

## Vedlegg til OFP-rapport NTNU Campussamling



## Vedlegg F.1

### Premissdokument miljø

14.12.2018

*Delprosessleder Statsbygg:*

Trond Sjørgjerd

*Delprosessleder NTNU:*

Christian Solli

*Utarbeidet av:*

*Christian Solli (NTNU), Jonas Vevatne (SB), Christoffer Skaar (SINTEF), Inger Andersen (NTNU), Trond Sjørgjerd (SB)*

*Versjon:*

1.0

# 1 Sammendrag

En samlet komite på **Stortinget** vedtok en anmodning knyttet til miljøambisjoner for utvidelse av campus Gløshaugen i Trondheim:

*Stortinget ber regjeringen legge til rette for at den nye campusen på NTNU utvikles med ambisiøse miljøløsninger inkludert bygningsmasse som produserer mer energi enn den bruker, utslippsfrie transportløsninger og annen infrastruktur som kan stimulere til både ny forskning og nye arbeidsplasser.<sup>1</sup>*

I **oppdragsbrevet** fra departementet trekkes også dette frem, og det presiseres ytterligere at konsekvensene av Stortingets vedtak skal belyses:

*Konsekvenser av ulike innretninger av Stortingets anmodningsvedtak skal utredes. Utredningen skal vurdere investeringskostnader og den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av løsningene og sammenligne dette mot en løsning etter gjeldende regelverk.*

Dette dokumentet forsøker å svare på bestillingen, og går gjennom hvilke føringer som finnes i andre strategier og initiativ, hvilke miljøaspekter som anses som mest relevant for prosjektet, samt hvilke prosjektfaser som er viktigst. Siden oppdragsbrevet er mest konkret på energi, er det lagt spesiell vekt på energiambisjonene, men også andre klimarelevante aspekter og andre miljøaspekter er behandlet.

## 1.1 Miljømålsettinger hos NTNU, Statsbygg og campus som nullutslippsområde ZEN

I arbeidet med planprogrammet er NTNUs egen overordnede miljømålsetting, *utover energiambisjonen*, for prosjektet konkretisert og oppsummert ved at:

*NTNU Campus skal ha et lavt klimafotavtrykk, utvikles som en nullutslippscampus (ZEN) og legge til rette for utslippsfri transport. Campus skal bidra til å øke det biologiske mangfoldet og gi attraktive utearealer for nærmiljøet. Nye bygg skal være nullutslippsbygg (ZEB).*

**Livsløpsperspektivet** er sentralt i Statsbyggs miljøstrategi. Det betyr at Statsbygg tar hensyn til klima- og miljøpåvirkning i hele verdikjeden til bygget, fra produksjon av innsatsfaktorene til drift og avhending. Statsbygg jobber for en klimanøytral eiendomsportefølje – som også er godt rustet mot fremtidige klimaendringer. Dette innebærer blant annet en **god arealutnyttelse**, **vesentlig lavere netto energibruk** og en **betydelig lokal, fornybar energiproduksjon** på eiendommen eller i området.

For Statsbygg står også redusert **ressursbruk** og helse- og **miljøskadelige** stoffer helt sentralt. Hovedmålet er å levere en bærekraftig campus med lavest mulig utslipp. En rekke ulike miljøaspekter er gjennomgått og behandlet, som for eksempel klimagassreduksjon, biologisk mangfold, blågrønn faktor, lokalklima, inneklimate, helseskadelige stoffer, ombruk, ressurser og avfall, støy og lokal luftforurensing. Det er for tidlig å estimere eventuelle kostnadskonsekvenser som en følge av tiltak som adresserer disse. Gjennom god planlegging og tidlige føringer vil imidlertid de aller fleste av disse miljøhensynene være lønnsomme.

Nullutslippsbygg og nullutslippscampus skal baseres på beste tilgjengelige kunnskap om ZEB (zero emission buildings) og ZEN (zero emission neighbourhoods), operasjonalisert gjennom forskningsprosjektet FME ZEN.<sup>2</sup> FME ZEN har definert et nullutslippsområde som en samling

<sup>1</sup> "Representantforslag om å gjøre ny campus for NTNU til en spydspiss for bærekraftsløsninger" Dokument 8:128 S (2015-2016), Innst. 87 S (2016-2017) <https://www.stortinget.no/nn/Saker-og-publikasjoner/Vedtak/Vedtak/Sak/?p=65987>

<sup>2</sup> FME ZEN: <http://www.fmezen.no>

bygninger med tilhørende infrastruktur, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område og med målsetting om å redusere direkte og indirekte utslipp av klimagasser mot null.

## 1.2 Energi og plusscampus

Sommer og høst 2018 ble det gjennomført en konseptutredning knyttet til “smarte energiløsninger for campus Gløshaugen”. Som et element i denne forsøkes det å belyse bestillingen fra oppdragsbrevet, og det er gjort vurderinger av følgende knyttet til energiytelsen for prosjektet:

- Hvor mye kan energibehovet til nye bygg og rehabiliterte bygg reduseres ved et ambisiøst prosjekt, sammenliknet med hvis det ble lagt til grunn gjeldende forskriftskrav?
- Hvor mye energi er det mulig å produsere på campus?
- Hvilke muligheter ligger i smart styring og lagring av energi?

Simuleringene har vært gjennomført med et mål om at resultatene skal være mest mulig realistiske; tallene er derfor ikke nødvendigvis sammenliknbare med tall fra andre prosjekter, fordi blant annet energisimuleringene tar utgangspunkt i en modell som er kalibrert mot empiriske data fra campus Gløshaugen, inkludert bruksmønster. Alle simuleringer er gjort på timesbasis for et normalår.

Hvis både nye bygg og rehabiliterte bygg legger til grunn et høyt ambisjonsnivå for energibehov, beregnes det at byggene *berørt av prosjektet* (nybygg og ombygging) vil trenge hhv. 80 kwh/m<sup>2</sup>/år og 103 kwh/m<sup>2</sup>/år. Dette summerer opp til en besparelse i forhold til gjeldende forskriftsnivå på omtrent 10,6 GWh.

Totalt energiforbruk for *hele campus* etter prosjektet er beregnet til 82 GWh, hvorav de berørte byggene utgjør 12 GWh. Mer presise estimater vil kunne gjøres når man kjenner bedre til hvilke konkrete bygg som vil berøres av ombygging og nøyaktig hvilke funksjoner som byggene skal inneholde.

Det er klart at for å oppnå bygg som produserer mer energi enn de bruker, må det i tillegg til å bygges energigjerrige bygg også legges opp til egenproduksjon av energi. Det er gjennomført simuleringer av potensialet for produksjon av strøm fra solceller. Andre produksjonsteknologier for strøm er også vurdert, men er ikke simulert i detalj, siden solceller viser klart best potensial. All *strøm* fra solceller er beregnet som vektet snitt av tomter om ikke annet oppgitt. Totalt er det estimert at det, ved utnyttelse av egnede tak og fasader, kan produseres omtrent 5,8 GWh elektrisitet fordelt på:

- 2,2 GWh på nye bygg
- 3,6 GWh på eksisterende bygg
  - Hvorav 0,5 GWh på ombyggingsandel av eksisterende bygg

Et annet konsept som kan bidra til en vesentlig reduksjon i energiforbruk for hele campus, er “**EnergiHUB Gløshaugen**”. Dette er en løsning for lagring av termisk energi, over kortere tidsrom, og over sesong. Det elementet som har størst innvirkning på *energiregnskapet*, er et sesonglager for varme. Dette konseptet vil gjøre det mulig å bruke overskuddsvarme på sommeren fra egne prosesser (som tungregnesentralen) og fra fjernvarmesystemet i Trondheim, til å lade opp et grunnvarmelager. På vinteren, når varmebehovet er høyt og utslippintensiteten er større, kan man tappe energi fra lageret og redusere effektoppene på fjernvarmen. Hvis man regner overskuddsvarme på sommeren som “gratis” vil denne løsningen kunne spare totalt netto om lag 11 GWh energi. Hoveddelen av denne energien vil brukes av eksisterende bygg på campus.

Energiberegningene viser at det ikke er mulig å oppnå “plusscampus” hvis man kun ser på energibehovene og potensial for egenproduksjon «bygg for bygg». Det skyldes bl.a. spesielt høy bruksintensitet og svært energikrevende utstyr på campus. Hvis man i stedet legger til grunn et

*områdeperspektiv* vil det være mulig å oppnå et prosjekt som går i pluss og som eventuelt også kan nærme seg nullutslippsnivå.

Et overskudd av energi kan “betale ned” utslipp fra materialer, transport eller andre elementer som inkluderes i beregningene. Ulike mulige systemgrenser for beregning av oppfyllelse av energiambisjonen for campus er vist i tabellen under.

Tabell 1 Dekningsgrad energi (strøm og varme) i prosent med basis i ulike systemgrenser:

	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.

Det er bare alternativene som inkluderer EnergiHUB Gløshaugen (D og E) som er i nærheten av å oppfylle ambisjonene for energi. Uten å inkludere effekten av at varmen fra sesonglageret kan brukes til å varme opp både nye bygg og eksisterende bygg, er det vanskelig å se for seg at plussenergi-ambisjonen kan realiseres. Campus Gløshaugen har egne mikronett for både strøm og varme, så et slikt områdefokus er teknisk mulig og gjennomførbart. Det er også i tråd med ambisjonen i ZEN at systemgrensen utvides fra enkeltbygg til områder og systemløsninger. Dette forutsetter at alle bygg kobles på de lokale energiringene for varme, kjøling og elektrisitet. Et batterilager er ikke tatt med i estimatene her, men kan likevel være et aktuelt element i en slik energihub.

På sikt kan man se for seg at tilgjengelig overskuddsvarme fra fjernvarmesystemet vil reduseres; det vil være naturlig å legge til rette for å stadig utnytte nye lokale kilder for overskuddsvarme.

## Innhold

1	Sammendrag .....	3
1.1	Miljømålsettinger hos NTNU, Statsbygg og campus som nullutslippsområde ZEN .....	3
1.2	Energi og plusscampus.....	4
2	Nasjonale og lokale føringer og virksomhetenes miljøstrategier .....	8
2.1	Nasjonale føringer på miljø, klima og byutvikling.....	8
2.2	NTNU strategi og miljøhandlingsplan .....	11
2.3	Anmodningsvedtak Stortinget .....	13
2.4	Planprogram og andre dokumenter knyttet til campusutvikling i Trondheim .....	13
2.5	Statsbygg miljøstrategi og livssyklusstilnærming .....	17
2.6	Paris-avtalen, karbonbudsjett og klimaforpliktelser.....	18
2.7	Forskningsprosjekter.....	19
2.7.1	FME ZEN - Zero Emission Neighbourhoods.....	19
2.7.2	+CityXChange prosjektet.....	20
2.7.3	SFI Klima 2050 .....	20
3	Nærmere konkretisering av Stortingets vedtak om <i>ambisiøse miljøløsninger og plussenergi-campus</i> .....	20
3.1	Hva innebærer ambisiøse miljøløsninger? .....	20
3.2	Konkretisere systemgrenser .....	23
4	Ambisiøse miljømål.....	24
4.1	Klima .....	24
4.2	Ressurser, avfall og sirkulær økonomi .....	24
4.3	Inneklimate.....	25
4.4	Bymiljø, byøkologi, lokalklima og attraktive uteområder.....	26
4.4.1	Byøkologi og biodiversitet.....	26
4.4.2	Lokalmiljø, nåværende og fremtidig klima (vind, vann, sol).....	27
4.4.3	Støy og lokal luftforurensning.....	27
4.4.4	Grønn infrastruktur - Vegetasjon i byrom i sammenheng med bygg – "byøkologi" ....	28
4.4.5	Vann, overvann og blågrønne løsninger .....	28
4.5	Materialer .....	30
4.6	Tomtevalg og grunnarbeider .....	31
4.7	Byggefase .....	31
4.8	Transport.....	32
4.9	Brukerutstyr .....	33
5	Plusscampus (energi) .....	33
5.1	Energibehov .....	33

5.2	Energiproduksjon .....	34
5.3	Energilagring og utnyttelse av spillvarme .....	35
5.4	Utfasing av campus Dragvoll.....	36
5.5	Grovt estimerte utslippsbesparelser ift TEK .....	37
6	Vedlegg .....	38



## 2 Nasjonale og lokale føringer og virksomhetenes miljøstrategier

I denne delen gjennomgås sentrale statlige og kommunale miljøambisjoner og -mål, samt en kort beskrivelse av tre sentrale utviklingsprogrammer i statlig og kommunal regi. Formålet er å etablere en bedre forståelse for hva Regjeringens beslutning om *høye miljøambisjoner og plussenergi* vil innebære.

Grunnlaget for konkretisering av ambisjonsnivå og målformuleringer finnes i hovedpunktene i Regjeringens miljøpolitikk, NTNUs strategier og handlingsplaner, Stortingsmeldinger, Statsbyggs miljøstrategi og Trondheim kommunes miljøpolitikk og -strategi, samt i kunnskapsfronten for bygg med høy miljøstandard blant annet hentet fra Framtidens byer, FutureBuilt og Forskningscenteret *Zero Emission Building* – samt etterfølgeren *Zero Emission Neighbourhoods* (ZEN).

En konsekvens av beslutningen om å samle alle fakultet og fagmiljø på Gløshaugen, er at samlokalisering av funksjonene vil gi mindre transport. Lokaliseringen på Gløshaugen gir kort vei til sentrale deler av byen og sentrum, til viktige knutepunkter for kollektivtransport og er nært hovedsykkelveisystemet. Det vil derfor ligge godt til rette for at reise til/fra arbeids- og studieplassen skjer ved gange, sykkel eller kollektive reisemidler.

Valgt lokalisering bygger opp om, og er i tråd med, de ferske Statlige planretningslinjene for samordnet bolig-, areal- og transportplanlegging om fortetting, Nasjonal Transportplan<sup>3</sup>, Stortingets klimaforlik og Bymiljøavtalen som forutsetter at veksten i transportbehovet i byene skal tas med gange, sykkel og kollektive reisemidler. Det gir grunnlag for lave klimagassutslipp, lite bidrag til lokal luftforurensning og støy samt redusert arealbeslag til parkering. Samtidig må det sikres grønnstruktur og kvalitet i utforming av bebyggelse, byrom og utemiljø, for å ivareta hensyn til landskap og verdifull eldre bebyggelse.

### 2.1 Nasjonale føringer på miljø, klima og byutvikling

Et viktig politisk vedtak for NTNUs og Statsbyggs miljøarbeid er **Stortingets klimaforlik** av 2012, som var resultatet av forhandlingene om klimameldingen.<sup>4</sup> Der ble det vedtatt 14 forslag til klimatiltak som sammen med klimameldingen danner grunnlaget for norsk klimapolitikk. Klimameldingen forventer blant annet offentlig sektor skal gå foran:

*«Offentlig sektor skal gå foran som et godt eksempel både som tilrettelegger, rolleskaper og som miljø- og klimabevisst sektor. Dette forplikter det offentlige til å ta en lederrolle ved å fremme omstilling og ta en risiko for å fremme og ta i bruk nye miljø- og klimavennlige løsninger.»*

Videre har regjeringen Solberg fremmet en klimapolitisk stortingsmelding, vedtatt i Stortinget i 2015.<sup>5</sup> Gjennom avtalen med EU har Norge forpliktet seg til å redusere utslippene i ikke-kvotepliktig sektor sannsynligvis med 40 % i 2030 sammenliknet med 1990-nivået.<sup>6</sup> En oppfølging av IPCCs 1,5°C-rapport vil derimot innebære en halvering av utslippene innen 2030.

