSLIPPSCENARIO 1

Energi. Totalt 16036 tonn CO<sub>2</sub>eq

FIGUR 4-9: ENERGI - UTSLIPPSCENARIO 2

Energi. Totalt 8956 tonn CO<sub>2</sub>eq

FIGUR 4-10: ENERGI - UTSLIPPSCENARIO 3

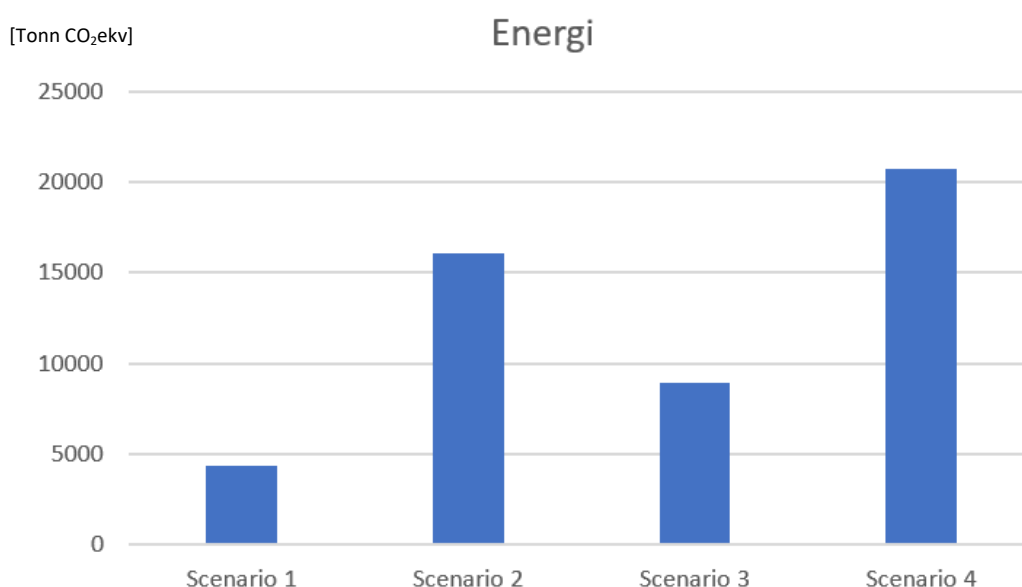
Energi. Totalt 20683 tonn CO<sub>2</sub>eq

FIGUR 4-11: ENERGI - UTSLIPPSCENARIO 4

NTNU hadde i Trondheim 2019 et forbruk på 32 338 832 kWh fjernvarme. Dette tilsvarer et utslipp på 6 144 tonn CO<sub>2</sub>ekv dersom man regner med utslippsfaktor på 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh. Regner man med utslippsfaktoren som er gitt på Statkraft Varme sine nettsider på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh blir utslippet 1 497 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Forbruket på elektrisitet var i 2019 på 99 379 863 kWh. Dette tilsvarer et utslipp på totalt 2 812 tonn CO<sub>2</sub>ekv dersom man regner med norsk forbruksmiks med faktor 18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh. For europeisk forbruksmiks (EU28+NO) med utslippsfaktor 136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh ble utslippet på totalt 14 539 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Resultatene viser hvor stor påvirkning man får på klimaregnskapet dersom man benytter seg av de forskjellige utslippsfaktorene. På figur 4-12 kan man se at forskjellen mellom det største utslippet (scenario 4) og det minste utslippet (scenario 1) er på 16 374 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

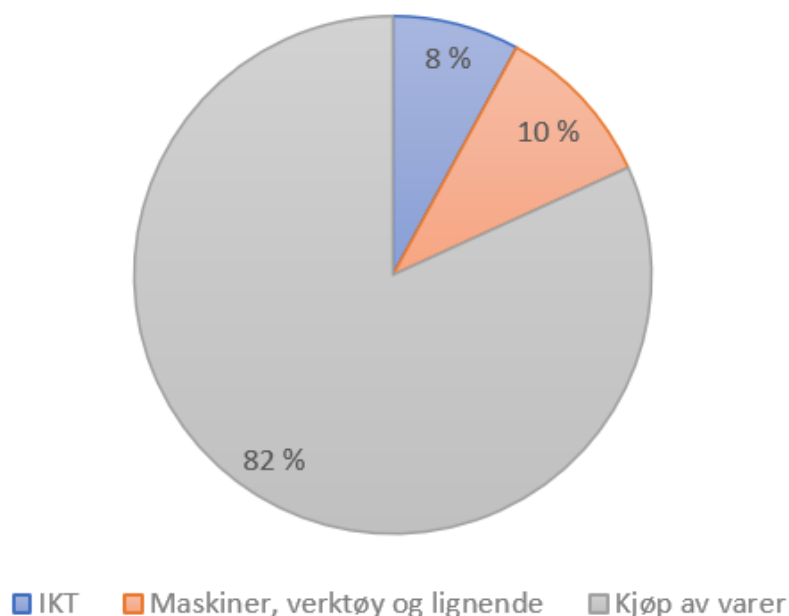


FIGUR 4-12: UTSLIPP ENERGI MED FORSKJELLIGE SCENARIOER

#### 4.1.3 KJØP OG ANSKAFFELSE

Kategorien **kjøp og anskaffelse** bidro med et utslipp på totalt 10 874,96 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Kategorien ble delt inn i tre underkategorier som vist i figur 4-13.

## Kjøp og anskaffelse

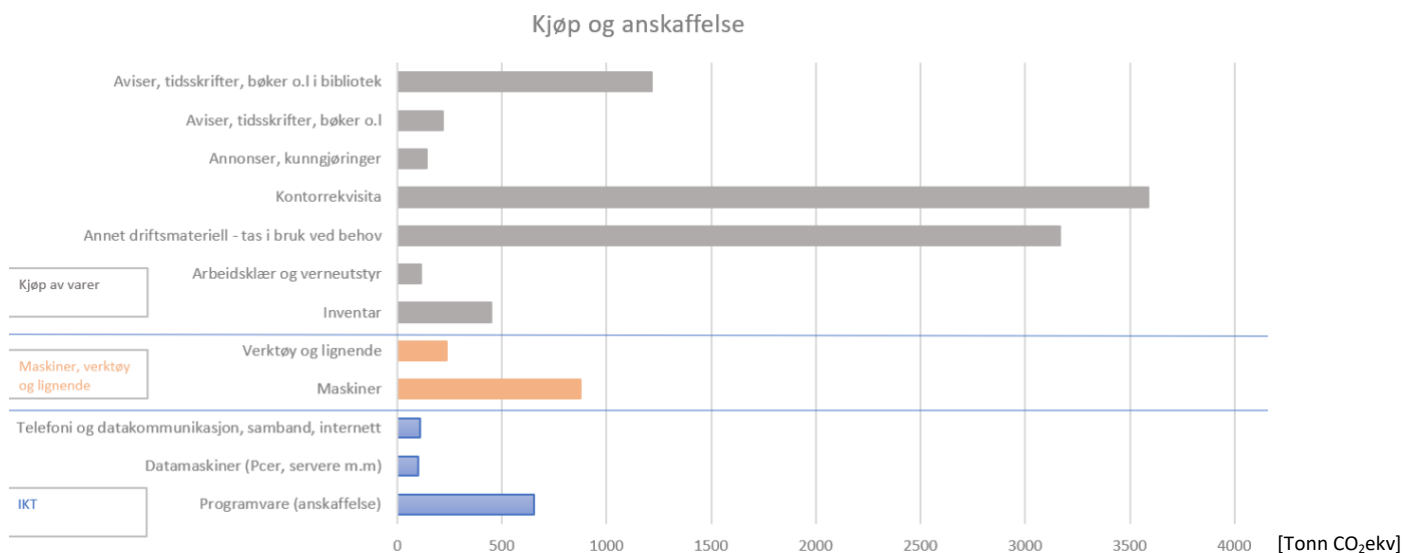


FIGUR 4-13: UTSLIPP KJØP OG ANSKAFFELSE

Underkategorien **IKT** bidro med 863,14 tonn CO<sub>2</sub>ekv, og sto derfor for 8% av utslippene. Underkategorien ble delt opp i tre delkategorier med tilhørende artskonto. Der var det delkategorien «programvare (anskaffelse)» som hadde det største bidraget. Programvare (anskaffelse) bidro med 655,11 tonn CO<sub>2</sub>ekv, og sto dermed for 76% av utslippene i denne underkategorien. Delkategorien «datamaskiner (PCer, servere m. m)» hadde et utslipp på 98,51 tonn CO<sub>2</sub>ekv, mens delkategorien «telefoni og datakommunikasjon, samband, internett» hadde utslipp på 109,52 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **maskiner, verktøy og lignende** sto for 10% av utslippene med 1 115,63 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Denne underkategorien besto av to delkategorier. Delkategorien «maskiner» bidro med 875,73 tonn CO<sub>2</sub>ekv, mens delkategorien «verktøy og lignende» bidro med 239,90 tonn CO<sub>2</sub>ekv. På figur 4-14 kan man se at underkategorien **kjøp av varer** var det desidert største utslippsområdet. Med sine utslipp på 8 896,21 tonn CO<sub>2</sub>ekv sto det for hele 82% av utslippene. Denne underkategorien ble delt inn i sju delkategorier. Delkategorien «inventar» bidro med 450,91 tonn CO<sub>2</sub>ekv og delkategorien «arbeidsklær og verneutstyr» bidro med 113,10 tonn CO<sub>2</sub>ekv. De største utslippene kom fra delkategoriene «annet driftsmateriell – tas i bruk ved behov» med sine 3 166,22 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «kontorrekvisita» med sine 3 588,22 tonn CO<sub>2</sub>ekv. De tre siste delkategoriene var «annonser, kunngjøringer» med bidrag på 142,65 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «aviser, tidsskrifter, bøker o.l.» med bidrag på 219,67 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «aviser, tidsskrifter, bøker o.l. i bibliotek» med bidrag på 1 215,44 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

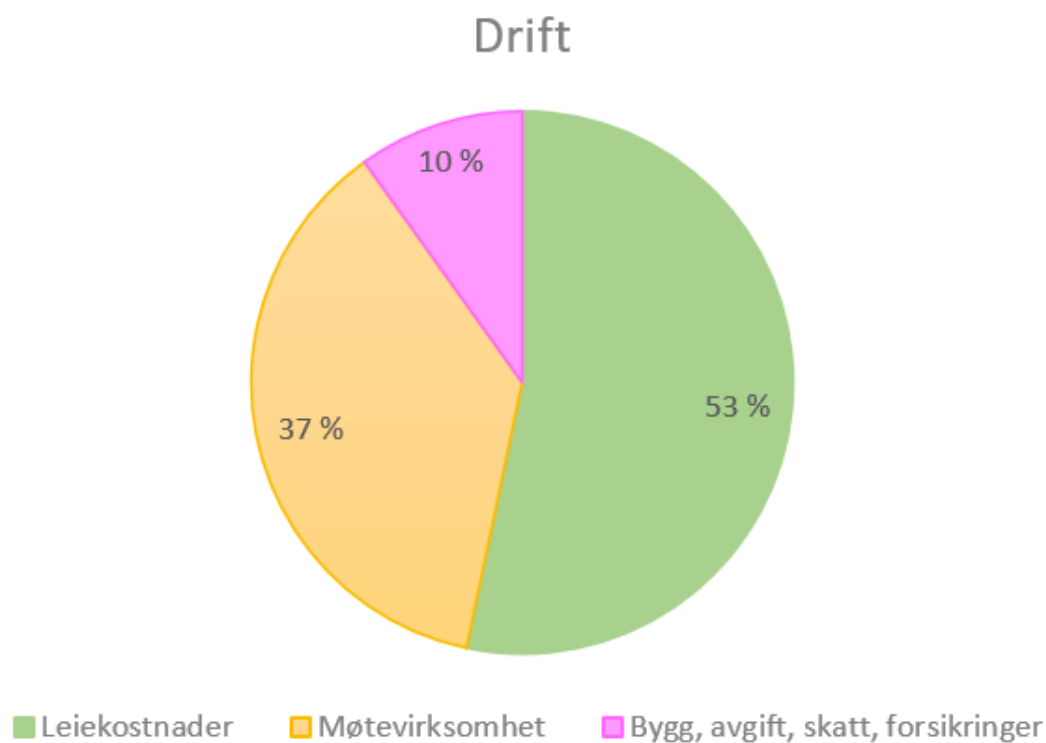




FIGUR 4-14: UTSLIPP KJØP OG ANSKAFFELSE FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER

#### 4.1.4 DRIFT

Kategorien **drift** bidro med totalt 16 194,47 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Kategorien ble delt inn i tre underkategorier som vist i figur 4-15.

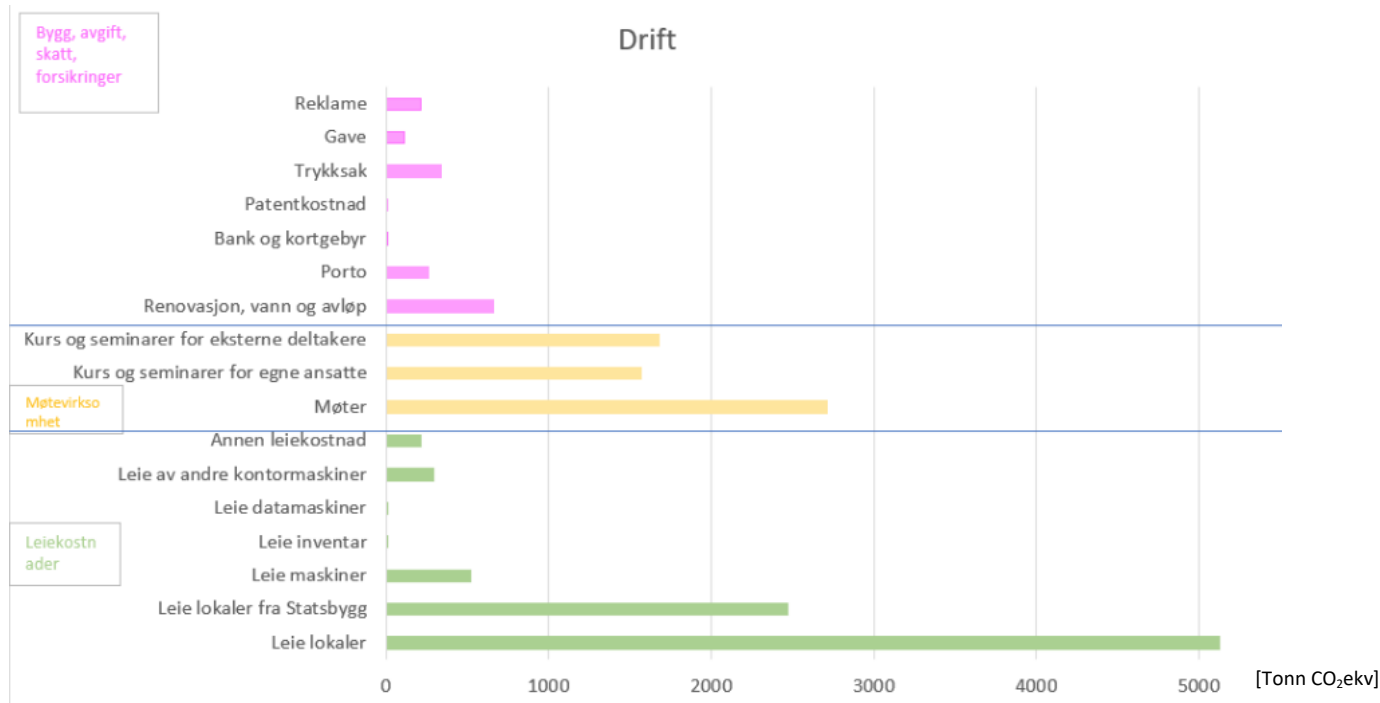


FIGUR 4-15: UTSLIPP DRIFT

Underkategorien **leiekostnader** bidro med 8 631,05 tonn CO<sub>2</sub>ekv, og besto av sju delkategorier. Delkategorien «leie lokaler» sto for 59% av utslippene med bidrag på 5 122,86 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Delkategorien «leie lokaler fra Statsbygg» sto også for en betydelig andel med bidrag på 2 469,14 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Videre hadde delkategorien «leie maskiner» bidrag på 521,45 CO<sub>2</sub>ekv, «leie inventar» hadde bidrag på 6,41 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «leie datamaskiner» hadde bidrag på 8,19 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «leie av andre kontormaskiner» hadde bidrag på 290,81 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «annen leiekostnad» hadde et bidrag på 211,99 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **møtevirksomhet** bidro med 5 961,4 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Underkategorien består av de tre delkategoriene; «møter» med bidrag på 2 714,65 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «kurs og seminarer for egne ansatte» med bidrag på 1 566,69 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «kurs og seminarer for eksterne deltakere» med bidrag på 1 680,06 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

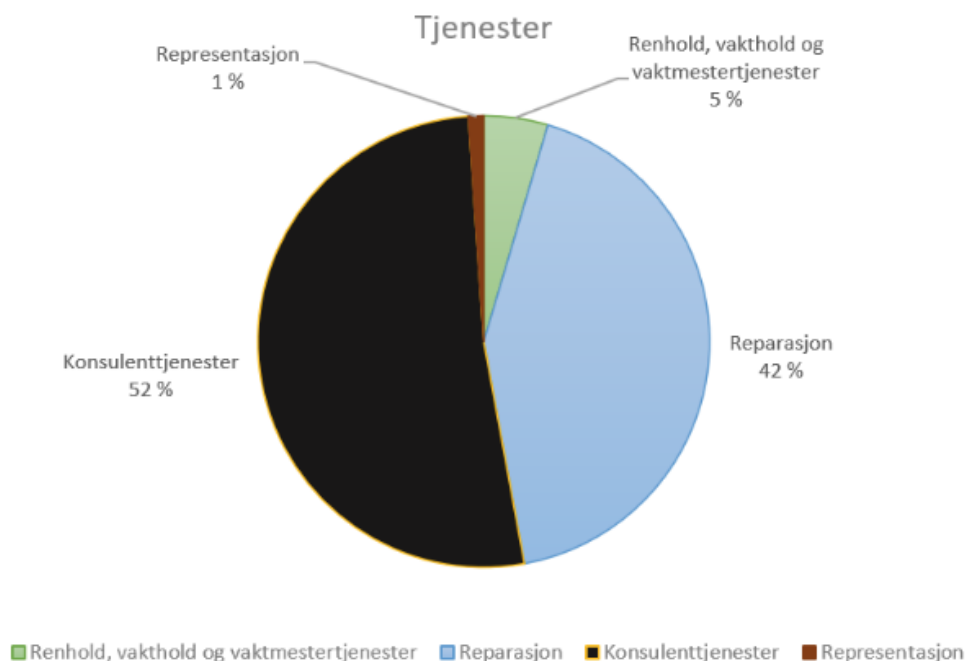
Den siste underkategorien **bygg, avgift, skatt, forsikringer** er diverse kostnader tilknyttet daglig drift. Underkategorien hadde et bidrag på totalt 1 602,02 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Denne underkategorien ble delt inn i sju delkategorier. Delkategoriene var; «renovasjon, vann og avløp» med bidrag på 662,10 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «porto» med bidrag på 264,36 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «bank og kortgebyr» med bidrag på 3,78 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «patentkostnad» med bidrag på 7,10 CO<sub>2</sub>ekv, «trykksak» med bidrag på 339,50 CO<sub>2</sub>ekv, «gave» med bidrag på 112,20 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «reklame» med bidrag på 211,71 tonn CO<sub>2</sub>ekv.



FIGUR 4-16: UTSLIPP DRIFT FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER

## 4.1.5 TJENESTER

Kategorien **tjenester** bidro med totalt 8 839,71 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Kategorien ble delt inn i fire underkategorier som vist i figur 4-17.



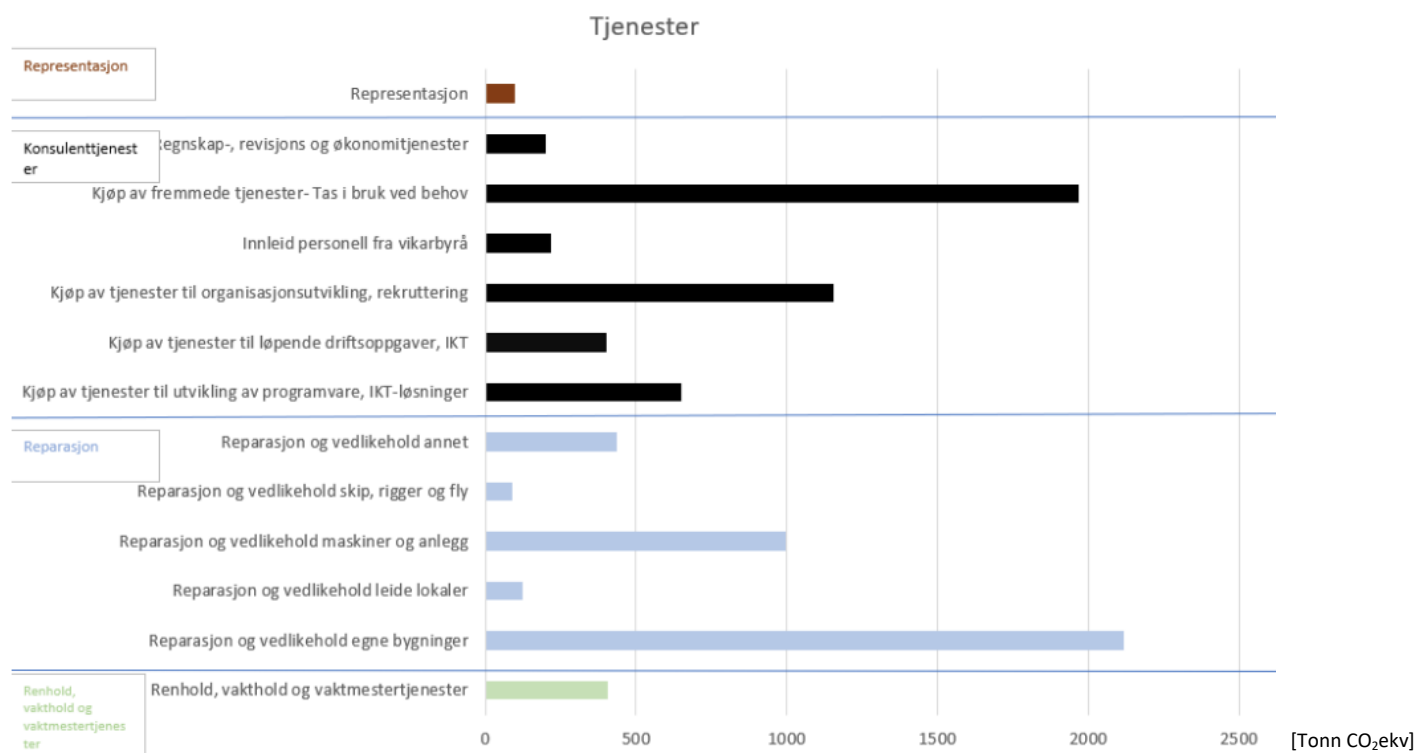
FIGUR 4-17: UTSLIPP TJENESTER

Underkategorien **renhold, vakthold og vaktmestertjenester** bidro med 405,72 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **reparasjon** bidro med totalt 3 759,13 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette utslippet kom fra delkategoriene «reparasjon og vedlikehold av egne bygninger» med bidrag på 2 116,19 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «reparasjon og vedlikehold leide lokaler» med bidrag på 122,81 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «reparasjon og vedlikehold maskiner og anlegg» med bidrag på 996,52 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «reparasjon og vedlikehold skip, rigger og fly» med bidrag på 88,52 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «reparasjon og vedlikehold annet» med bidrag på 435,09 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

På figur 4-18 ser man at underkategorien **konsulent tjenester** hadde de største utslippene av alle underkategoriene under kategorien tjenester. Underkategorien hadde bidrag på 4 579,98 tonn CO<sub>2</sub>ekv, noe som tilsvarer 52% av utslippene. Underkategorien ble delt opp i seks delkategorier. «Kjøp av tjenester til utvikling av programvare, IKT-løsninger» hadde et bidrag på 648,66 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «kjøp av tjenester til løpende driftsoppgaver, IKT» hadde bidrag på 400,06 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «kjøp av tjenester til organisasjonsutvikling, rekruttering» hadde bidrag på 1 151,95 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «innleid personell fra vikarbyrå» hadde bidrag på 214,13 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «kjøp av fremmede tjenester - tas i bruk ved behov» hadde bidrag på 1 964,70 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «regnskap-, revisjons og økonomitjenester» hadde bidrag på 200,48 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Underkategorien **representasjon** bidro med totalt 94,88 tonn CO<sub>2</sub>ekv.



