

Energiutredning Granåsen hverdagsanlegg - Sluttrapport konseptutredning

Konseptutredning for innovative energi- og klimaløsninger i bygg, områder og energisystem



Innhold

1 Sammendrag	4
2 Søker	7
2.1 Forankring i egen organisasjon	7
2.2 Partnere i utredningen	8
3 Prosjekt	10
3.1 Granåsen i framtida	12
3.2 Konseptutredningen	13
3.3 Gjennomføringsmodell	14
4 Teknologi	15
4.1 Problemstilling	15
4.2 Mulige teknologier for energiforsyning og -lagring	17
4.3 Definerte mål for innovasjon i Granåsen	18
4.4 Utredning av nye teknologiske konsept	18
4.4.1 Tema 1: Spredenett og kommunikasjon	19
4.4.2 Tema 2: Effektstyring og energilager	20
4.4.3 Tema 3: Automatisering, sensorer og driftskontroll	27
4.4.4 Utfordring A: Redusere topplast i hverdagen	28
4.4.5 Utfordring B: Unngå dieselaggregat under store arrangement	30
4.4.6 Utfordring C: Riktig teknisk infrastruktur	31
4.4.7 Utfordring D: Framtidsrettet automasjonsdesign for drift	32
4.4.8 De viktigste funnene i konseptstudien	33
5 Løsningens / teknologiens markedspotensial	33
6 Spredning, kompetanseformidling og kunnskapsgenerering	34
6.1 Involvering av norske teknologimiljø og utdanningsinstitusjoner	34
6.2 Spredning av kunnskap og resultater fra konseptutredningen	35
6.3 Aktiviteter som planlegges gjennomført i etterkant av utredning	35
7 Risiko og risikodempende tiltak	35

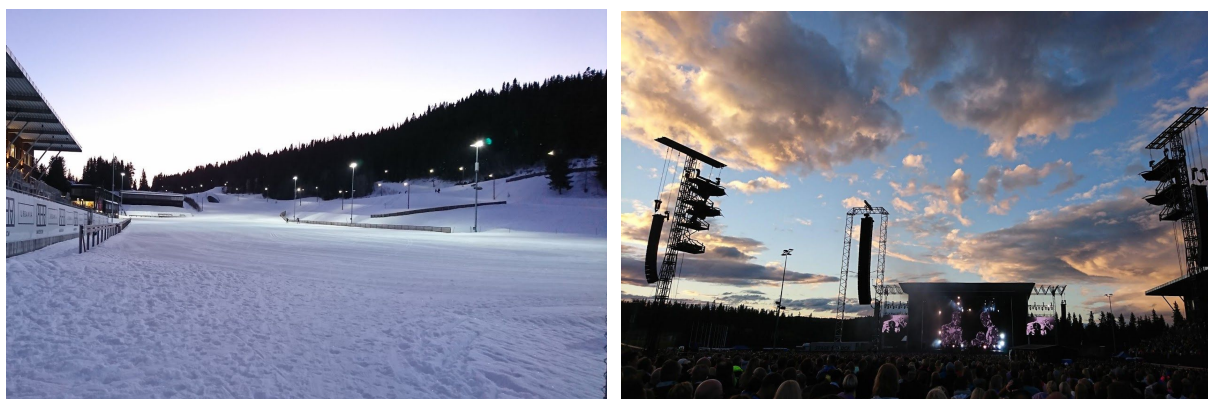
8 Oppsummering	35
8.1 Granåsen Microgrid	36
8.2 Granåsen Smart Drift	36
8.3 Andre relevante pågående prosjekt	36
8.4 Veien videre	37

1 Sammendrag

Bakgrunn

Granåsen idrettsanlegg er i dag Midt-Norges viktigste anlegg for nordiske grener. Anlegget er et populært hverdagsanlegg for hele byens befolkning og fungerer også som konkurranse- og treningsanlegg for toppidretten. Hvert år arrangeres verdenscup i hopp og i 1997 ble det arrangert VM på ski i nordiske grener. I de siste par årene har anlegget også fungert som konsertarena for store artister som Bruce Springsteen og Robbie Williams.

Fram mot et eventuelt VM er det planlagt utbygging og rehabilitering av anlegget slik at det kan fortsette å fungere godt som et bredde- og toppidrettsanlegg og som en allsidig arena for aktivitet, friluftsliv og kultur. Anlegget skal bygges ut uavhengig av om Trondheim tildeles VM.



Figur 1: Eksisterende situasjon i Granåsen idrettsanlegg som hverdagsanlegg vinter og konsertarena sommer.



Figur 2: Illustrasjon av framtidig situasjon i Granåsen idrettsanlegg (Illustrasjon: Pir II AS)

Trondheim kommune legger stor vekt på at prosjektets utbyggings- og driftsfase skal gjennomføres med minst mulig miljøbelastning. I denne forbindelse er det ønskelig å utvikle en miljø- og energiplan for området hvor man

ut i fra brukernes behov og Trondheim kommunes overordnede klima og energimål i Kommunedelplan energi og klima 2017-2030, ser på konkrete løsninger og konsepter for utbyggingsprosjektet.

Det er laget en områdeplan for Granåsen. Gitt Trondheim kommunes ambisiøse mål på klima- og energiområdet, må det tas i bruk innovative løsninger, særlig for energi og mobilitet i forbindelse med detaljreguleringen for området.