<sup>3</sup> Nasjonal transportplan 2018–2029. Meld. St. 33 (2016–2017):

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/sec8>

<sup>4</sup> Jf. Stortingets Innst. 390 S. (2011-12).

<sup>5</sup> Meld. St. 13 (2014-15) Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU.

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-13-2014-2015/id2394579/>

<sup>6</sup> EU. 2030 climate & energy framework [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en)



Regjeringen la i fjor (juni 2017) også fram en stortingsmelding om klimapolitikk der tiltak for utslipp som ikke omfattes av EU sitt kvotesystem, såkalt ikke-kvotepliktig sektor, blir særlig adressert.<sup>7</sup> Dette omfatter også byggenæringen. Imidlertid foreslås ikke nye tiltak for byggenæringen i meldingen. Gjennom meldingen signaliserer Regjeringen derimot at den vil gi de ulike politikkområdene forpliktelse til å rapportere på klimagassreduksjoner, i tråd med nylig vedtatt Lov om klima (**Klimaloven**), som «skal fremme gjennomføring av Norges klimamål som ledd i omstilling til et lavutslippssamfunn i Norge i 2050».<sup>8</sup>

Videre har Stortinget i 2016 vedtatt et mål om at energibruk i bygg skal reduseres med 10 TWh, sammenliknet med dagens nivå,<sup>9</sup> mens EU krever 27 % forbedring av energieffektiviteten i 2030.<sup>10</sup> Regjeringen har i statsbudsjettet for 2017 formulert en særlig forventning om styrket fokus på lokalisering av statlig virksomhet som bidrag til reduserte klimagassutslipp<sup>11</sup>:

*I henhold til statlige planretningslinjer skal staten, sammen med kommuner og private utbyggere, bidra til gode bærekraftige løsninger. I tråd med Meld. St. 18 (2016–2017) Bærekraftige byar og sterke distrikt skal lokalisering av statlige publikumsrettede virksomheter og større statlige arbeidsplasser medvirke til reduksjon av biltransport, økt kollektivtransport og et styrket bymiljø. Statsbygg gir departementer og statlige virksomheter råd om egnet lokalisering ved nybygg og leie i markedet.*

### EU's lovgivning som driver for mer miljøvennlige bygg

EU har gjennom flere år vært en viktig driver for forskriftsendringer for **energibruk** i bygg, i Norge gjennom EØS-avtalen. EU har også vært en viktig driver for at norske næringsaktører har posisjonert seg i forkant av implementering og satset på lavenergi- og nullutslippsbygg. Det er særlig **Bygningsenergidirektivet** (i ulike versjoner) som har hatt størst direkte betydning:

*Member States shall ensure that:*

- (a) by 31 December 2020, all new buildings are nearly zero- energy buildings; and*
- (b) after 31 December 2018, new buildings occupied and owned by public authorities are nearly zero-energy buildings*

EU har i 2018 vedtatt et revidert bygningsenergidirektiv, som blant annet inneholder nye bestemmelser om minimum antall ladepunkter for el-kjøretøy i forbindelse nybygg og hovedombygginger, energieffektivisering av tekniske anlegg i bygg, samt krav om nasjonal strategi for energimessig rehabilitering av bygningsmassen (se under). EUs forrige revisjon av direktivet (fra 2010) er imidlertid fortsatt ikke implementert i Norge. Det har likevel vært tverrpolitisk enighet om å legge bygningsenergidirektivets mål om passivhusnivå og nesten nullenergi nivå til grunn for videre utvikling av energireglene i TEK.

---

<sup>7</sup> Meld. St. 41 (2016–2017) Klimastrategi for 2030 – norsk omstilling i europeisk samarbeid.

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-41-20162017/id2557401/>

<sup>8</sup> Lov om klimamål (Klimaloven) <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>

<sup>9</sup>Jf. Innst. 401 S (2015-16) ved behandlingen av *Kraft til endring. Energipolitikken mot 2030. Meld. St. 25 (2015-2016)*. <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Vedtak/Vedtak/Sak/?p=65327>

<sup>10</sup> I EUs Klima- og energipakke for 2030 er det derimot satt krav ikke bare om minst 27% andel fornybar energi, men også 27% forbedring av energieffektiviteten [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en)

<sup>11</sup> KMD St.prp. 1; Programkategori 13.30.



klimakutt. De nye statlige planretningslinjene gir også tydeligere føringer for klimatilpasning ved å understreke at også arealplanleggingen skal bidra til at samfunnet forberedes på og tilpasses klimaendringene og at høye klimaprojeksjoner skal ligge til grunn:

*Formålet med planretningslinjen er å bidra til:*

- a) at kommunene og fylkeskommunene går foran i arbeidet med å redusere klimagassutslipp, og b) at klimatilpasning ivaretas som hensyn i planlegging etter plan- og bygningsloven.*
- b) mer effektiv energibruk og miljøvennlig energiomlegging i kommunene.*
- c) at kommunene bruker et bredt spekter av sine roller og virkemidler i arbeidet med reduksjon av klimagassutslipp og klimatilpasning. Planarbeid skal baseres på tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag, og gi grunnlag for avveining og samordning i saker der hensyn til utslippsreduksjon og klimatilpasning berører eller kommer i konflikt med andre hensyn eller interesser.*

Jfr. *Krav til planprosess og beslutningsgrunnlag* (4.3), skal det i alle planer etter plan- og bygningsloven gjøres rede for hvilket kunnskapsgrunnlag som legges til grunn for planleggingen, jf. forvaltningsloven og plan- og bygningsloven.

*Dersom det er usikkerhet knyttet til tilgjengelig kunnskapsgrunnlag som har betydning for utfallet av planen, skal dette tydelig fremgå. Når konsekvensene av klimaendringene vurderes, skal høye alternativer fra nasjonale klimaframskrivninger legges til grunn.<sup>14</sup>*

*Ved planlegging av nye områder for utbygging, fortetting og transformasjon, skal det vurderes hvordan hensynet til et endret klima kan ivaretas. Det bør legges vekt på gode helhetlige løsninger, som også kan bidra til økt kvalitet i uteområder. Planer skal ta hensyn til behovet for åpne vannveier, overordnede blågrønne strukturer, og forsvarlig overvannshåndtering. Naturbaserte løsninger, eksisterende (våtmarker, naturlige bekker mv.) eller nye (grønne tak og vegger, kunstige bekker og basseng mv.) bør vurderes. Dersom andre løsninger velges, skal det begrunnes hvorfor naturbaserte løsninger er valgt bort.*

## 2.2 NTNU strategi og miljøhandlingsplan

NTNU vedtok i 2018 Strategien "Kunnskap for en bedre verden"<sup>15</sup> som gjelder for perioden 2018-2025. Selv om denne strategien ikke er veldig konkret på miljø står det likevel noe om det i flere av kapitlene. Blant annet:

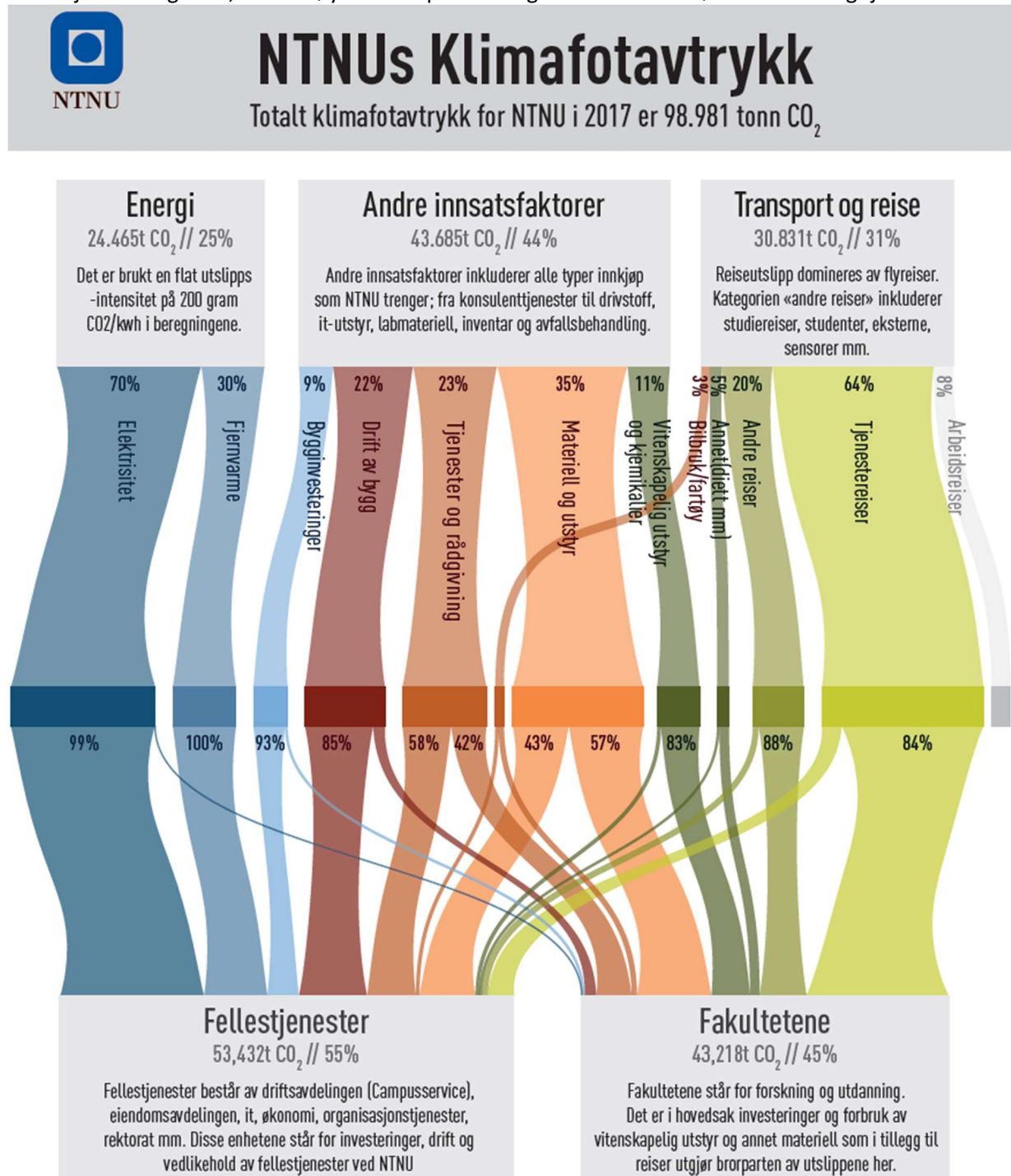
- I det spesielle samfunnsoppdraget står det at NTNU skal være ".. en premissleverandør for omstilling og grønt skifte.."
- I målbildet for 2025 fremheves det at NTNU **"...har bidratt til kunnskap for en bedre verden gjennom tydelig å prioritere innsats og ressurser i tråd med FNs bærekraftsmål."**
- Under kapittel om innsatsområder og utviklingsmål for Campusutvikling står det at NTNU skal:
  - utvikle **bærekraftige teknologiske** løsninger
  - utvikle en **fremtidsrettet, samlet campus** i Trondheim som er modell for fremtidige offentlige utbygginger i Norge

---

<sup>14</sup> Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning. Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Ikrafttredelse: 28.09.2018 <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-09-28-1469>

<sup>15</sup> <https://www.ntnu.no/ntnus-strategi>

NTNU har en miljøambisjon<sup>16</sup> som gjelder for perioden 2011-2020. Denne ble laget før NTNU fusjonerte med HiST og høyskolene i Gjøvik og Ålesund, og er i dag under revisjon for perioden 2020-2030. Det er ventet at denne vil være vesentlig mer ambisiøs og konkret i forhold til reduksjon av NTNUs egen klima- og miljøpåvirkning. Miljøambisjonen er delvis basert på en kartlegging av NTNUs klimafotavtrykk og rettet mot de viktigste områdene i denne. En oppdatert versjon av denne kartleggingen for 2017, er gjengitt i figuren under. Miljøambisjonen har blant annet mål for reduksjon i energibruk, "klimanøytral reisepolitikk" og krav til leverandører av varer og tjenester.



Figur 2 NTNUs klimafotavtrykk for 2017

<sup>16</sup> [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)



## 2.3 Anmodningsvedtak Stortinget

Under behandlingen av et dokument 8-forslag<sup>17</sup>, samlet Storkomiteen seg om følgende anmodningsvedtak knyttet til utviklingen av campus Gløshaugen ved NTNU:

*Stortinget ber regjeringen legge til rette for at den nye campusen på NTNU utvikles med ambisiøse miljøløsninger inkludert bygningsmasse som produserer mer energi enn den bruker, utslippsfrie transportløsninger og annen infrastruktur som kan stimulere til både ny forskning og nye arbeidsplasser.*

I oppdragsbrevet fra departementet til Statsbygg trekkes også dette frem:

*Stortinget har ved anmodningsvedtak bedt regjeringen legge til rette for at campus NTNU utvikles med ambisiøse miljøløsninger som produserer mer energi enn universitetet bruker. Konsekvenser av ulike innretninger av Stortingets anmodningsvedtak skal utredes. Utredningen skal vurdere investeringskostnader og den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av løsningene og sammenligne dette mot en løsning etter gjeldene regelverk.*

## 2.4 Planprogram og andre dokumenter knyttet til campusutvikling i Trondheim

I arbeidet med planprogrammet er NTNUs egen overordnede miljømålsetting for prosjektet konkretisert og oppsummert i avsnittet<sup>18</sup>:

*NTNU Campus skal ha et lavt klimafotavtrykk, utvikles som en nullutslippscampus (ZEN) og legge til rette for utslippsfri transport. Campus skal bidra til å øke det biologiske mangfoldet og gi attraktive utearealer for nærmiljøet. Nye bygg skal være nullutslippsbygg (ZEB). Campus skal være energieffektiv med stor fleksibilitet knyttet til energidistribusjon. Dette åpner for at eksisterende bygningsmasse ved Campus kan utnyttes for at en skal kunne optimalisere energiproduksjon og energiforbruk på områdenivå.*

I sin rapport NTNU2060 Visjoner for campusutvikling<sup>19</sup> fra 2014 skriver NTNU om miljø:

*I lys av de store miljøutfordringene verden står overfor, må det være et krav at en dobling av studenttallet ikke fører til en tilsvarende økning av miljøavtrykket. NTNU bør være et forbilde innen miljøvennlig campusutvikling, og ha som mål at universitetet skal vokse uten økt netto klimabelastning. Dette innebærer at alle eksisterende arealer må bli mer energieffektive og at nybygg må være tilnærmet nullutslippsbygninger. Det bør bygges kompakt og arealeffektivt, slik at en sikrer uteområder for rekreasjon. Energi- og ressursforbruket må ned og gjenvinningsgraden i hele virksomheten økes betraktelig. Studentboliger bør bygges nær campus for å redusere transportbehovet, og det må legges til rette for gående, syklist og kollektivtransport. Digital infrastruktur utvides slik at virtuelle møter, samlinger og forelesninger kan erstatte korte og lange reiser. De initiale investeringene som trengs for å*