FIGUR 4-18: UTSLIPP TJENESTER FORDELT PÅ UNDERKATEGORIER OG DELKATEGORIER

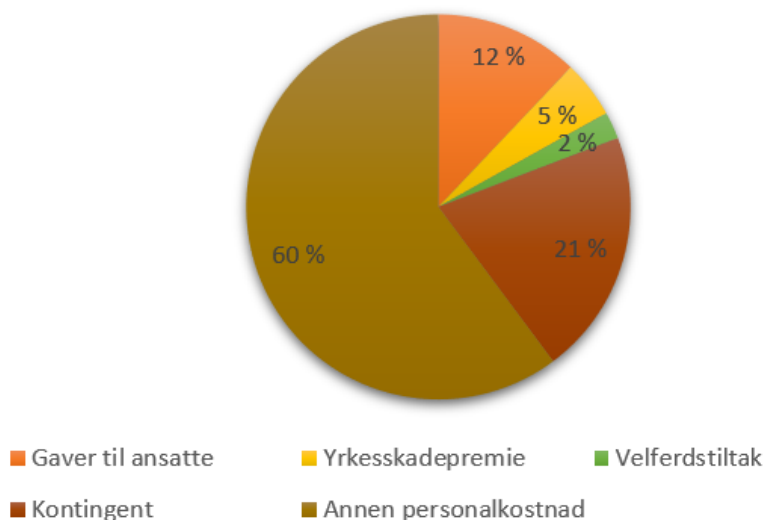
#### 4.1.6 AVFALL

Kategorien **avfall** er som tidligere beskrevet knyttet opp mot fjernvarmeutslippene ved NTNU Trondheim. Det estimerte utslippet tilknyttet avfallsbehandling er på 607 tonn CO<sub>2</sub>ekv, dersom man benytter seg av utslippsfaktor på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarme. Dette utslippet er hentet direkte fra NTNU sin klimarapport for 2019 (NTNU, 2019). Dersom man benytter seg av utslippsfaktor på 190 gCO<sub>2</sub>eq/kWh for fjernvarme beregnes kun utslipp tilknyttet transport av avfall. Utslippene tilknyttet avfall blir da 44 tonn som kommer fra transport nedstrøms.

#### 4.1.7 PERSONAL

Kategorien **personal** hadde utslipp på totalt 574,02 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Utslippene kom fra delkategoriene; «gaver til ansatte» med bidrag på 69,38 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «yrkesskadepremie» med bidrag på 27,76 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «velferdstiltak» med bidrag på 12,98 tonn CO<sub>2</sub>ekv, «kontingent» med bidrag på 345,47 tonn CO<sub>2</sub>ekv og «annen personalkostnad» med bidrag på 118,43 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Utslippsfordelingen er representert i figur 4-19.

## Personal



FIGUR 4-19: UTSLIPP PERSONAL

### 4.1.8 ANDRE KOSTNADER

Kategorien **Andre kostnader** hadde et bidrag på totalt 1 927,96 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

## 4.2 ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM CAMPUSPROSJEKTET

### 4.2.1 ARBEIDSREISER TIL OG FRA CAMPUS

I dette delkapittelet blir det sett på planforslag, fremtidig reisemiddelfordeling for Gløshaugen området, og estimert utslippsbesparelse basert på fremtidig reisemiddelfordeling.

#### 4.2.1.1 PLANFORSLAG

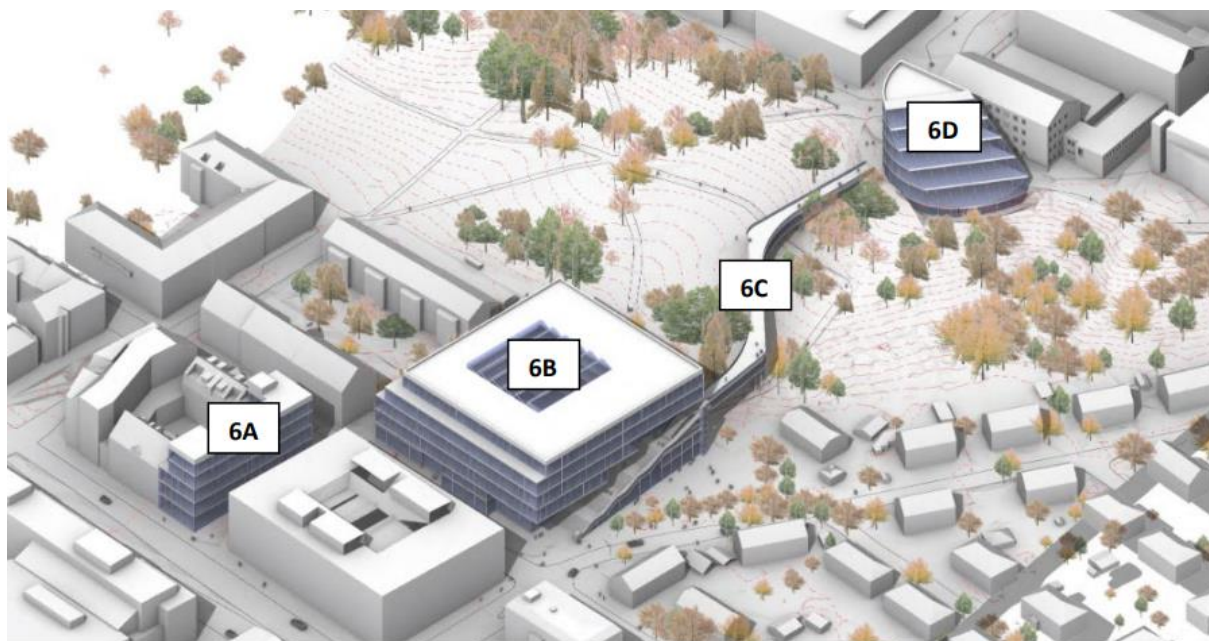
Med tanke på antall parkeringsplasser for prosjektet NTNU Campussamling blir det videre sett på planforslagene til de fem delområdene prosjektet innebærer.

#### Delområde 1 – Høgskoleveien/Grensen

Det finnes ikke parkeringsplasser for ansatte og studenter innenfor området per dags dato. I planforslaget for området presiseres det at det ikke tillates etablering av nye parkeringsplasser for bil innenfor planområdet. Det skal derimot etableres min. fire HC-plasser, og maks. tre plasser for driftskjøretøy (Asplan Viak AS, 2021).

### Delområde 2 - Hesthagen

Figur 4-20 viser plasseringen av et nytt bygg på tomten 6B, hvor dagens parkeringsplass er lokalisert.



FIGUR 4-20: PLANFORSLAG HESTHAGEN (ASPLAN VIAK AS, 2022B, S. 7)

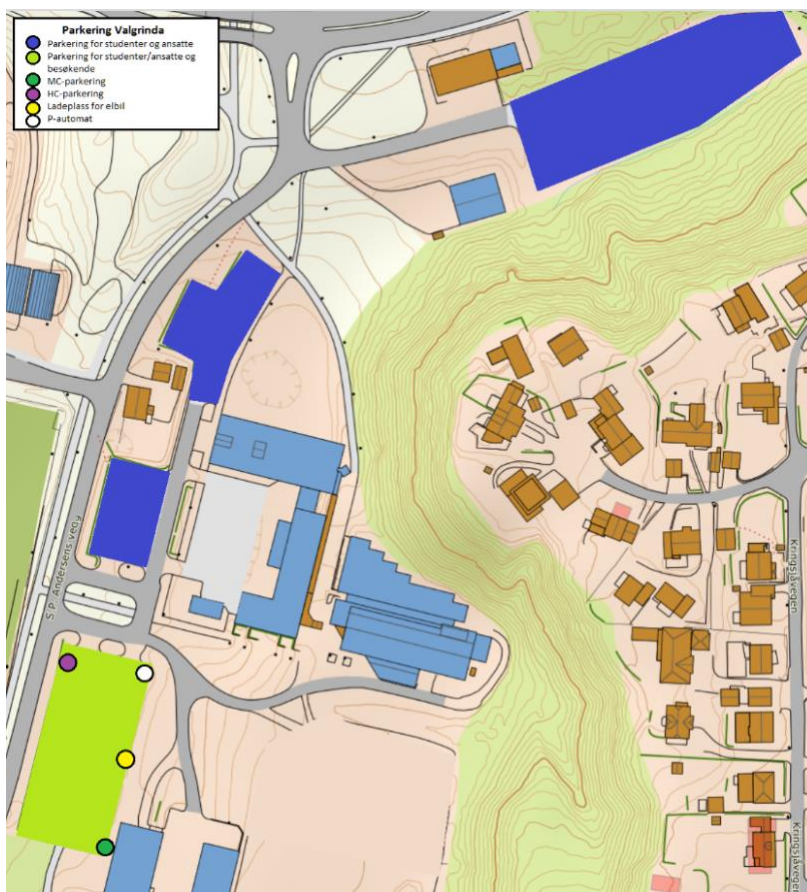
Videre står det i planforslaget at det ikke tillates nye etablerte parkeringsplasser for bil innenfor planområdet. Planforslaget setter derimot krav til offentlig eller privat tjenesteyting. Disse kravene sier at det skal etableres minimum fire HC-plasser i planområdet, samt maks fire plasser for driftskjøretøy (Asplan Viak AS, 2022b).

### Delområde 3 - Gløshaugen

I dagens situasjon eksisterer det kun parkeringsplasser for de med spesialtillatelse innenfor dette området. Dette inkluderer HC-parkeringer, MC-parkeringer og parkering for driftskjøretøy (NTNU, 2022). Planforslaget for Gløshaugen området påpeker at det ikke vil etableres nye bilparkeringsplasser på området. Det er derimot satt krav til minimum 26 HC-plasser og maks 26 plasser for driftskjøretøy (Asplan Viak AS, 2022a).

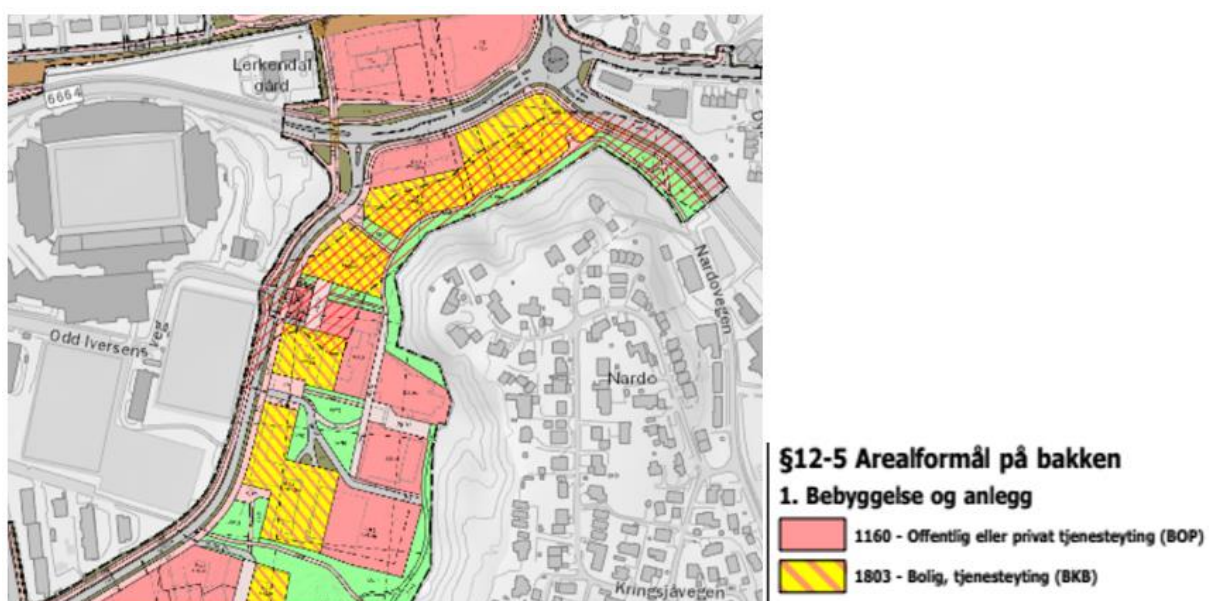
### Delområde 4 og 5 – Lerkendal og Valgrinda

Dagens parkeringsplasser for Lerkendal og Valgrinda området eksisterer i dag i parkeringsområde sone D ved S.P Andersens veg markert som grønt og blått på figur 4-21.



FIGUR 4-21: KART OVER PARKERINGSOMRÅDE D VED S.P.ANDERSEN VEG (NTNU, 2022)

I planforslaget for området er disse parkeringsarealene erstattet med ny bebyggelse, se figur 4-22.



FIGUR 4-22: PLANKART FREMTIDIG SITUASJON LERKENDAL/VALGRINDA (ASPLAN VIAK AS, 2022C)

Videre står det i planforslaget til området at «Det tillates ikke etablert nye parkeringsplasser for bil innenfor delfelt nord for Strindvegen. Det åpnes for drifts- og tjenestebilparkering under bakken innenfor delfelt sør for jernbanen. For delfelt sør for jernbanen skal det ved detaljregulering vurderes om det skal tillates en andel avgiftsbelagte korttids-parkeringsplasser for NTNUs studenter og ansatte. Åpning for parkering utover drifts- og tjenestebiler og HC-parkering skal vurderes ut ifra et helhetlig behov for alle ansatte og studenter innenfor NTNUs virksomhet på Gløshaugen, Lerkendal og Valgrinda» (Asplan Viak AS, 2022c, s. 17). I dette området er det satt krav på to HC-parkeringer.

#### 4.2.1.2 FREMTIDIG REISEMIDDELFORDELING FOR GLØSHAUGEN OMRÅDET

Tabellene 4-1 og 4-2 viser reisemiddelfordeling for dagens situasjon, og er hentet fra Asplan Viak sin rapport «Campus NTNU Transportstrømmer 2030».

TABELL 4-1: REISEMIDDELFORDELING FOR ANSATTE DAGENS SITUASJON (BIRGITTE NILSSON AND KARI S. NORDDAL, 2019, S. 10)

<b>Ansatte</b>	<b>Gløshaugen</b>	<b>Dragvoll</b>	<b>Andre</b>
<b>Til fots</b>	18 %	10 %	20 %
<b>Sykkel</b>	36 %	25 %	31 %
<b>Buss</b>	23 %	22 %	26 %
<b>Bil</b>	23 %	43 %	23 %
<b>Sum</b>	100 %	100 %	100 %

TABELL 4-2: REISEMIDDELFORDELING FOR STUDENTER DAGENS SITUASJON (BIRGITTE NILSSON AND KARI S. NORDDAL, 2019, S. 10)

<b>Studenter</b>	<b>Gløshaugen</b>	<b>Dragvoll</b>	<b>Andre</b>
<b>Til fots</b>	52 %	34 %	34 %
<b>Sykkel</b>	20 %	21 %	21 %
<b>Buss</b>	24 %	35 %	35 %
<b>Bil</b>	4 %	10 %	10 %
<b>Sum</b>	100 %	100 %	100 %

Ved å ta utgangspunkt i antall studenter og ansatte ved Gløshaugen og Elgeseter, og total reisemiddelfordeling for studenter og ansatte til Gløshaugen/Elgeseter, kan man estimere antall parkerte biler pr. dag for dagens situasjon som vist i tabell 4-3. Tabell 4-3 viser at estimert antall parkerte biler pr. dag for dagens situasjon er 1 228 parkerte biler.



TABELL 4-3: ESTIMERT ANTALL PARKERTE BILDER PR. DAG FOR DAGENS SITUASJON

Dagens situasjon i 2022						Antall biler	
	Gløshaugen	Elgeseter	Grensen	Sum antall	Andel biler	Antall	80% til stede
Ansatte	3 589	266	0	3 855	23%	887	710
Studenter	13 487	2 690	0	16 177	4%	647	518
Parkerte biler							1 228

Med en antagelse om at 80% av studentene og de ansatte er til stede daglig (Standard Norge, 2018), viser beregningene at 710 av de ansatte og 518 av studentene benytter parkeringsplassene. De ansatte utgjør 19% av den totale gruppen reisende, og beregningene viser at de benytter 58% av parkeringsplassene. Studentene utgjør 81% av den totale gruppen reisende, og beregningene viser at de benytter 42% av parkeringsplassene.

I henhold til gjeldende planforslag er det lagt opp til at parkeringsplassene ved Hesthagen, Valgrinda og Lerkendal forsvinner. Det blir ikke tilrettelagt for at disse parkeringsplassene blir erstattet med nye. Tabell 4-4 viser derimot at det blir tilrettelagt for totalt 36 HC-parkeringer fordelt på de fem områdene.

TABELL 4-4: ANTALL HC-PARKERINGER ETTER CAMPUSSAMLINGEN

Område	Antall HC-parkeringer
Høgskoleveien/Grensen	4
Hesthagen	4
Gløshaugen	26
Valgrinda/Lerkendal	2
<b>Totalt</b>	<b>36</b>

Antar man samme fordeling mellom studenter (42%) og ansatte (58%) som nevnt tidligere, vil de ansatte benytte 21 HC-parkeringsplasser og studentene benytte 15 HC-parkeringsplasser. Dette betyr at reisemiddelfordelingen for dagens situasjon i 2022 reduseres betraktelig sammenlignet med situasjonen etter samlokaliseringen i 2030.

TABELL 4-5: BEREGNET ANDEL BILER VED CAMPUS ETTER CAMPUSSAMLINGEN

Planforslag for 2030						Antall biler	
	Gløshaugen	Elgeseter	Grensen	Sum antall	Andel biler	Antall	80% til stede
Ansatte	3100	1000	500	4600	0,57%	26	21
Studenter	15800	8200	2900	26900	0,07%	19	15
Parkerte biler							36

Tabell 4-5 viser at reisemiddelfordelingen må endres slik at de 23% av ansatte som kjører bil til arbeid må reduseres til 0,57%, mens de 4% av studentene som kjører bil til skole må reduseres til 0,07%. Dette viser at bilturene til HC-parkeringene utgjør en svært liten andel av personturene til og fra campusområdet.

Basert på planforslagene og eksisterende reisemiddelfordeling er det estimert en reisemiddelfordeling for situasjonen etter campussamlingen. Det er dermed lagt til grunn at det ikke vil være noen tilgjengelighet for bilparkering for ansatte og studenter.

Tabellene 4-6 og 4-7 viser reisemiddelfordelingen for dagens situasjon, samt estimert fremtidig reisemiddelfordeling. Det er kun 4% av studentene som benytter bil til Gløshaugen i henhold til reisemiddelfordelingen for dagens situasjon, og det er antatt at disse kjører bil på grunn av avstanden til campus. Det antas derfor at disse vil benytte seg av kollektivtransport etter at mulighetene for parkering forsvinner. HC-parkeringene utgjør en så liten del at de neglisjeres i tabellene 4-6 og 4-7.

For ansatte er det antatt at de som kjører bil prosentvis fordeler seg mellom reisemidlene sykkel og kollektiv. Forholdet mellom antall syklende og antall som tar buss er dermed antatt som lik etter samlokaliseringen.

TABELL 4-6: ESTIMERT FREMTIDIG REISEMIDDELFORDELING FOR STUDENTER

Reisemiddelfordeling		
Studenter	Dagens reisemiddelfordeling Gløshaugen	Fremtidig reisemiddelfordeling 2030
Til fots	52%	52%
Sykkel	20%	20%
Buss	24%	28%

Bil	4%	0%
Sum	100%	100%

TABELL 4-7: ESTIMERT FREMTIDIG REISEMIDDELFORDELING FOR ANSATTE

Reisemiddelfordeling		
Ansatte	Dagens reisemiddelfordeling Gløshaugen	Fremtidig reisemiddelfordeling 2030
Til fots	18%	18%
Sykkel	36%	50%
Buss	23%	32%
Bil	23%	0%
Sum	100%	100%

#### 4.2.1.3 ESTIMERT UTSLIPPSBESPARELSE BASERT PÅ FREMTIDIG REISEMIDDELFORDELING

I klimagassregnskapet for 2019 som er presentert i kapittel 4.1, er utslippene fra arbeidsreiser tilknyttet Gløshaugen på 819 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år. Utslippene tilknyttet Lerkendal/Valgrinda er 94 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år, mens utslippene tilknyttet Dragvoll er på 300 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år. Disse tallene baserer seg på en antagelse om at utslipp tilknyttet bil er på 200 gCO<sub>2</sub>ekv/kjøretøy-km og utslipp tilknyttet kollektiv er på 50 gCO<sub>2</sub>ekv/passasjer-km. Disse tallene er hentet direkte fra miljørapporten til NTNU fra 2019 ettersom det ikke var tilgang på nyere data rundt temaet. Resultatene viser ikke tall på antall kjøretøy-km for hverken bil eller kollektiv transport.

Antall ansatte ved Gløshaugen etter at Rotvoll flyttet er estimert til 3 589 ansatte. Antall ansatte ved Elgeseter og Dragvoll er hentet fra rapporten *Campus NTNU Transportstrømmer 2030*, og er henholdsvis 266 ansatte og 819 ansatte. Antall ansatte ved Gløshaugen inkluderer også ansatte ved Lerkendal/Valgrinda. Antar man at reisemiddelfordelingen for dagens situasjon for Gløshaugen også gjelder Lerkendal/Valgrinda, kan utslippene fra disse to campusområdene legges sammen. Området Gløshaugen/Lerkendal/Valgrinda har da et utslipp fra arbeidsreiser på 913 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år.

Ifølge reisemiddelfordeling for dagens situasjon på Gløshaugen, kjører 23% bil og 23% tar buss. Det vil si at 887 ansatte benytter seg av bil og 887 ansatte tar buss. I henhold til reisemiddelfordelingen tar 43% av de

ansatte bil og 22% buss på campus Dragvoll. Det vil si at 352 ansatte kjører bil, mens 180 ansatte velger buss.

Ettersom resultatene ikke viser antall kjøretøykilometer hverken før eller etter campussamlingen, er det satt sammen to ligninger. Ligningene inkluderer to ukjente faktorer, antall km for bil (x) og kollektiv (y).

$$887 \text{ ansatte} * 200x + 887 \text{ ansatte} * 50y = 819 \text{ tonn CO}_2\text{ekv/år}$$

$$352 \text{ ansatte} * 200x + 180 * 50y = 300 \text{ tonn CO}_2\text{ekv/år}$$

Ut fra dette får man en x-verdi på  $\frac{69}{17740}$  og en y-verdi på  $\frac{129}{44350}$

Disse to verdiene representerer gjennomsnittlig kjøretøykilometer for bil og buss for campusene Gløshaugen og Dragvoll. Kjøretøykilometerne for de to campusområdene er dermed slått sammen og verdiene representerer et gjennomsnitt mellom de to campusområdene. Legger man til grunn at reiseavstanden ikke endrer seg for de som flytter arbeidssted fra Dragvoll til Gløshaugen kan man få et estimat på utslippene tilknyttet arbeidsreiser etter campussamlingen.

Antall ansatte i 2030 etter samlokaliseringen er estimert til 4 600 ansatte. Benytter man estimert reisemiddelfordeling for 2030 i tabell 4-7 resulterer det i at 1 472 ansatte av disse vil benytte seg av buss til campus, mens ingen vil benytte seg av bil.

$$\text{Dette gir } 0 * 200x + 1472 * 50 * y \rightarrow 0 * 200 * \frac{69}{17740} + 1472 * 50 * \frac{129}{44350} = 214 \text{ tonn CO}_2\text{ekv/år}$$

Utslippene fra ansatte sine arbeidsreiser til og fra områdene Gløshaugen/Lerkendal/Valgrinda og Dragvoll er på 1 213 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år før samlokaliseringen. Etter samlokaliseringen er det estimert at dette utslippet reduseres til 214 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år. Det vil si en total utslippsreduksjon på 999 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år for ansatte sine reiser til og fra campus.

## 4.2.2 ENERGI

Resultatene som blir presentert videre er hentet fra premissdokument miljø (Solli *et al.*, 2018).

Simuleringene for totalt energiforbruk for nybygg og rehabiliterte bygg og en reduksjon fra TEK17, er vist i tabell 4-8.