Med bakgrunn i de store variasjonene i energiforbruk og effekttopper, utforsker konseptutredningen hovedsakelig fornybare og energieffektive energiløsninger.

Gjennomføringsprosess

I konseptutredningen har Trondheim kommune samarbeidet med ti partnere. De fleste av disse er private selskap med spisskompetanse innen elektro og automasjon (inkludert fornybar energi, energilagring, smartgrid, microgrid, ladesystem og batteriteknologi). Koblet sammen med NTNU SIAT som fagstøtte innen idrettsanlegg og teknologi (blant annet snøproduksjon og andre prosessanlegg), samt de øvrige partnernes mer generelle bygg- og anleggskompetanse har dette vært en god konstellasjon for å få fram nytenkning innenfor relevante tema og problemstillinger.

Gjennomføringsprosessen ble organisert som arbeidsmøter med ulike tema for nye teknologikonsept, der aktuelle partnere har bidratt med sin spisskompetanse i forbindelse med forberedelser, gjennomføring og oppsummering i etterkant. Formålet med arbeidsmøtene var å få fram en god bredde av idéer og muligheter innen ulike tema gjennom forberedte innlegg og plenumsdiskusjoner. Antall arbeidsmøter og tema ble begrenset til disse:

1. Spredenett og kommunikasjon
2. Effektstyring og energilager
3. Automatisering, sensorer og driftskontroll

Gjennom arbeidsmøtene ble det blant annet tydeligere hva slags datagrunnlag som var nødvendig å fremskaffe for å kunne jobbe grundigere med problemstillinger knyttet til fornybare og energieffektive energiløsninger.

Avslutningsvis ble det gjennomført en workshop for å samle trådene. De ulike aktørene ble da organisert i grupper som jobbet med ulike tema og problemstillinger for å utarbeide forslag til nye teknologiske løsninger og tiltak for gjøre framtidens Granåsen til et driftsmessig energieffektivt og energismart anlegg både til hverdags og fest.

1. Tiltak for å unngå topplast i hverdagen
2. Løsninger for å unngå dieselaggregat under store arrangement
3. Forslag til teknisk infrastruktur
4. Design for drift

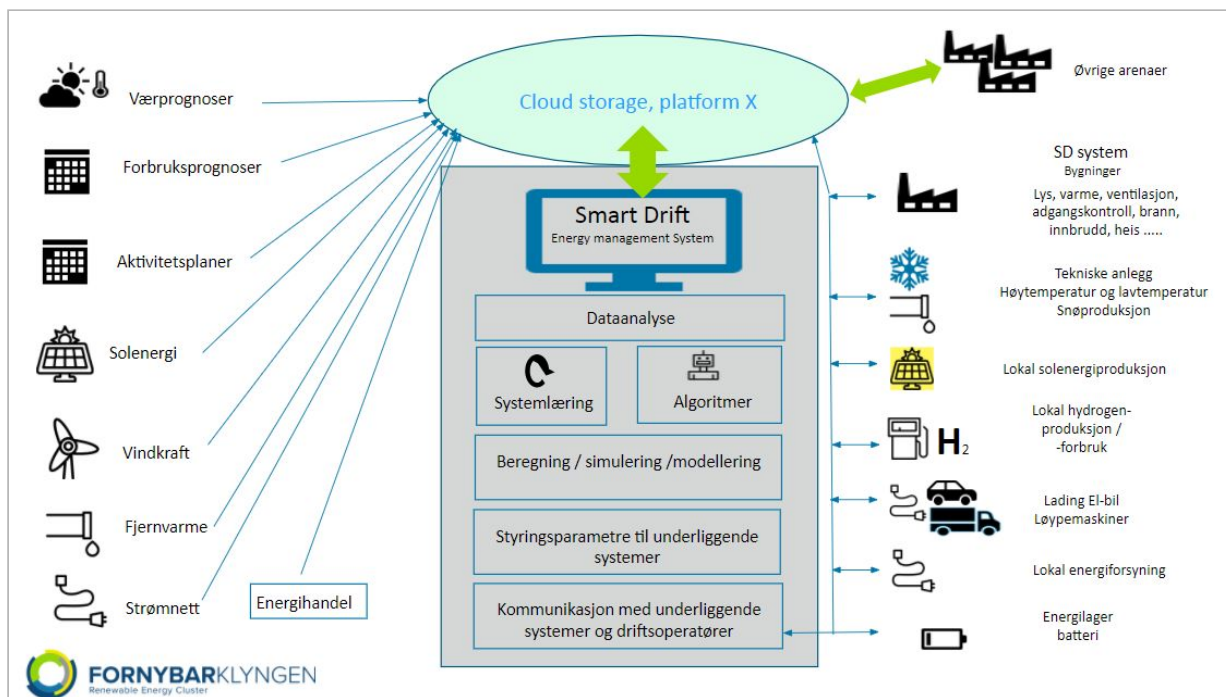
Funn, anbefalinger og veien videre

Det er svært variabelt effektbehov i Granåsen. Mindre effekttopper er både knyttet til gjentakende ukentlig hverdagsaktivitet, mens større effekttopper er knyttet til sesongaktivitet som snøproduksjon og mindre arrangement, samt større enkeltstående begivenheter som Raw Air og konserter. Det er Raw Air som i dag gir den høyeste av disse årlige effekttoppene.