---

<sup>17</sup> Representantforslag fra stortingsrepresentant Rasmus Hansson om å gjøre ny campus for NTNU til en spydspiss for bærekraftsløsninger (Innst. 87 S (2016–2017), jf. Dokument 8:128 S (2015-2016) <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/2016-2017/inns-201617-087s/?all=true>

<sup>18</sup> Fra vedlegg til planprogrammet: <https://www.ntnu.no/documents/1268425101/1278508165/14+Notat+Klimagassutslipp+energi+og+milj%C3%B8+3.pdf/5024d542-1b8c-4f6f-979c-555279d833b2>

<sup>19</sup> <https://www.ntnu.no/documents/36266287/38463652/NTNUvisjonsrapport.pdf/4b336a27-6ae7-4b8d-8c7a-3723d8a4216c>

*skape en «grønn» campus kan være relativt store, men samfunnsøkonomiske og miljømessige besparelser vil oppveie dem på lengre sikt.*

Dette kan tolkes som en reduksjon i miljøbelastning per student-ekvivalent med 50% (riktignok forutsatt en dobling av studenttallet). Det er også et lengre delkapittel om miljø som blant annet går nærmere inn på behovet for å redusere klimabelastningen fra transport:

*NTNUs klimafotavtrykk fra 2012 viser at transport og anskaffelser av forbruksmateriell og utstyr bidrar i stor grad til avtrykket. Innenfor transport er det flyreiser og som gir den største påvirkningen. Innenlandsflyreiser utgjør en stor andel. Dette er en situasjon som NTNU ikke er alene om. For å få redusert klimafotavtrykk er det derfor stor sannsynlighet for at eksterne krav og føringer vil påvirke virksomheten slik at situasjonen i 2060 vil være følgende:*

- *Vesentlig reduksjon av antallet flyreiser. Tyngden av innenlands og eventuell nordisk møtevirksomhet skjer ved videokonferanser. Alle ansatte mestrer med enkelthet å sette opp en videokonferanse eller den alternative løsningen som er mest aktuell i 2060 for denne typen kommunikasjon.*
- *Mer virtuelle konferanser.*
- *Flere reiser med tog eller annen miljøvennlig transport.*

**Trondheim kommune** har også ambisjoner for ny campus. På nettsiden om bycampus formuleres visjonen om bycampus<sup>20</sup>:

*Trondheim skal videreutvikles som en attraktiv, kreativ og ledende kunnskapsby, nasjonalt og internasjonalt. Utviklingen skal bygge på tre verdier:*

- *Framtidsrettet kunnskapsutvikling og næringsutvikling*
- *Miljøvennlig byutvikling*
- *Sosial bærekraft*

Det utdypes:

*Det er et premiss at personbiltrafikken på hovedvegnettet og i boliggateer ikke skal øke. Persontrafikk skal i størst mulig grad skje som gange, sykling og kollektivreise.*

- *Fremkommelighet for gående og syklende skal prioriteres i bycampus.*
- *Fremkommelighet for kollektivtrafikken skal tilfredsstillende vedtatte mål.*
- *Arbeidsplassparkeringen i bycampus skal reduseres.*
- *Flom som følger av ekstremvær skal forebygges.*

Stortingsmelding 33 (2012–2013) – *Klimatilpasning i Norge*, definerer **overvann** som «... vann som renner av på overflaten av tak, veier, og andre tette flater etter nedbør, stormflo eller smeltevann». Trondheim kommune var tidlig ute med å ta hensyn til klimaendringer og klimatilpasning i sin arealplan. Trondheim kommune har en rekke klimatilpasningsrelevante bestemmelser og retningslinjer i Trondheim kommuneplans arealdel 2012-2024.<sup>21</sup> De beskriver bl.a. åpning av lukkede elver og bekker, og grønne og gjennomtrengelige flater istedenfor tett asfalt, Blå og grønne verdier, Vann i by, Flomveier og Kvikkleireskred, jordskred og steinsprang samt Grønnstruktur: I arealplaner skal terreng- og overflateutforming, grønnstruktur, vegetasjon og overvannshåndtering samordnes. Overvann skal i den grad det er mulig tilbakeføres til grunnen og til vegetasjon nærmest mulig kilden. Vann og overvann skal søkes utnyttet som positivt element i bymiljøet. Grønne overvannsløsninger i kombinasjon med tradisjonelle overvannsløsninger bør vurderes i alle utbygginger.

<sup>20</sup> <http://www.bycampus.no/>

<sup>21</sup> Bestemmelser og retningslinjer i Trondheim kommuneplans arealdel 2012-2024 vedtatt av bystyret 21.03.2013. <https://www.trondheim.kommune.no/attachment.ap?id=59467>

Åpne og flerfunksjonelle løsninger, og naturlig fordrøyning gjennom mer utstrakt bruk av grønne flater, minsker risikoen for flom og bidrar til økt økologisk mangfold i byrom. Noen av de mest relevante **retningslinjer for klimatilpasning i Trondheims arealplan** er:

*§ 16.1 Eksisterende bekker skal bevares så nært opptil sin naturlige form som mulig. Bekkelukking tillates ikke. Lukkede vannveier bør åpnes og restaureres i den grad det er praktisk gjennomførbart.*

*§ 16.2 I arealplaner skal terreng- og overflateutforming, grønnstruktur, vegetasjon og overvannshåndtering samordnes. Overvann skal i den grad det er mulig tilbakeføres til grunnen og til vegetasjon nærmest mulig kilden.*

*§ 17.1 Naturlige flomveier skal kartlegges og i størst mulig grad bevares. Der det er behov skal det avsettes areal for nye flomveier.*

*§ 17.2 Bygninger og anlegg ved flomveier skal utformes slik at tilstrekkelig sikkerhet oppnås.*

Videre står det i retningslinjene at 'ved søknad om tiltak skal det redegjøres for alt overvann, både takvann, overflatevann og drens-vann. System for håndtering av overvann bør utnyttes som opplevelses- og estetisk element i grønnstrukturen. System for lokal overvannshåndtering må dimensjoneres slik at det tas høyde for fremtidige klimaendringer og forventede endringer i nedbørsmønster. Etablering av grønne tak skal vurderes som del av den lokale overvannshåndteringen (R1.6).

I **kvalitetsprogram** for NTNUs campusutvikling 2016 – 2030<sup>22</sup> er bærekraft 1 av 6 overordnede kvalitetsprinsipper:

1. *Samlende*
2. *Urban*
3. *Nettverk av knutepunkt*
4. *Effektiv*
5. *Bærekraftig*
6. *Levende laboratorium*

Under punkt 5 "Bærekraftig" utdypes det videre:

*Campus er i front med miljøvennlige løsninger*

*Suksesskriterier:*

- *Campus er energieffektiv og har lavt karbonfotavtrykk*
- *Campus har effektiv og grønn transport og mobilitet*
- *Campus har god holdbarhet og miljøvennlige livsløp*

*Gjennom utvikling og bruk av campus vil NTNUs kompetansemiljøer flytte kunnskapsfronten for bærekraftige bygninger og campusområder.*

*Campus skal være energieffektiv, ha lave drivhusutslipp og et lavt samlet karbonfotavtrykk. Teknisk infrastruktur skal danne et helhetlig integrert system med gode muligheter for effektivisering og optimalisering.*

*I forbindelse med utbygging skal transportarbeidet til og fra campusområder minimaliseres ved god logistikkplanlegging og konsentrert utbygging. Persontransport og mobilitet til og*



*fra campus skal være miljøvennlig og helsefremmende. Gående, syklende og reisende med kollektivtransport skal prioriteres, det skal være lett å velge gange eller sykling når man skal bevege seg på campus.*

*Det skal etableres areal som bidrar til at digital kommunikasjon velges fremfor reising som er lite bærekraftig. Bygninger og infrastruktur skal være holdbare med lang levetid og tilpasningsdyktighet for endrede behov. Campus skal basere seg på resursvennlig livsløp som minimaliserer vare- og materialflyt og utnytter varer og materialer maksimalt før de avhendes. Gjenbruk og omdanning av eksisterende bygningsmasse skal prioriteres.*

*Grønne lunger, parkdrag og kulturarv skal ivaretas og integreres i campusutviklingen.*

## 2.5 Statsbygg miljøstrategi og livssyklusligning

**Livsløpsperspektivet** er sentralt i Statsbyggs miljøstrategi. Det betyr at Statsbygg tar hensyn til miljøpåvirkning i hele verdikjeden til bygget, fra produksjon av innsatsfaktorene til avhending. Målene er valgt ut fra områder hvor Statsbygg har størst påvirkning, selv om miljøeffekten finner sted utenfor virksomheten eller i produksjons- og leveransekjeden.

Selv om Statsbyggs overordnede mål er å redusere klimagassutslipp, står redusert **ressursbruk** og helse- og **miljøskadelige** stoffer sentralt. Visjonen for bygg er at de bidrar til ressurseffektivisering og sirkulære verdikjeder og anses som «materialbanker» uten å generere avfall som ikke kan benyttes som en videre ressurs. I byggeprosjektene innebærer dette at det først jobbes med å redusere total ressursbruk, gjennom arealeffektivisering og deretter gjennom energieffektivisering. For materialvalg skal vi prioritere **materialer** i henhold til avfallspyramiden, gjenbrukte, ombrukbare, resirkulerbare. Nulltoleranse for innhold av helse- og miljøskadelige stoffer er nødvendig for å nå mål om ombruk og resirkulering.

Gjennom virksomhetens samfunnsoppdrag har Statsbygg et ansvar for å være pådriver og rollemodell for resten av næringen, også på miljø. Der inngår også strategiske grep som arealeffektivitet og livssyklusligninger for å redusere klimagassutslipp indirekte og direkte. Statsbyggs helhetlige tilnærming til klima i miljøstrategien er i tråd med etablert praksis i *FutureBuilt* og *ZEB/ZEN*. Gjeldende miljøstrategi er for perioden 2015-2018, men de langsiktige miljøambisjonene for Statsbyggs virksomhet mot 2030 er at:

- 1. Statsbygg skal jobbe for en klimanøytral eiendomsportefølje.**  
*Statsbygg er godt på vei mot en klimanøytral eiendomsportefølje som også er **godt rustet mot fremtidige klimaendringer**. Dette innebærer blant annet en **god arealutnyttelse, vesentlig lavere netto energibruk** og en **betydelig lokal, fornybar energiproduksjon** på eiendommen eller i området.*
- 2. Statsbygg skal levere nullutslippsbygg.**  
*Statsbygg skal levere bærekraftige **nullutslippsbygg** eller bidra til **nullutslippsområder** uten bruk av ressurser som medfører skade på miljø og mennesker. Virksomheten vil utgjøre et bidrag til kretsløpøkonomien, hvor **bygg ses på som materialbanker uten å generere avfall** som ikke kan utnyttes som en ressurs.*
- 3. Statsbygg bidrar til redusert miljøfotavtrykk for staten.**  
*Statsbyggs råd skal føre til **mer miljøvennlig statlig ressurs- og arealbruk** samt bidra til en **miljøriktig lokalisering og stedsutvikling**. Statsbygg former statens etterspørsel etter bygningstjenester i en mer bærekraftig retning og er en rollemodell i BAE-næringen.*

Miljøstrategien er under oppdatering, men for perioden 2015-2018 har Statsbygg følgende hovedmål innenfor de tre satsningsområdene.

- 1. Kutte klimagassutslipp.** Statsbygg skal redusere klimagassfotavtrykket som vi kan påvirke gjennom vår virksomhet.
- 2. Redusere ressursbruk og unngå helse- og miljøskadelige stoffer.** Statsbygg skal bidra til økt arealeffektivitet. Virksomheten skal unngå å bruke ressurser som er skadelige for mennesker og miljø, som det er knapphet på, og som ikke er fornybare eller ikke resirkulerbare.
- 3. Bidra til lokale miljøløsninger.** Statsbygg skal bidra til relevante miljøløsninger innen steds- og byutvikling. Miljøløsninger inkluderer gode transport- og energiløsninger, klimatilpasning og økt biologisk mangfold.

## 2.6 Paris-avtalen, karbonbudsjett og klimaforpliktelser

Norge har sluttet seg til Parisavtalen<sup>23</sup> for å begrense klimaendringene til mindre enn 2-graders oppvarming, med en tilleggsambisjon om å prøve å holde den under 1,5 grader. De viktigste punktene her inkluderer:

- En forpliktelse til å begrense oppvarmingen til «godt under» 2 grader over førindustrielt nivå, med en ambisjon om å strekke seg mot 1,5 grader.
- Mål og virkemiddel skal være vitenskapelig fundert («best available science»)
- Mål og virkemiddel skal være basert på et prinsipp om rettferdighet («equity»), noe som blant annet betyr at fattige får øke sine utslipp og at rike må redusere sine utslipp mer.

Det er mulig å avlede mer konkrete utslippsforpliktelser for land, byer eller organisasjoner. Målsettingen kan omsettes til et «karbonbudsjett» for hvor mye CO<sub>2</sub> som kan slippes ut fra et gitt tidspunkt og (i praksis) til «evig» tid, for å holde temperaturøkningen under det ønskede nivået. Det er hovedsakelig de totale akkumulerte utslippene som er relevant for oppnåelse av temperaturmål, selv om elementer som hvordan man kommer dit, effekten av ikke-CO<sub>2</sub> klimadrivere og andre usikkerheter kompliserer bildet.

Et karbonbudsjett betyr at når dette er brukt opp, er det i prinsippet null igjen. Dette betyr også at hvis vi forsetter med dagens utslippsnivå eller reduserer utslippene sakte de nærmeste årene, må fremtidige utslipp reduseres svært mye raskere. Utslippene skal ikke bare reduseres til et lavt nivå langt frem i tid; vi har en gitt mengde totalutslipp igjen.

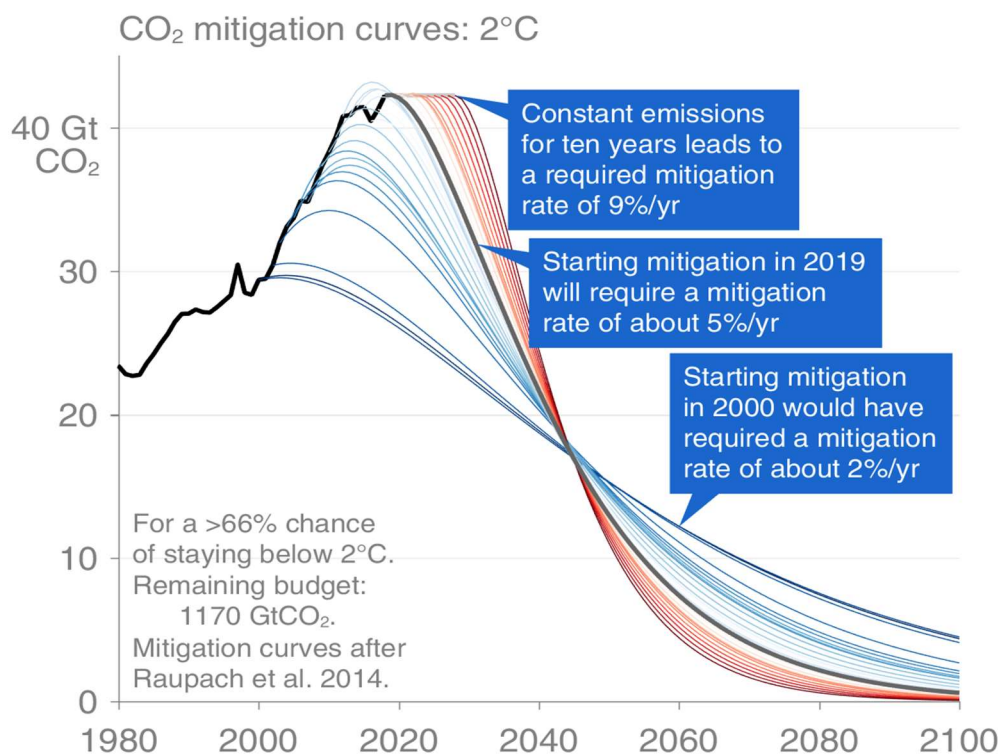
Norge har forpliktet seg til å sammen med EU redusere klimagassutslippene med 40 % i 2030, men den nye Spesialrapporten fra IPCC innebærer at Paris-avtalen i praksis betyr at de rike landene må mer eller mindre fullt avkarboniseres innen 2035-40. Etter dette må utslippene i praksis forbli null. Dette vil gi rom for en mer moderat (men samtidig ambisiøs) reduksjonsrate for utviklingsland. Den nylig lanserte rapporten fra IPCC utvider tidsvinduet noe, men dette har også møtt kritikk fra ledende klimaforskere for å tegne et for optimistisk bilde av karbonbudsjett for 1,5-gradersmålet.