TABELL 4-8: SIMULERT TOTALT ENERGIFORBRUK FOR NYBYGG OG REHABILITERTE BYGG, SAMT REDUKSJON FRA TEK17 (SOLLI ET AL., 2018, S. 34)

Strøm/varme	Reduksjon fra TEK17 (nye bygg) eller dagens nivå (rehabilitering)	Høyt ambisjons-nivå	Reduksjon fra TEK17
<b>Strøm</b>	-	8155	9929
<b>Varme</b>	3915	3840	681
<b>Sum</b>	<b>3915</b>	<b>11995</b>	<b>10610</b>

Basert på tabell 4-8 viser rapporten til et energiforbruk på 80 kWh/m<sup>2</sup>-år for nybygg og 103 kWh/m<sup>2</sup>-år for rehabiliterte bygg. Campussamlingen har en plan om å bygge ca. 92 000 m<sup>2</sup> nybygg, samt ca. 45 000 m<sup>2</sup> ombygging av den eksisterende bygningsmassen (Statsbygg, u.å). Sum energiforbruk blir da 92 000 m<sup>2</sup> \* 80 kWh/m<sup>2</sup>-år + 45 000 m<sup>2</sup> \* 103 kWh/m<sup>2</sup>-år = 11 995 MWh per år. Dette summerer en reduksjon fra TEK17 på 10 610 MWh. Totalt energiforbruk for hele campussområdet ble beregnet til 82 GWh, hvor nye og rehabiliterte bygg utgjorde 11,99 ≈ 12 GWh (Solli *et al.*, 2018).

Simulert energiproduksjon fra solceller på nye bygg og eksisterende bygg på campus, er vist i tabell 4-9. Rapporten påpeker at beregningene baserer seg på at nye bygg fordeles jevnt et vektet snitt av aktuelle tomter (Solli *et al.*, 2018).

TABELL 4-9: SIMULERT ENERGIPRODUKSJON FRA SOLCELLER (SOLLI ET AL., 2018, S. 34)

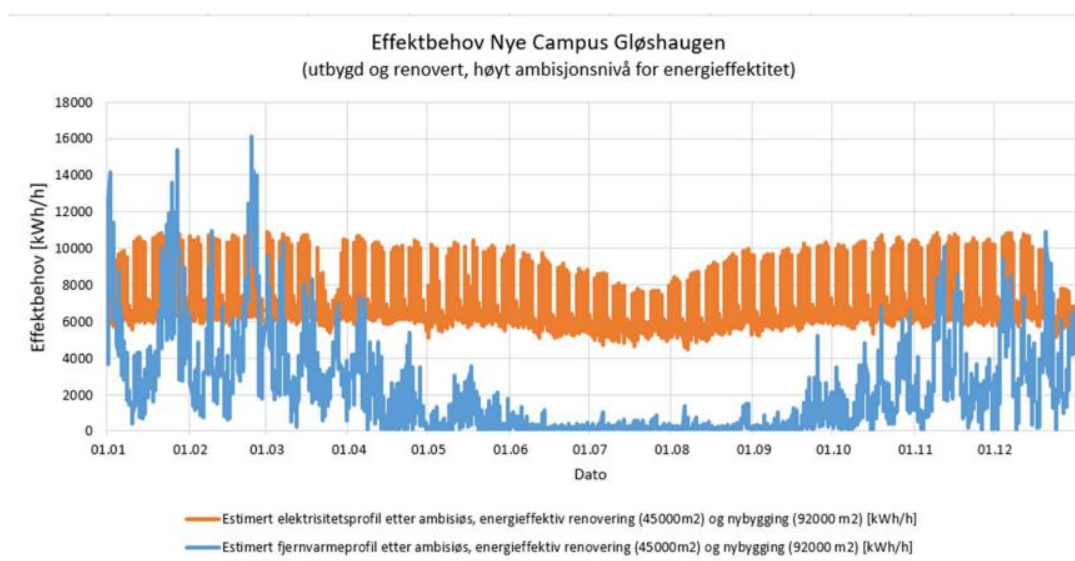
	Installert effekt (kW)		Energiproduksjon (MWh/år)
	Tak	Fasade	Samlet
<b>Nye bygg</b>	2 546	651	2 194
<b>Eksisterende bygg</b>	5 540	127	3 638
<i>Andel av eksisterende areal som rehabiliteres</i>	831	19	546
<b>Sum av nye og eksisterende bygg</b>	<b>8 086</b>	<b>778</b>	<b>5 832</b>

Tabell 4-9 viser at ved å utnytte egnede tak og fasader, kan det produseres opp til 5 832 MWh/år totalt. Det produseres 2 194 MWh på nye bygg, 3 638 MWh på eksisterende bygg og 546 MWh på ombyggingsandel av eksisterende bygg (Solli *et al.*, 2018).

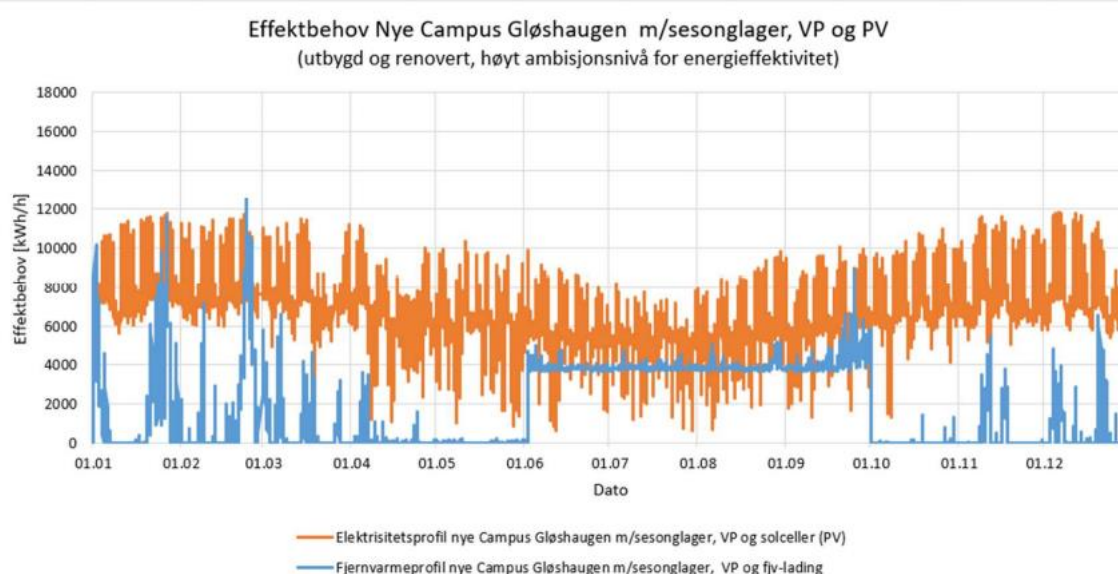
EnergiHUB på Gløshaugen er et annet viktig konsept som kan bidra til å oppnå en energismart campus. Denne løsningen fungerer som en termos for termisk energi. Overskuddsvarme på sommeren som kommer

fra NTNUs egne prosesser (som tungregnesentralen) og fra fjernvarmesystemet i Trondheim, kan brukes til å lade opp et grunnvarmelager om sommeren. På vinteren, når energibehovet er størst må fjernvarmeanleggene ofte fyre med brensler med større utslippsintensitet for å kompensere for effekttoppene. Grunnvarmelageret kan dermed brukes for å redusere disse effekttoppene. I rapporten påpekes det at dersom man regner overskuddsvarmen på sommeren som «gratis» kan man oppnå en energibesparelse på totalt netto 11 GWh energi. Energibrønnene vil ikke kunne holde på all varmen og det vil være noe tap av energi. Det trengs derfor en varmepumpe for å løfte temperaturen fra lageret, noe som vil føre til en økning av strømforbruk på vinterstid (Solli *et al.*, 2018).

Figur 4-23 og 4-24 viser simulert effektprofil for hele campusområdet.



FIGUR 4-23: EFFEKTBEHOV NYE CAMPUS GLØSHAUGEN (SOLLI *ET AL.*, 2018, S. 36)



FIGUR 4-24: EFFEKTBEHOV NYE CAMPUS GLØSHAUGEN MED SESONGLAGER, VP OG PV (SOLLI *ET AL.*, 2018, S. 36)

Figur 4-23 og 4-24 viser ikke effekten av korttidslager for strøm (batteri) og varme (vanntank). Disse vil bidra til at effekttoppene reduseres ytterligere (Solli *et al.*, 2018).

Rapporten beskriver videre at simuleringene viser at man ikke kan oppnå «plusscampus» ved å se på energibehov og potensial for egenproduksjon bygg for bygg. Perspektivet må i stedet for utvides, og se på potensialet i et områdeperspektiv. Da vil det være mulig å oppnå en «plusscampus». Tabell 4-10 viser ulike varianter som er beregnet, og hvordan disse indikerer prosentvis oppnåelse av målet om at nye bygg skal produsere mer energi enn de bruker.

TABELL 4-10: DEKNINGSGRAD ENERGI (STRØM OG VARME) I PROSENT MED BASIS I ULIKE SYSTEMGRENSER (SOLLI *ET AL.*, 2018, S. 37)

	Systemgrenser (nye bygg, ombygde arealer, hele campus)	Dekningsgrad energi (sum strøm+varme)	Kommentar
A	Kun nye bygg. Solcelle-produksjon med vektet snitt av alle tomter.	30 %	Rene og klare systemgrenser som går direkte på byggene
B	Nye bygg og rehabiliterte bygg både forbruk og egenproduksjon.	23 %	Regner kun forbruk og produksjon fra berørte bygg.
C	Forbruk nye bygg og rehabiliterte bygg. Produksjon fra alle eksisterende bygg + nye bygg.	49 %	Regner produksjonspotensial fra alle bygg og forbruk fra de byggene som omfattes av utbyggingsprosjektet.
D	Nye og rehabiliterte bygg, men med gevinst fra energiHUB Gløshaugen.	107 %	Her regnes hele effekten av EnergiHUB Gløshaugen inn i prosjektet. Sommervarme fra fjernvarme regnet som ren spillvarme på lik linje med interne overskuddslaster.
E	Samme som over, men inkludert produksjon fra solceller på hele campus.	132 %	Inkluderer produksjon på alle eksisterende bygg, men ikke forbruket i disse. Gir mulighet for å levere et overskudd for å "betale ned" materialer og byggefase.
F	Hele campus Gløshaugen, inkludert nye bygg, rehabiliterte bygg og andre bygg. Inkludert all potensiell solcelleproduksjon og EnergiHUB Gløshaugen.	19 %	Skiller ikke på hva som omfattes av byggeprosjektet eller ikke. Omfatter energiforbruk og -produksjon på <i>samtlig</i> e bygg på campus.

Tabell 4-10 viser at det bare er alternativene som inkluderer EnergiHUB på Gløshaugen som kan oppfylle ambisjonene for energi. Uten dette sesonglageret vil det være vanskelig å se for seg at ambisjonen om plussenergi-campus kan realiseres. Tabell 4-10 viser også at dersom man regner med sesonglageret er det mulig å komme i pluss. Dette kan dermed kompensere for noen av utslippene som er tilknyttet materialer og byggefasen til energiløsningene (Solli *et al.*, 2018).

#### 4.2.2.1 GROVT ESTIMERTE UTSLIPPSBESPARELSER

Totalt energiforbruk for hele campusområdet etter samlokalisering ble beregnet til 82 GWh. Fra miljørapporten til NTNU 2019 kan man se at forbruket av elektrisitet i 2019 var 60 631 946 kWh, mens forbruket av fjernvarme var 26 410 880 kWh for områdene Gløshaugen, Sydområdet og Adolf Øien bygget. Energiforbruket etter samlokaliseringen tilsvarer dermed en besparelse på 5,04 GWh i forhold til forbruket av energi i 2019 innenfor campusområdet. Antar man samme fordeling som i 2019 vil av de besparte 5,04 GWh bestå av 1 512 848 kWh fjernvarme og 3 529 978 kWh elektrisitet.

Det er estimert at det, ved å utnytte av egnede tak og fasader, kan det produseres ca. 5,8 GWh elektrisitet fra solceller. Det vil bli en økning på sommerfjernvarme til ladning av sesonglager. Regner man varmen på sommeren som «gratis», vil EnergiHUB på Gløshaugen bidra med besparelse på totalt netto 11 GWh energi.

I tillegg kommer utfasingen av campus Dragvoll. Ifølge miljørapporten til NTNU 2019 hadde Dragvoll et forbruk på 9 332 650 kWh elektrisitet og 0 kWh fjernvarme (NTNU, 2019). Basert på disse resultatene blir total besparelse da 18 662 628 kWh elektrisitet og 12 512 848 kWh fjernvarme.

Som tidligere nevnt vil derimot reduksjonen av elektrisitet være noe mindre på vinterstid ettersom det trengs en varmepumpe for å løfte temperaturen til vannet fra energibrønnene. Det vil derfor påvirke den totale utslippsbesparelsen. Utslippsfaktoren for levert termisk energi vil være avhengig av effekt faktoren for varmepumpen. Effektfaktoren, ofte kaldt COP forteller om hvor mye varmeeffekt man får fra varmepumpa, i forhold til den elektriske effekten som tilføres. Gjennomsnittlig COP gjennom året kalles årsvarmefaktor (SCOP). Denne ligger i gjennomsnitt på rundt 3 med en variasjon fra 1,6 til 4,4 (Myhre, 2015).

Med en norsk forbruksmiks på elektrisitet (18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh) og en SCOP på 3 vil da utslippet bli 6 g CO<sub>2</sub>ekv/kWh levert termisk energi. Med 11 GWh termisk energi blir da utslippet på totalt 66 tonn CO<sub>2</sub>ekv per år.

Med en europeisk forbruksmiks på elektrisitet (136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh) og en SCOP på 3 vil utslippet bli 45,33 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh levert termisk energi. Med 11 GWh termisk energi blir da utslippet på totalt 499 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

I tillegg til dette kommer utslipp tilknyttet infrastruktur for EnergiHUB Gløshaugen. Utslippsfaktor hentet fra Ecoinvent v3 i rapporten «Energi og miljø-fagutredning» oppgir en utslippsfaktor på 0,68 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh levert termisk energi. Med 11 GWh termisk energi blir da utslippet på totalt 7,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Den samme rapporten oppgir en utslippsfaktor for solceller på 50 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh med en solinnstrømning på 1000 kWh/m<sup>2</sup>/år (Nersund Larsen, Borg and Tønnesen, 2018). Med 5,8 GWh elektrisitet produsert fra solceller blir det totale utslippet på 290 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Oppsummert blir utslippsbesparelse for elektrisitet:

- Med norsk forbruksmiks for elektrisitet blir utslippsbesparelsen på 18 662 628 kWh \* 18 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh = 336 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år. Trekker man fra utslipp tilknyttet solceller blir den totale utslippsbesparelsen på 46 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år.
- Med europeisk forbruksmiks for elektrisitet blir utslippsbesparelsen på 18 662 628 kWh \* 136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh = 2 538 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år. Trekker man fra utslipp tilknyttet solceller blir den totale utslippsbesparelsen på 2 248 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år.



Oppsummert blir utslippsbesparelse for fjernvarme:

- Med utslippsfaktor på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh blir utslippsbesparelsen på 12 512 848 kWh \* 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh = 579 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Trekker man fra utslipp tilknyttet infrastruktur for EnergiHUBen havner man på en besparelse på 571,5 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter. I tillegg kommer utslipp per kWh levert termisk energi tilknyttet varmepumpen. Regner man med norsk forbruksmiks på elektrisiteten varmepumpen trenger blir den totale utslippsbesparelsen på 505,5 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år. Regner man med europeisk forbruksmiks på elektrisiteten blir den totale utslippsbesparelsen på 72,5 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år.

Med utslippsfaktor på 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for fjernvarmen blir utslippsbesparelsen på 12 512 848 kWh \* 190 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh = 2 377 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Trekker man fra utslipp tilknyttet infrastruktur for EnergiHUBen får man en besparelse på 2 369,5 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Med norsk forbruksmiks på elektrisiteten varmepumpen trenger, blir den totale utslippsbesparelsen på 2 303,5 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år. Regner man med europeisk forbruksmiks på elektrisiteten blir den totale utslippsbesparelsen på 1 870,5 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år.

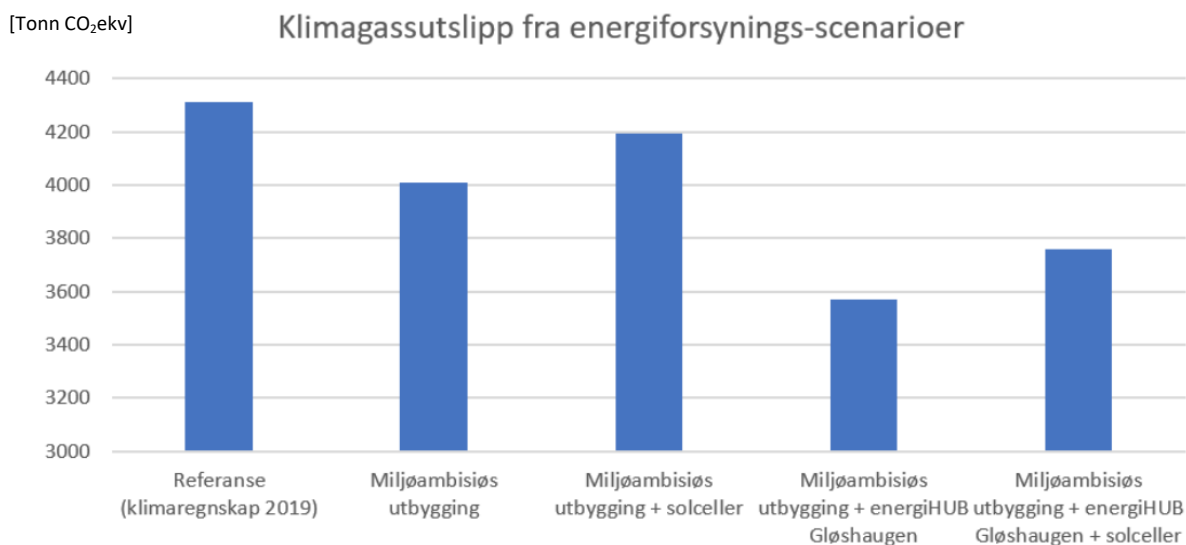
#### 4.2.3 OPPSUMMERING - UTSLIPPSREDUKSJON

For å se påvirkningen de ulike energiltakene har, er det videre presentert klimagassutslipp for referansesituasjonen og de ulike energiltakene. Klimagassutslippene før og etter samlokaliseringen varierer ut ifra hvilken utslippsfaktor som settes for elektrisitet og fjernvarme. Det er derfor presentert fire scenarioer videre, med samme oppdeling som i kapittel 4.1. Tabell 4-11 viser hvordan denne oppdelingen er.

TABELL 4-11: UTSLIPPSFAKTOR SCENARIOER FOR UTSLIPPSREDUKSJON ENERGI

Scenario	Utslippsfaktor elektrisitet	Utslippsfaktor fjernvarme
1	Norsk forbruksmiks, dvs. 18 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh	Statskrafts utslippsfaktor, dvs. 46,3 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh
2	Europeisk forbruksmiks, dvs. 136 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh	Statskrafts utslippsfaktor, dvs. 46,3 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh
3	Norsk forbruksmiks, dvs. 18 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh	Utregnet utslippsfaktor, dvs. 190 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh
4	Europeisk forbruksmiks, dvs. 136 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh	Utregnet utslippsfaktor, dvs. 190 gCO <sub>2</sub> ekv/kWh

## 4.2.3.1 SCENARIO 1



FIGUR 4-25: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGI-FORSYNINGSCENARIER, SCENARIO 1

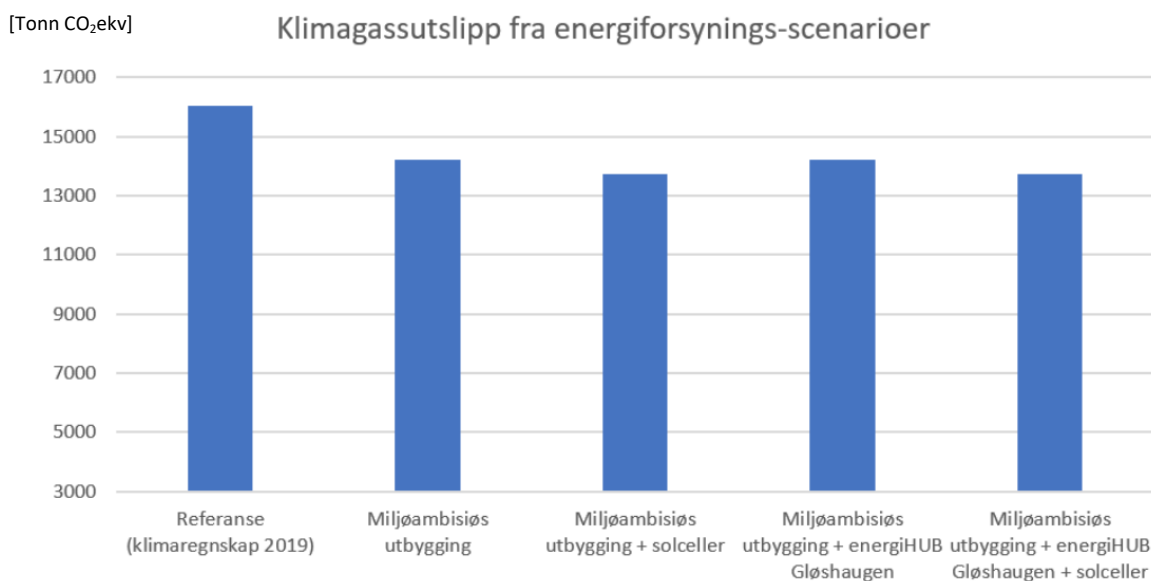
Figur 4-25 viser at scenario 1 har et referanseutslipp på 4 309 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Som beskrevet i underkapittel 4.1 tilsvarer dette klimagassutslippene fra energi for hele NTNU Trondheim. Med en miljøambisiøs utbygging i campusprosjektet oppnår man en besparelse på 1 512 848 kWh fjernvarme og 3 529 978 kWh elektrisitet. I tillegg kommer utfasingen av Dragvoll. Med utslippsfaktorene satt i scenario 1 blir da det totale klimagassutslippet fra energi for hele NTNU Trondheim 4 007,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

I energiforsynings-scenarioet med miljøambisiøs utbygging pluss solceller blir det totale klimagassutslippet på 4 193 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette tilsvarer derfor et høyere utslipp enn om man kun bygger miljøambisiøst. Grunnen til dette er den svært lave utslippsfaktoren for elektrisitet som ligger til grunn i scenario 1. Solcellene i seg selv gir en utslippsreduksjon på 104,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Utslippsfaktoren for materialbruk til solcellene er derimot høyere i dette scenarioet enn utslippsfaktoren for elektrisitet, og utslippene øker.

I energiforsynings-scenarioet med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB på Gløshaugen ser man den største utslippsreduksjonen. EnergiHUBen gir en utslippsreduksjon på 509,3 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Trekker man fra utslippene fra infrastruktur og utslipp tilknyttet varmepumpe havner det totale klimagassutslippet på 3 571,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

I energiforsynings-scenarioet med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB Gløshaugen og solceller, blir det totale utslippet på 3 757,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

## 4.2.3.2 SCENARIO 2



FIGUR 4-26: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGI-FORSYNINGSCENARIER, SCENARIO 2

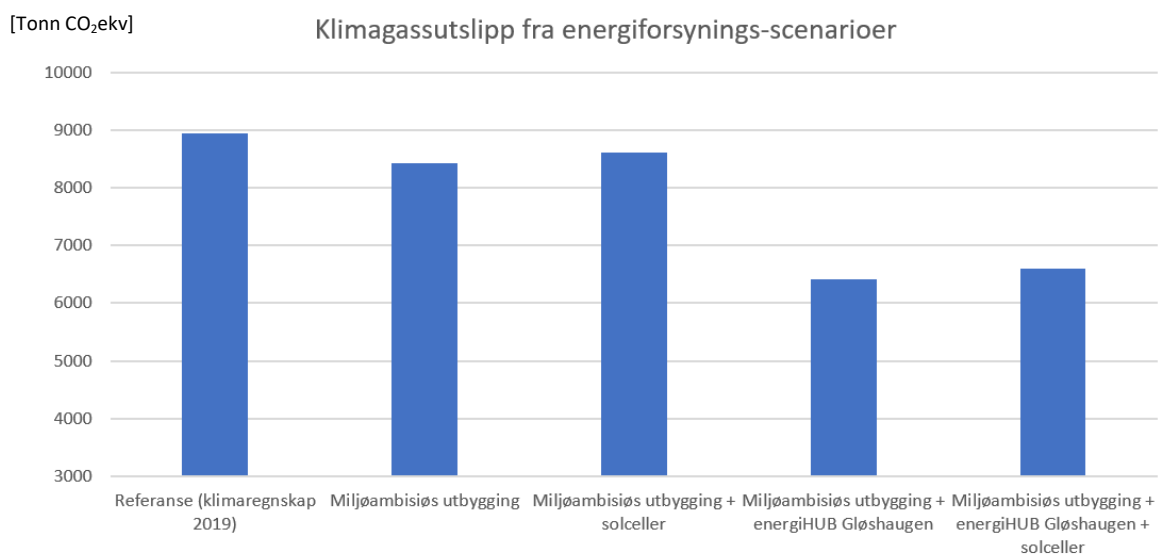
Figur 4-26 viser at scenario 2 har et referanseutslipp på 16 036 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Det følger samme prosedyre som scenario 1 bortsett fra at utslippsfaktoren for elektrisitet er satt til 136 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh. Det totale klimagassutslippet fra energi med en miljøambisiøs utbygging, er i dette scenarioet 14 217 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

Miljøambisiøs utbygging pluss solceller tilsvarer et totalt utslipp på 13 718 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Her får solcellene en mye større gevinst, da utslippsfaktoren for elektrisitet er mye høyere enn utslippsfaktoren for materialbruk.