I hverdagen vil god automasjon, med måling av forbruk på et detaljert nivå sammen med værprognoser, danne grunnlag for bedre planlegging og styring i den daglige driften av anlegget. Det antas at det er mye å hente på dette når det gjelder generell reduksjon av forbruk og effekttopper, både nå og i framtidig driftssituasjon. I framtiden vil i tillegg elektrifisering av kjøretøy og maskiner (f eks løypemaskiner) føre til nye effekttopper og økt behov for ladekapasitet. For å kunne redusere både energiforbruket og effekttoppene er det behov for å utvikle en helhetlig og intelligent driftsløsning "*Granåsen Smart Drift*".

Når det gjelder de store arrangementene vil disse aldri foregå samtidig med eksempelvis snøproduksjon. Det er likevel aktuelt å supplere med batteriløsninger for å jevne ut de aller største effekttoppene for begge deler. Ut over dette er forsyningsikkerhet under store arrangement et krav for å unngå bruk av dieselaggregat.

I tillegg til Trondheim kommune er det også aktuelt for private aktører å etablere sin virksomhet i Granåsen. Dette betyr at det vil være mange ulike eiere som til sammen bidrar til det totale energiforbruket og de medfølgende effekttoppene i framtiden. En fragmentert eierstruktur med mange ulike abonnement og avtaler vil være et hinder for å oppnå ønsket reduksjon av forbruk og effekttopper. Organisering av og eierskap til et mulig framtidig "Granåsen Microgrid" inkl evt energiproduksjon blir viktig, for å oppnå ønsket helhetsløsning på veien mot et nullutslippsområde.



Figur 3: Prinsipp for hvordan et microgrid og smart drift kan fungere som system (Illustrasjon: Fornybarklyngen)

Konseptutredningen vil kunne legges til grunn for innovative anskaffelser i den videre utviklingen av Granåsen og kan bli en sterk driver for flere utviklingskontrakter i regionen framover. Utredningens funn og anbefalinger er også relevant for utviklingen av eksisterende og nye idrettsanlegg både i Trondheim kommune og andre steder, med tanke på fornybare og effektive energiløsninger.

2 Søker

Trondheim kommune står i prosjektet som søker og utbygger av Granåsen. Til grunn for søknaden ligger et sett strategier og mål bl.a. vedtatt i Kommunedelplan energi og klima 2017-2030.

2.1 Forankring i egen organisasjon

Alle investeringsprosjekter, og arbeid med energi- og klimaløsninger, forankres i kommunens overordnede planer. Selve utbygging av Granåsen, fase 1-3, ble vedtatt i Trondheim Bystyre 15. juni 2017 med en totalramme på 980 millioner kr.

Klima og energimål for Trondheim

Kommunedelplan for energi og klima 2017-2030 ble vedtatt av Bystyret i Trondheim 18. mai 2017, og setter ambisiøse mål for det grønne skiftet. Som Norges teknologiske hovedstad har Trondheim en ypperlig mulighet til å gå foran når det gjelder utvikling og anvendelse av ny teknologi og nye løsninger. Kommunedelplanen beskriver generelle og spesielle målsetninger som angår alle sektorer. Hovedmålene lyder som følger:

- Hovedmål for Trondheim by:
 - I 2030 er de direkte klimagassutslippene redusert med 80 % i forhold til 1991.
 - I 2030 er stasjonær energibruk i bygg og anlegg på samme nivå som i 2013 (ca 3,5 TWh). Dette tilsvarer en 20 % reduksjon i forbruk per person.
 - I 2020 er Trondheim et forbilde og en samarbeidsarena for grønn verdiskaping og utvikling av klimavennlige teknologi og levemåter.
- Hovedmål for Trondheim kommunes virksomhet:
 - I 2030 er de direkte klimagassutslippene i Trondheim kommunes virksomhet redusert med 100 % i forhold til 2012.
 - I 2020 er virksomhetens energibruk redusert med 7 % i forhold til 2017.
 - Klimafotavtrykket til større investeringsprosjekter i Trondheim kommune skal reduseres med 30 % i forhold til sammenlignbare referanseprosjekter, forutsatt at livssyklus kostnadene ikke øker vesentlig.
- Sektormål - Produksjon og distribusjon av energi:
 - Direkte klimagassutslipp fra energiproduksjon skal være null innen 2030.
 - Det skal produseres mer fornybar energi i Trondheim.
- Sektormål - Bygg og anlegg:
 - I 2030 er direkte klimagassutslipp fra bygg og anlegg 80 % lavere enn i 1991.
 - Trondheim vil ha full utfasing av bruk av fyringsolje i boliger og næringsbygg innen 2020.
 - Det skal etableres forbilledlige områder for energi- og klimavennlige bygg og bydeler, også nullutslippsområder, i Trondheim.
- Sektormål - Næringsliv, teknologi og det grønne skiftet:
 - Bidra til grønn næringsutvikling i byen og regionen
 - Trekke med næringsliv og FoU institusjoner i arbeidet med å oppfylle lokale energi- og klimamål
- Sektormål - Klimatilpasning:
 - I 2030 er Trondheim robust for å møte framtidige klimaendringer
 - Arbeidet med klimatilpasning skal bidra til utvikling av klimasmarte og attraktive byområder 2.1.2 SEAP – Strategic Energy Action Plan Trondheim

SEAP - Strategic Energy Action Plan Trondheim

Formelt godkjent av Covenant of Mayors juni 2010 – Hovedmål CO₂-reduksjon: 43 %

Strategi for forskning, utvikling og innovasjon

For universitets- og høgskolekommunen Trondheim er følgende strategier vedtatt for 2014-2018:

1. Fagmiljø: Styrke og samordne FUoI-kompetansen.
2. Ressurser: Utnytte virkemiddelapparatet innenfor prioriterte satsningsområder.
3. Kunnskap: Systematisk evaluering og læring.
4. Systemer: Felles plattform for kunnskapsledelse.
5. Kommunikasjon: Vise bredden i oppgaver og faglige problemstillinger.
6. Ledelse: Innrette virksomhetsstyring slik at innovasjon fremmes.