Figuren under viser utslippsbaner som begrenser global oppvarming til 1,5°C (med liten overskridelse av temperaturmålet). Det innebærer mer enn en halvering av utslippene i Europa innen 2030 og negative utslipp før 2050.

---

<sup>23</sup> IPCC special report 15.

[https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_english\\_.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf)



@robbie\_andrew • Data: GCP • Emissions budget from IPCC SR1.5

Figur 3 Kilde: Utslippsregnskap fra IPCCs Special Report 1,5°C. Robbie Andrew, CICERO, Global Carbon Project

Per i dag er så godt som alle land, som har signert Paris-avtalen, langt fra å implementere tiltak og planer som samsvarer med forpliktelsen man har inngått.

For Norge, og NTNU, betyr en reduksjonsrate konsistent med Parisavtalen og 2°C-målet, at klimafotavtrykket må reduseres med årlig i størrelsesorden 5 % og en ti års forsinkelse medfører en enda raskere reduksjon på om lag 9 % årlig. Parisavtalens mål om å strekke seg etter 1,5°C-målet, må den årlige reduksjonen være på 18 % fra 2019, men dersom utslippene fortsetter som nå er karbonbudsjettet brukt opp etter ni år. I et så langvarig prosjekt som campus Gløshaugen, må det være bevissthet om hvilken karbonramme både byggeprosjektet og eiendommene vil måtte forholde seg til innen 2030.

## 2.7 Forskningsprosjekter

### 2.7.1 FME ZEN - Zero Emission Neighbourhoods<sup>24</sup>

ZEN står for “Zero Emission Neighbourhoods” og er en etterfølger etter “Zero Emission Building”-forskningssenteret (ZEB). Forskjellen mellom sentrene ligger i at mens det tidligere var et fokus på enkeltbygg, er det optimalisering på områdenivå som er i fokus, inkludert mulighetene for utveksling av energi mellom bygg og med de omkringliggende systemer. Systemgrensene er utvidet fra bygg til område, og fra klimagasser til flere kategorier (energi, effekt, mobilitet, økonomi, stedskvaliteter og innovasjon).

“Emission” refererer i denne sammenhengen hovedsakelig til utslipp av klimagasser eller påvirkning på global oppvarming. Siden produksjon av materialer og bygging av bygg, transport av brukerne etc. gir klimautslipp, betyr dette i praksis at for å oppnå nullutslipp over levetiden, må et bygg gjennom egenproduksjon og eksport av fornybar energi, substituere alternativ produksjon av energi og

<sup>24</sup> <http://www.fmezen.no>

godskrive dette som negative klimagassutslipp i sitt klimaregnskap. ZEB (og ZEN) angir ulike systemgrenser for nullutslipp, alt etter hvor stor andel av byggets/områdets totale klimafotavtrykk som minst må "gå i null" når man regner inn den antatte substitusjonseffekten fra egenprodusert energi. Det er for øvrig en egen arbeidspakke for livsløpsberegninger av klimaeffekt i ZEN.

### 2.7.2 +CityXChange prosjektet<sup>25</sup>

NTNU campus Gløshaugen er demo-område i det EU-støttede smart city-prosjektet +CityXchange, som starter opp November 2018. Gjennom en periode på 3 år vil mikronettet på campus måles, styres og optimaliseres på ulike måter og økonomiske og miljømessige effekter studeres.

### 2.7.3 SFI Klima 2050

Prosjekt campussamling NTNU Gløshaugen har også et samarbeid med *Klima 2050* som er et senter for forskningsdrevet innovasjon (SFI). Det er totalt 20 partnere i senteret, inkludert Statsbygg, og senteret ledes av SINTEF. Senteret er finansiert av Norges Forskningsråd og partnerne i senteret. Som del av WP2 i Klima 2050, er det utviklet et GIS-basert beslutningsstøtteverktøy (tidligfase) for håndtering av overvann hvor Gløshaugen er brukt som case."<sup>26</sup>

## 3 Nærmere konkretisering av Stortingets vedtak om *ambisiøse miljøløsninger og plussenergi-campus*

### 3.1 Hva innebærer ambisiøse miljøløsninger?

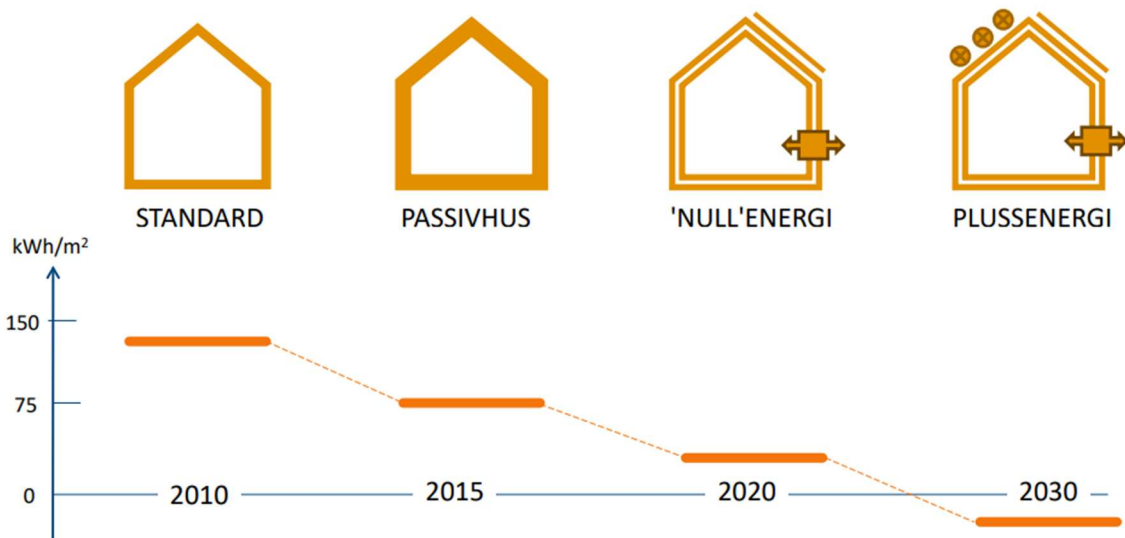
Som vist over påvirker byggeprosjekter og eiendomsdrift miljø og klima på rekke måter. I tråd med føringer fra NTNUs og Statsbyggs miljøstrategi, vil det legges til grunn *et livsløpsperspektiv*, dvs. livsløpsanalyser over 50-60 års levetid. Miljøprestasjonene og -belastningen skal vurderes/ beregnes for hele denne perioden, selv om nye bygg som føres opp i dag bør ha en levetid som langt overstiger 60 år.

*Ambisiøse miljøløsninger inkludert bygningsmasse som produserer mer energi enn den bruker, utslippsfrie transportløsninger og annen infrastruktur som kan stimulere til både ny forskning og nye arbeidsplasser*, er runde formuleringer i og med at planleggingen kommer til å pågå i inntil 10 år. I den første fasen – utarbeides reguleringsplan og campusplan, bygningsstruktur og form, byrom, vannveier, grønnstruktur og gatestruktur. I den neste fases, planlegges og utformes de enkelte bygg med materialvalg, energiløsninger og andre driftsløsninger. Det vil si at ambisjonsnivå og miljømål til en viss grad må være *fleksible* slik at de kan justeres underveis i prosjektutviklingen og i takt med ny kunnskap, teknologi, regelverk, direktiv og forskrifter. Det synes likevel klart utvidelsen av bygningsenergidirektivet vil bety at det vil stilles langt sterkere krav om å lage en langsiktig strategi for rehabilitering av alle bygninger hvor målet er å gjøre bygningsmassen svært energieffektiv og karbonfri i 2050.

---

<sup>25</sup> <http://cityxchange.eu/>

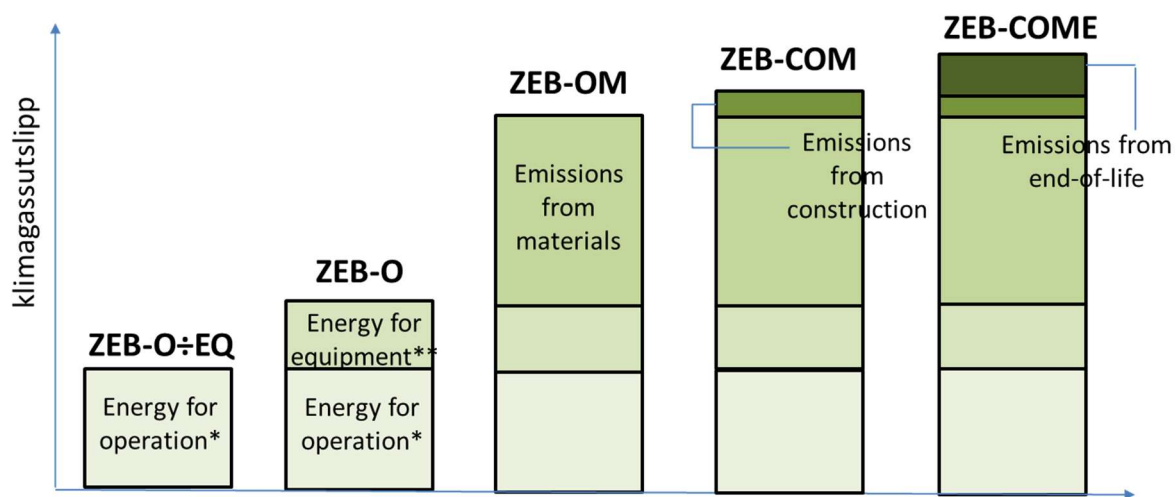
<sup>26</sup> Sivertsen, E, Strømø, E-B & Ugarelli, R: Temasamling. Decision support solutions for implementation and management of nature-based solutions (NBS) in urban environment. Klima 2050 Note 51. Trondheim, 2018.



Figur 4 Utvikling i energikrav fra myndighetene. Kilde: Inger Andresen, ZEB

Ser vi tilbake 10-15 år og vurderer utviklingen av krav til energibehov så finner vi at det har vært en rask innstramning av en rekke lovfestede krav i teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven. Energibehov til bygg og forsyning har blitt betydelig strammet inn. Ser vi framover 10-15 år vil det sannsynligvis være ytterligere strammet inn.

Det er også diskusjoner om å sette nye krav til høyere fornybarandel i energiforsyningen, utslippskrav til byggematerialer og/eller krav om fornybar energiproduksjon på byggene. Det er ikke usannsynlig at framtidens krav (TEK 20, TEK 25, TEK 30) blir «nullutslippsbygg» eller «energimessig pluss hus», dvs. bygg som forsyner brukerne med elektrisitet til byggets behov, utstyr og til framkomstmidler.



\*Energibruk til oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmtvann, belysning

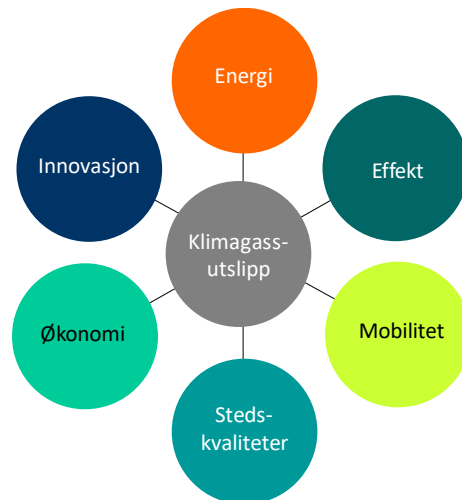
\*\* Energibruk til hvitevarer, IT-utstyr, etc.

Figur 5 Ulike ambisjonsnivå ZEN. Kilde: Inger Andresen, ZEB

Forskningssenteret *Zero Emission Building (ZEB)* ved NTNU/SINTEF har utarbeidet forslag til norske definisjoner av nullutslippsbygg (mht. klimagasser) med ulike ambisjonsnivåer der man inkluderer energibruk i drift av bygget, utslipp fra materialer som inngår i bygget, energibruk til bygging av både bygg og uteområder og endret disponering av landareal (se figur). Jo flere av disse postene som

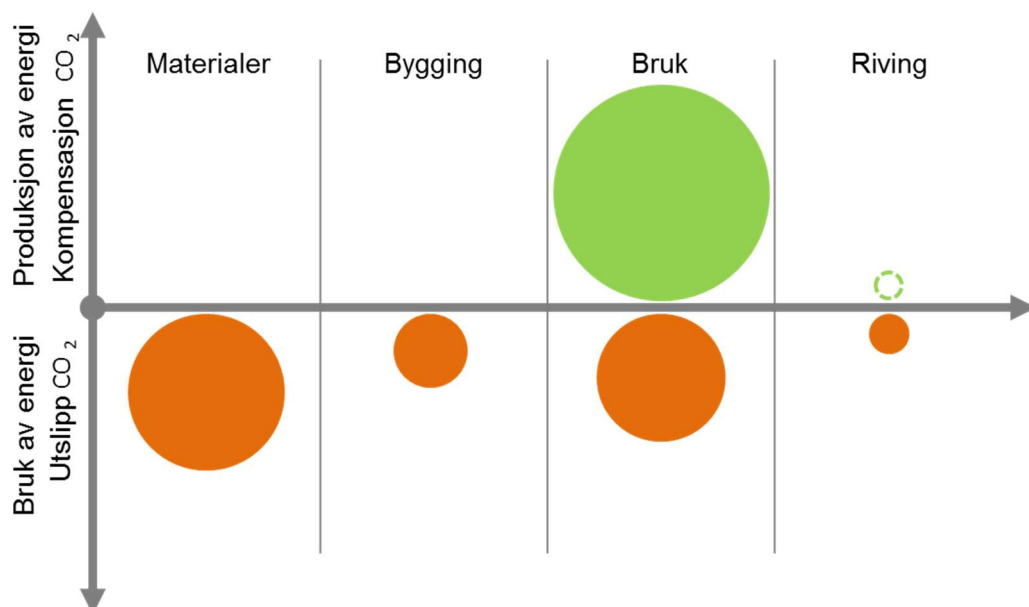
inkluderes jo større må den fornybare energiproduksjonen på bygget og tomten være. En konkretisering vil være å ta standpunkt til hvilken av disse definisjonene som skal legges til grunn. Siden campusprosjektet er et pilotprosjekt i oppfølgeren til ZEN, *Zero emissions Neighborhoods*, er det naturlig at utvikling av definisjonen(e) diskuteres her.