Med en miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB på Gløshaugen havner utslippet på totalt 14 214 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette er en beskjeden reduksjon i forhold til å kun bygge miljøambisiøst. Dette er fordi varmepumpen sammen med den høye utslippsfaktoren for elektrisitet spiser opp mye av gevinsten når utslippsfaktoren for fjernvarme er såpass lav.

Med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB og solceller får man den største utslippsreduksjonen. Det totale utslippet tilsvarer da 13 715 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

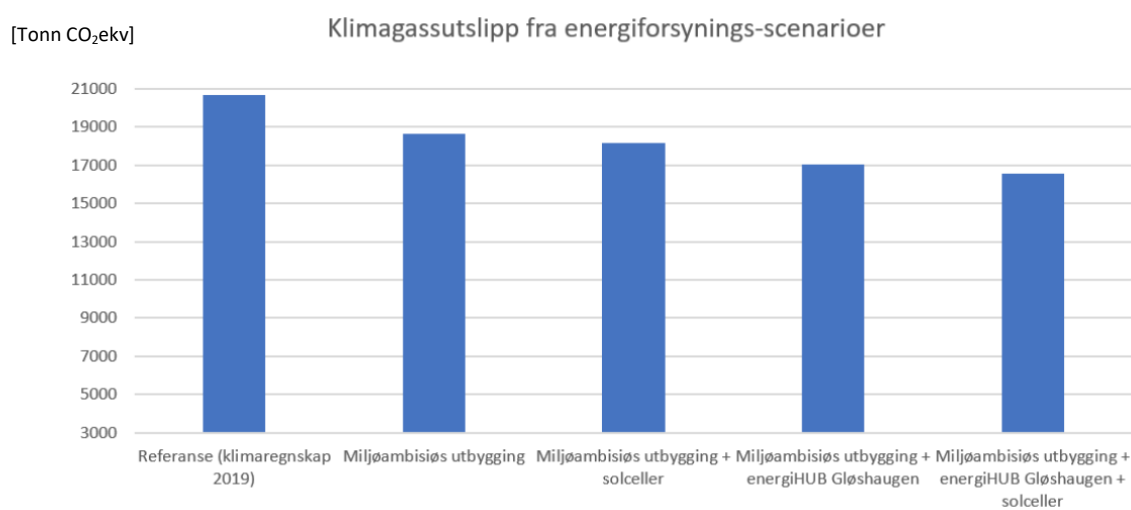
## 4.2.3.3 SCENARIO 3



FIGUR 4-27: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGIFORSYnings-SCENARIOER, SCENARIO 3

Figur 4-27 viser at scenario 3 har et referanseutslipp på 8 956 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Med miljøambisiøs utbygging reduseres utslippet til 8 437 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Med miljøambisiøs utbygging pluss solceller kommer utslippet på 8 622,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Den største utslippsreduksjonen får man med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB på Gløshaugen, og utslippene er på 6 420,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette er et resultat av den høye utslippsfaktoren for fjernvarme. Med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB Gløshaugen og solceller kommer utslippet på 6 606 tonn CO<sub>2</sub>ekv.

## 4.2.3.4 SCENARIO 4

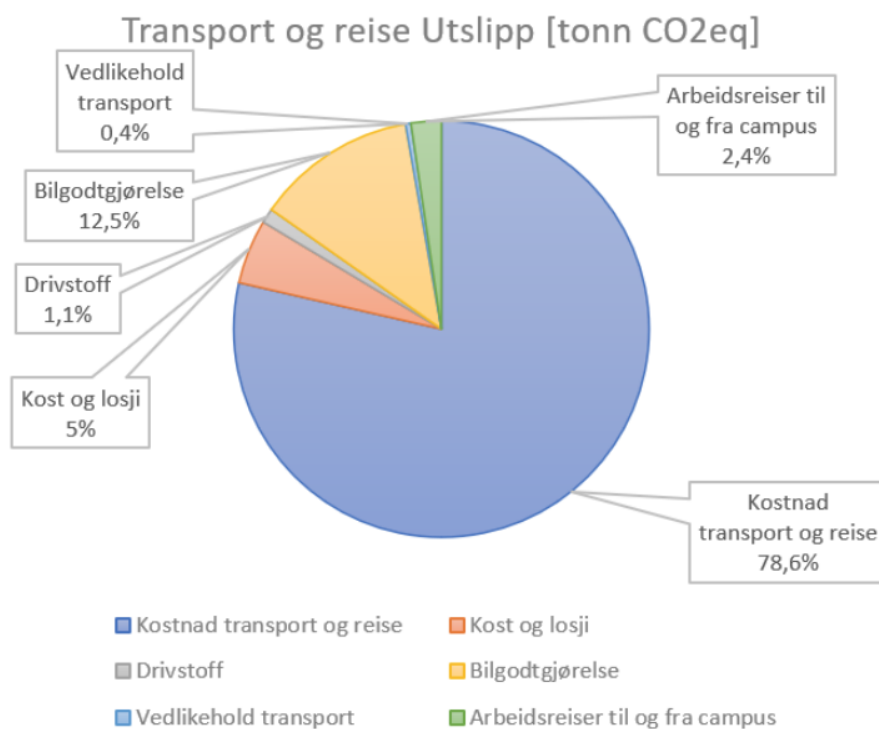


FIGUR 4-28: KLIMAGASSUTSLIPP FRA ENERGIFORSYnings-SCENARIOER, SCENARIO 4

Figur 4-28 viser at scenario 4 har et referanseutslipp på 20 683 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Med miljøambisiøs utbygging reduseres utslippet til 18 646,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Utslippene reduseres ytterligere med solceller pluss den miljøambisiøse utbyggingen, og kommer på 18 149,5 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB på Gløshaugen kommer utslippene på 17 063 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Den største utslippsreduksjonen får man med miljøambisiøs utbygging pluss EnergiHUB på Gløshaugen og solceller, og kommer på 16 566 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på ca. 20% i forhold til referanseutslippet.

#### 4.2.3.5 ARBEIDSREISER TIL OG FRA CAMPUS

Klimaregnskapet for 2019 i kapittel 4.1 viser at arbeidsreiser hadde et utslipp på 1901 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Ved å legge estimatene og beregningene som vist i kapittel 4.2.1 til grunn reduseres disse utslippene til 901 tonn CO<sub>2</sub>ekv per år. Utslippene tilknyttet hovedkategorien **transport og reise** reduseres dermed til 38 357 tonn CO<sub>2</sub>ekv, som vist i figur 4-29.



FIGUR 4-29: KLIMAGASSUTSLIPP TRANSPORT OG REISE ETTER CAMPUSSAMLING

### 4.3 BRUKEN AV NTNU TRONDHEIMS STYRINGSSYSTEM

I dette underkapittelet blir resultatet av forskningsspørsmål 3 presentert, og forskningsspørsmålet utledes følgende «*Hvordan kan NTNU Trondheims styringssystem brukes for å få ut denne gevinsten?*». For å svare på forskningsspørsmålet er det blitt benyttet; NTNU Campussamlings Gevinstrealiseringsplan, vårt eget rammeverk for bærekraftig campus, og forskningsartikler. NTNU Campussamlings Gevinstrealiseringsplan og forskningsartiklene er resultat basert på hva andre har gjort. Resultatet for vårt eget rammeverk for bærekraftig campus baserer seg på hvordan man kan bruke miljøstyringssystemet rammeverket er knyttet til for å realisere gevinstene fra campusprosjektet.

#### 4.3.1 NTNU CAMPUSSAMLINGS GEVINSTREALISERINGSPLAN

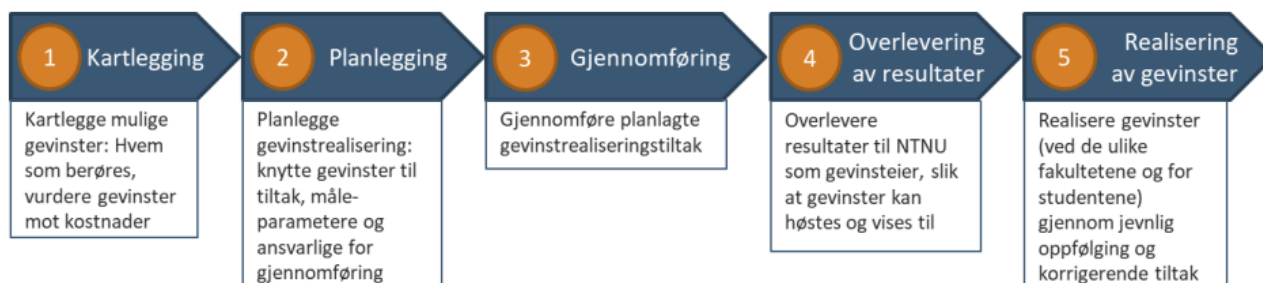
Rapporten *Gevinstrealiseringsplan for NTNU Campussamling* er benyttet som kilde gjennom hele delkapittel 4.3.1 (*Menon Economics, 2021*).

For å se på hvordan NTNU Trondheim kan hente ut gevinsten av campusprosjektet har de utviklet en gevinstrealiseringsplan, som er et verktøy som brukes for å se på hvordan prosjektet kan nå sine mål ved å tilrettelegge, måle og følge opp, og realisere gevinster i alle prosjektets faser. Det er utviklet en definisjon for en gevinstrealiseringsplan som er lagt til grunn når gevinstrealiseringsplanen for campusprosjektet skulle utvikles, og den er:

«*En oversikt over de forventede og ønskede gevinster i et prosjekt. Den anvendes til styring og planlegging av hvordan gevinster skal realiseres i prosjektet, og hvilke kontrollmekanismer som kan kvalitetssikre dette.*» (*Menon Economics, 2021, s. 13*).

##### 4.3.1.1 FASER I GEVINSTREALISERING

For å oppnå gevinster i alle prosjektets faser er systematisk arbeid med gevinstrealisering viktig. Det er fem faser i gevinstrealisering der fokuset vil være ulikt i hver fase, som man kan se på figur 4-30.



FIGUR 4-30: FASER I GEVINSTREALISERING (MENON ECONOMICS, 2021, S. 14)

I de to første fasene er det analysering og planlegging som står i fokus, og det er i de to fasene man gjennomfører arbeidet med gevinstrealiseringsplanen. I de tre siste fasene har man fokus på å gjennomføre de tiltakene som vil skape (størst) verdi.

Arbeidet med gevinstrealiseringen for NTNU Trondheim er godt i gang, og det er flere gevinster som allerede er identifisert og planlagt. Men samlokaliseringen av prosjektet NTNU Campussamling har enda ikke startet, og arbeidet med gevinstrealisering vil være en gjentakende prosess. Derfor vil det være vanskelig å starte med å konkretisere arbeidet med å realisere gevinster fra aktivitet ved prosjektet. Sett bort i fra at samlingen av campus på Gløshaugen ikke har startet enda, kan man allerede nå begynne med å omstille og tilrettelegge ulike deler av NTNU Trondheim slik at man er klar over i sine bidrag til måloppnåelse og realisering av gevinster for personer tilknyttet NTNU Campussamling og samfunnet generelt (Menon Economics, 2021, s. 14).

#### 4.3.1.2 ROLLER OG ANSVARSOMRÅDER

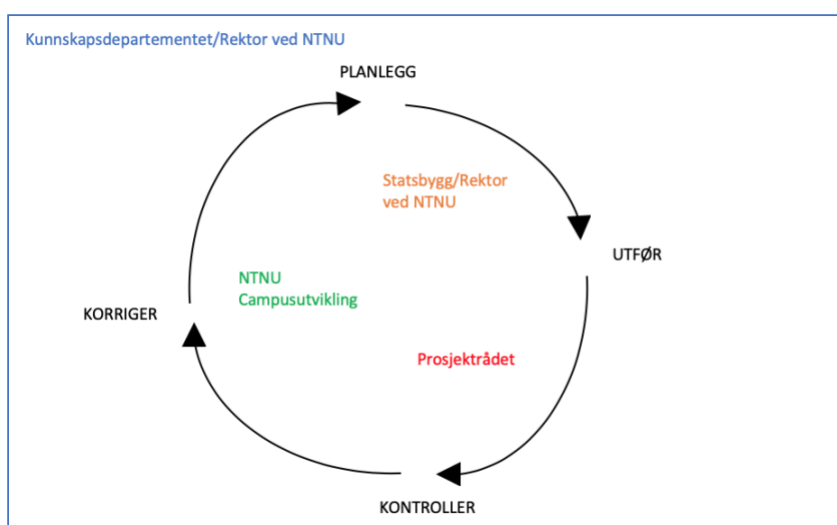
For at gevinstene i prosjektet skal nås, må det fordeles ulike roller og ansvarsområder som omfatter eierskap til gevinstene og eierskap til arbeidet med å realisere gevinstene. Det er mange som er tilknyttet campus, og for at gevinstene skal realiseres er det brukernes felles og individuelle aktivitet som skal være med å bidra.

Campusprosjektet består av tre faser, som er: planleggingsfase, byggefase og bruksfase. I de forskjellige fasene av prosjektet med campussamlingen er det ulike eiere og ansvarlige, og derfor er tydelige ansvarlinjer som følger de ansvarlige i gevinstarbeidet hensiktsmessig. Beslutninger som blir tatt tidlig i prosjektet kan være med på å påvirke mulighetene for at man oppnår gevinster på et senere tidspunkt, og derfor er det helt avgjørende å se på de ulike fasene i sammenheng. Det er derfor viktig å se på roller og ansvarsområder både under prosjektets planleggings- og byggefase og i bruksfasen etter at prosjektet er ferdigstilt.

Figur 4-31 og 4-32 er basert på en tabell fra NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan (Menon Economics, 2021, s. 16), og illustrerer hvordan rollene og ansvarsområdene er fordelt under prosjektets planleggings- og byggefase, og i bruksfasen etter ferdigstillingen av prosjektet. De viser, for at et prosjekt skal kunne gjennomføres og skape en gevinst er forskjellige aktører med ulike roller nødvendig. For at dette skal bli et godt samarbeid og en kontinuerlig prosess er Demings sirkel benyttet for å illustrere dette. På figurene kan man se at rollene er skilt ved hjelp av ulike farger, der gevinsteier er blå, gevinstansvarlig er oransje, overordnet gevinstkontakt er grønn, og et rådgivende organ som følger prosessen og planleggingen av gevinstarbeidet er rød.

### Roller og ansvarsområder under prosjekts planleggings- og byggefase

Under prosjektets planleggings- og byggefase vil Kunnskapsdepartementet, NTNU Trondheim og Statsbygg ha ulike ansvarsområder. Figur 4-31 viser at det Kunnskapsdepartementet og rektor ved NTNU Trondheim som er gevinsteiere. Kunnskapsdepartementet har det overordnede ansvaret for at gevinstene blir realisert i de ulike fasene av prosjektet, mens rektor ved NTNU Trondheim har ansvaret for at virksomhetsutvikling bruker nye teknologi og infrastruktur hensiktsmessig ved overtagelse. Det er Statsbygg og rektor ved NTNU Trondheim som er gevinstansvarlige. Som gevinstansvarlig er Statsbygg direkte involvert i gevinstrealiseringsplanen og skal rapportere til gevinsteier. Statsbygg skal også legge til rette for at gevinstene blir realisert, noe som må følges opp gjennom målanalyser. Det er NTNU Campusutvikling som er overordnet gevinstkontakt, og skal sørge for å få frem samspill og ivareta kommunikasjonen i samarbeidet rundt campussamlingen. Samtidig skal gevinstkontakten ha oversikt på rapporteringen i henhold til gevinstene som blir realisert. Gjennom byggeperiodes prosess vil Prosjektrådet være et rådgivende organ som følger planleggingen av gevinstarbeidet, og sikrer kontinuitet og oppfølging (Menon Economics, 2021, s. 15–17).



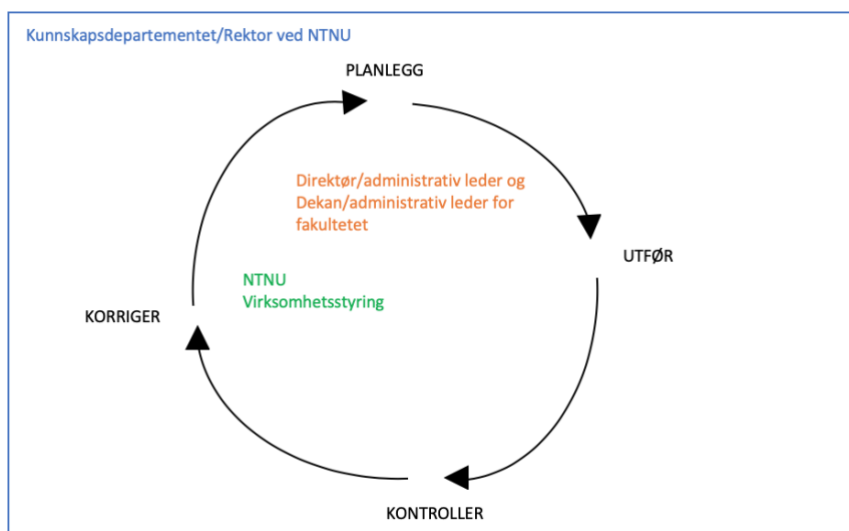
FIGUR 4-31: ROLLER OG ANSVARSOMRÅDER UNDER PROSJEKTS PLANLEGGINGS- OG BYGGEFASE

### Roller og ansvarsområder i bruksfasen etter ferdigstilling av prosjekt

I bruksfasen etter ferdigstilling av prosjektet vil Statsbygg gi fra seg ansvaret, og det er Kunnskapsdepartementet og NTNU Trondheim som er ansvarlige for videre oppfølging. Figur 4-32 viser at gevinsteier i denne fasen er Kunnskapsdepartementet og rektor ved NTNU Trondheim, og de har samme ansvar som nevnt i forrige delkapittel. Det er direktør/administrativ leder og dekan/administrativ leder for fakultetet som er gevinstansvarlige. Direktør/administrativ leder er ansvarlig for at tiltak på tvers av fakultetene/virksomheten, og dette gjelder blant annet tilrettelegging av indikatorer. Indikatorene blir



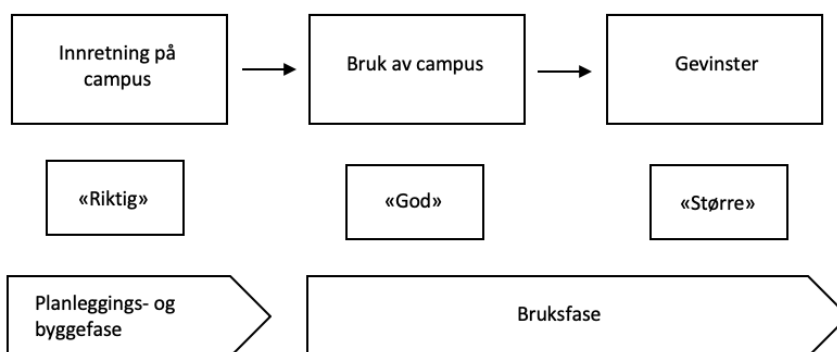
sendt ut til fakultetene for gjennomgang og godkjenning, og da er det dekan/leder for fakultetet som er ansvarlig for effekten og rapportering av hovedindikatorene. Som gevinstkontakt vil NTNU Virksomhetsstyring ta over ansvaret og oppgavene fra NTNU Campusutvikling (Menon Economics, 2021, s. 15–17).



FIGUR 4-32: ROLLER OG ANSVARSOMRÅDER I BRUKSFASEN ETTER FERDIGSTILLING AV PROSJEKT

#### 4.3.1.3 INNRETNING PÅ OG BRUK AV CAMPUS VED NTNU TRONDHEIM

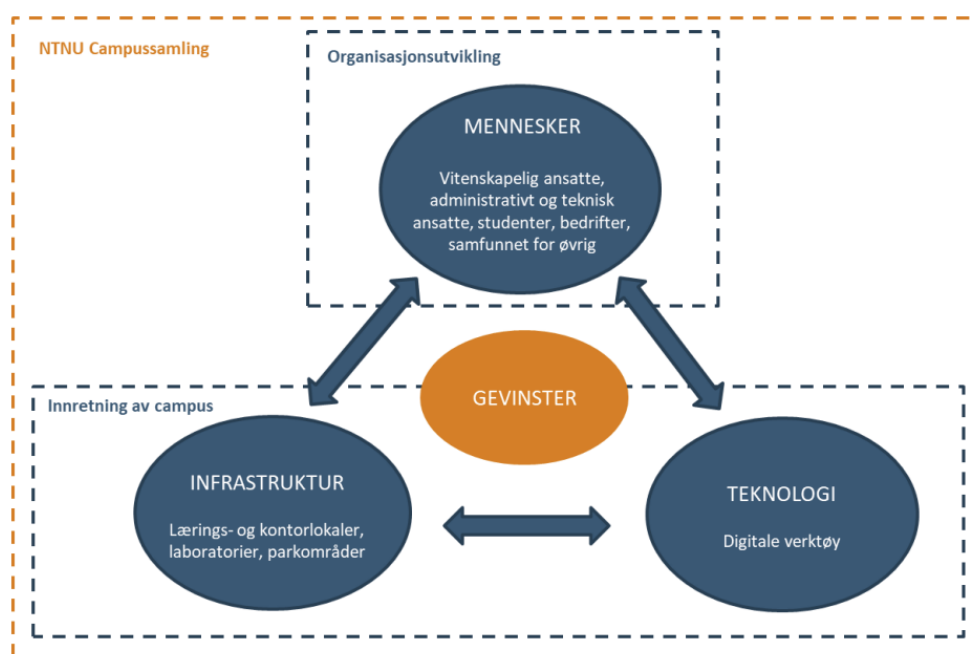
Campussamlingen er et verktøy for å nå målene for NTNU Trondheim, og ikke et mål i seg selv. Innretningen på campus ved NTNU Trondheim er premissgivende for realisering av gevinstene, men det holder ikke at campus kun har riktig innretning for å skape størst mulig gevinst. For å skape størst mulig gevinst er NTNU Trondheim avhengig av at ansatte og studenter bruker campus på en hensiktsmessig måte. Som nevnt i underkapittel 2.1 er det derfor viktig at bruken av campus er god, og ikke kun en riktig innretning på campus for å realisere gevinstene. Av den grunn må hele organisasjonen på NTNU Trondheim ta i bruk campus og utvikle nye måter å jobbe på og bruke campus på. For å illustrere meningen bak dette kan man se på figur 4-33.



FIGUR 4-33: RIKTIG INNRETNING OG GOD BRUK AV CAMPUS GIR STØRRE GEVINSTER (MENON ECONOMICS, 2021, S. 23)

Figur 4-33 illustrerer at en riktig innretning på campus vil skape intensiver og tilrettelegge for en god bruk av campus, og mest sannsynlig skape større gevinster. Det er i planleggings- og byggefasen den riktige innretningen følges opp, og dette er det Statsbygg som har hovedansvaret for. Som følge av at Statsbygg sikrer den riktige innretningen, vil det tilrettelegge for en god bruk fra ansatte, studenter og samfunnet generelt.

For å oppnå høy grad av måloppnåelse og større gevinster som følge av NTNU Campussamling, er man avhengig av flere innsatsfaktorer. Da er man avhengig av både infrastrukturen, menneskene og bruk av ny teknologi. For at prosjektet NTNU Campussamling skal resultere i større gevinster er den gjensidige påvirkningen mellom mennesker (utviklingen i organisasjonen), infrastruktur (byggene) og teknologi avgjørende. Dette blir illustrert på figur 4-34.