Strategisk næringsplan for trondheimsregionen 2017-2020

Strategisk næringsplan er et verktøy for å øke verdiskapingen i Trondheimsregionen. Planen skal gjøre regionen vår til et enda bedre sted å bo, arbeide og etablere virksomhet i framtida, med følgende mål:

- Trondheimsregionen skal være best på å utvikle eksisterende og starte nye bedrifter i samspill med forsknings- og utviklingsmiljøene (FoU)
- Trondheimsregionen skal ha de mest næringsfremmende politikerne og kommuneadministrasjonene i Norge
- Trondheimsregionen skal være området i Norge hvor det er lettest å utvikle eksisterende og starte nye bedrifter
- I 2025 skal Trondheimsregionen ha 1.000 teknologiselskaper med 20.000 ansatte
- Trondheimsregionen skal være den mest attraktive storbyregionen i Norge

2.2 Partnere i utredningen

Trondheim kommune har tett samarbeid med flere aktører om Granåsen. For å tilknytte oss rett kompetanse til dette prosjektet, inviterte vi til et dialogmøte. Her beskrives de partnere som ønsket å bli med videre i prosjektet.

SIAT – Senter for idrettsanlegg og teknologi er ekstern fagstøtte og partner i prosjektet. SIAT er et forskingssenter lokalisert ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Fakultet for ingeniørvitenskap på NTNU. SIAT driver forskning, utdanning og formidling innenfor temaet idrettsanlegg, med stor vekt på energikrevende anlegg som svømmehaller og ishaller. Typiske problemstillinger SIAT tar for seg er hvordan ulike tekniske løsninger kan settes sammen for å oppnå best mulig energieffektivitet og reduksjon i klimagassutslipp i bygge- og driftsfase. I løpet av de siste årene har SIAT etablert seg som en ikke-kommersiell prosjektpartner for kommuner og idrettslag som planlegger bygging av idrettsanlegg. SIAT tar med seg forskningsbasert kunnskap inn i samarbeidet og jobber tett med byggherren for å utvikle gode løsninger i prosjektet. Samarbeid med byggherrer gjør at SIAT får tilgang til nye erfaringstall, konsepter, driftsdata o.l. som kan brukes til videre forskning. En viktig del av arbeidet er utprøving av nye konsepter og tenkemåter.

Siemens har en betydelig produktportefølje innen fornybar energi, fornybare energisystem, distribuert fornybar energi, energilagring, integrerte fornybare energisystem, automasjon, smartgrid og microgrid-system, ladesystem for elbiler og –busser m.m. Siemens har en egen Energy Management Division som fokuserer på integrerte smartløsninger.

ABB har som Siemens en betydelig produktportefølje innen fornybar energi, fornybare energisystem, distribuert fornybar energi, energilagring, integrerte fornybare energisystem, automasjon, smartgrid og microgrid-system, ladesystem for elbiler og –busser m.m. De har en egen Smart Community-avdeling og satsing i Norge, og inngikk for få år siden en global strategisk samarbeidsavtale med Microsoft. Porteføljen omfatter også software-system.

Pir II arkitekter ble etablert i Trondheim i 1994. De dekker alle fagområder og prosjektfaser i byggeprosjekter. Pir II har et sterkt engasjement for miljø og har mottatt flere priser for prosjekter med energi og miljøbevisst arkitektur. Blant disse er Trondheim kommunes byggeskikkpris for Brattøra friområde med Svingbrua og Sjøbadet. Og WAN-awards for bruk av tremateriale, NINA-bygget på Lerkendal. De mottok også 2. premie, Statens byggeskikkpris for Rockheim.

ÅF Engineering har et arbeidsfellesskap sammen med Pir II for gjennomføring av planfase i Granåsen. ÅF Engineering representerer ledende fagmiljø i Midt-Norge og kan tilføre prosjektet både kompetanse og støtte i interne fagressurser.

Fjeldseth er entreprenør innen elektro. De hadde ansvar for alt av elektro under VM på ski i 1997 og kjenner anlegget godt. De er utførende og prosjekterende innen elektro, EKOM, automasjon og sikkerhet og har kompetanse innenfor smarte energiløsninger.

Guard Automation er leverandør av tjenester og produkter innenfor automasjon og systemintegrasjon. Guard har vært involvert i flere OFU-prosjekter på automasjon i idrettsanlegg, deriblant Holmen bad, Østfoldbadet, Risenga og Atlanten idrettspark. I alle prosjekter er også SIAT involvert.

Eltek er en teknologibedrift innen kraftelektronikk og strømforsyning. Hovedkontoret og FoU-senteret ligger i Drammen, med til sammen ca 200 personer. I dette prosjektet vil Eltek være rådgivere innenfor batteriteknologi og lagring av strøm for reduksjon av effekttopper og dermed reduksjon av investeringskostnader i strømnettet .