ZEN bygger videre på ZEB, ved å utvide perspektivet fra bygg til område og ved å utvide til flere kategorier enn klimagasser, blant annet mobilitet og steds-kvaliteter. Figuren under viser kategoriene som er inkludert i ZEN-definisjonen per november 2018. Slik som ZEB definerte ambisjonsnivåer for bygninger, så vil det utvikles ZEN-ambisjoner for områder. Ambisjonene dekker alle kategoriene i ZEN-definisjonen.



Figur 6 Kategorier i ZEN. For hver kategori defineres det nøkkelindikatorer (KPI, key performance indicators). Kilde: ZEN.

ZEB har i sitt arbeid definert ulike nullutslippsnivåer for bygg (ZEB-definisjoner), avhengig av hvor stor del av innsatsfaktorene og aktivitetene som inngår i regnestykket. Dette er altså i hovedsak knyttet til systemgrenser. Figur 6 illustrerer ulike ZEB-definisjoner og gir utdypende forklaring.



Figur 7 Illustrasjon av prinsippet for et nullutslippsbygg (Kilde: ZEB)

Nullutslippsbygg krever at det i bruksfasen produseres fornybar energi på/rett ved bygget for å kompensere for utslipp forårsaket av produksjon av materialer, byggeprosessen, driften og rivning inkl. avfallshåndtering. Energiproduksjon er illustrert i figuren som en grønn sirkel. De oransje

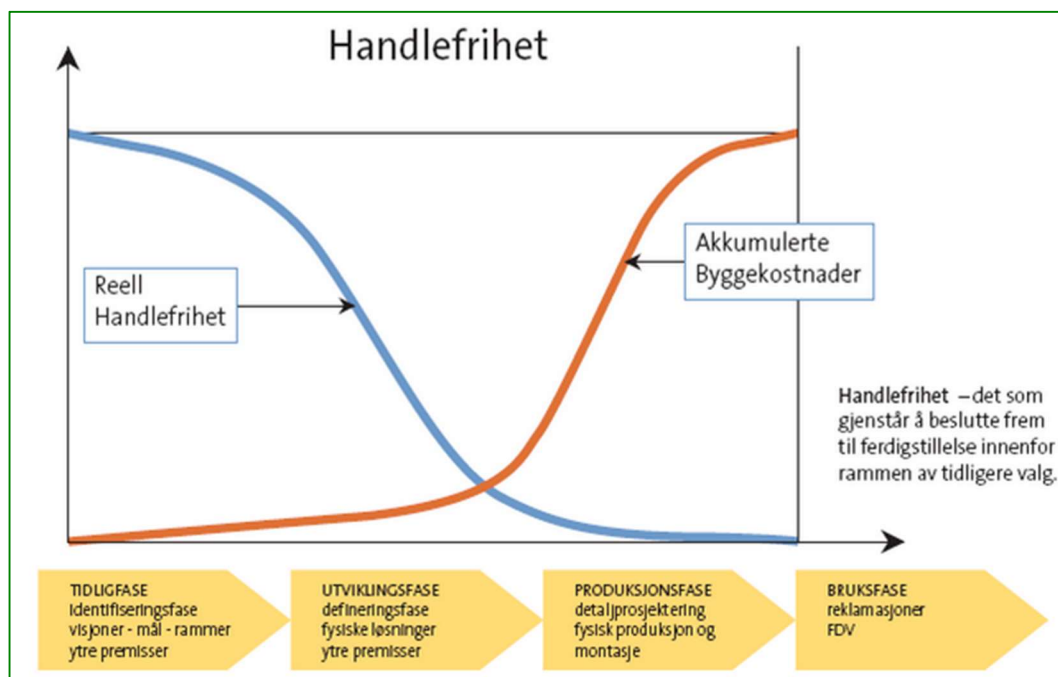


sirkelene viser behov for energi og utslipp av klimagasser. Ved ulike avgrensninger av hvilke kilder til utslipp som skal inngå i beregningene, får man ulike nullutslippsdefinisjoner; ZEB-O, ZEB-OM, ZEB-COM, osv. Definisjoner og indikatorer for områdenivå (ZEN) utvikles underveis i piloten.

### 3.2 Konkretisere systemgrenser

Statsbygg har utviklet et sett standard miljømål som er basis/grunnivå/utgangspunkt i alle nye byggeprosjekter. I den tidlige fasen av prosjektet fastsettes de overordnede miljøambisjonene for prosjektet. Disse tar utgangspunkt i gjeldende og forventede forpliktelser statlige aktører har innen klima- og miljøarbeidet.

Metodevalg, systemgrenser og beregninger for miljømål kan i innledende fase baseres på Statsbyggs eksisterende mal for miljømål. Klimagassberegninger baseres på beste tilgjengelige kunnskap, med *utgangspunkt* i den nyutviklede standarden NS 3720 – Metode for Klimagassberegninger for bygninger. Det forventes at både ZEN og NTNU vil bidra til videreutvikling av metodikken for klimagassberegninger for områder og at det derfor kan oppstå avvik fra standardmal for miljømål underveis. Statsbygg vil ved oppstart av hver ny fase i prosjektet vurdere om miljømålene bør justeres og eventuelt legge frem forslag til endringer og forbedringer for prosjektrådet. Dette for å sikre at prosjektet utvikles med gode og fremtidsrettede miljøløsninger som også ivaretar nye krav og reguleringer.



Figur 8 Forholdet mellom tidspunkt for integrering av miljøhensyn i planleggingen/prosjektutviklingen, grad av påvirkning/handlefrihet og kostnadspådraget. Kilde: [www.ied.no](http://www.ied.no)

Nærmere konkretisering av hvilke systemkomponenter og aktiviteter som omfattes av de ulike miljøambisjonene vil skje i utviklingsfasen. Da blir det viktig å bryte ned ambisjonene på ulike systemkomponenter. For eksempel kan det hende at et miljøaspekt som støy er mest relevant i byggefasen. Dette vil da være et fokusområde her, men vil ikke bli vektlagt andre steder.

For klimautslipp er det åpenbart at et globalt perspektiv er det som er relevant. Dette innebærer også at et livsløpsperspektiv på klimautslippene er påkrevd. For andre miljøaspekter er mer lokale systemgrenser nødvendig.

NTNUs egen miljøhandlingsplan tar i stor grad utgangspunkt i det globale klimafotavtrykket til NTNU. Det er derfor naturlig at systemgrensene, i hvertfall for klima, settes så vidt som mulig, og inkluderer alle relevante aktiviteter. Dette innebærer at man må legge til grunn et *livsløpsperspektiv* i valg av løsninger i tillegg til alle aspekter i prosjektet som kna påvirke klimautslipp.

Vi går nå igjennom ulike systemkomponenter og oppsummerer kort hvilke typer miljøaspekter som de påvirker, og foreslått ambisjonsnivå på hvert delområde.

Neste kapittel vurderer ulike miljøaspekter som man kan finne direkte eller indirekte referanse til i de underliggende dokumentene og strategiene.

## 4 Ambisiøse miljømål

### 4.1 Klima

Klimaproblemet er vår tids største utfordring og kan, uten en rask og kraftfull eliminering av tilførselen av CO<sub>2</sub> til atmosfæren, representere en eksistensiell trussel mot menneskeheten. Klima går også igjen i nesten alle de underliggende dokumentene og strategiene (kapittel 1), selv om det i noen sammenhenger er gjennom en proxy (nullenergi først og fremst motivert av hensyn til klima).

Å redusere utslipp av klimagasser er en tverrfaglig problemstilling. Klimagassutslipp i byggevirksomhet genereres fra energibruk i drift av bygg og uteområder, materialbruk i bygg og uteområder, transport av materialer og brukere, samt grunnarbeider, byggeprosess og anleggsvirksomhet. I tillegg påvirker byggene og deres funksjon utslipp fra de som bruker byggene.

Gjennom Campus NTNUs deltakelse som pilot i ZEN-prosjektet vil det utvikles og testes metoder og tilnærminger for beregning av klimautslipp fra ulike designvalg for områder. Beregning av klimagassutslipp fra bygg og uteområder vil etter alt å dømme baseres på prinsippene for en livsløpsanalyse.

Per i dag eksisterer det flere ulike standarder, verktøy og metoder for beregning av klimautslipp fra byggprosjekter. NTNU har også noen grunnleggende prinsipper for dette for sitt miljøarbeid. Det vil være naturlig å prøve ut og sammenlikne flere av disse parallelt med utvikling av metodikken i ZEN-piloten. Et grunnleggende prinsipp skal være å bruke den til enhver tid beste tilgjengelige kunnskap som underlag for beslutninger.

På bakgrunn av uttrykte målsettinger i underliggende dokumenter, strategier, samt forventningene til campusutviklingsprosjektet spesielt foreslås det en ambisiøs klimaambisjon for prosjektet.

#### **Overordnet ambisjon klima:**

- Ny campus Gløshaugen skal utvikles med et mål om netto nullutslipp over levetiden for den delen av campus som omfattes av nybygg og ombygging.

### 4.2 Ressurser, avfall og sirkulær økonomi

Byggebransjen i Norge står for en stor andel av avfallsproduksjonen i Norge, men har samtidig betydelige potensial for ombruk og gjenvinning. Det er også økonomisk lønnsomt for bransjen. Næringsvirksomheter har store avfallsmengder og stort potensiale for avfallsreduksjon, ombruk, materialgjenvinning og energigjenvinning. Ved utbygging av nytt campus skal det legges til rette for at avfallshåndtering skal kunne skje på en miljømessig god måte.

Foruten å ivareta forskriftsmessige krav til miljøforsvarlig avfallshåndtering på byggeplassen (Byggt teknisk forskrift §§ 9-1, 9-5, 9-6, 9-8 og 9-9) og miljøkartlegging og sanering av eksisterende bygg før riving eller ombygging (Byggt teknisk forskrift § 9-7 og Avfallsforskriften § 11-3), bør det stilles ytterligere krav til ombruk av bygningsmaterialer og bygningsdeler fra rivingen, effektivisering av ressursbruk og god håndtering av avfall på byggeplassen gjennom kildesortering, gjenvinning/gjenbruk og minimering av restavfall.

Statsbyggs måltall per i dag for totale avfallsmengder per m<sup>2</sup> er 25 kg/m<sup>2</sup> BTA og krav om 80 % (vekt) av restavfall skal gjenvinnes eller gjenbrukes. Det er ventet at retningslinjer/forskrifter vil bli vesentlig strammere innen byggestart og NHOs Leverandørutviklingsprogram jobber nå med et initiativ for avfallsfrie byggeplasser.

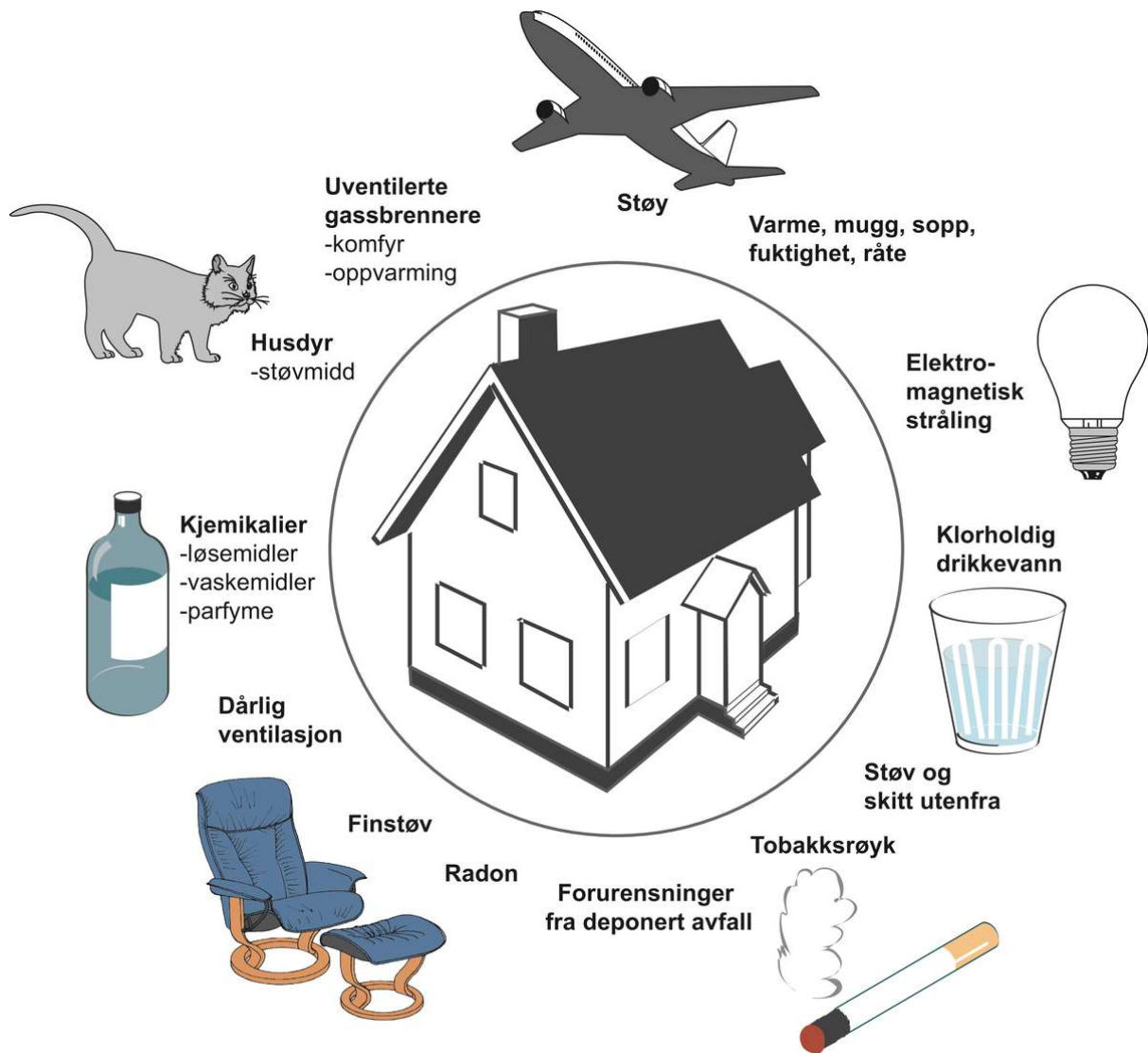
### 4.3 Inneklima

Inneklimaets kvalitet virker inn på helse, produktivitet og komfort for bygningens brukere, samt på bygningens energibruk. I hovedsak jobbes det med inneklimakvaliteter i byggets prosjekteringsfase, men noen forhold bør ivaretas allerede i tidligfaseplanlegging og i reguleringsprosessene. Samspillet mellom gode temperaturforhold, dagslystilgang og ønske om lavt energibehov er blant forholdene man skal jobbe med i den videre planlegging.