FIGUR 4-34: GJENSIDIGE PÅVIRKNINGEN MELLOM MENNESKER, INFRASTRUKTUR OG TEKNOLOGI (MENON ECONOMICS, 2021, S. 24)

For økt tiltenkt måloppnåelse er det viktig at NTNU Trondheim klarer å tiltrekke seg høyt kvalifiserte vitenskapelige ansatte, fordi det vil være utfordringer med å ta i bruk campus og tilhørende infrastruktur uten dem. Menneskene er ansvarlige for å sørge for at campuset blir et større prosjekt enn bare nye lokaler, og må blant annet utvikle organisasjonen til å jobbe mer tverrfaglig. Hvis ikke organisasjonen utvikles på tiltenkt måte, risikerer man å ikke få de ønskede effektene på innovasjon, læring og forskning. Organisasjonen må utvikles i takt med den nye innretningen av campus hvis gevinstene skal realiseres, fordi teknologien og infrastrukturen kun er et virkemiddel. Tar man utgangspunkt i koblingen mellom mennesker, infrastruktur og teknologi, er det fire oppsummerende og vesentlige sammenhenger for

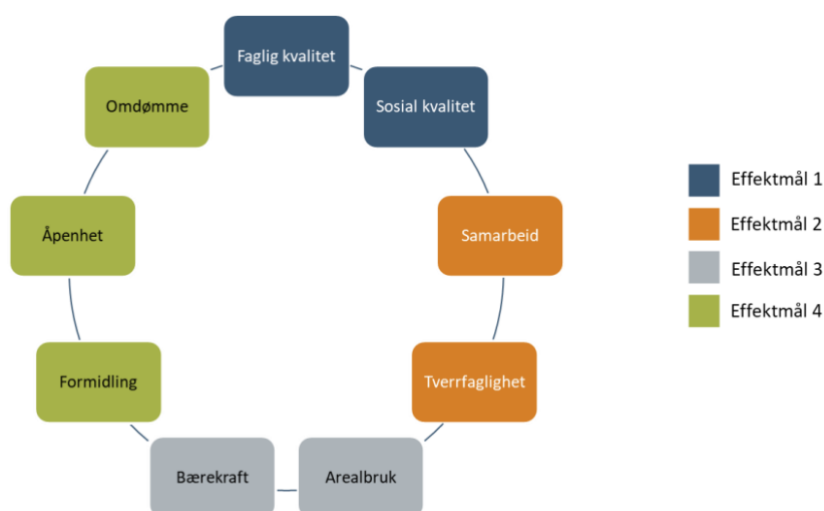
gevinstrealiseringen som følge av samlingen av campus. De følgende fire punktene er hentet direkte fra Gevinstrealiseringsplanen til NTNU Trondheim, og er:

- Kombinasjonen av mennesker, teknologi og infrastruktur er viktig for å opprettholde og videreutvikle god kvalitet på utdanning, forskning og innovasjon. Denne kombinasjonen gjør at man kan tilrettelegge for fremtidens arbeids-, undervisnings- og læringsformer.
- Infrastrukturen er viktig for å tilrettelegge for gevinstene, men det er menneskene som må utvikle organisasjonen og ta i bruk infrastrukturen på en slik måte at det faktisk fører til en kvalitetsøkning i utdanning, forskning og innovasjon.
- Mange av fremtidens utfordringer vil være tverrfaglige. Samarbeid mellom sterke fagmiljøer er derfor viktig for å opprettholde og videreutvikle god kvalitet på utdanning, forskning og innovasjon, og å imøtekomme samfunnets fremtidige behov for kunnskap og nye løsninger.
- Gode sosiale og faglige møteplasser er viktig for å skape kandidater med god samhandlingskompetanse og forståelse for andre fagområder utover egen fagdisiplin.

Sammen med resultatmålene og effektmålene for prosjektet, er det disse fire punktene som ligger til grunn for utviklingen av indikatorsettet (Menon Economics, 2021, s. 23–25).

#### 4.3.1.4 INDIKATORER FOR NTNU CAMPUSSAMLING

Som nevnt i forrige delkapittel er effektmålene lagt til grunn når indikatorsettet skulle utarbeides. I prosjektet NTNU Campussamling er det utviklet fire effektmål. Det har blitt sett på ulike definisjoner og kategoriseringer i arbeidet med indikatorene for å finne ut hvilke indikatorer som skal ligge under hvilket effektmål for å unngå en overlapp, men likevel sørge for at helhetsbilde blir bevart. Det er blitt definert hva effektmålene skal måle, og resultatet er illustrert som målindikatorer på figur 4-35.



FIGUR 4-35: MÅLINDIKATORER FOR NTNU CAMPUSSAMLING (MENON ECONOMICS, 2021, S. 27)

Som man kan se på figur 4-35 skal effektmål 1 måle den faglige kvaliteten og sosiale kvaliteten, og fokusere på resultater innenfor dette området med tilhørende indikatorer. For effektmål 2 skal det være et fokus på tverrfaglighet og samarbeid, der indikatorene er konstruert for å måle innretningen av campus og hvordan man kan bruke campus for å få til et samarbeid på tvers av fagmiljøene. Når det er snakk om effektmål 3 er det bruken av campus som står sentralt, og under dette effektmålet er det arealbruk og bærekraft som skal måles. Man kan si at effektmål 3 og de tilhørende indikatorene måler hvordan campus kan brukes for å se de resultatene man ønsker i effektmål 1 og effektmål 2. For effektmål 4 er det effektene for de indirekte brukerne av campus (ikke ansatte og studenter) som skal måles, og fokuset ligger på åpenhet, omdømme og formidling. Her måles altså samspillet mellom NTNU Trondheim og samfunnet generelt.

For at målene til NTNU Campussamling skal nås, er det som illustrert tidligere på figur 4-35, utviklet ulike målindikatorer som er ment til å sannsynliggjøre og bygge oppunder målene. For målindikatorene er det i prosjektet utarbeidet 16 hovedindikatorer med egne støtteindikatorer. Hovedindikatorene skal brukes til overordnet styring, og måles kvalitativt. Hensikten med de underliggende støtteindikatorene er å forklare mer utdypende om hvordan innretning og bruk av campus ved NTNU Trondheim er med å bidra til måloppnåelse og realisering av gevinster. Det er ikke gått videre inn på hva hovedindikatorene og støtteindikatorene innebærer på grunn av oppgavens omfang (Menon Economics, 2021, s. 26–28).

#### Hvordan synliggjøre gevinstene?

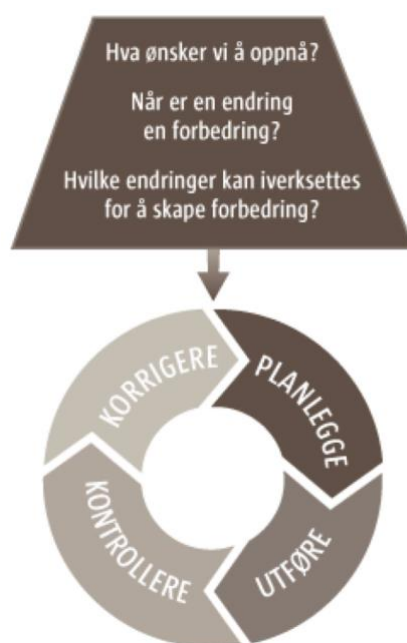
For å synliggjøre de gevinstene som realiseres følger man indikatorer over tid basert på nullpunktsmålning for hver av indikatorene. Det kan i ulike tilfeller være behov for å forklare at indikatoren øker eller reduseres, der den ikke følger den forventede trenden som følger realisering av gevinsten. Hensikten med nullpunktsmålningene er at man skal kunne se endringen fra dagens situasjon til situasjonen etter samlokaliseringen på de ulike indikatorene der man forventer en gevinst. Man bør derfor gjøre en nullpunktsmålning fra dagens tilstand, og en nullpunktsmålning etter at byggeprosjektet er ferdig. Med utgangspunkt i dette kan nullpunktsmålningene sammenlignes for å se effekten av investeringen i den nye fysiske infrastruktur.

Et annet verktøy for å synliggjøre gevinstene er Statusrapporten. Den skal samle, følge opp og dokumentere realiseringen av gevinstene ved hjelp av rapportering fra gevinsteierne. Hensikten er å dokumentere der det er manglende realisering av gevinst, og gi et grunnlag for å gjøre tiltak hvis ikke gevinster kan sannsynliggjøres for NTNU Trondheim og samfunnet generelt (Menon Economics, 2021, s. 37–38).

#### 4.3.2 RAMMEVERK FOR BÆREKRAFTIG CAMPUS

I underkapittel 2.4 er det utarbeidet et rammeverk for bærekraftig campus, og i denne delen av oppgaven sees det på hvordan rammeverket kan realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling.

Rammeverket er basert på de fire dimensjonene; utdanning og forskning, ytre miljø, økonomisk og sosialt, som må være til stedet for at et universitet skal oppnå en bærekraftig utvikling. For å se på hvordan rammeverket kan brukes for å realisere gevinstene fra prosjektet, er rammeverket knyttet til et miljøstyringssystem som baserer seg på kontinuerlig forbedring. Hensikten med å knytte rammeverket til et miljøstyringssystem er å integrere miljøtiltak og formalisere miljøetsatsing i plan- og styringssystemene i virksomheten som er der fra før av. Verktøyet som er benyttet i rammeverket er Demings sirkel, og dette verktøyet skal bidra til å oppnå en systematisk prosess med kontinuerlig arbeid. Verktøyet blir ofte presentert sammen med tre grunnleggende spørsmålene (Brudvik, 2010), som er illustrert på figur 4-36.



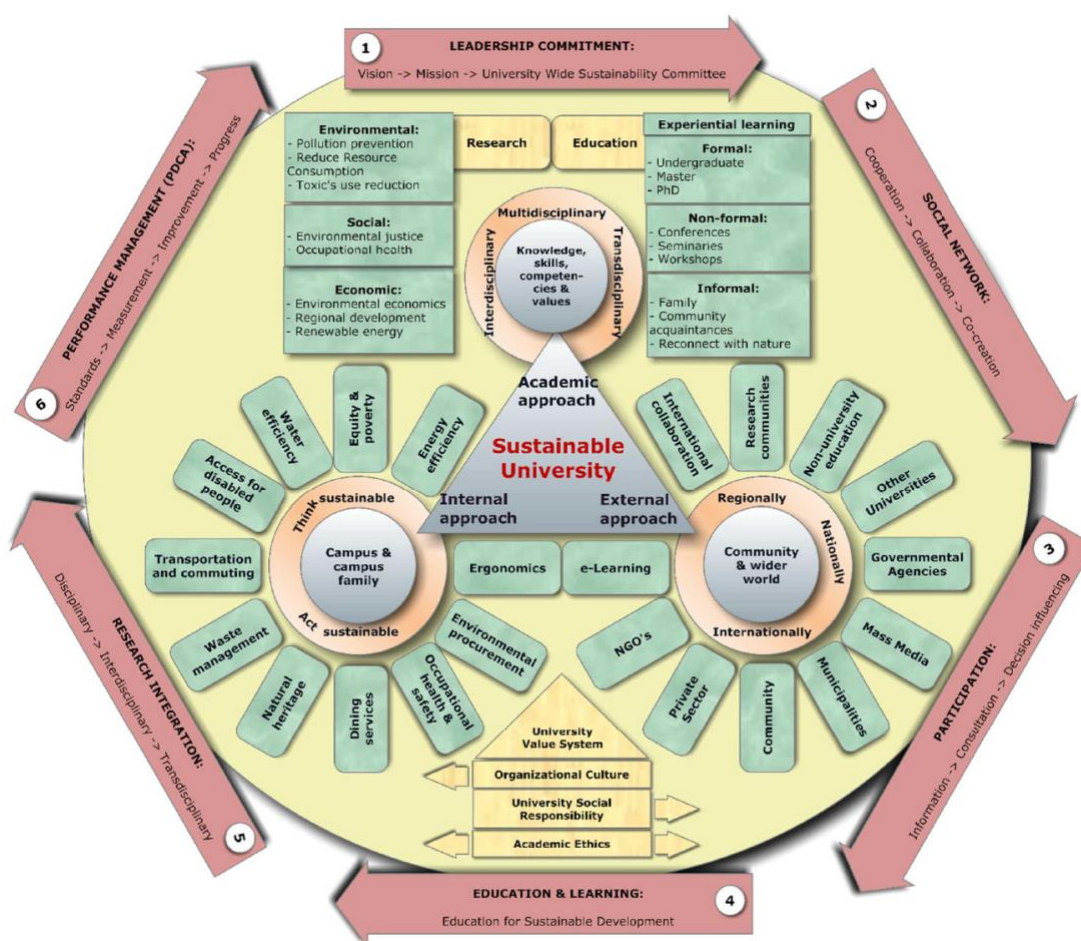
FIGUR 4-36: TRE GRUNNLEGGENDE SPØRSMÅL VED BRUK AV DEMINGS SIRKEL (BRUDVIK, 2010).

De tre grunnleggende spørsmålene må svares på for at man skal kunne realisere gevinstene fra rammeverket i underkapittel 2.4. Det man ønsker å oppnå med ved å bruke rammeverket er en bærekraftig utvikling på campus. For å oppnå en bærekraftig utvikling på campus må rammeverket først og fremst være forankret i ledelsen, som må utarbeide overordnede mål og strategier. For å vite når en endring er en forbedring må man operasjonalisere målbare indikatorer for temaene i rammeverket, slik at man kan se effekten av temaene/tiltakene som er gjort. Etter man har sett og kontrollert effekten av tiltakene som er gjort kan man korrigere tiltakene, og iverksette endringer for å skape en forbedring der det eventuelt er avvik (Brudvik, 2010).

## 4.3.3 FORSKNINGSARTIKLER

**The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization**

I denne studien er det utarbeidet en modell for et bærekraftig universitet, som vist på figur 4-37. Modellen skal være et veiledende verktøy for universiteter som vil bli mer bærekraftige. I studien kommer det frem at det ikke bare er viktig å vite hva de skal gjøre for å bli bærekraftige universiteter, men det er også viktig å vite hvordan de skal implementere tiltakene i modellen som er utviklet. Det er også viktig å understreke at implementering av modellen er en prosess med kontinuerlig forbedring av sosiale, økonomiske og miljømessige resultater som bør jobbes med trinnvis (Grecu and Ipina, 2014). Det er utarbeidet seks prinsipper man bør følge for å implementere tiltakene, som er illustrert med piler på figur 4-37.



FIGUR 4-37: MODELL FOR ET BÆREKRAFTIG UNIVERSITET MED STYRINGSPRINSIPPER (GRECU AND IPINA, 2014, S. 18)

De seks prinsippene man bør følge for å implementere tiltakene i modellen handler om lederengasjement, sosialt nettverk, deltakelse, utdanning og læring, forskningsintegrasjon, og resultatstyring. For å vite hva de ulike prinsippene handler om, blir de forklart nærmere:

### Lederengasjement

Det første prinsippet handler om hvordan lederne i organisasjonen støtter og utvikler organisasjonens kjerneoppdrag, verdier og visjon, og lager mål for å holde organisasjonen på rett kurs. For dette prinsippet foreslås det å gjøre tre ting; utvikle en bærekraftsvisjon for universitetet, opprette et formål, og opprette en bærekraftskomit .

### Sosialt nettverk

Dette prinsippet er relatert til de personene som blir berørt av prosessen og de relevante interessentene. Organisasjonen må utvikle, skape og ha et åpent forhold til interessentene for at den skal bli mer bærekraftig. Ved å tilføre dette kan partene effektivisere aktivitetene til organisasjonen, slik at prosessen med å utvikle et bærekraftig universitet går lettere. Når du oppretter det sosiale nettverket presenterer modellen tre stadier som bør være tilstede; informasjonsnettverk, kunnskapsnettverk og innovasjonsnettverk.

### Deltakelse

For dette prinsippet er det fokus på hvordan menneskene i det sosiale nettverket involverer seg i prosessen med å gjøre universitetet mer bærekraftig. I møter der teammedlemmer åpent kan kommunisere om problemløsning, vil gi et bedre resultat enn hvis de bare sitter og lytter. Det kommer frem i studien at for å oppmuntre folk til å delta i prosessen med å gjøre universitetet mer bærekraftig, er en overgang fra informasjonsnivået til den deltakende styringsprosessen det mest anbefalte. For dette prinsippet presenterer modellen tre trinn i transformasjonsprosessen som er viktige for deltakelsen i et prosjekt; informasjon, konsultasjon og beslutning.

### Utdanning og læring

Dette prinsippet går ut på at utdanning for bærekraftsutvikling bør integreres i universitetets praksis. Ved å innføre bærekraft i utdanningen vil studenter og ansatte være mer klar over hvilken situasjon verden står ovenfor med tanke på global oppvarming og klimaendringene, og kan være med på å spre denne informasjonen videre. Det å innføre en utdanning for bærekraftig utvikling kan skape konflikter/barrierer blant for eksempel lærere, og derfor bør de foregående prinsippene legges til rette for å overvinne barrierene. For å lette overgangen til bærekraftsutdanning vil et nettsted der man kan formidle informasjon ut til universitets læringsmiljø og samfunnet generelt være en løsning som kan hjelpe.

### Forskningsintegrasjon

Dette prinsippet innebærer muligheten til å finne ut av nye løsninger for eksisterende og kommende utfordringer sammen som en helhet. Det å jobbe sammen som en helhet er avgjørende for å takle komplekse problemer mer effektivt i arbeidet med bærekraft. For et framtidsrettet arbeid mot bærekraft anbefaler modellen at universiteter steg for steg bør prøve å gå fra de gjeldene praksisene som er ved de fleste universiteter i dag, mot en mer tverrfaglig praksis. For å gjøre prosessen med forskningsintegrering lettere, forutsetter det at de foregående trinnene i modellen er fullført.

### Resultatstyring

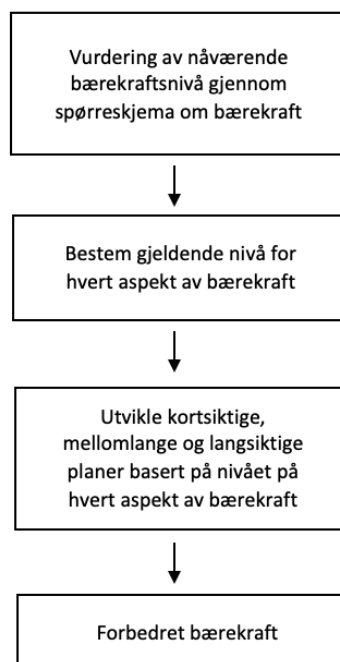
Det siste prinsippet i modellen handler å forbedre organisasjonens ytelse i form av et samarbeid mellom individuelle, team og organisasjonens mål, og resultater. Suksessfaktorer som er viktige med tanke på resultatstyringssystemer er tilpasningsevnen de har med organisasjonens strategiske mål, deres troverdighet og samarbeidet med andre HR-funksjoner, som for eksempel læring og utvikling. I studien kommer det frem at resultatstyring har tre hovedformål; et strategisk formål, et utviklingsformål og et administrativt formål. Modellen viser også til bruk av PDCA-syklusen, også kalt Demings sirkel, for å koordinere kontinuerlige forbedringstiltak (Grecu and Ipina, 2014).

### **An integrated sustainability-management approach for universities**

I denne studien er det utarbeidet et rammeverk for bærekraft basert på en kvalitativ forskningsmetode bestående av en systematisk litteraturgjennomgang, semistrukturerte intervjuer og epostintervjuer. Faktorene som ble innhentet fra den kvalitative forskningsmetoden ble delt inn i tre elementer som var avgjørende for at et universitet skulle bli bærekraftig; miljøstyringssystem, offentlig deltakelse og sosialt ansvar, og bærekraft i forskning og undervisning (Umar, 2020).

Med disse resultatene som utgangspunkt ble det utviklet en prosess (se figur 4-38) for hvordan man skal bruke rammeverket i universitetene for å realisere gevinster. Prosessen som ble utviklet for rammeverket inkluderer fire stadier. Det første stadiet innebærer at et universitet som trenger å forbedre sin bærekraft må kjenne til nivået på elementene for bærekraft i rammeverket. Deretter vil universitetet ta en beslutning på om nivået er akseptabelt eller ikke. Om ikke nivået på elementet er akseptabelt må universitetet utarbeide og implementere en plan som kan være kortsiktig, mellomlang eller langsiktig for å oppnå ønsket nivå på dette elementet. Planen kan inneholde flere initiativer som kan oppnå det ønskede bærekraftsnivået. For å få en ønsket utvikling på bærekraftsnivået på elementene vil varigheten avhenge av dagens nivå og det nødvendige nivået (Umar, 2020).





FIGUR 4-38: PROSESS FOR FORBEDRET BÆREKRAFT (UMAR, 2020, S. 9)

Rammeverket og prosessen ble validert og videre sendt ut til 50 universiteter basert på deres internasjonale rangeringer for deres tilbakemelding. Universitetene ble bedt om å se på hvordan deres mulighet var for å implementere rammeverket i deres organisasjon, og se på effektiviteten av rammeverket med tanke på en bærekraftig utvikling (Umar, 2020).

## 5. DISKUSJON

I dette kapitelet drøfter vi hva vi har kommet frem til i resultatdelen av oppgaven. Da blir det sett på begrensninger og usikkerhet ved bruk av O-LCA, hvordan campusprosjektet kan være med på å redusere klimabelastningen ved NTNU Trondheim, og hvordan NTNU Trondheim kan bruke styringssystemet sitt for å realisere gevinstene fra campusprosjektet.

### 5.1 O-LCA

#### 5.1.1 BEGRENSNINGER OG USIKKERHET

I dette delkapittelet blir det drøftet om begrensninger og usikkerhet ved resultatene til O-LCA gjort i oppgaven, der det blir sett på transport og reise, energi, avfall og annet.

##### 5.1.1.1 TRANSPORT OG REISE

Det er viktig å poengtere at utslippene tilknyttet kostnad transport og reise er unøyaktige. Det er ikke gjort noen antakelse på hvordan utgiftene er fordelt mellom fly, tog, taxi osv. NTNU bruker statistikk fra Berg-Hansen reisebyrå i sitt klimaregnskap. Statistikken viser hvor stor prosentandel av refusjonsutgiftene som omhandler fly, hvor stor prosentandel som omhandler taxi, tog osv. Man får derfor et prosentvis estimat på fordelingen mellom de ulike utgiftene. Vi har ikke fått tilgang på denne statistikken, og på grunn av en endring i kontraktsoppbygging har statistikken for 2019 blitt delvis utilgjengelig også. Statistikken viser heller ikke alle ansattes reiser, men kun de som bestiller gjennom Berg-Hansen. Det er ukjent hvor mange reiser som bestilles utenom Berg-Hansen reisebyrå. Ettersom det ikke var gode tilgjengelig data på hvordan utgiftene er fordelt, ble det bare brukt økonomiske tall på dette punktet. Dette er en svakhet ettersom fly, tog, bil osv. har veldig forskjellig mengde utslipp per km reise. Det kommer derfor ikke frem i klimaregnskapet om noen velger å reise mer klimavennlig. Det å reise med fly kan være billigere enn å reise med tog, men utslippene er langt større. Dette blir derimot ikke fanget opp i klimaregnskapet.

Klimaregnskapet inkluderer ikke utslipp tilknyttet hvordan studentene reiser til og fra campus. Det er utfordrende å estimere dette, fordi det ikke finnes noen god data på det. Ettersom tjenestereisene kun baserer seg på økonomiske tall, vil reiser som studenter gjennomfører på NTNU Trondheims regning være inkludert. Utslippene tilknyttet arbeidsreiser til og fra campus vil i realiteten derfor være noe høyere ettersom studentene også bidrar til utslipp når de kjører til og fra campus.

Utslipp tilknyttet drivstofforbruk baserer seg også kun på økonomiske data. Dette gir en unøyaktighet i klimaregnskapet ettersom drivstoffprisen varierer i løpet av året. En liter fossilt drivstoff forurensrer like mye uavhengig av prisen på literen. Ettersom mye av bilflåten til NTNU Trondheim er elektrisk og utslippene er relativt lave, er det ikke prioritert å få bedre data på drivstoffbruken.

#### 5.1.1.2 ENERGI

Det kan være mangler i energidataen ettersom NTNU Trondheim ikke har full oversikt over eide og leide bygg (Solli, 2020). Som beskrevet tidligere er tallene et estimat basert på økonomiske data. Den økonomiske tilnærmingen kompenserer muligens noe for dette gjennom undertemaet «Leie lokaler» og «Leie lokaler fra Statsbygg». Det er derimot uvisst hvor stor del av disse leieutgiftene som er knyttet til elektrisitet og fjernvarme.