Winns jobber med forskning, utvikling, prosjektering og produksjon av kuldetekniske systemer og løsninger for on- og offshoremarkedet. Selskapet har utvikling, prosjektering og produksjon for det norske og internasjonale markedet i Trondheim (Norge). Winns er i dag landsledende innen utvikling av systemer med naturlige kuldemedier som CO₂, propan og butan. (Kilde: winns.no)

Fornybarklyngen er en næringsklynge i Midt-Norge der medlemmene er hentet fra forsknings- og undervisningsmiljø, konsulentvirksomhet, entreprenør og industri. Klyngens bærende strategi er å være en arena for utvikling av markedet for fornybar energi.

I forbindelse med utredningen er det inngått avtale om Innovasjonspartnerskap for *Energiutredning Granåsen hverdagsanlegg* med samtlige partnere fra søknaden. Avtalene omfatter konseptutvikling av energiløsninger.

For å utvikle og realisere *Granåsen Microgrid* vil det i tillegg være nødvendig å inngå leieavtale mellom grunneiere/byggeiere og kraftleverandør for leie av grunn- og byggflater til solcelleanlegg eller solfangere og energilager. Dette vil bli gjort på et senere tidspunkt.

3 Prosjekt

Granåsen ligger sørvest i Trondheim og er inngangsport til Bymarka fra sør.

Granåsen skisenter er Midt-Norges viktigste anlegg for nordiske grener (hopp, langrenn, kombinert) og skiskyting. I 1997 ble VM på ski i nordiske grener arrangert her og i perioden 1997-2016 er det gjennomført årlige World Cup-konkurranser i hopp. World Cup i langrenn og kombinert er også arrangert gjentatte ganger. Siste World Cup i langrenn fant sted i 2009.

I tillegg til å være et anlegg for toppidrett, er Granåsen et av de mest brukte skianlegg for barne- og breddeidrett i landsdelen. Det er dessuten inngangsport til Bymarka, Trondheims viktigste utfartsområde for trening, rekreasjon og friluftsliv, sommer og vinter. Sommeren 2016 spilte Bruce Springsteen for 40 000 tilskuere i anlegget og åpnet med det Granåsen som arena for store konserter. Sommeren 2017 var Robbie Williams artist i Granåsen.



Figur 4: Granåsen i Trondheim

Anlegget trenger generelt betydelige oppgraderinger for å kunne fungere godt som hverdagsanlegg og for å tilfredsstille kravene til et internasjonalt skisenter.

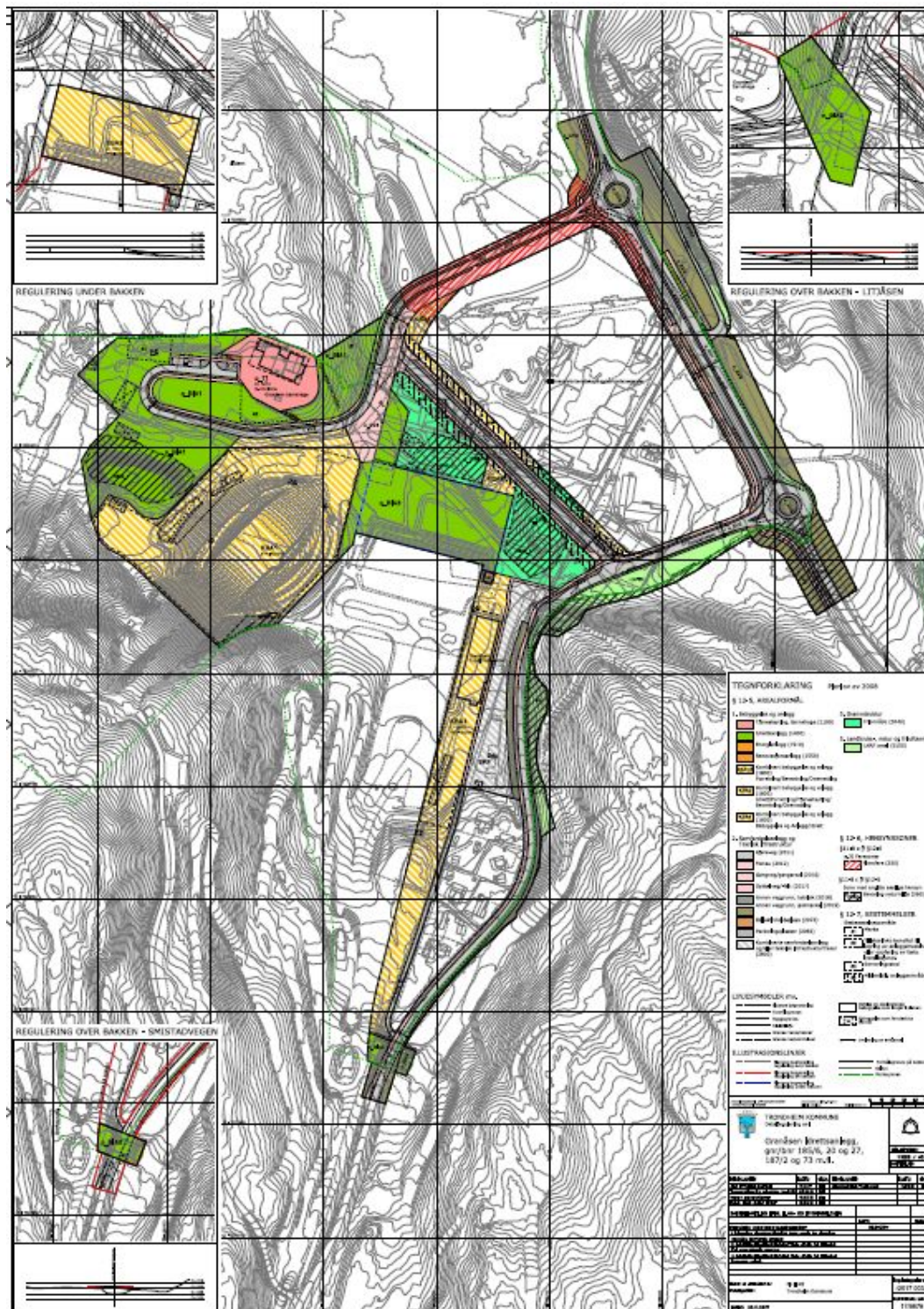
I 2013 ble Toppidrettssenteret i Granåsen ferdigstilt. Her er Olympiatoppen Midt-Norge og NTNU Senter for Toppidrettsforskning lokalisert. Treningscenter, turnhall, legesenter og klinikk for fysioterapi finnes også i Toppidrettssenteret. Etableringen av toppidrettssenteret har medført økt aktivitet og større mangfold. Nærmere 50 personer har nå sin arbeidsplass i Granåsen og koblingen mellom toppidrett, forskning, aktivitet og helse er blitt sterk og synlig.