Inneklima er en fellesbetegnelse for termisk miljø (temperaturforhold), atmosfærisk miljø (luftkvalitet), akustisk miljø, aktinisk inneklima (bl.a. lysforhold, radon), og mekanisk miljø (bl.a. forhold av betydning for bevegelsesapparatet). I hovedsak jobbes det med inneklimakvaliteter i byggets prosjekteringsfase, men noen forhold bør ivaretas allerede i tidligfaseplanlegging og regulering. Samspillet mellom gode temperaturforhold, dagslystilgang og ønske om lavt energibehov er blant forholdene man bør jobbe med i tidligfaseplanlegging.

For å tilrettelegge for best mulig inneklima bør det stilles krav til

- Godt termisk inneklima.
- God innendørs luftkvalitet
- Aktinisk inneklima (strålingsmiljø)
- Akustisk miljø
- Estetisk miljø og psykososialt miljø



Figur 9 Inneklima omfatter i praksis et stort antall faktorer som påvirker oss inne, ikke bare tradisjonelle klimafaktorer som temperatur og luftfuktighet. Inneklima. Store medisinske leksikon. <https://sml.sn.no/inneklima>

#### 4.4 Bymiljø, byøkologi, lokalklima og attraktive uteområder

Det er et overordnet mål at campus Gløshaugen være tilpasset det nåværende og framtidige klimaet bygningene skal stå i, og at bygg og uteområder skal være et positivt bidrag til rekreasjon og det byøkologiske mangfoldet.

##### 4.4.1 Byøkologi og biodiversitet

Biodiversitet har både en lokal og en global dimensjon. NTNU kan påvirke global biodiversitet gjennom sine anskaffelser. Det er hovedsakelig arealbruk og arealbruksendringer som bidrar til tap av biodiversitet, så mat, materialer og drivstoff som kommer fra jord- eller skogbruk, er viktige bidragsyttere til denne miljøpåvirkningskategorien.

Lokalt har NTNU mulighet til å legge til rette for større grad av byøkologisk mangfold på campus. Dette er også en del av NTNUs eget miljømål og en del av den uttalte ambisjonen fra campusprosjektet fra arbeidet med planprogram. I neste fase skal det utvikles planer og retningslinjer for bioveier på campus.

#### 4.4.2 Lokalmiljø, nåværende og fremtidig klima (vind, vann, sol)

Sol-, vind- og temperaturforhold på uteområder og langs gater er viktige for hvordan det vil oppleves å bevege seg gjennom og på campus. Generelt vil høye bygninger trekke vind med høy hastighet ned til bakken og gi turbulens nær bygningene, noe som reduserer vindkomforten. Vind vil også forsterkes når gateløp og passasjer er parallelle med vindretningene. Samtidig vil det lokalt kunne bli skjermede områder med lite utlufing og potensial for opphoping av luftforurensning. Høye bygninger gir lange skygger som også bidrar til redusert lokalklimakomfort.

Klimaendringene med høyere temperaturer og økte nedbørsmengder krever blant annet tiltak for å hindre oversvømmelser. Grønne og blå flater som kan absorbere vann både på bakken og tak. Fordrøyningsanlegg og regnbed er blant tiltakene som vil kunne gi forbedret overvannshåndtering sammenlignet med harde flater. En høy «blågrønn faktor» og plan for vannveier bidrar samtidig til å fremme økologiske og estetiske kvaliteter, å forbedre mikro/lokalklima og til å gi gode rammer for å skape uterom med høy opplevelsesverdi. Samtidig må det vurderes løsninger for infiltrasjon i områder hvor det er mye leirgrunn.

Klimaendringene vil gi et varmere klima og lengre heteperioder og vil gi større behov for kjøling.

#### **Ambisjon lokalklima, overvann og klimatilpasning:**

Uteområdene og campus skal utformes med tanke på å oppnå best mulig lokalklima.

Klimaendringene vil medføre mer/hyppigere ekstremnedbør og -vind samt høyere temperaturer enn dagens ekstremverdier.

Det skal etableres åpne overvannshåndtering og flomveier som tar høyde for ekstremnedbør som følge av klimaendringer.

Muligheten for gjenbruk av gråvann på stedet bør utredes teknisk og økonomisk. Typiske bærekraftige systemer inkluderer grønne tak, gjennomtrengelige veidekker med overvannsinfiltrasjon, konstruerte våtmarker og bruk av naturlig renset avløpsvann til spyling av toaletter og vanning av grøntarealer.

Det pågår et samarbeid med Forskningsprogrammet *Klima 2050* om kartlegging av dreneringslinjer og aktuelle fordrøynings- og overvannstiltak. I tillegg skal det beregnes en «blågrønn faktor» for prosjektet.

#### **Attraktive uteområder**

Både uteområder og bygg skal utformes med tanke på å redusere negativ påvirkning av ekstremvind. Inngangspartier til bygningene skal utformes og orienteres slik at de blir minst mulig vind- og regnutsatte. Det bør gjennomføres vindsimuleringer for å dokumentere at de foreslåtte løsningene tilfredsstiller miljømålene:

- Bymiljø – lokalklima herunder vind og sol/skygge
- Grøntstruktur – blågrønn faktor
- Klimatilpasning – overvann, vind, ising, sol/varme

#### 4.4.3 Støy og lokal luftforurensning

Utendørs støy er regulert av Miljøverndepartementets retningslinjer T-1442 *Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging*. For innendørs støy fra alle utendørs kilder og for utendørs støy fra tekniske installasjoner på bygning gjelder krav i teknisk forskrift. Konkrete tallkrav er gitt i *Norsk standard NS 8175 Lydforhold i bygninger – Lydklassifisering av ulike bygningstyper*.

Lokal luftkvalitet reguleres av forurensningsforskriftens kapittel 7 om lokal luftkvalitet og *Statlig retningslinje T-1520 for behandling av luftkvalitet etter Plan- og bygningsloven*.

T-1520 gir statlige anbefalinger om hvordan luftkvalitet bør håndteres i kommunenes arealplanlegging. Planlegging etter plan- og bygningsloven skal bidra til at arealbruk og bebyggelse blir til størst mulig gagn for den enkelte og samfunnet, deriblant ved å legge til rette for gode bomiljøer og fremme befolkningens helse.

Alle sentrale uteområder skal være skjermet fra de mest trafikkbelastede veiene og eventuelle andre kilder til luftforurensning og støy. Forskriftens krav og bestemmelser om konsentrasjonsnivåer og antall tillatte overskridelser skal overholdes innenfor planområdet hvis bakgrunnskonsentrasjonene i byområdet er innenfor kravene. Retningslinjenes krav for arealbruk i gul og rød sone skal følges.

#### 4.4.4 Grønn infrastruktur - Vegetasjon i byrom i sammenheng med bygg – "byøkologi"

Foruten visuell og rekreativ verdi fungerer grønnstrukturen som levested og spredningskorridorer for planter og dyr. Den bidrar også til bedre lokalklima, luftkvalitet, og vannbalanse, forsyner byen med friskluft, renses og filtrerer forurenset luft, skjermer for vind og utjevner temperatur-svingninger. Vegetasjon fordrøyer og renses overvann, tar opp næringsstoffer og bidrar til et rikt og sunt jordsmonn. En robust og velutviklet grønnstruktur er dessuten viktig for å møte forventede framtidige klimaendringer med høyere gjennomsnittstemperatur og tidvis store nedbørsmengder.

Det bør stilles krav til en grønn infrastruktur som tar høyde for behovene til de som skal arbeide i og besøke campus Gløshaugen, beboere og andre bruker av omkringliggende områder, i et helhetlig perspektiv for Trondheim by.

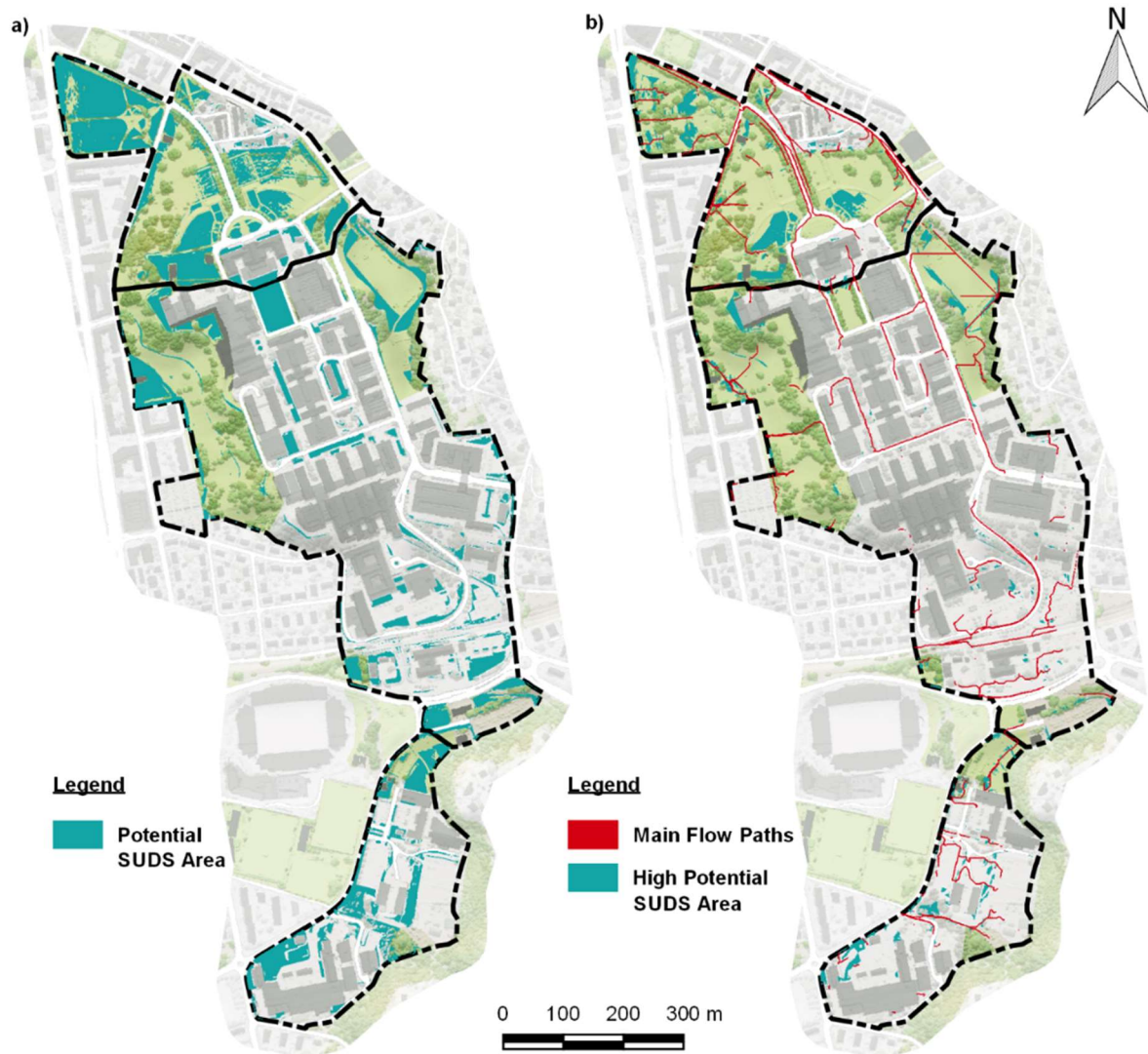
#### 4.4.5 Vann, overvann og blågrønne løsninger

Bruk og håndtering av vann påvirker miljøet på flere måter. Bruk av tappevann krever ressurser både i form av vannbehandling og rørsystem for fremføring av vann. Det er derfor viktig å legge til rette for effektivt vannforbruk hos sluttbruker. Videre vil tilførsel av overvann til det offentlige avløpsnett utgjøre en unødvendig belastning både for transport og behandling av avløpsvann ved rensesanleggene. Overvann bør derfor i størst mulig grad tas hånd om lokalt uten å belaste avløpsnett, med mindre vannet er forurenset. Der hvor det er egnet kan regnvann utnyttes som ressurs i byrom.

Muligheten for gjenbruk av gråvann på stedet bør utredes teknisk/økonomisk. Typiske bærekraftige systemer inkluderer grønne tak, gjennomtrengelige veidekker med overvannsinfiltrasjon, konstruerte våtmarker og bruk av naturlig renses avløpsvann til spyling av toaletter og vanning av grøntarealer.

I Klima 2050-prosjektet er det allerede gjort en GIS-analyse av potensielle områder for blågrønn infrastruktur, samt en grov inndeling av infiltrasjonskapasiteten

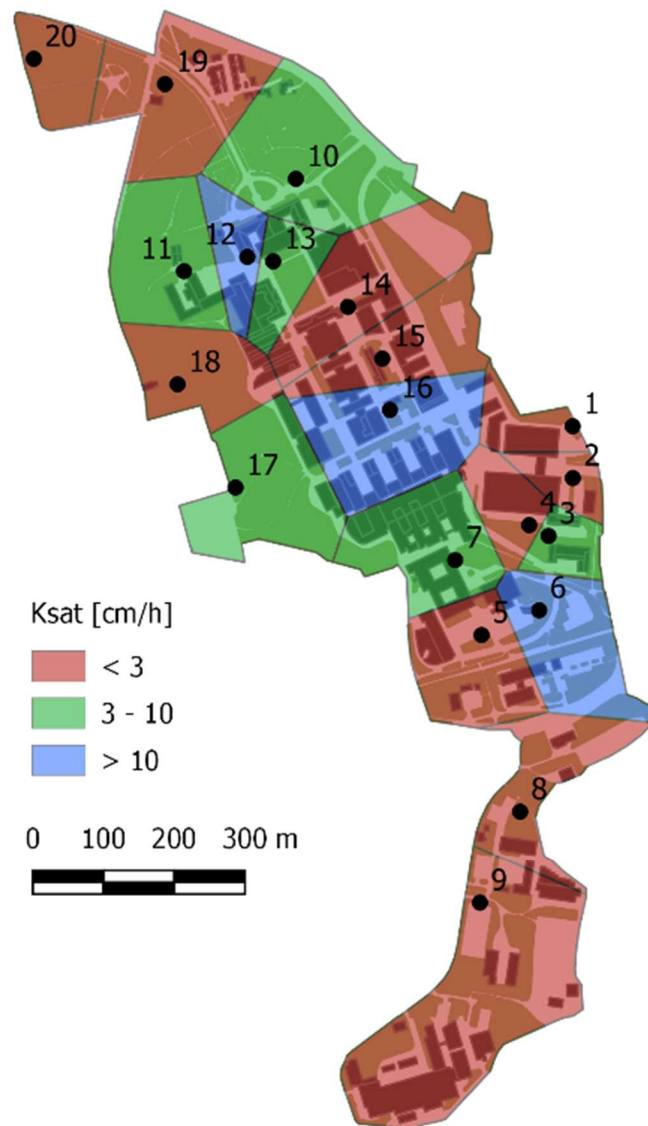




Figur 10: GIS-analyse og oppdatert kart over (a) dreneringslinjer og potensielle områder for blågrønne naturbaserte løsninger og infrastruktur (SUDS sustainable urban drainage system) i (b) nærheten av hovedflomveier på campus Gløshaugen (Muthanna et al. 2018<sup>27</sup>).

27 Muthanna, Tone M., Edvard Sivertsen, Dennis Kliewer and Lensa Jotta (2018): "Coupling Field Observations and Geographical Information System (GIS)-Based Analysis for Improved Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) Performance", *Sustainability* **2018**, 10(12), 4683; <https://doi.org/10.3390/su10124683>





Figur 11 Geografisk fordeling av infiltrasjonskapasitet ( $K_{sat}$ ) på campus Gløshaugen basert på feltstudier. Figur 5 i Muthanna et.al. (2018).