Energi er tidligere beskrevet som en parameter som har stor påvirkningskraft på klimaregnskapet. Klimaregnskapet kan derfor endres mye om det brukes forskjellige utslippsfaktorer. Når det gjelder elektrisitet er utfordringen med utslippsfaktoren, at den elektriske strømmen som er benyttet er produsert fra ulike energikilder. De ulike energikildene kan være alt fra vannkraft med lave utslipp per kWh, til kullkraft med et høyt utslipp per kWh. Ettersom den produserte strømmen går inn på samme nett, er det derfor umulig å spore hvor den benyttede elektrisiteten kommer fra.

Utregning av utslipp tilknyttet fjernvarme medfører også en utfordring. Store deler av byggene NTNU Trondheim disponerer er tilknyttet fjernvarmenettet som går i sløyfe. Utslippene her avhenger av hva som blir brukt som brensel for å varme opp vannet. I Trondheim er som tidligere beskrevet en stor del av denne varmeproduksjonen basert på brenning av avfall. Utfordringen ligger da i hvordan disse utslippene skal allokteres.

#### 5.1.1.3 AVFALL

Ved bruk av utslippsfaktoren for fjernvarme på 46,3 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh er NTNU sine beregnede utslipp tilknyttet avfall fra miljørapporten 2019 blitt benyttet. Dette utslippstallet inkluderer avfall fra byggene NTNU disponerer i Trondheim, Ålesund og Gjøvik. Ettersom denne studien kun tar for seg NTNU Trondheim blir det derfor en liten feil i utslippstallet. Total mengde avfall fra NTNU samlet var i 2019 på 1 769 091,7 kg, hvorav 1 616 380,7 kg kom i fra Trondheim, og 152 711 kg kom ifra steder utenfor Trondheim kommune. Avfall fra steder utenfor Trondheim utgjør dermed 8,5% av den totale avfallsmengden. I denne oppgaven blir dette neglisjert ettersom avfallsmengden utenfor Trondheim er så liten.

NTNU skriver at avfalls- og fjernvarmemodellen er knyttet sammen for å sikre konsistens i systemgrenser for beregningene ettersom avfall er en innsatsfaktor i fjernvarme (NTNU, 2017). Her foreligger det en del usikkerhet ettersom det er uvisst hvordan avfalls- og fjernvarmemodellen er knyttet sammen. Det er antatt at utslippene tilknyttet avfallsbehandlingen er allokert til NTNU. Utslippsfaktoren på 46,3 gCO<sub>2</sub>eq/kWh benyttes derfor i denne situasjonen.

#### 5.1.1.4 ANNET

Resterende klimagassutslipp er modellert ut ifra regnskapet til NTNU Trondheim. Svakheten som oppstår da er at det da blir tatt utgangspunkt i at 1 NOK i innkjøp av en tjeneste eller vare har en fast utslippsfaktor, uavhengig av hva slags type innkjøp som gjøres og hvilke leverandører som er involvert. Hvis man for eksempel velger å kjøpe varer som er miljømerket, vil ikke dette fanges opp av klimaregnskapet så lenge prisen er den samme som på varer uten miljømerke.

Det er ikke estimert hvor stor del av innkjøpsprisene som består av skatter, avgifter og handels- og transportmarginer. Denne justeringen er påpekt som nødvendig i rapporten fra Asplan Viak hvor utslippsfaktorene er hentet. Rapporten påpeker også at handels- og transportmarginer må omfordes til relevante sektorer (Larsen *et al.*, 2016). Dette er heller ikke gjort på grunn av mangelfull detaljinformasjon om forbruket blant de ulike artskodene. Resultatene bærer derfor på en del usikkerhet, men som tidligere beskrevet er ikke målet med klimagassregnskapet å finne resultater på produktnivå. Klimagassregnskapet skal gi et overblikk over klimafotavtrykket slik at såkalte «hotspots», områder med høyt klimagassutslipp blir identifisert.

#### 5.1.2 VURDERING AV SCENARIOER

Alle fire scenarioene som viser totalt utslipp er som forventet kategorien transport og reise den største utslippsposten for NTNU Trondheim i 2019. Økt internasjonalisering har ført til at reisevirksomhet har blitt en sentral del i den akademiske kulturen. I kategorien sto underkategorien kostnad transport og reise for hele 76,6% av utslippene. Ettersom denne underkategorien kun baserer seg på økonomiske data blir flyreiser, overnatting, og andre transportkostnader ved reise og diett inkludert. Dette kan til dels forklare hvorfor kostnad transport og reise bidrar med den største andelen av klimagassutslipp. Den underkategorien som hadde minst bidrag til utslipp var vedlikehold transport med kun 0,4% av de totale utslippene innenfor kategorien. En mulig årsak til det lave bidraget kan være at noen av kostnadene er allokert til en artskonto under tjenester. En annen ting som er verdt å merke seg er at arbeidsreiser til og fra campus står for kun 4,8% av utslippene innenfor transport og reise. Dette viser at klimagassutslipp fra arbeidsreiser til og fra campus ikke har stor påvirkning på det totale utslippet.

Til sammenligning var reise og transport også den største utslippskategorien i miljørapporten til NTNU for 2019. I miljørapporten oppgis det et utslipp på 32 634 tonn CO<sub>2</sub>ekv fra reise og transport. Dette utslippet tilskrives til områdene NTNU Trondheim, Ålesund og Gjøvik. Dette tilsvarer et beregnet utslipp som er 6 721,8 tonn CO<sub>2</sub>ekv lavere i forhold til klimaregnskapet som er gjennomført i underkapittel 4.1. Ettersom klimaregnskapet i underkapittel 4.1 kun tar for seg NTNU Trondheim, ville denne forskjellen vært større dersom Ålesund og Gjøvik hadde blitt tatt med. Utslippene tilknyttet transport og reise i underkapittel 4.1 antas derfor å være litt overestimert i forhold til hva som er den reelle situasjonen. Miljørapporten til NTNU

for 2019 har som tidligere nevnt brukt statistikk til å dele opp reiseutgiftene i fysiske enheter, noe som øker nøyaktigheten. Selv om utslippene tilknyttet transport og reise i underkapittel 4.1 sannsynligvis er noe overestimert viser det at kategorien er et av de store utslippsområdene for NTNU Trondheim. Det bør derfor prioriteres tiltak innenfor dette området for å senke klimafotavtrykket til NTNU Trondheim.

I de fire scenarioene bidro energirelaterte utslipp til 5,2 - 21% av NTNU Trondheim sitt totale utslipp. Utslippene skyldes bruk av elektrisitet og fjernvarme, da fyringsolje ikke lenger blir benyttet. Det er relativt stor forskjell mellom de energirelaterte utslippene i de fire utslippsscenarioene. Sammenligner man med miljørapporten til NTNU fra 2019, er det utslippsscenario 4 som er mest lik. Miljørapporten til NTNU fra 2019 viser til et utslipp på 31 528 tonn CO<sub>2</sub>ekv fra energi, hvor det er lagt til grunn en flat utslippsfaktor på 200 gCO<sub>2</sub>ekv/kWh for både elektrisitet og fjernvarme. Dette er en litt høyere utslippsfaktor enn det som ble brukt i utslippsscenario 4. I tillegg er utslippet NTNU rapporterer i sin miljørapport fra 2019 beregnet fra bygg de disponerer i Trondheim, men også utenfor Trondheim.

De store forskjellene i de fire utslippsscenarioene for energi gir muligheten til å senke det totale klimagassutslippet ved å bruke energikilder med lav utslippsfaktor. For NTNU Trondheim som har et høyt forbruk av fjernvarme, vil effektivisering av fjernvarmeforbruket bidra til å redusere effekttoppene. Som beskrevet i underkapittel 2.6 vil dette bidra til å redusere utslippsfaktoren for fjernvarmen. Det er også beskrevet i underkapittel 2.6 at effektivisering av elektrisitetsforbruket vil bidra til at det blir enklere å benytte fornybar energi. Dette resulterer i en lavere utslippsfaktor for elektrisitet. Egenproduksjon av elektrisitet vil redusere mengden innkjøpt elektrisitet, som også vil bidra til å redusere det totale klimafotavtrykket.

## 5.2 ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM CAMPUSPROSJEKTET

### 5.2.1 ARBEIDSREISER TIL OG FRA CAMPUS - BEGRENSNINGER OG USIKKERHET

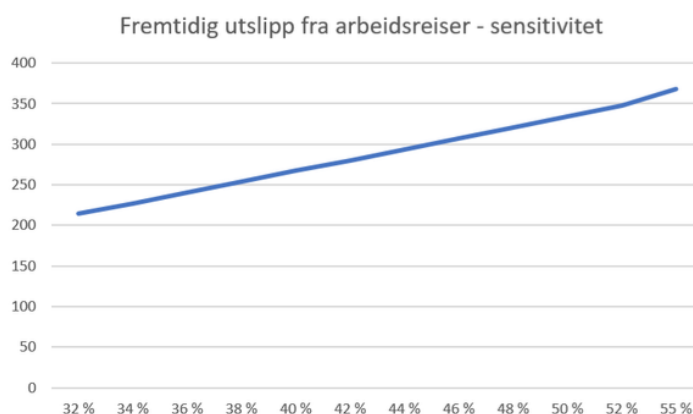
I reisemiddelfordelingen for dagens situasjon baserer reisemiddelfordelingen for ansatte seg på en reisevaneundersøkelse fra 2015. I klimaregnskapet for 2019, kapittel 4.1, baserer utslippene tilknyttet arbeidsreiser seg på reisevaneundersøkelse fra 2017. Ettersom reisevanene sannsynligvis har endret seg litt fra 2015 til 2017 vil beregnet klimagassutslipp fra arbeidsreiser etter campussamlingen bestå av en liten feilmargin. I realiteten vil også utslippene være noe høyere ettersom studenter også kjører til og fra campus.

Reisemiddelfordelingen for studenter som reiser til Gløshaugen/Elgeseter/Øya baserer seg en reisevaneundersøkelse fra 2013-2014 med et utvalg av alle studenter i undersøkelsen som reiser til disse områdene. For Dragvoll og andre studiesteder baserer reisemiddelfordelingen seg på den samme undersøkelsen, men tallene baserer seg på reisevanene for skoleelever i Trondheim generelt. Det vil si

skolereiser fra 8. klasse og eldre. Reisemiddelfordelingen for studenter som kjører til Dragvoll og andre studiesteder utenfor Gløshaugen/Elgeseter/Øya blir sannsynligvis estimert for lavt ettersom det tross alt er flere studenter enn 8.klassinger som kjører til og fra studiested. Ettersom bedre data ikke er tilgjengelig, er det vanskelig å gjøre noe med denne feilmarginen.

Ettersom det i planforslagene kun er tilrettelagt for HC-parkeringer, er det estimert hvor stor andel disse har på personturene til og fra campusområdet. I dette estimatet er lagt til grunn 36 HC-parkeringer etter at samlokaliseringen har funnet sted. Det er i planforslagene også tilrettelagt for driftskjøretøy. Disse blir derimot ikke med ettersom utslipp fra disse går under «drivstoff» i klimaregnskapet. Beregningene viste at HC-parkeringene utgjør en svært liten andel av personturene til og fra campusområdet. Ettersom de utgjorde under en prosent, ble de neglisjert i den fremtidige reisemiddelfordelingen. Dette estimatet er sannsynligvis for lavt, ettersom det per dags dato finnes flere HC-parkeringer i området. Spesielt oppe på Gløshaugplatået hvor det finnes flere. Vi forhørte oss med Tore Betten i avdeling for virksomhetsstyring om temaet med parkeringsplasser. Han bekjent var dette med parkeringsplasser ikke helt avklart, og det eneste som var klart var at det måtte følge nullvekstmålet. I tillegg er samlokaliseringens fremtid noe uklar, og det er ikke sikkert den blir gjennomført slik som planforslagene antyder. Ettersom dette var noe uavklart, ble det valgt følge planforslagene og legge til grunn kun 36 HC-parkeringer i området. Sannsynligvis vil det bli flere HC-parkeringer, men det vil påvirke utslippsbesparelsen i svært liten grad.

I den fremtidige reisemiddelfordelingen er det antatt at de ansatte som kjører bil prosentvis fordeler seg mellom reisemidlene sykkel og kollektiv. Dette er en antagelse som er vanskelig å vurdere per dags dato. Muligens vil flere ansatte begynne å benytte buss istedenfor sykkel når parkeringsmulighetene forsvinner, men dette er noe usikkert. På figur 5-1 er det illustrert hvordan klimagassutslippet endrer seg dersom det er flere enn 32% av de ansatte som går over til å benytte buss. Dersom alle de 23% av ansatte som kjører bil før samlokaliseringen går over til å benytte buss etter samlokaliseringen, blir klimagassutslippet 368 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år. Det blir da en økning på 154 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år i forhold til estimert fremtidig reisemiddelfordeling.



FIGUR 5-1: FREMTIDIG UTSLIPP FRA ARBEIDSREISER - SENSITIVITET

Ettersom vi ikke har tallgrunnlaget for hvor mange kilometer de ansatte reiser med bil blir de beregnede utslippet fra arbeidsreiser etter samlokaliseringen kun et estimat. Studenter vil også benytte buss til og fra campus, og derfor vil utslippet i realiteten være noe høyere. Den totale utslippsbesparelsen på 999 tonn CO<sub>2</sub>ekv/år vil også være noe høyere ettersom studentene også mister parkeringsmuligheter.

### 5.2.2 ENERGI - BEGRENSNINGER OG USIKKERHET

I premissdokument miljø baserer det totale energiforbruket for campusområdet etter samlokaliseringen seg på simuleringer. Som nevnt tidligere er disse simuleringene gjennomført med et mål om at resultatene skal være så realistiske som mulig. Rapporten påpeker derimot at det er mulig med mer presise estimater når man konkret vet hvilke bygg som skal ombygges og hvilke funksjoner byggene skal inneholde. Dette indikerer at det er en usikkerhet i estimert totalt energiforbruk for campusområdet etter samlokaliseringen. Hvor stor påvirkning denne usikkerheten kan ha på den totale utslippsreduksjonen er uvisst. Ettersom modellen som energisimuleringene tar utgangspunkt i er kalibrert mot empiriske data fra campus Gløshaugen, er det antatt at estimatene gir en god indikasjon på hvordan situasjonen kan være etter samlokaliseringen.

I energisimuleringene er det anslått solcelleproduksjon på omtrent 546 MWh/år for det eksisterende arealet som rehabiliteres. Rapporten påpeker at dette potensialet vil kunne bli større eller mindre enn dette avhengig av hvilke tomter som velges for utbygging. Egnetheten for solceller til de ulike byggene som skal rehabiliteres vil variere.

I beregning av utslippsreduksjon er utfasingen av campus Dragvoll medregnet. Tall for energiforbruk er hentet fra miljørapporten til NTNU fra 2019. Miljørapporten oppgir der et forbruk på 0 kWh fjernvarme for 2019. Dette tallet er det stor usikkerhet rundt, og sannsynligvis stemmer ikke dette. Utslippsreduksjonen for fjernvarme vil i realiteten derfor sannsynligvis være høyere. Ettersom vi ikke har tilgang på annen data, er det valgt å gå videre med dette forbruket. Miljørapporten oppgir derimot et forbruk på 1 037 391 kWh elektrisitet og 1 505 078 kWh fjernvarme for Idrettssenteret på Dragvoll. Dette forbruket er heller ikke medregnet i utslippsreduksjonen. Grunnen til dette er at bygget som erstatter Idrettssenteret kommer utenfor området hvor prosjektet NTNU Campussamling tar sted. Utfasingen av Idrettsbygget vil trolig gi en energireduksjon for NTNU Trondheim, men det går utenfor denne oppgavens omfang som kun tar for seg campussamlingen rundt Gløshaugen.

Overskuddsvarmen som blir lagret i energibrønnene blir i beregningene regnet som «gratis», altså utslippsfri varme. Det blir også sommerfjernvarmen som brukes for å fylle energibrønnene. I realiteten vil også denne fjernvarmen medføre klimagassutslipp og utslippsreduksjonen, og vil være litt lavere enn beregnet. Sommerfjernvarmen har derimot svært lav utslippsintensitet så utslippsreduksjonen vil ikke være mye lavere. Etablering av et korttidslager i form av en vanntank vil redusere behovet for vinterfjernvarme

ytterligere. Effekten av denne er ikke medtatt i beregningene, men den vil da kompensere for noe av utslippene tilknyttet sommerfjernvarmen.

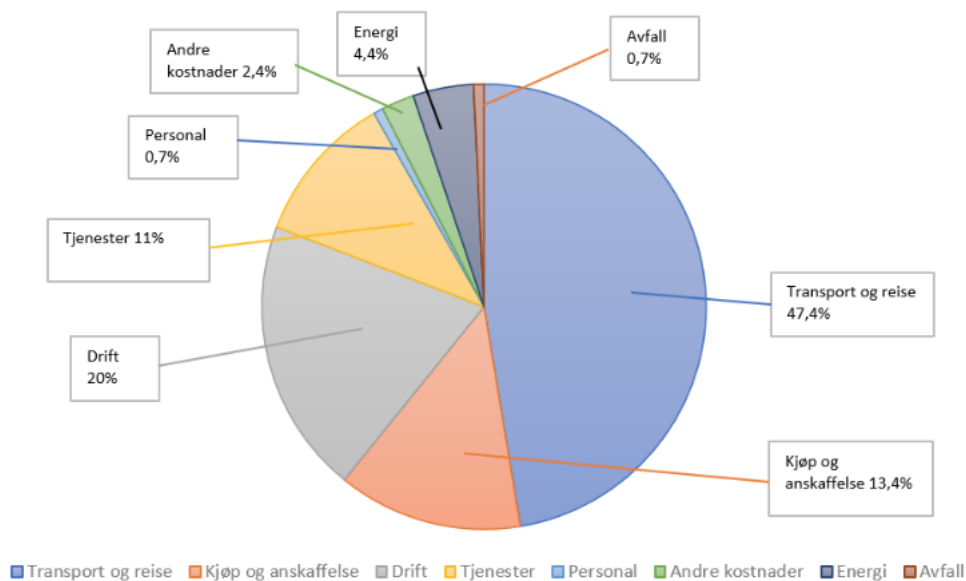
Utslippsfaktor for infrastruktur tilknyttet energibrønnene er hentet fra en rapport av Asplan Viak. I denne rapporten baserer de utslippsintensiteten på boring av 54 energibrønner med en dybde på 300 meter. Dette medfører ifølge Ecoinvent v3 et utslipp på 289 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette utslippet blir deretter brutt ned til gCO<sub>2</sub>ekv/kWh. Beregningene for NTNU Trondheim baserer seg på varme fra 300 brønner med en dybde på ca. 120 meter. Hvor stor endring denne forskjellen utgjør på utslippet tilknyttet infrastruktur er usikkert. En mulig endring vil derimot være neglisjerbart i forhold til utslippene som kommer fra energibruken.

### 5.2.3 ENDRING AV KLIMABELASTNING GJENNOM SAMLOKALISERING AV CAMPUS

Resultatene i underkapittel 4.2 viser at endringen av klimafotavtrykket gjennom campusprosjektet varierer ut ifra hvilke antagelser man legger til grunn. Energiltakene dekker mye av de samme tiltakene som er oppført i Kyoto-pyramiden i underkapittel 2.6. Kyoto-pyramiden oppgir at reduksjon av varmetapet i bygg er det første tiltaket som man bør utrede. I delkapittel 4.2.3 viser samtlige figurer hvordan klimafotavtrykket reduseres ved å bygge og rehabilitere miljøambisiøst. Tiltak tre i Kyoto-pyramiden viser til at man bør utnytte solenergien. I forbindelse med dette viser figurene i delkapittel 4.2.3 varierende resultat. Med norsk forbruksmiks for elektrisitet blir utslippsgevinsten oppslukt av materialutslippene til solcellene. Bruker man europeisk forbruksmiks for elektrisitet oppnås det en utslippsgevinst ved å benytte solceller. Ettersom gevinsten avhenger av utslippsfaktorene, bør man heller se på selve energibehovet ettersom den ikke påvirkes av hvilken faktor man legger til grunn. Behovet for innkjøpt energi reduseres ved å benytte solceller. Dette har, som beskrevet i underkapittel 2.6, flere gevinster som klimaregnskapet ikke fanger opp.

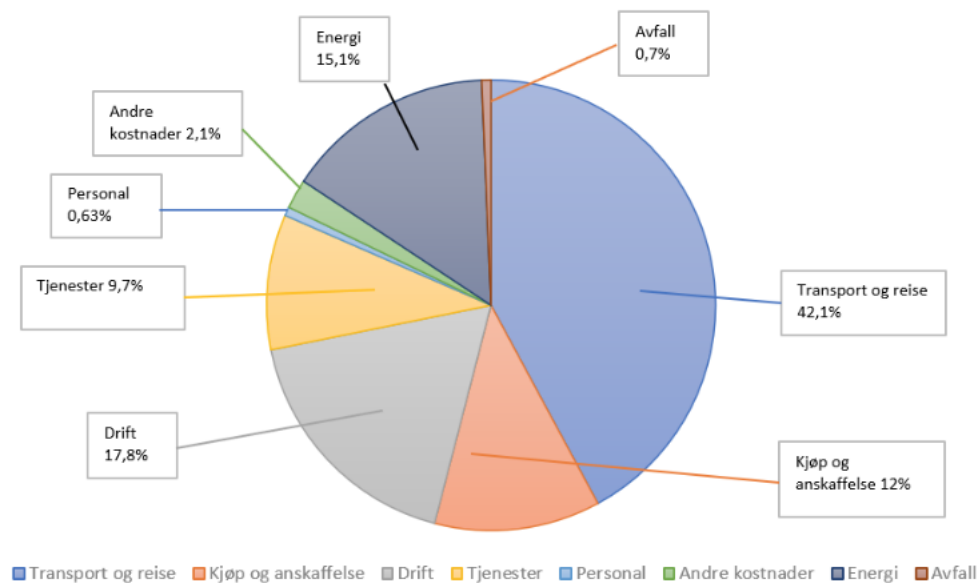
Figurene 5-2 – 5-5 nedenfor viser, basert på resultatene, hvordan fordelingen av de totale utslippene til NTNU Trondheim kan bli seende ut etter samlokaliseringen. I figurene er utslippsfaktor for elektrisitet og fjernvarme, samt utslipp tilknyttet avfall den samme som i scenarioene i underkapittel 4.1. Det er lagt til grunn det scenarioet som gir størst utslippsreduksjon fra delkapittel 4.2.3 for figurene under. Det vil si at i scenario 1 og 3, er kun miljøambisiøs utbygging + EnergiHUB på Gløshaugen medregnet ettersom solcellene øker klimafotavtrykket i disse scenarioene.





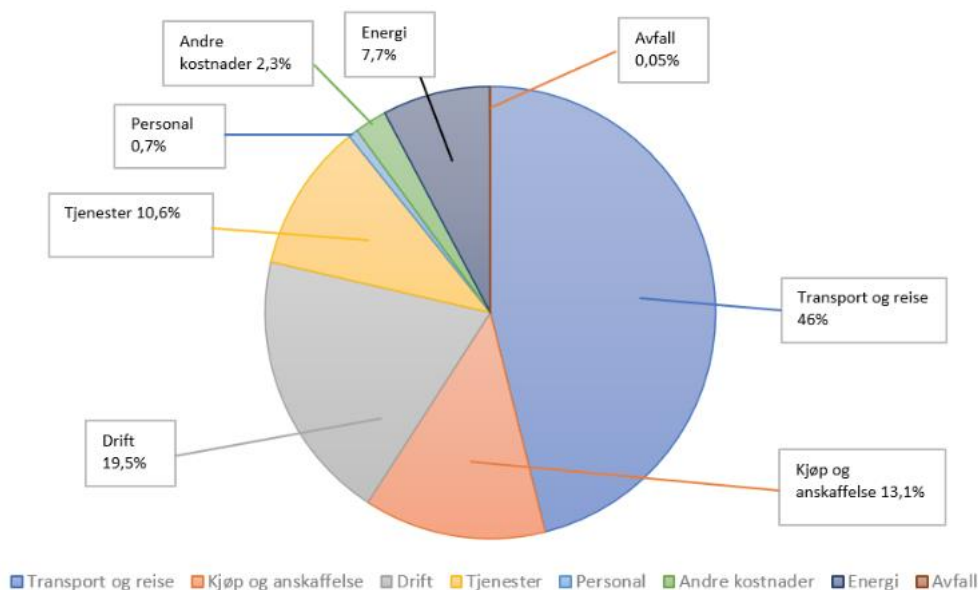
FIGUR 5-2: TOTALUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSCENARIO 1

Figur 5-2 viser at utslippsscenario 1 gir et totalt utslipp på 80 946,62 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på 1736,3 tonn CO<sub>2</sub>ekv i forhold til klimaregnskapet for 2019 i underkapittel 4.1.