Figur 5: Området Granåsen vist som flyfoto.

3.1 Granåsen i framtida

Den pågående områdereguleringen og utbyggingen av anlegget åpner mange nye muligheter.



Figur 6: Planforslag Granåsen idrettsanlegg.

Granåsen skal utvikles som hverdagsanlegg og som regionens toppidrettsanlegg for nordiske grener og skiskyting. Utbyggingen skal stimulere til økt aktivitet for å fremme folkehelse og være i samsvar med Trondheims ambisiøse miljø-, klima-, og energiplaner. Utvikling av anlegget og fremtidig bruk vil gjennomføres i et offentlig-privat samarbeid. Utviklingen av anlegget skal dekke opp for de behov et arrangement av et slikt format krever, men det

vektlegges at anlegget skal være et anlegg for fremtiden, ikke utelukkende knyttet til ski-VM. Granåsen vil også i fremtiden kunne bli en konsertarena i internasjonalt format.

Utvikling og utbygging er inndelt i 4 faser:

Fase 1, 2018-2019: langrennsfasiliteter

Fase 2, 2019-2020: hoppbakker

Fase 3, 2020-2021: fotballhall og mediesenter

Fase 4, 2021-2023: haller, bygningsmasse, annet

Fase 1 inkluderer også et omfattende anlegg for snøproduksjon.

Det finnes i dag 5 trafoer i Granåsen, to stk. à 800 KVA; en à 1000 KVA, samt en nettstasjon med to trafoer på til sammen 2500 KVA som stod ferdig våren 2016. De to nyeste trafoene er beregnet for store konsertarrangement, som har et betydelig effektbehov. Det aller meste av tiden blir ikke kapasiteten i disse benyttet; de vil imidlertid bli viktig for kommende utbygging i Fase 1 og 2. Totalt er altså ca 5100 KVA tilgjengelig i anlegget, som i utgangspunktet vil dekke behovet til og med Fase 2. Behov og evt løsninger for Fase 3 er ikke utredet.

Anlegget i Granåsen må dimensjoneres for store effekt toppe når det skal bli fremtidens idretts- og konsertarena. Det gjør at man må dimensjonere stort. Effekttoppene er så store at enklere tilnærming og løsninger for "peak-shaving" ikke er tilstrekkelig. Snøproduksjon er også svært energi- og effektkrevende. Det er i dag vanskelig å anslå energiforbruk og effektbehov for anlegget innenfor de ulike utbyggingsfasene.

Høye investeringskostnader for å installere tilstrekkelig effekt gjør en "tradisjonell" tenking rundt energiløsninger i Granåsen lite kostnadseffektiv. Samtidig er det lagt til grunn en svært ambisiøs miljøplan der en ser mot "future-proof" løsninger på en rekke områder, samt at Trondheim kommune har ambisjoner om å gjøre nye Granåsen til et signalprosjekt når det gjelder flerbruk og energi og klima. Derfor må anlegget ha løsninger som gjør at man unngår situasjonen ski-VM i Falun i 2015, der FIS krevde å bruke diesellaggregat pga leveringssikkerhet med el-nettet som reserveløsning.

Alle disse faktorene samlet tilsier utvikling av energiløsninger for Granåsen som kan basere seg på nye fornybare løsninger, distribuert fornybar energi, energilagring, og integrerte fornybare energisystem. Anlegget blir svært krevende energi- og effektmessig også i takt med utbyggingen og nye funksjoner, der det er vanskelig å dimensjonere og prosjektere i forhold til energisiden. Det vil være svært viktig å få frem løsninger som også reduserer belastningsfaktoren (forholdet mellom faktisk energibruk og maksimal teoretisk energibruk basert på installert effekt, over en tidsperiode) så mye som mulig uten å overinvestere, noe som understreker behovet for integrerte nye fornybarløsninger. Dette understreker betydningen av å tenke bredt og bringe inn kompetanse fra et stort spekter av leverandører.