Grunnforhold, hydrogeologi og vannstrømmer på campus må kartlegges med tanke på infiltrasjonskapasitet og lokalisering av infrastruktur under bakken, slik som egnethet for sesonglager (omtales i kapittel 5.3).

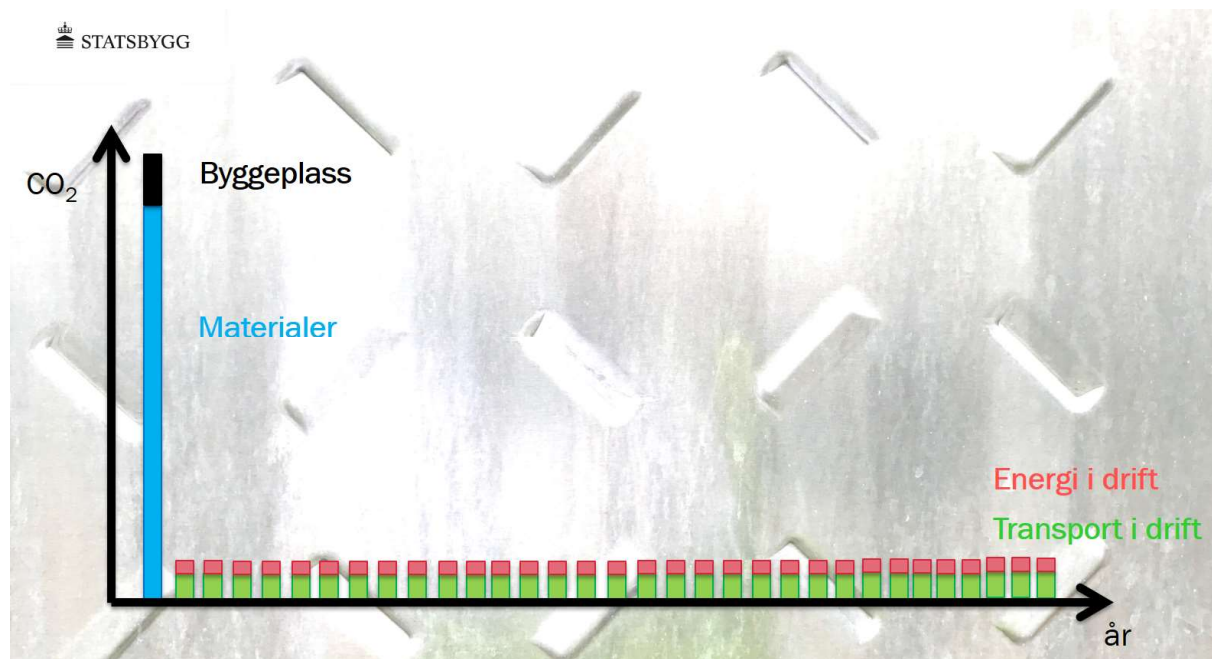
#### 4.5 Materialer

Produksjon og leveranse av materialer for å bygge byggene bidrar til en stor del av klimafotavtrykket. I tillegg kan det innvirke på flere *andre* aspekter. Ofte deler man påvirkningen inn i følgende hovedområder:

- Klimafotavtrykk
- Innhold av helse- og miljøskadelige stoffer.
- Påvirkning på inn klima.
- Konsekvenser for ressurstilgang, for eksempel bruk av truede arter eller knappe forekomster av mineraler, eller lignende.
- Avfall og ressursutnyttelse ved bygging og avhending.

Valgte løsninger må samtidig ivareta gode akustiske forhold, brannsikring, og forsvarlig økonomi.

Utslipp fra materialer skjer i hovedsak ved oppføring av byggene, og er med på å spise opp det tilgjengelige karbonbudsjettet (jfr kapittel 2.6 *Paris-avtalen, karbonbudsjett og klimaforpliktelser*). Siden det haster med å redusere utslipp, er det viktig å velge løsninger med lave utslipp fra produksjon av materialer da dette er innsatsfaktorer med utslipp før byggets levetid.



Figur 12 Utslipp fra materialer og byggefase skjer før bygget er ferdig og vil i sin helhet gå av karbonbudsjettet før 2030. Tidlige utslippsreduksjoner er viktig dersom 2-gradersmålet skal kunne nås. Figur: Statsbygg.

Prosjektet bør søke å velge materialer til bruk i bærekonstruksjoner med lavest mulig karbonavtrykk. Det er sentralt for å kunne oppfylle en eventuell ZEN-ambisjon. Det anbefales at prosjektet gjør tidlige vurderinger av hvilke bygg og bærende konstruksjoner som kan utføres i massivtre og andre materialer med lav karbonintensitet.

#### 4.6 Tomtevalg og grunnarbeider

Da det er krevende grunnforhold og kvikkleireforekomster rundt Gløshaugen, er det gjort en omfattende studie av karbonavtrykket til de ulike tomtevalgene.<sup>28</sup> I den videre prosessen og ved endelig valg av byggetomter, bør behovet for grunnstabilisering ses opp mot bl.a. formål, generalitet, etasjehøyde og materialvalg for å optimalisere både byggekostnader og karbonutslipp.

Tomtevalget skal legge grunnlaget for gjennomføring av byggeprosjektet og drift av bygget med lave klimagassutslipp (relatert til grunnforhold, krav til fundamentering, lokalisering/transport, solinnstråling mm.)

#### 4.7 Byggefase

Selve bygge- og anleggsfasen bidrar med en ikke ubetydelig andel av klimautslipp. Det er også spesielt lokal luftforurensing, støy og andre ulemper knyttet til byggefasen, som er mest relevant å adressere. Den teknologiske utviklingen går likevel først og Statsbygg har sammen med en rekke andre offentlige byggherrer forpliktet seg til "å stille krav om bruk av utslippsfrie teknologier,

<sup>28</sup> Bård Solem (2018) «NTNU Campusutvikling klimagassberegninger og tomtevurderinger», Eggen arkitekter.

prosesser og løsninger knyttet til drift av bygge- og anleggsplasser etterhvert som utslippsfri teknologi og kunnskap blir tilgjengelig på markedet.”<sup>29</sup>

Til byggefasen er blir det viktig å tidlig få lagt til rette for tilkobling til infrastruktur for både varme og elektrisitet for å muliggjøre målsetningen om utslippsfri byggeplass. I tillegg er god plan for massebalanse, logistikkplanlegging og areal til rigg og mellomagring viktig for å redusere transporten til og fra campus og i bybildet.

Aktuelle miljøaspekter for byggeplassgjennomføringen er klimagassutslipp, støy, lokal luftforurensing, avfall, bevaring av vegetasjon og biologisk mangfold samt blågrønne løsninger.

SINTEF har utgitt en veileder for offentlige anskaffelsesprosesser for utslippsfrie byggeplasser, men dette er et område hvor utviklingen i teknologi og praksis vil kunne skje meget raskt.<sup>30</sup>

#### **Ambisjonsnivå byggefasen:**

- Så langt det lar seg gjøre å elektrifisere anleggsfasen, inkludert byggeplassaktiviteter og transport til/fra byggeplass.
- Koble seg til lokalt strøm- og varmenett under byggeperioden.
- Velge byggemetode som minimerer avfall, transport og optimaliserer logistikk på byggeplassen.
- Måle og minimere svinn av materialer og dermed også avfallsmengder.

## 4.8 Transport

Transport står for omtrent 30 % av NTNUs klimafotavtrykk. I tillegg til ansattes og eksterne tjenestereiser, står også egne kjøretøy og ansattes pendling for en (mindre) del av fotavtrykket. I disse tallene er ikke utslipp fra tilreisende til NTNUs arrangement av konferanser.

Transport til/fra campus og transport internt på campus står også for en ikke ubetydelig del av klimabelastningen fra transport. Campusprosjektet skal tilrettelegge for nullutslippsmobilitet for begge deler.

Gjennom gode valg av løsninger kan campusprosjektet påvirke utslippene fra transport og reise innen alle kategorier. NTNU har ikke et tallfestet mål for klimafotavtrykk i dagens miljøambisjon (selv om det finnes en referanse til “klimanøytral reisepolitikk”), men det vil jobbes med å inkludere dette i neste versjon av miljøhandlingsplan, som er under utvikling. Denne er imidlertid ikke klar før i 2019.

For campusutviklingsprosjektet bør ambisjonen være å understøtte en reduksjon i fotavtrykket for alle de ulike typene transport, der dette er mulig. Dette inkluderer:

- Valg av romtyper og tekniske løsninger som gjør det mulig med mer digital samhandling, arrangere digitale konferanser samt andre løsninger som reduserer behovet for å reise med fly.
- Parkeringspolitikk som legger til rette for bruk av sykkel, gange og kollektivtransport.
- Romtyper og fasiliteter (sykkelparkering, garderobe med mer) som legger til rette for sykkel og gange.
- Ladepunkter for elbil som gjør det enkelt å benytte elbil.

---

<sup>29</sup> Utslippsfrie bygg- og anleggsplasser – leverandørkonferanse 15. mai 2017.

<https://www.difi.no/opplaeringstilbud/nett-tv-og-presentasjoner/utslippsfrie-bygg-og-anleggsplasser-leverandorkonferanse-15-mai-2017>

<sup>30</sup> SINTEF (2018): «Utslippsfrie byggeplasser - Veileder for innovative anskaffelsesprosesser».

<https://www.sintef.no/siste-nytt/gjor-byggeplassen-utslippsfri/>

## 4.9 Brukerutstyr

Material inkluderer også brukerutstyr (møbler, labutstyr, IT, inventar). Gjenbruk av eksisterende brukerutstyr, for eksempel møbler, kan redusere behovet for å kjøpe nytt. Det samme kan standardisering av sortiment, og det å kjøpe utstyr av høy kvalitet som kan brukes lenge, fleksibelt og eventuelt også bygges om og sees i et livsløpsperspektiv.

Valg av brukerutstyr har betydning for energiforbruket og varmeoverskuddet i bygningene på campus Gløshaugen. Det er også viktig å stille krav til utstyrets produksjonsprosess, samt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer.

Energibehovet fra tekniske prosesser og installasjoner utgjør en betydelig del av byggenes energibehov.

- Tekniske installasjoner og særlig teknisk utstyr inklusive brukerutstyr skal i dette prosjektet ha høy energieffektivitet på nivå med beste praksis. Vannforbruket optimaliseres.
- Prosjektet skal utrede beste praksis for relevante installasjoner og teknisk utstyr inklusive brukerutstyr.
- Det tilrettelegges for ombruk og deling av brukerutstyr.
- Kartlegge markedet med hensyn til miljøkrav og energibehov til avansert teknisk utstyr.

## 5 Plusscampus (energi)

Driften av byggene, inkludert forbruk av energi, står for en stor andel av klimautslippene til NTNU (Figur 2 NTNUs klimafotavtrykk for 2017). Energiforbruket er høyt siden universitetet har svært mye energiintensiv aktivitet, som laboratorier, og lange åpningstider. NTNU bruker særlig mye energi ved campus Gløshaugen, både i form av fjernvarme og elektrisitet.

Det er også på energiområdet at det uttrykte ambisjonsnivået er mest konkret, både i planprogram og Stortingets anmodningsvedtak.

Gjennom en konseptutredning for “smarte energisystemer for campus Gløshaugen” utredes høsten 2018 konsepter for reduksjon av energi- og effektbehov i nye og eksisterende bygg<sup>31</sup>, egenproduksjon av energi<sup>32</sup>, samt smart styring og lagring av energi på campus<sup>33</sup>. Resultater fra denne utredningen ligger til grunn for vurderingene her.

Effektprofiler og effektutjevning er også et sentralt element i utredningen men behandles ikke kvantitativt i dette dokumentet.

### 5.1 Energibehov

Forbruket av energi er estimert for både eksisterende bygninger, nybygg og rehabiliterte arealer. Det er gjort beregninger med bygging etter TEK17-standard og med bygging til et «høyt ambisjonsnivå» for energi. For å gi mest mulig realistiske resultater er simuleringene kalibrert mot empiriske data for bruksmønster og energiforbruk i tilsvarende bygg på campus i dag. Totalt simulert energiforbruk for nybygg og for rehabiliterte bygg er oppsummert i tabellen under.

---

<sup>31</sup> **F.1.2 Kartlegging av energi og passive tiltak – campus Gløshaugen.** Skrevet av Jens Tønnesen, Alexander Borg og Peter Bernhard, Asplan Viak AS (2018)

<sup>32</sup> **F.1.4 Campus Gløshaugen - egenproduksjon energi.** Håvard Fjerdrumsmoen, Torgeir Viking Skiple, Bjørn Thorud og Marte Wigen Nilsson, Multiconsult AS (2018).

<sup>33</sup> **F.1.3 Potensial for lagring og styring av energiproduksjon og -forbruk – campus Gløshaugen.** Alexander Borg, Peter Bernhard, Henrik Holmberg og Jens Tønnesen, Asplan Viak AS (2018).

Tabell 2: Energibehov campus

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 informasjonen over ser vi at for at et *høyt ambisjonsnivå* for nye bygg innebærer et totalt energiforbruk på 80 kwh/m<sup>2</sup>-år, mens det for rehabiliterte bygg er estimert til 103 kwh/m<sup>2</sup>-år.

## 5.2 Energiproduksjon

De mest lovende konseptene for egenproduksjon av energi er solceller, varmepumpe med ulike varmekilder, samt eventuelt solvarme (ikke beregnet detaljert).

Total anslått energiproduksjon fra solceller på nye bygg og eksisterende bygg på campus, er gjengitt i tabellen under.

Tabell 3: Simulert produksjon av strøm fra solceller

	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>

Det ble i beregningene lagt til grunn at nye bygg fordeles jevnt et vektet snitt av alle aktuelle tomter, siden basisprosjektet ikke var klart da simuleringene ble gjort. Det er lagt til grunn gjennomsnittlig teknologi for solcellenes virkningsgrad, og klimadata fra et «normalår», på lik linje med simuleringene av energibehov.

All energiproduksjon vil komme innenfor NTNUs eget høyspentnett for elektrisitet (områdekonsesjon) og det vil sannsynligvis ikke oppstå situasjoner med overproduksjon av strøm i forhold til egenforbruk.