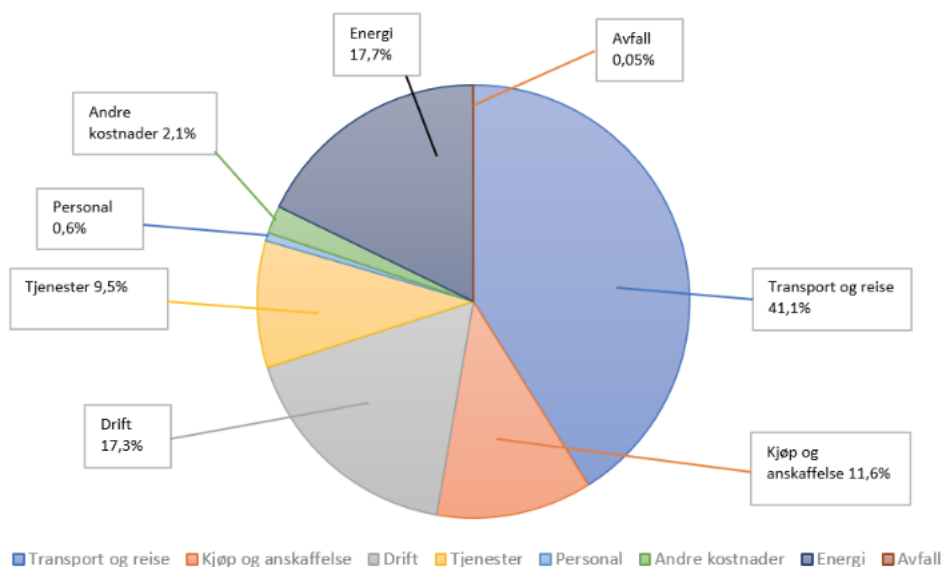
FIGUR 5-3: TOTALUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSCENARIO 2

Figur 5-3 viser at utslippsscenario 2 gir et totalt utslipp på 91 090,12 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på 3319,8 tonn CO<sub>2</sub>ekv i forhold til klimaregnskapet for 2019 i underkapittel 4.1.



FIGUR 5-4: TOTALUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSCENARIO 3

Figur 5-4 viser at utslippsscenario 3 gir et totalt utslipp på 83 232,62 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på 3534,3 tonn CO<sub>2</sub>ekv i forhold til klimaregnskapet for 2019 i underkapittel 4.1.



FIGUR 5-5: TOTALUTSLIPP ETTER CAMPUSSAMLING, UTSLIPPSCENARIO 4

Figur 5-5 viser at utslippsscenario 4 gir et totalt utslipp på 93 378,12 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Dette tilsvarer en utslippsreduksjon på 5115,78 tonn CO<sub>2</sub>ekv i forhold til klimaregnskapet for 2019 i underkapittel 4.1.

Utslippsscenarioene over viser at reduksjonen i klimafotavtrykket ikke er så stort. Den største utslippsposten, transport og reise, reduseres fra 39355,8 tonn CO<sub>2</sub>ekv til kun 38 357 tonn CO<sub>2</sub>ekv. Estimert fremtidig reisemiddelfordeling ligger til grunn for denne utslippsreduksjonen. Som vist i figur 5-1 kan denne utslippsreduksjonen minke dersom det er flere som begynner å benytte buss istedenfor sykkel. Det påvirker

derimot ikke det totale utslippet i noe særlig grad. Som vist i underkapittel 2.2 er NTNUs mål at CO<sub>2</sub>-utslippene fra reiser skal innen 2030 reduseres med 50% per årsverk sammenlignet med 2019. For å nå dette målet må det gjøres tiltak innen tjenestereiser, som vil si reisene som inngår i underkategorien **kostnad transport og reise**, ettersom det er her mesteparten av utslippene kommer ifra. Dette er fullt mulig å få til, men det er vanskelig å argumentere for at prosjektet campussamling kan bidra direkte til dette. Om ansatte og andre reisende flytter fra Dragvoll til Gløshaugen vil ikke dette bidra til at de flyr mindre. Det direkte påvirkningspotensialet til prosjektet NTNU Campussamlingen er som beskrevet i underkapittel 2.7 arbeidsreisene til og fra campus, og selv om totalutslippene ikke reduseres stort er det viktig med tiltak innenfor dette også. Tilrettelegging for sykkel, gange og kollektivtransport på campus vil være med å bidra til at målet om 50% reduksjon skal kunne nås i fremtiden. I tillegg vil, som figur 2-8 illustrerer, mindre bilkjøring til campus bidra til å gjøre lokalmiljøet ved campus bedre. Dette er fordi det vil bli mindre utslipp av nitrogendioksider og mindre svevestøv fra bilkjøring.

Energiltakene på campus er de tiltakene som reduserer klimafotavtrykket i størst grad. Her er også påvirkningspotensialet til campussamlingen stor, ettersom det skal bygges og rehabiliteres en god del. Det er vanskelig å si noe om hva som er mest riktig av de fire utslippsscenarioene illustrert på figur 5-2 – 5-5 ettersom det ikke finnes noe formell regel på hvilken utslippsfaktor man skal benytte. NTNUs mål innen energi poengterer som nevnt tidligere, at man heller bør se på hvordan energibehovet endres. NTNUs mål om at energiforbruket innen 2030 skal reduseres med minimum 50% per årsverk i forhold til 2019, blir ikke nådd når man legger resultatene i underkapittel 4.2 til grunn. Dette målet om 50% reduksjon gjelder da for hele NTNU, altså Trondheim, Ålesund og Gjøvik. Denne oppgaven har kun tatt for seg NTNU Trondheim, og resultatene antyder at energiforbruket ved NTNU Trondheim ikke vil reduseres med minimum 50% per årsverk i forhold til 2019. Dette er ikke overraskende ettersom NTNU Trondheim disponerer store arealer med bygg, og prosjektet NTNU Campussamlingen berører kun en del av disse arealene. Selv om energiltakene ikke reduserer totalutslippene til NTNU Trondheim i så stor grad, er energiltakene viktige i arbeidet NTNU Trondheim har med å redusere klimafotavtrykket sitt. Som påpekt i delkapittel 4.2.2 kan campussamlingen bidra til at plussenergi-campus ambisjonen realiseres. Dette forutsetter da at miljøambisiøs utbygging, solcelleproduksjon og EnergiHUB på Gløshaugen blir en realitet. Dette er et riktig steg i positiv retning i arbeidet NTNU Trondheim har med å redusere klimafotavtrykket.

### 5.3 BRUKEN AV NTNU TRONDHEIMS STYRINGSSYSTEM

I denne delen av diskusjonen blir forskningsspørsmål 3 drøftet, som er følgende «*Hvordan kan NTNU Trondheims styringssystem brukes for å få ut denne gevinsten?*». Diskusjonen baserer seg på hva vi har kommet frem til i resultatdelen for forskningsspørsmål 3, og støttende teori.

#### 5.3.1 SAMMENLIGNING AV SCENARIOER

For å få litt flere innfallsvinkler på hvordan NTNU Trondheims styringssystem kan brukes for å realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling, valgte vi i resultatdelen å se på tre ulike scenarioer. Det første scenarioet i delkapittel 4.3.1 gikk ut på hvordan NTNU Trondheim og NTNU Campussamling tenkte å realisere gevinstene fra prosjektet, det andre scenarioet i delkapittel 4.3.2 gikk ut på å bruke vårt eget rammeverk for å vise hvordan man kunne realisere gevinstene fra prosjektet, og det tredje scenarioet i delkapittel 4.3.3 gikk ut på å finne forskningsartikler der studien handlet om hvordan man skulle realisere gevinstene fra et lignende prosjekt som NTNU Campussamling. Med utgangspunkt i tre ulike scenarioene for hvordan NTNU Trondheims styringssystem kan brukes for å realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling, vil det vi drøfter videre i delkapittelet være nyttig med tanke på hvordan styringssystemet for NTNU Trondheim bør styres for å nå målene sine.

#### Systematikk i gevinstrealisering

Funnene fra de tre scenarioene viste tydelig at systematisk arbeid med gevinstrealisering er essensielt i et styringssystem. Det å ha en plan og jobbe systematisk med å realisere gevinstene i et styringssystem er vesentlig for å kunne arbeide med kontinuerlig forbedring, og ikke minst en smartere måte å jobbe på. Det kommer frem i NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan i delkapittel 4.3.1 at systematisk arbeid med realisering av gevinster er viktig. I gevinstrealiseringsplanen er det utviklet fem faser for gevinstrealisering. De to første fasene innebærer analysering og planlegging, mens i de tre siste er det fokus på å gjennomføre de tiltakene som skaper størst verdi. Fra forskningsartikkelen «*The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization*» (Grecu and Ipina, 2014) i delkapittel 4.3.3 er det utviklet en prosess med seks prinsipper, illustrert på figur 4-37, som sier noe om hvordan man bør implementere tiltak fra en modell for et bærekraftig universitet. De seks prinsippene handler om lederengasjement, sosialt nettverk, deltakelse, utdanning og læring, forskningsintegrasjon og resultatstyring, og er en systematisk prosess med kontinuerlig forbedring som bør jobbes med trinnvis. Dette er en avhengig prosess, som vil si at de foregående prinsippene bør legges til grunn før man forsetter med det neste. Dette betyr at ved å jobbe systematisk med prosessen vil arbeidsoppgavene bli mer effektive, og ikke minst tidsbesparende. Dette vil gjøre jobben med å realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling vesentlig lettere.

Rammeverket for bærekraftig campus, illustrert på figur 2-5, er knyttet til et miljøstyringssystem som også baserer seg på en systematisk prosess i form av Demings sirkel. Miljøstyringssystemet er knyttet til fire faser; planlegge, utføre, kontrollere og korrigere. De fire fasene fra miljøstyringssystemet i rammeverket kan sammenlignes med fasene for gevinstrealisering fra NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan med tanke på hvordan man jobber med å systematisere gevinstarbeidet. Det er fordi i de første fasene jobbes det med å planlegge hvordan man skal oppnå gevinstene, så jobbes det med hvordan man skal utføre/gjennomføre arbeidet med gevinstrealiseringen, og til slutt jobbes det med jevnlig oppfølging/kontrollering og korrigerende tiltak som kan hjelpe med å skape en forbedring i arbeidet med å realisere gevinstene. For å underbygge dette med at systematisk arbeid er viktig i et styringssystem er det i forskningsartikkelen «*An integrated sustainability-management approach for universities*» (Umar, 2020) i delkapittel 4.3.3 utviklet en prosess for hvordan man kan realisere gevinster i et prosjekt som NTNU Campussamling. Prosessen går ut på at du først og fremst må kjenne til ditt nåværende bærekraftsnivå, så må du bestemme gjeldende nivå for hvert aspekt av bærekraft, og til slutt utvikle planer basert på nivå for hvert aspekt av bærekraft. Denne prosessen vil være et nyttig verktøy som kan hjelpe til med å systematisere arbeidet med å skape en bærekraftig utvikling på campus.

Basert på hva som er blitt drøftet om det å systematisere arbeidet med gevinstrealisering, kan vi si at NTNU Trondheims styringssystem burde ha en klar strategi på hvordan de skal systematisere arbeidet i forbindelse med prosjektet NTNU Campussamling for en bærekraftig utvikling.

#### Roller og ansvarsområder i ledelses- og styringssystemet for gevinstrealisering

I de tre scenarioene kom det frem at det å fordele ulike roller og ansvarsområder i et styringssystem er ganske avgjørende med tanke på å realisere gevinstene fra prosjektet NTNU Campussamling. I NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan i delkapittel 4.3.1 kommer det frem at for at målene i et prosjekt skal nås, må det fordeles ulike roller og ansvarsområder som omfatter eierskap til gevinstene og eierskap til arbeidet med å realisere gevinstene. Dette betyr at det er brukernes felles og individuelle aktivitet som må være med å bidra. Gevinstrealiseringsplanen til prosjektet NTNU Campussamling viser til at det må være en gevinsteier, gevinstansvarlig og en overordnet gevinstkontakt som sammen har det overordnede ansvaret for at gevinstene blir realisert. I dette tilfellet er det Kunnskapsdepartementet, rektor for NTNU, Statsbygg og NTNU Campusutvikling/Virksomhetsstyring som innehar disse rollene, og skal sørge for at prosjektet når målene sine (illustrert på figur 4-31 og 4-32).

For å underbygge det som kom frem fra NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan, er det som nevnt tidligere fra forskningsartikkelen «*The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization*» (Greco and Ipina, 2014) i delkapittel 4.3.3 utarbeidet seks prinsipper for hvordan man bør implementere tiltak fra en modell for et bærekraftig universitet. Det første prinsippet sier noe om lederengasjement, og

det handler om hvordan lederne i organisasjonen støtter og utvikler organisasjonens kjerneoppdrag, verdier og visjon. Det er helt vesentlig at lederne på NTNU Trondheim er deltakende i et prosjekt som NTNU Campussamling. Ser vi tilbake på rammeverket for bærekraftig campus i underkapittel 2.4, må rammeverket først og fremst være forankret i ledelsen for å oppnå en bærekraftig utvikling. Uten klare definerte roller og ansvarsområder i ledelses- og styringsystemet vil ikke prosessen med å utvikle campus mot en mer bærekraftig retning vært oppnåelig, fordi det er ledelsen som må utarbeide overordnede mål og strategier for prosjektet. Ved klare definerte roller og ansvarsområder burde alle være forberedt på hva som må gjøres til en hver tid, også hvis det oppstår eventuelle avvik i prosessen med en bærekraftig utvikling.

Med utgangspunkt i hva som har blitt drøftet om hvordan definerte roller og ansvarsområder er viktig i et styringssystem, kan vi si at NTNU Trondheims styringssystem må ha en klar plan på hvordan de skal fordele roller og ansvarsområder i prosjektet NTNU Campussamling for å realisere gevinstene.

#### Mål og indikatorer

Funnene fra de tre scenarioene viste at målindikatorer er vesentlige å bruke i NTNU Trondheims styringssystem hvis du skal oppnå en bærekraftig utvikling på campus. Det kommer frem i NTNUs overordnede miljømål i underkapittel 2.2 at NTNU Trondheim skal ha klare mål for hvordan miljøpåvirkningen på campus skal reduseres. Derfor vil det å ha ulike målindikatorer ses på som nødvendig for å nå målene, hvor indikatorene også skal bære rollen som motivator, sikringstiltak og et verktøy for å justere aktiviteter og planer.

I NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan i delkapittel 4.3.1 har de utarbeidet forskjellige målindikatorer for at prosjektet NTNU Campussamling skal nå målene sine, der hensikten er å sannsynliggjøre og bygge oppunder målene. For at indikatorene skal bidra til måloppnåelse og realisering av gevinster, er det også utarbeidet underliggende støtteindikatorer som forklarer mer utdypende om hvordan innretning og bruk av campus vil foregå. Med mer utdypende indikatorer der man ser hvordan innretning og bruk av campus vil utvikle seg over tid, ser man etterhvert når en endring blir en forbedring. Det å følge med på når en endring blir en forbedring, er også nært knyttet til Demings sirkel som er koblet til rammeverket for bærekraftig campus i underkapittel 2.4. Ved å bruke Demings sirkel får man vite når en endring er en forbedring gjennom å operasjonalisere målbare indikatorer for det man ønsker å måle. Over tid vil de målbare indikatorene vise effekten av de tiltakene som er gjort, og man kan kontrollere og eventuelt korrigere der det er avvik. Dette med resultatstyring er også noe det siste prinsippet i forskningsartikkelen «*The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization*» (Greco and Ippina, 2014) i delkapittel 4.3.3 viser til, fordi et bærekraftig universitet alltid bør koordinere kontinuerlige

forbedringstiltak. Ved å alltid se etter kontinuerlige forbedringstiltak og hvordan organisasjonen kan bli bedre på bærekraftig utvikling, vil prosjektet NTNU Campussamling kunne realisere gevinstene.

I NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan i delkapittel 4.3.1 viser de også til hvordan man kan synliggjøre gevinstene, og det gjøres ved å følge indikatorer over tid basert på nullpunktsmåliger for hver av indikatorene. Ved at NTNU Trondheims styringssystem gjør nullpunktsmåliger fra dagens tilstand og nullpunktsmåliger etter at campusprosjektet er ferdig, vil man kunne sammenligne målingene å se om samlokaliseringen på Gløshaugen fører til en realisering av de målene som er beskrevet i underkapittel 2.2 for prosjektet NTNU Campussamling.

Basert på hva som har blitt drøftet om hvilken viktig rolle mål og indikatorer spiller i et styringssystem for at man skal kunne se en forbedring i tiltakene, kan vi si at NTNUs styringssystem definitivt må ha mål og indikatorer for å realisere gevinster fra prosjektet NTNU Campussamling.

#### Bruk av campus for gevinstrealisering

Fra de ulike scenarioene i resultatdelen kommer det frem at for å skape en størst mulig gevinst fra prosjektet NTNU Campussamling er NTNU Trondheim avhengig av at studenter og ansatte bruker campus på en hensiktsmessig måte. Fra underkapittel 2.6 som handler om energieffektivisering kommer det for eksempel frem i Kyoto-pyramiden i trinn fire at, hvor mye energi bygget produserer avhenger av hvordan brukerne benytter bygget. Hvis brukerne av bygget for eksempel skrur av lys i rom de forlater, vil dette være med på å spare energiproduksjonen i bygget og være til hjelp med å realisere gevinstene.

For NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan i delkapittel 4.3.1 står det at innretningen på campus er premissgivende for gevinstrealisering, men at bruken av campus også må være god for å skape enda større gevinster. Av den grunn er NTNU Trondheims styringssystem nødt til å utvikle nye måter å bruke og jobbe på campus for de personene som er tilknyttet campus, slik at alle er med på å bidra til en bærekraftig utvikling. En ny god måte å bruke campus på er for eksempel å opprette et energioppfølgingssystem. Dette systemet hjelper campus med å få bedre kontroll og en bedre oversikt over energibruken (Enova, u.å.). Energioppfølging forutsetter at de som har behov for nyttig informasjon får det, og derfor er det å rapportere en viktig del av energioppfølgingen. Ved å rapportere og synliggjøre energibruken skapes det et større engasjement, og dette gir muligheten for å øke motivasjonen og bevisstheten hos studentene og de ansatte. Bedre kunnskap og motivasjon hos studentene og de ansatte på dette området, vil sannsynligvis gjøre at de blir mer bevisste i handlingene sine. Bedre handlinger hos studentene og de ansatte vil føre til en bedre bruk av campus, og dermed skape større gevinster.

Dette med bedre kunnskap hos studentene og de ansatte kommer også frem i forskningsartikkelen «*The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization*» (Greco and Ipina, 2014) i delkapittel

4.3.3. I prinsippet som omhandler deltakelse, kommer det frem at menneskene i det sosiale nettverket på campus må involvere seg mer i prosessen for å gjøre at NTNU Trondheim blir mer bærekraftig. For å oppmuntre folk til å delta mer i prosessen er det anbefalt at NTNU Trondheim går over til en mer deltakende styringsprosess.

Hvis man skal oppnå en realisering av gevinster og høy grad av måloppnåelse som følge av prosjektet, er man avhengig av flere innsatsfaktorer. Som nevnt tidligere spiller menneskene på campus en stor rolle, men i NTNU Campussamlings gevinstrealiseringsplan kommer det også frem man er avhengig av den gjensidige påvirkningen mellom menneskene, infrastrukturen og teknologien på campus. Infrastrukturen og teknologien er et virkemiddel som ligger til rette for at organisasjonen skal utvikle campus i den ønskede retningen. For at NTNU Trondheim skal bli en mer bærekraftig campus må menneskene sørge for å utvikle organisasjonen mer tverrfaglig, fordi man vil ikke at prosjektet kun skal bli nye lokaler. I prinsippet som handler om sosialt nettverk fra forskningsartikkelen «*The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization*» (Grecu and Ipina, 2014) i delkapittel 4.3.3 kommer det frem at organisasjonen må utvikle, skape og ha et åpent forhold til interessentene for at den skal bli mer bærekraftig. Hvis partene jobber tverrfaglig betyr at de kan effektivisere aktivitetene til organisasjonen slik at prosessen med å utvikle en bærekraftig campus går lettere. Blir ikke organisasjonen utviklet på tiltenkt måte, risikerer man å ikke få de ønskede effektene på forskning, læring og innovasjon.

Som nevnt tidligere er tverrfaglighet viktig for å utvikle NTNU Trondheim til å bli mer bærekraftig, og samarbeidet mellom fagmiljøene er avgjørende for å opprettholde og videreutvikle god kvalitet på utdanning, forskning og innovasjon. I prinsippet som omhandler utdanning og læring i forskningsartikkelen «*The Sustainable University – A Model for the Sustainable Organization*» (Grecu and Ipina, 2014) i delkapittel 4.3.3 kommer det frem at bærekraftsutvikling bør integreres i universitets praksis, som forøvrig også er veldig sentralt i rammeverket for bærekraftig campus i underkapittel 2.4. På den måten blir ansatte og studenter mer klar over hvilken situasjon verden står ovenfor med tanke på global oppvarming og klimaendringer, og kan være med på å utvikle organisasjonen til å bli mer bærekraftig.

Ut ifra hva som har blitt drøftet om hvor viktig bruken på campus er for at man skal oppnå en bærekraftig utvikling, så er dette noe NTNU Trondheims styringssystem burde tenke på hvis de vil realisere gevinster fra prosjektet NTNU Campussamling. Dette gjelder da koblingen mellom menneskene, infrastrukturen og teknologien, men også tverrfaglighet for å videreutvikle god kvalitet på utdanning, forskning og innovasjon.



## 6. KONKLUSJON

I denne oppgaven er det undersøkt hvordan prosjektet NTNU Campussamling kan brukes for å redusere NTNU Trondheim sine klimagassutslipp. Resultatene fra den organisatoriske livssyklusanalysen for 2019 viser at transport og reise er den største utslippskategorien for NTNU Trondheim. Campussamlingen sitt direkte påvirkningspotensial innenfor denne utslippskategorien ligger i underkategorien arbeidsreiser til og fra campus. Utslipp tilknyttet denne underkategorien kan reduseres ved å fjerne parkeringsmulighetene for privatbiler. Resultatene basert på gjeldende planforslag og estimert fremtidig reisemiddelfordeling viser at campussamlingen kan bidra til å redusere utslippene tilknyttet arbeidsreiser til og fra campus med 999 tonn CO<sub>2</sub>ekv per år ved å fjerne parkeringsmulighetene.

Videre viser resultatene fra den organisatoriske livssyklusanalysen for 2019 varierende resultater når det gjelder energi. De varierende resultatene kommer av hvilken utslippsfaktor man bruker for elektrisitet og fjernvarme. Utslippene tilknyttet energiforbruk beregnes ved at man multipliserer de to faktorene utslippsfaktor [gCO<sub>2</sub>ekv/kWh] og energiforbruk [kWh]. Campussamlingen kan påvirke begge disse faktorene og dermed redusere utslippene tilknyttet energi. Resultatene viser at ved å bygge miljøambisiøst og produsere elektrisitet ved bruk av solceller reduseres energiforbruket og behovet for innkjøpt elektrisitet. Ved å bygge et borehullsbasert sesonglager for varme vil man kunne redusere effekttoppene på fjernvarmen når varmebehovet er størst. Dette bidrar til å redusere utslippsfaktoren for fjernvarmen ettersom behovet for å kompensere effekttoppene med mer utslippintensiv brensel reduseres.

For å realisere gevinstene fra campussamlingen er det gjennom arbeidet med oppgaven kommet fram til at det er fire hovedpunkter NTNU Trondheims styringssystem må fokusere på. Disse er følgende:

- Systematikk i gevinstrealisering.
- Roller og ansvarsområder i ledelses- og styringssystemet for gevinstrealisering.
- Mål og indikatorer.
- Bruk av campus for gevinstrealisering.

Det første punktet går ut på at de må ha en klar strategi på hvordan de skal systematisere arbeidet for å oppnå en bærekraftig utvikling, og det andre punktet handler om at de må ha en klar plan på hvordan de skal fordele roller og ansvarsområdet i ledelses- og styringssystemet under og etter campusprosjektet. Det tredje punktet går ut på at man må ha tydelige mål og indikatorer for at man skal kunne se en forbedring av de tiltakene man gjør for å oppnå en bærekraftig utvikling som et resultat av campusprosjektet. Det siste punktet handler om hvor viktig en god bruk av den nye innretningen på campus er, der koblingen mellom menneskene, infrastrukturen og teknologien er vesentlig for å oppnå større gevinster fra campusprosjektet.