3.2 Konseptutredningen

Utredningen skal bidra til at Granåsen kan utvikles som en nyskapende arena med hensyn på god effekt- og energioekonomi, bærekraftige installasjoner og anlegg med lav levetidskostnad. Dette kan oppnås gjennom samordning av effekt- og energibruk for en samling av idrettsanlegg, offentlig og privat bygningsmasse samt infrastruktur.

Hovedmål

Mål: Et faglig solid og innovativt beslutningsgrunnlag for smarte og fremtidsrettede energiløsninger for Granåsen hverdagsanlegg som grunnlag for innovative anskaffelser og utviklingskontrakter.

Metodisk er dette gjort på grunnlag av forskning ved SIAT om energibruk i idrettsanlegg, modellering av energi- og effektbruk i et avgrenset område (microgrid) samt analyse av energibruk og energitilgang. Utnyttelse av solenergi er spesielt vektlagt.

Delmål

- Optimalisering av termisk og teknisk energiflyt mellom bygninger, inklusive bruk av termiske lager eller batteriteknologi for effektstyring.
- Utnytte solceller i et distribuert likestrømsnett for lading/uttak av energi
- Se distribuert fornybar energi i et bredere perspektiv – på tvers av ulike fornybarkilder
- Kartlegging av vannforbruk i idrettsbygg og – anlegg inklusive energianalyse, vurdere muligheter for gjenbruk av vann og energi og bruk av lokalt overvann
- Trekke inn snøproduksjon og andre aktiviteter preget av kort driftstid og høye effektuttak som element i analyse av maksimal effekt og mulige utjevningstiltak
- Fokuserer på integrerte system for fornybare energikilder (RESI)
- Utredning av samordnet system for automatisering og driftskontroll med vekt på effekt- og energistyring samt effektiv driftsovervåking

3.3 Gjennomføringsmodell

Et idrettsanlegg som Granåsen med tilhørende offentlige og private eiendommer må utvikles med basis i kjernevirksomheten, som er drift av idrettsarena tilrettelagt for store internasjonale kultur- og idrettsarrangement. Logistikk er et sentralt begrep i utviklingsprosessen, siden et sett aktører skal tilbys forhold som gir optimal opplevelse, utnyttelse og arbeidsforhold:

- Publikum
- Utøvere, støtteapparat, funksjonærer
- Media
- Teknisk drift, sikkerhet
- Ansatte i ulike virksomheter som er lokalisert i Granåsen
- Leverandører av varer til virksomhetene
- Offentlig infrastruktur

Det er lite kunnskap i Norge om tilrettelegging av slike funksjoner i områder med permanent virksomhet. Idrettsarenaer har i økende grad blitt preget av stor grad av midlertidige løsninger, alt fra telt som erstatter bygninger til generator for kraftforsyning.

Ambisjonsnivået for Granåsen er å etablere langt større grad av permanente installasjoner, noe som krever større omfang av utbygging og samtidig løsninger som gir bærekraftig økonomi uavhengig av de store arrangementene.

Foreliggende prosjekt er en del av konseptutviklingen, som er basert på eiers strategi for områdeutvikling, illustrert i figur 3.



Figur 7: Illustrasjon av en modell for gjennomføring.

Utviklingskontrakter

Idrettsbygg og -anlegg bygges ved hjelp av de klassiske gjennomføringsmodellene, alt fra totalentrepriser med arealregulering og planlegging, til prosjekter med delte entrepriser for de enkelte fag og tradisjonelle rådgiveroppdrag på byggherrens hånd. Spesialsystemer for idrettsanlegg, som kuldesentraler (termiske energisentraler), vannbehandlingsanlegg, snøproduksjon etc. kontraheres normalt som underentreprise eller integrert i en totalentreprisemodell. Automatisering er unntaket, der spesialsystem ofte tilbys med integrert

automasjon, men ikke samordnet med bygningen for øvrig. Et naturlig utfall av en vellykket konseptstudie kan være etablering av utviklingskontrakt for et prosjekt der et område med ulike bygninger og anlegg integreres med hensyn på optimal driftsøkonomi samlet sett.



Figur 8: Prosjektmodell for gjennomføring av utviklingskontrakter.

Eksempel på utviklingskontrakter kan være:

- Kombinert snølanse, solcelle og lysarmatur for distribuert snøproduksjon i arena- og løypenett. Konseptet utvikles av SIAT gjennom en masteroppgave sommer/høst 2017
- Modell for styring av snøproduksjonsanlegg basert på mikroklimamodell utarbeidet ved SIAT
- Drift av snølager inkl. utstyr for utlasting og transport av snø til arena basert på elektrisk motordrift
- Utforming av konsept for microgrid med virtuell portal for avregning av energiutveksling
- Idrettsanlegg i ZEN, effektiv gjenvinning, distribuering og lagring av termisk energi

4 Teknologi

Bakgrunn for initiativet til denne utredningen er forskning og prosjektbistand i SIAT de siste 4-6 år om energibruk i idrettsbygg. SIAT har et program for energibruk i idrettsbygg, der det er gjennomført ca 30 studentoppgaver (B.Sc.-M.Sc.) samt en Ph.d. innenfor temaet, knyttet til ulike bygg og anlegg.