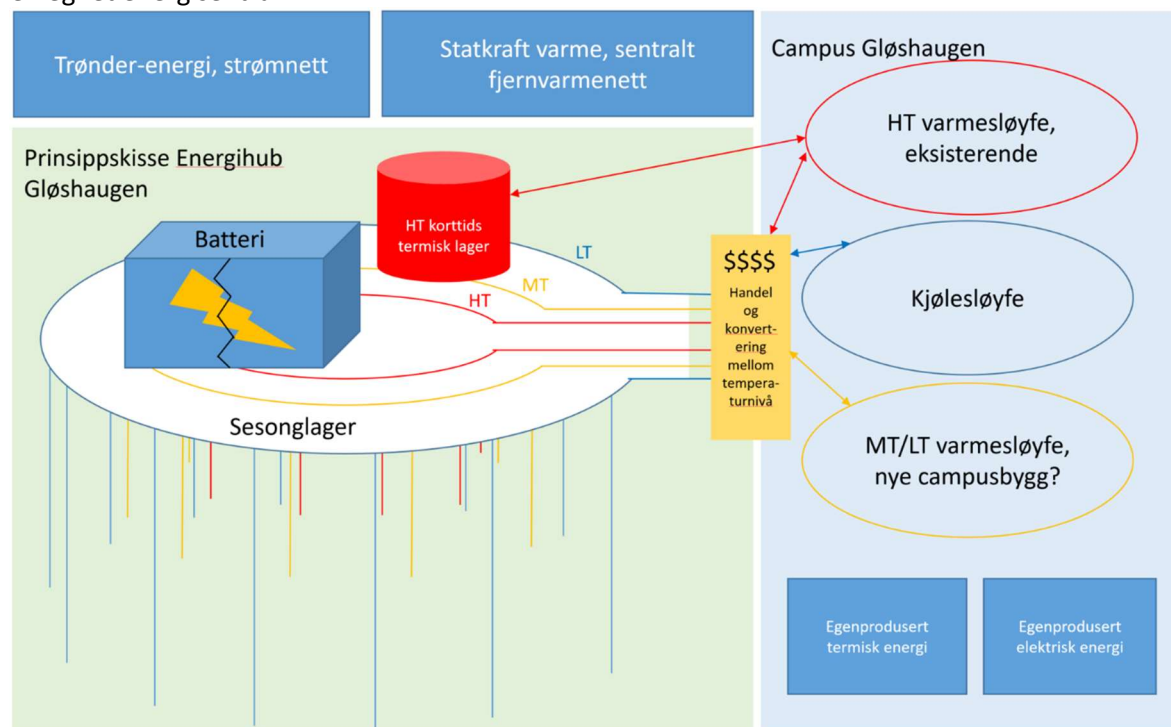
Per m<sup>2</sup> bygg-areal (eksisterende bygningsmasse) ved Gløshaugen utgjør produksjonspotensialet omtrent 12 kWh/m<sup>2</sup>-år. Hvis man antar at man ikke vet noe om hvor ombygging vil skje og bare bruker dette estimatet for å beregne potensial for solceller på disse byggene (45000 m<sup>2</sup>), er anslått produksjon på omtrent 546 MWh/år. Det vil være stor variasjon alt etter hvor godt egnet for solceller ulike bygg som rehabiliteres er. Bruk av fasader i tillegg kan bedre resultatet (det er ikke beregnet solcelleproduksjon for de fleste av de *eksisterende* fasadene).

Avhengig av hvilke tomter som velges for utbygging, vil potensialet kunne bli større eller mindre enn dette. Såkalt høyeffektive solceller vil også kunne øke produksjonen med ca. 800 MWh/år. Dette vil imidlertid også øke kostnadene betraktelig.

### 5.3 Energilagring og utnyttelse av spillvarme

Utredningen om konsepter for smarte energiløsninger på campus Gløshaugen omfatter også *EnergiHUB Gløshaugen*. Dette er en lagringsløsning med borehullsbasert sesonglager (ca 300 brønner), korttids varmelager (vanntank) og et batteri for effektutjevning av strømforbruket over kortere tidsrom.

En slik løsning vil være en viktig puslespillbrikke for å oppnå en energismart campus med lavt klimafotavtrykk, og gjøre det mulig å for utbyggingsprosjektet å oppnå et positivt totalt energiregnskap. En slik hub må integreres med eksisterende distribusjonssystem og utstyres med en ny varmepumpe for å levere de temperaturnivåene som kreves. I tillegg kreves det arealer i form av en egnet energisentral.



Figur 13: Prinsippsskisse EnergiHUB Gløshaugen

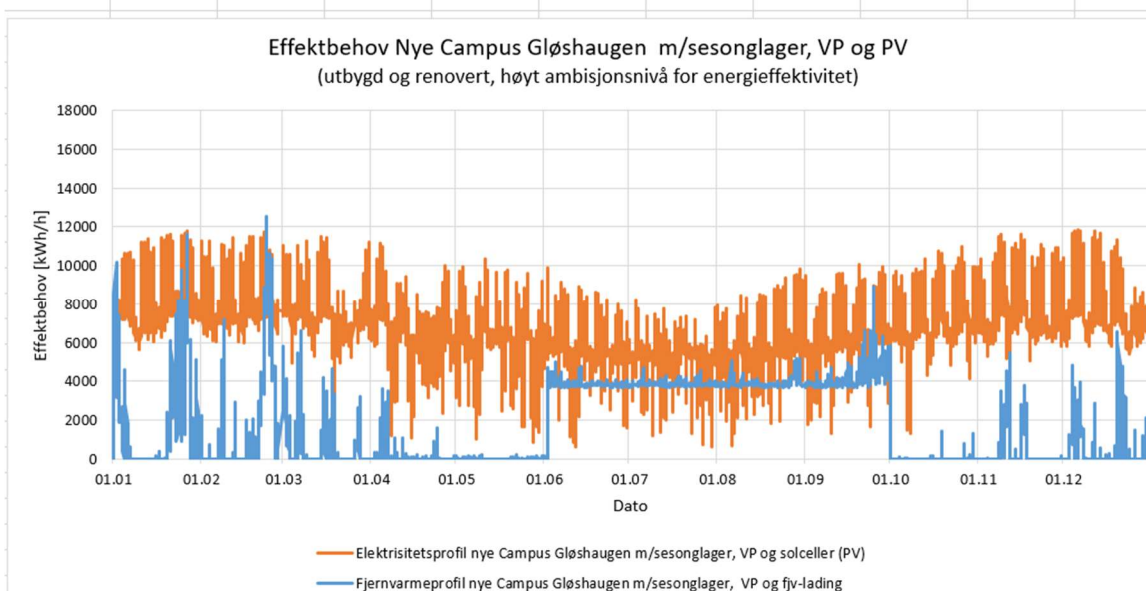
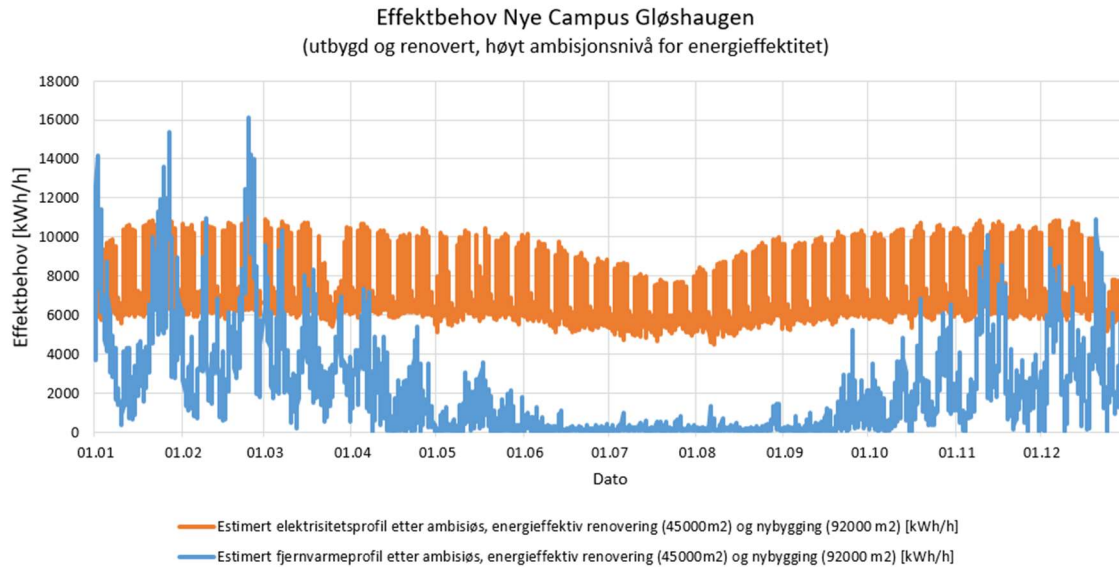
For varme er det mulig å hente en del overskuddsvarme fra deler av året, hvis det er mulig å lagre dette til vinteren. Det er flere kjøleprosesser som i dag dumper varmen over tak når det ikke er behov for den i ringen. Den største er tungregnesentralen hvor det er grovt estimert 3 GWh *uutnyttet* overskudd på sommeren. Det kan også være mulig å hente ut mer overskuddsvarme fra andre kjøleprosesser på sikt.

I tillegg vil det være mulig å gjennom en sesonglagringsløsning utnytte det som per i dag er utnyttet overskuddsvarme fra avfallsforbrenning på sommeren. Det er beregnet at man kan flytte om lag 11 GWh somrøvarme på denne måten, avhengig av blant annet lagringstemperatur. Denne vil da redusere bruk av den (vesentlig mer utslippsintensive) fjernvarmen som blir produsert på vinteren. Strømforbruket vil imidlertid øke noe på vinterstid, siden en varmepumpe må løfte temperaturen noe fra lageret til distribusjonsringen på campus.

Et korttidslager i form av en vanntank med varmtvann vil komplementere sesonglageret i forhold til å utnytte mest mulig av den lagrede energien på en mest mulig effektiv måte. Det vil også kutte effekttopper for spisslast fra fjernvarmesystemet.

Figur 14 viser simulert effektprofil for hele campus Gløshaugen.





Figur 14: Simulert effektprofil i et normalår for hele campus Gløshaugen etter utbygging og renovering til høy miljøambisjon. Figuren under inkluderer solceller og sesonglager for varme.

Figuren inkluderer ikke effekten av korttidslager for strøm (batteri) og varme (vanntank). Disse elementene vil bidra til at effekttoppene reduseres.

#### 5.4 Utfasing av campus Dragvoll

Energiforbruket på Dragvoll campusen var i 2017 10,7 GWh strøm og 5,3 GWh fjernvarme. Dette vil bortfalle ved flytting til ny campus. Denne effekten inntreffer uansett om campus Gløshaugen bygges ut med ambisiøse miljøambisjoner eller bare til gjeldende forskriftskrav. Beregnede energibesparelser og kostnadseffekter relaterer seg til en referansesituasjon hvor prosjektet gjennomføres etter gjeldende forskrift, med mindre det presiseres særskilt.

Tabellen under viser ulike varianter av systemgrenser og indikert prosentvis oppnåelse av målet om at «nye bygg skal produsere mer energi enn de bruker». Det er lagt til grunn et høyt ambisjonsnivå for miljø for alle tallene i tabellen.



Tabell 4: Selvforsyningsgrad for ulike systemgrenser

	Systemgrenser (nye bygg, ombygde arealer, hele campus)	Dekningsgrad energi (sum strøm+varme)	Kommentar
<b>A</b>	Kun nye bygg. Solcelle-produksjon med vektet snitt av alle tomter.	30 %	Rene og klare systemgrenser som går direkte på byggene
<b>B</b>	Nye bygg og rehabiliterte bygg både forbruk og egenproduksjon.	23 %	Regner kun forbruk og produksjon fra berørte bygg.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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.
<b>E</b>	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.
<b>F</b>	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.

Hvis vi sammenholder de beregnede energibehovene med estimatene for egenproduksjon av energi, ser vi at det ikke er mulig å oppnå ambisjonen uten å velge å inkludere tilleggselementer som EnergiHUB Gløshaugen og/eller solceller på hele campus. Hvis man regner med disse elementene er det imidlertid mulig å komme i pluss, og dermed også "oppveie" noen av utslippene knyttet til materialer og byggefase.

Dette betyr ikke nødvendigvis at det er helt umulig å oppnå en bygningsmasse - med de forutsetningene som finnes på campus - som produserer mer energi enn den bruker. Det kan jobbes videre med både forbrukssiden og produksjonssiden for utbyggingen. Simuleringene for produksjon er også basert på et vektet snitt av tomtene, og siden det er variasjon mellom ulike tomter vil endelig tomtevalg ha innvirkning på tallene i tabellen.

## 5.5 Grovt estimerte utslippsbesparelser ift TEK

Vi forutsetter en gjennomsnittlig marginal utslippskonsekvens på 200 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kWh energi (likt for strøm og fjernvarme) over en beregningsperiode på 50 år (minimum levetid brønnpark). Per i dag er utslippskonsekvensen av 1 kWh på marginen høyere, men forventes å gå ned over tid. Denne faktoren er imidlertid usikker og det finnes ikke noe fasitsvar på nøyaktig hvilken faktor som er rett her. Men det kan argumenteres godt for at en eller annen marginalbetraktning er det som bør legges til grunn for beslutninger som påvirker energiforbruket.

Marginal utslippsintensitet per kWh fjernvarme varierer fra omtrent 2 til 336 gram CO<sub>2</sub>-ekvivalenter over året, basert på opplysninger om innfyrt brensel per måned for fjernvarmesystemet i Trondheim for 2016. Mai-September hadde i 2016 svært lav marginal utslippsintensitet, forårsaket av at det ble brent mer søppel enn behovet for varme. Men vår/høst-faktorene er nok sannsynligvis sensitive for år-til-år variasjoner i klima. Vi bruker derfor en noe forhøyet faktor på 10 gram per kWh for den gjennomsnittlige sommervarmen som brukes for å lade opp sesonglageret.

Sum reduserte utslipp per år (etter prosjektet er gjennomført):

- Reduksjon på 11,8 GWh strøm
- Reduksjon på 14,7 GWh vinterfjernvarme
- Økning på 10,5 GWh sommerfjernvarme til lading av sesonglager (regnet som overskudd på marginen i dagens fjernvarmenett)
- Sum estimert reduksjon i klimafotavtrykk: **5193 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/år**

Det er foreløpig ikke beregnet utslippsbesparelser knyttet til utjevning av effekt ved lagring over kortere tidsrom enn sesong. Det er usikkert om dette vil ha påvirkning på utslipp annet enn i de tilfellene lagring medfører utnyttelse av spillvarme.

Samtidig vil det å øke fleksibiliteten i forbruket legge til rette for mer uregulerbar fornybar energi i kraftsystemet, samt utnytte eksisterende infrastruktur bedre og gjøre behovet for investeringer i kraftnettet mindre.

## 6 Vedlegg

**F.1.1** *NTNU Campusutvikling. Miljønotat. Tomte vurdering. Klimavurdering av tomtealternativer.* Bård Solem, Eggen Arkitekter (2018).

**F.1.2** *Kartlegging av energi og passive tiltak – campus Gløshaugen.* Jens Tønnesen, Alexander Borg og Peter Bernhard, Asplan Viak AS (2018).

**F.1.3** *Potensial for lagring og styring av energiproduksjon og -forbruk – campus Gløshaugen.* Alexander Borg, Peter Bernhard, Henrik Holmberg og Jens Tønnesen, Asplan Viak AS (2018).

**F.1.4** *Campus Gløshaugen - egenproduksjon energi.* Håvard Fjerdrumsmoen, Torgeir Viking Skiple, Bjørn Thorud og Marte Wigen Nilsson, Multiconsult AS (2018).

**F.1.5** *Nullutslippsområder i smarte byer: Definisjon, nøkkelindikatorer og vurderingskriterier.* Marianne Kjendseth Wiik, Selamawit Mamo Fufa, John Krogstie, Dirk Ahlers, Annemie Wyckmans, Patrick Driscoll, Helge Brattebø og Arild Gustavsen, ZEN (2018).

**F.1.6** Muthanna, Tone M., Edvard Sivertsen, Dennis Kliewer and Lensa Jotta (2018): “Coupling Field Observations and Geographical Information System (GIS)-Based Analysis for Improved Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) Performance“, *Sustainability* **2018**, *10*(12), 4683; <https://doi.org/10.3390/su10124683>