Oppsummert viser resultatene at totalutslippene for NTNU Trondheim ikke påvirkes i så stor grad av prosjektet NTNU campussamling. Det er derfor vanskelig å forsvare prosjektet om man kun baserer seg på reduksjon av klimagasser. For at klimafotavtrykket til NTNU Trondheim skal gå betraktelig ned trengs det tiltak innenfor områder som campussamlingen ikke påvirker direkte.

## 6.1 VIDERE ARBEID

Gjennom arbeidet med oppgaven har vi sett at det er muligheter for å jobbe videre med oppgavens problemstilling. Denne oppgaven har tatt for seg hvordan klimagassutslipp tilknyttet energi og arbeidsreiser til og fra campus kan reduseres, ettersom det er disse temaene prosjektet NTNU Campussmaling har størst mulighet til å påvirke direkte. Klimagassutslipp fra områder som ikke er inkludert i denne oppgaven er viktige bidragsyttere for det totale klimagassutslippet ved NTNU Trondheim. Det kunne derfor vært interessant å undersøke hvordan prosjektet NTNU Campussamling kan bidra til å redusere klimagassutslipp på områder som ikke blir direkte påvirket av campussamlingen.

## REFERANSER

**Andersen, I. (2008)** *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergi boliger og passivhus. En introduksjon*. Prosjektrapport nr. 22. Trondheim: SINTEF byggforsk. Available at: [https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb\\_prosjektrapport\\_22.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb_prosjektrapport_22.pdf) (Accessed: 26 May 2022).

**Asplan Viak AS (2021)** *Detaljregulering av Grensen og Høgskoleveien planbeskrivelse. Til offentlig ettersyn*. NTNU nettsted. Available at: <https://storymaps.arcgis.com/stories/b44c368315104ec2a35755caf2009b50> (Accessed: 11 May 2022).

**Asplan Viak AS (2022a)** *Detaljregulering av Gløshaugen, planbeskrivelse. Til offentlig ettersyn*. NTNU nettsted. Available at: <https://storymaps.arcgis.com/stories/bf51ebf4f7be44cb9cb8ae425811d7ba> (Accessed: 4 May 2022).

**Asplan Viak AS (2022b)** *Detaljregulering av Hesthagen og del av Høgskoleparken, planbeskrivelse. Til offentlig ettersyn*. NTNU nettsted. Available at: <https://storymaps.arcgis.com/stories/9d114371dd53430fbe5fbbd98ffa6a46> (Accessed: 4 May 2022).

**Asplan Viak AS (2022c)** *Områderegulering av deler av Lerkendal og Valgrinda, planbeskrivelse. Til offentlig ettersyn*. NTNU nettsted. Available at: <https://storymaps.arcgis.com/stories/1ef6431be3864711acb15d7eb300eab1> (Accessed: 4 May 2022).

**Belgum Torstensen, S. (2020)** *Klimaregnskap for fjernvarme 2020*. Fjernkontrollen: Norsk Fjernvarme. Available at: [https://www.fjernkontrollen.no/uploaded/files/2020\\_06\\_01\\_klimaregnskap\\_for\\_fjernvarme\\_2020.pdf](https://www.fjernkontrollen.no/uploaded/files/2020_06_01_klimaregnskap_for_fjernvarme_2020.pdf) (Accessed: 6 April 2022).

**Birgitte Nilsson and Kari S. Norddal (2019)** *Campus NTNU Transportstrømmer 2030*. Asplan Viak, p. 48. Available at: [https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1282972075/V6+Transportstr%C3%B8mmer.pdf/b7a96af4-4ea9-4e3b-b505-a1339c735c6a?fbclid=IwAR3q0hegF\\_Oor2fowUUCjcXuTpmIF0qQy3BpTj2vsDZ2hR4ljhyphkj2jis](https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1282972075/V6+Transportstr%C3%B8mmer.pdf/b7a96af4-4ea9-4e3b-b505-a1339c735c6a?fbclid=IwAR3q0hegF_Oor2fowUUCjcXuTpmIF0qQy3BpTj2vsDZ2hR4ljhyphkj2jis) (Accessed: 3 May 2022).

**Blanco, J.M., Finkbeiner, M. and Inaba, A. (2015)** 'Guidance on Organizational Life Cycle Assessment'. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Available at: [https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2015/04/o-lca\\_24.4.15-web.pdf](https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2015/04/o-lca_24.4.15-web.pdf) (Accessed: 20 May 2022).

**Brudvik, M. (2010)** *Hvordan skape forbedring?, Helsebiblioteket.no*. Helsebiblioteket.no. Available at: <https://www.helsebiblioteket.no/kvalitetsforbedring/om-kvalitetsforbedring/hvordan-skape-forbedring> (Accessed: 24 May 2022).

**Byggforsk (2017)** *Nullutslippsbygninger (ZEB). Retningslinjer og beregningsmetoder - Byggforskserien*. 473.020. Byggforsk.no. Available at: [https://www.byggforsk.no/dokument/5177/nullutslippsbygninger\\_zeb\\_retningslinjer\\_og\\_beregningsmetoder#i3](https://www.byggforsk.no/dokument/5177/nullutslippsbygninger_zeb_retningslinjer_og_beregningsmetoder#i3) (Accessed: 25 April 2022).

**Emisoft (2021a)** 'Hva er GHG-protokollen? - Emisoft', 10 April. Available at: <https://www.emisoft.com/kunnskapscenter/ghg-protokollen/hva-er-ghgprotokollen/> (Accessed: 31 March 2022).

**Emisoft (2021b)** *Hvordan beregnes utslipp fra avfall i GHG-protokollen?* Available at: <https://www.emisoft.com/kunnskapscenter/ghg-protokollen/hvordan-beregnes-utslipp-fra-avfall-i-scope-3/> (Accessed: 26 April 2022).

**Enova (u.å.)** *Energioppfølgingsystemer (EOS) | Enova Kunnskap, Enova*. Available at:

<https://www.enova.no/kunnskap/eos/> (Accessed: 31 May 2022).

**FN Sambandet (2020)** *Parisavtalen*. Available at: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen> (Accessed: 3 May 2022).

**FN Sambandet (2021)** *Klimaendringer*. Available at: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer> (Accessed: 3 May 2022).

**Golsteijn, L. (2020)** *Life Cycle Assessment (LCA) explained, PRé Sustainability*. Available at: <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-assessment-lca-basics/> (Accessed: 8 April 2022).

**Greco, V. and Ipin, N. (2014)** *THE SUSTAINABLE UNIVERSITY – A MODEL FOR THE SUSTAINABLE ORGANIZATION*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/276424502\\_The\\_Sustainable\\_University\\_-\\_A\\_Model\\_for\\_the\\_Sustainable\\_Organization](https://www.researchgate.net/publication/276424502_The_Sustainable_University_-_A_Model_for_the_Sustainable_Organization) (Accessed: 11 May 2022).

**Gustafson Jacobsen, H. (2017)** *Organisational LCA (O-LCA) for activities in the Norwegian Defence sector*. Masteroppgave. Norwegian University of Science and Technology: Department of Industrial Economics and Technology Management. Available at: [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2482479/17925\\_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2482479/17925_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Accessed: 5 April 2022).

**Jacobsen, D.I. (2018)** *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* 3.utgave. Cappelen Damm AS.

**Larsen, H.N. et al. (2016)** 'The carbon footprint of central government procurement', *Asplan Viak*, p. 35.

**Maria Bakke, A. and Lill Paulen, S. (2016)** *Status og prognoser for kraftsystemet 2016*. Rapport nr 94-2016. NVE. Available at: [https://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016\\_94.pdf](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_94.pdf) (Accessed: 25 May 2022).

**Menon Economics (2021)** *Gevinstrealiseringsplan for NTNU Campussamling*. Trondheim: NTNU. Available at: [https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1294753489/NCS+Gevinstrealiseringsplan\\_250521.pdf/6e8542b8-9d8f-4607-6802-b3feb12e7d0f?t=1629115816244](https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1294753489/NCS+Gevinstrealiseringsplan_250521.pdf/6e8542b8-9d8f-4607-6802-b3feb12e7d0f?t=1629115816244) (Accessed: 8 April 2022).

**Miljødepartementet, K. (2021)** *Klimaendringer og norsk klimapolitikk, Regjeringen.no*. regjeringen.no. Available at: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (Accessed: 3 May 2022).

**Myhre, A. (2015)** *Klima, energi og miljø*. 2. utgave. Universitetsforlaget AS.

**Nersund Larsen, H., Borg, A. and Tønnesen, J. (2018)** *Energi og miljø - fagutredning*. 1.02. Asplan Viak AS. Available at: <https://www.koteng.no/multimedia/3930/10.-Energi-og-miljo.pdf> (Accessed: 19 May 2022).

**Nilsson, B. (2017)** *NTNU Campus transportstrømmer*. Trondheim: NTNU. Available at: <https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1278508165/20+170627+Transportstr%C3%B8mmer+Asplan+Viak.pdf/87d65ebf-5736-44b3-b8dd-cd0a627d53b9> (Accessed: 2 May 2022).

**Norsk fjernvarme (2021)** *Trondheim*. Available at: <https://www.fjernkontrollen.no/trondheim/> (Accessed: 10 April 2022).

**NTNU (2017)** *Klimaregnskap for NTNU Metode og resultater for 2016 og 2017*. Available at: <https://www.ntnu.no/documents/10137/1262279573/Klimaregnskap+for+NTNU.pdf/ee1f8a60-6b2f-4c3e-b837-7e482b4a22bf> (Accessed: 7 April 2022).

**NTNU (2018)** *Hva er campussamling? - NTNU*. Available at: <https://www.ntnu.no/campusutvikling/hva-er-campussamling-> (Accessed: 30 May 2022).

- NTNU (2019)** *Miljørapport for NTNU 2019*. 1. Trondheim, p. 11. Available at: [https://www.ntnu.no/documents/10137/0/Milj%C3%B8rapport+2019\\_6.pdf/83c78177-0505-944f-067f-283fe232463c?t=1590667763455](https://www.ntnu.no/documents/10137/0/Milj%C3%B8rapport+2019_6.pdf/83c78177-0505-944f-067f-283fe232463c?t=1590667763455) (Accessed: 4 April 2022).
- NTNU (2020)** *Miljøutviklingsplan 2020-2030*. Trondheim: NTNU. Available at: <https://www.ntnu.no/documents/10137/981312606/Milj%C3%B8utviklingsplan.pdf/5b59280f-21ca-3f10-9fd1-cfa150786368?t=1606827551435> (Accessed: 2 May 2022).
- NTNU (2022)** *Parkering - Gløshaugen - NTNU*. Available at: <https://www.ntnu.no/parkering/gloshaugen> (Accessed: 31 May 2022).
- NTNU Eiendomsforvaltning (2012)** *NTNUs Miljøambisjon*. NTNU Trondheim: NTNU. Available at: [https://www.ntnu.no/documents/10137/323403/NTNU\\_Milj%C3%B8ambisjon.pdf/9d9fe7cd-02d3-4342-beca-9af23afac4af](https://www.ntnu.no/documents/10137/323403/NTNU_Milj%C3%B8ambisjon.pdf/9d9fe7cd-02d3-4342-beca-9af23afac4af) (Accessed: 8 April 2022).
- NTNU and Statsbygg (2022)** *NTNU Campussamling*. Available at: <https://www.ntnucampussamling.no/> (Accessed: 11 May 2022).
- Oria (2021)** *Oria, Hva er Oria?* Available at: <https://bibsys-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com> (Accessed: 10 December 2021).
- Research Gate (2022)** *About Us | ResearchGate*. Available at: <https://www.researchgate.net/about> (Accessed: 16 May 2022).
- Sandvik, O.H. (2019)** *Byvekstavtale mellom kommunene Trondheim, Malvik, Melhus og Stjørdal, Trøndelag fylkeskommune og Staten v/Samferdselsdepartementet og Kommunal- og moderniseringsdepartementet*. Trondheim. Available at: <https://www.regjeringen.no/contentassets/66644bf4b3e642acaf10bea324af42b8/byvekstavtale-trondheimsområdet.pdf> (Accessed: 11 May 2022).
- Schmidt Overøye, C. (2012)** *Oppgradering av kontorbygg til plusshus*. Masteroppgave. NTNU. Available at: [file:///C:/Users/Bruker/Downloads/565985\\_FULLTEXT01%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Bruker/Downloads/565985_FULLTEXT01%20(1).pdf) (Accessed: 26 May 2022).
- SINTEF (2014)** *ZEB - Zero Emission Buildings, SINTEF*. Available at: <https://www.sintef.no/prosjekter/2010/zeb-zero-emission-buildings/> (Accessed: 16 May 2022).
- SINTEF (2019)** *Hva er et nullutslippsområde?, SINTEF*. Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/hva-er-et-nullutslippsomrade/> (Accessed: 16 May 2022).
- Solli, C. et al. (2018)** 'Vedlegg til OFP-rapport NTNU Campussamling Vedlegg F.1'. NTNU, Statsbygg. Available at: <https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1284095810/F.1+Premissdokument+milj%C3%B8.pdf/682e7b82-f91b-42d2-9cb2-ffe394e6c254> (Accessed: 9 May 2022).
- Solli, C. (2020)** *Klimaregnskap for NTNU Oppdatering 2018 og 2019*. NTNU. Available at: [https://www.ntnu.no/documents/10137/0/Klimaregnskap+for+NTNU+2018\\_2019.pdf/a46066f0-5aff-fa7a-c69e-62ec28a5b165?t=1590667763711](https://www.ntnu.no/documents/10137/0/Klimaregnskap+for+NTNU+2018_2019.pdf/a46066f0-5aff-fa7a-c69e-62ec28a5b165?t=1590667763711) (Accessed: 10 April 2022).
- Sørumsåsen, K. and Sæteren, E. (2021)** *Bærekraftig campus*. NTNU Trondheim.
- Standard Norge (2018)** 'NS 3720 - Metode for klimagassberegninger for bygninger'. Available at: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS+3720&subscr=1> (Accessed: 28 May 2022).
- Statkraft (2022)** *Trondheim*. Available at: <https://www.statkraftvarme.no/om-statkraftvarme/fjernvarmeanlegg/trondheim/> (Accessed: 5 April 2022).

**Statsbygg (u.å)** *NTNU Campussamling*. Available at: <https://www.statsbygg.no/prosjekter-og-eiendommer/ntnu-campussamling> (Accessed: 29 May 2022).

**Statsbygg and NTNU (2021)** *Miljøprogram NTNU Campus*. 1. Available at: [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b\\_off-ettersyn/2022/hesthagen-og-del-av-hogskoleparken-gnrbnr-40539-405177-405101-m.fl.-detaljregulering-r20200032/27.-miljoprogram.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b_off-ettersyn/2022/hesthagen-og-del-av-hogskoleparken-gnrbnr-40539-405177-405101-m.fl.-detaljregulering-r20200032/27.-miljoprogram.pdf) (Accessed: 15 May 2022).

**Statsbygg and NTNU (2022)** *NTNU Campussamling, Medvirkningsportal for reguleringsplanarbeidet til NTNUs campussamling*. Available at: <https://www.ntnucampussamling.no/> (Accessed: 10 May 2022).

**Sveen Olsen, M. (2018)** *Reduksjon av effektopper i kontorbygg*. Masteroppgave. NTNU. Available at: [file:///C:/Users/Bruker/Downloads/18828\\_FULLTEXT.pdf](file:///C:/Users/Bruker/Downloads/18828_FULLTEXT.pdf) (Accessed: 25 May 2022).

**Umar, T. (2020)** *An integrated sustainability management approach for universities*. Available at: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/jensu.19.00014> (Accessed: 11 May 2022).

**UNEP (2015)** *Guidance on Organizational Life Cycle Assessment*. Available at: [https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2015/04/o-lca\\_24.4.15-web.pdf](https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2015/04/o-lca_24.4.15-web.pdf).

**Weidema, Bo.P. (2021)** *Matching Bottom-Up And Topdown For Verification And Integration Of LCI Databases*. Available at: <https://lca-net.com/files/matching.pdf> (Accessed: 8 April 2022).

## VEDLEGG

Vedlegg A – Utgiftskategorier med utslippsfaktorer

Vedlegg B – Beregning av utslippsfaktor for fjernvarme

# Vedlegg A

artskode	artsnavn	kategori	NOK	kg/CO2e./NOK	tonn CO2e.
590	Gaver til ansatte	Personal	2569566,25	0,027	69,38
592	Gruppelivsforsikring	Personal	0	0,007	0
593	Yrkesskadepremie	Personal	3965622	0,007	27,76
596	Velferdstiltak	Personal	590100	0,022	12,98
599	Annen personalkostnad	Personal	5921575	0,02	118,43
610	Frakt, transport og forsikring ved vareforsendelse	Transport	8581091	0,069	592,10
611	Toll og spedisjon ved vareforsendelse	Diverse	288517	0,029	8,37
630	Leie lokaler	Bygg, anlegg og eiendom	320178975	0,016	5122,86
631	Leie lokaler fra Statsbygg	Bygg, anlegg og eiendom	154321539	0,016	2469,14
632	Renovasjon, vann, avløp o.l	Bygg, anlegg og eiendom	9595642	0,069	662,10
634	Lys, varme	Bygg, anlegg og eiendom	141955338	0,18	25551,96
636	Renhold, vakthold og vaktmestertjenester	Bygg, anlegg og eiendom	23865760	0,017	405,72
640	Leie maskiner	Drift	18630226	0,028	521,65
641	Leie inventar	Drift	305396	0,021	6,41
643	Leie av datamaskiner	IKT	455215	0,018	8,19
644	Leie av andre kontormaskiner	Drift	11184942	0,026	290,81
645	Leie av biler	Transport	2661196	0,033	87,82
646	Leie av andre transportmidler	Transport	404426	0,029	11,73
649	Annen leiekostnad	Bygg, anlegg og eiendom	7066293	0,03	211,99
650	Maskiner	Drift	25756756	0,034	875,73
651	Verktøy og lignende	Drift	6313219	0,038	239,90
652	Programvare (anskaffelse)	IKT	59555316	0,011	655,11
654	Inventar	Drift	19604821	0,023	450,91
655	Datamaskiner (Pcer, servere m.m)	IKT	6567438	0,015	98,51
657	Arbeidsklær og verneutstyr	Drift	5654877	0,02	113,10
659	Annet driftsmateriale - tas i bruk ved behov	Drift	131925680	0,024	3166,22
660	Reparasjon og vedlikehold egne bygninger	Bygg, anlegg og eiendom	100771130	0,021	2116,19
663	Reparasjon og vedlikehold leide lokaler	Bygg, anlegg og eiendom	5847944	0,021	122,81
666	Reparasjon og vedlikehold maskiner og anlegg	IKT	35590061	0,028	996,52
668	Reparasjon og vedlikehold skip, rigger og fly	Transport	3161450	0,028	88,52
669	Reparasjon og vedlikehold annet	Drift	18128586	0,024	435,09
670	Regnskap-, revisjons og økonomitjenester	Prof.tjenester	20047509	0,01	200,48
671	Kjøp av tjenester til utvikling av programvare, IKT-løsninger mv.	IKT	64865953	0,01	648,66
672	Kjøp av tjenester til løpende driftsoppgaver, IKT	IKT	40006227	0,01	400,06
673	Kjøp av tjenester til organisasjonsutvikling, rekruttering mv.	Prof.tjenester	191991392	0,006	1151,95
674	Innleid personell fra vikarbyrå o.l	Prof.tjenester	26766693	0,008	214,13
679	Kjøp av andre fremmede tjenester - Tas i bruk ved behov	Prof.tjenester	115570564	0,017	1964,70
680	Kontorrekvisita	Drift	78004740	0,046	3588,22
682	Trykksak	Kommunikasjon	10609219	0,032	339,50
683	Annonser, kunngjøringer	Kommunikasjon	7508116	0,019	142,65
684	Aviser, tidsskrifter, bøker o.l	Kompetanse	18306148	0,012	219,67



685	Aviser, tidsskrifter, bøker o.l i bibliotek	Kompetanse	101286949	0,012	1215,44
686	Møter	Kommunikasjon	57758604	0,047	2714,65
687	Kurs og seminarer for egne ansatte	Kompetanse	47475420	0,033	1566,69
688	Kurs og seminarer for eksterne deltakere	Kommunikasjon	50911030	0,033	1680,06
690	Telefoni og datakommunikasjon, samband, internett	IKT	8424715	0,013	109,52
694	Porto	Drift	13218181	0,02	264,36
700	Drivstoff	Transport	1741626	0,25	435,41
702	Vedlikehold	Transport	2570854	0,028	71,98
704	Forsikring	Transport	354461	0,007	2,48
710	Bilgodtgjørelse	Transport	4768908	0,079	376,74
713	Reisekostnad	Transport	251603783	0,117	29437,64
715	Diettkostnad	Transport	33723877	0,057	1922,26
719	Annen kostnadsgodtgjørelse	Transport	55246849	0,08	4419,75
730	Salgskostnad	Kommunikasjon	0	0,015	0,00
732	Reklamekostnad	Kommunikasjon	11142399	0,019	211,71
735	Representasjon	Kommunikasjon	9488272	0,01	94,88
740	Kontingent	Personal	21591770	0,016	345,47
741	Gave	Kommunikasjon	4155414	0,027	112,20
750	Forsikringspremie	Drift	181615	0,007	1,27
761	Patentkostnad ved egen patent	Prof.tjenester	417450	0,017	7,10
777	Bank- og kortgebyr	Drift	629867	0,006	3,78
779	Annen kostnad	Diverse	113409204	0,017	1927,96
	<b>Totalt</b>		<b>2495196506</b>		<b>101329,38</b>

# Vedlegg B

I forbindelse med den organisatoriske livssyklusanalysen ble det beregnet en utslippsfaktor for fjernvarme. For å beregne dette må man se hvilke energikilder som benyttes i varmeproduksjonen. NTNU Trondheim får levert fjernvarme fra Heimdal fjernvarmeanlegg, og denne beregningen baseres på deres rapporterte energikilder i 2019, se tabell under.

<b>Energikilder</b>	<b>Prosentfordeling</b>
<b>Fossil olje</b>	0,5%
<b>Fossil gass</b>	13,6%
<b>Fleksibel elektrisitet</b>	9%
<b>Bioenergi</b>	4,5%
<b>Gjenvunnet varme</b>	72,4%

Sissel Hunderi ved Statkraft informerte at bioenergien besto av flere typer. Av totalt forbruk i 2019 kom 3,1% fra briketter, 0,5 % fra biogass, 0,7 % fra bioolje og 0,2 % spillvarme. Utslippsfaktorer for de ulike energikildene ble hentet fra rapport fra norsk fjernvarme, mens utslippsfaktorer for avfallsforbrenning og elektrisitet ble hentet fra byggforskblad 473.020. Faktorene i rapporten fra norsk fjernvarme er basert på livssyklusperspektiv (LCA-faktorer). Faktorene i byggforskblad 473.020 inkluderer derimot kun utlippene for energibærerne og direkte produksjonsutslipp. Utslipp fra materialer og varmetap er derfor ikke inkludert i disse faktorene. Det er ikke gjort noe estimat på hvor stort utslipp materialer og varmetap gir. Dette er derfor ikke inkludert i utslippsfaktorer for elektrisitet og avfallsforbrenning. Merk også her at utslippsfaktor for elektrisitet blir satt til 130 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. I klimaregnskapet beregnes det med to ulike faktorer på henholdsvis 18 og 136 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. For å forenkle arbeidet og slippe å beregne to ulike faktorer for fjernvarme blir derfor utslippsfaktoren for elektrisitet i byggforskbladet benyttet i dette tilfelle.

Energikilde	Anbefalt faktor [gCO <sub>2</sub> eq/kWh]	Benyttet faktor [gCO <sub>2</sub> eq/kWh]
Fossil olje	(Lett olje) 286	286
Fossil gass	(Naturgass LNG) 241	241
Fleksibel elektrisitet	130	130
Briketter	15	15
Biogass	(Biogass fra org. komm. avfall) 11	11
Bioolje	(oppfyller bærekraftskriterier) 4	4
Spillvarme		198
Gjenvunnet varme	185–211	198

$$\begin{aligned} & \frac{0,5}{100} * 286 \frac{gCO_2eq}{kWh} + \frac{13,6}{100} * 241 \frac{gCO_2eq}{kWh} + \frac{9}{100} * 130 \frac{gCO_2}{kWh} + \frac{3,1}{100} * 15 \frac{gCO_2eq}{kWh} + \frac{0,5}{100} \\ & * 11 \frac{gCO_2}{kWh} + \frac{0,7}{100} * 4 \frac{gCO_2eq}{kWh} + \frac{71,4}{100} * 198 \frac{gCO_2}{kWh} + \frac{0,2}{100} * 198 \frac{gCO_2}{kWh} \end{aligned}$$

**= 190 gCO<sub>2</sub>eq/kWh**