4.1 Problemstilling

Gjennom studier av energikonsept for idrettsanlegg av ulike slag synes det klart at det finnes mye godt utstyr i markedet, men det er mer ujevnt på konseptforståelse.

Idrettsanlegg generelt, og store arenaer spesielt, har en ekstrem variasjon i effektbehov for termisk energi, men i enda større grad for elektrisk energi. Dette er spesielt knyttet til belysning og IT/media-relaterte effekter. Krav til reserveforsyning har tradisjonelt vært løst ved bruk av generatorer, enten som prime- eller standby-løsninger. Tradisjonell bygningsmasse er i all hovedsak avklart ved at dagens passivhus-konsepter gir gode skallkonstruksjoner, mens det er litt varierende med hensyn på tetthet og tekniske installasjoner. Behov for utvikling anses følgelig å være størst på tekniske installasjoner i og mellom bygninger, og interaksjon mellom installasjoner i ulike bygninger og anlegg.

Eksempelvis vil et World Cup-arrangement i hopp i Granåsen trekke 3-5 MW gjennom noen timer, en konsert av den typen som er gjennomført de siste to år 2-3 MW gjennom 3-5 timer. Tilsvarende vil snøproduksjon trekke ca

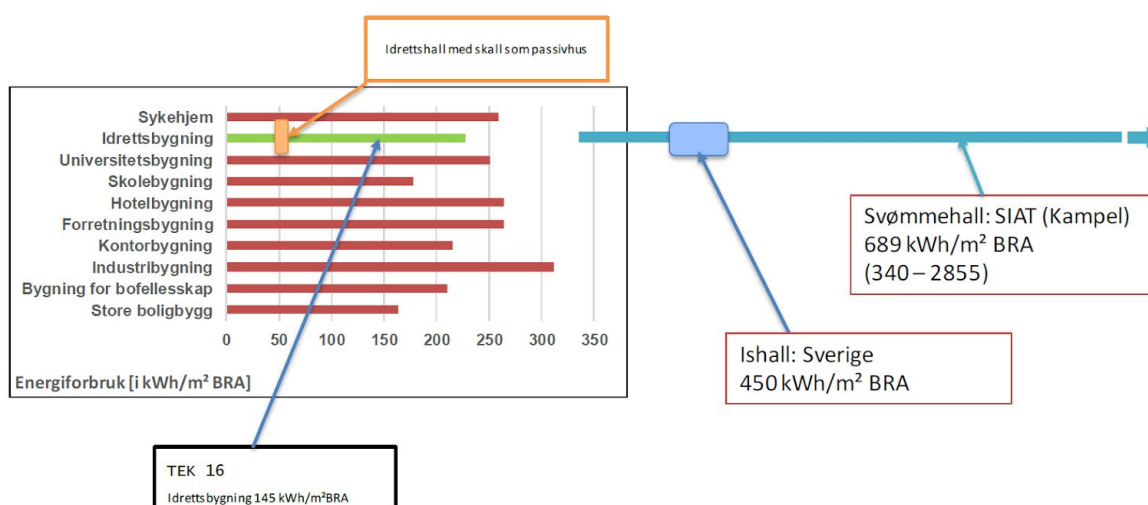
1MW i maksimalperioden, med en varighet på 1-2 uker avhengig av lokale klimaforhold og variasjon i vær og temperatur. Planlagt installert effekt for Granåsen etter full utbygging er i størrelsesorden 7 MW.

Granåsen ligger i en randzone i Trondheim, også med hensyn på infrastruktur. En omfattende utbygging av offentlig og privat bygningsmasse vil trolig tendere mot å øke grunnbelastning på eksempelvis elektrisk energi, mens arrangementene vil stå for en sterk økning i spisslast slik vi ser det i dag.

Det største potensialet når det gjelder teknologi synes å være på installasjoner, automasjon og driftskontroll knyttet til energibruk (termisk og elektrisk) og drift av bygninger og anlegg. Valg av grensesnitt, teknologi og interaksjon handler ikke bare om bygbarhet og drift, men enda mer om drivbarhet. For å få ned energikostnaden er det ikke nok å tilrettelegge for lavt energibehov. Utjevning av effektbehov, flere energikilder og energilagring vil i et samspill være en nøkkel for lavest mulig energikostnad.

Driftsoperatører i idrettsanlegg har en kompleks jobbsituasjon der teknisk drift, vedlikehold av inne- og uteareal inklusive tekniske systemer, samt brukerkontakt samles i samme rolle. Det er sjelden ressurser nok til å ha dedikert teknisk personell på drift, noe som naturlig leder til at slik kompetanse heller ikke blir tilgjengelig.

Det er et gjennomgående trekk ved idrettsbygg at normer og regelverk for bygg i liten grad kan benyttes som styringsmål uten tilpasninger. Enovas statistikk for energibruk i bygninger er benyttet som referanse, og eksempel på typiske idrettsbygg samt måltall for energi fra TEK (Byggteknisk forskrift) er vist i figur 6.



Figur 9: Eksempel på idrettsbygg og måltall fra TEK.

Energi- og effektbruk fra snøproduksjon i Granåsen, en hovedutfordring

Snøproduksjon er en aktivitet som kjennetegnes av kort driftstid og høye effekttopper i perioder hvor energibehovet ellers er høyt. Energiforbruken fra snøproduksjon over en sesong er ikke nødvendigvis så høy, men effekttoppene fører til effektavgifter som kan gi en faktisk strømpris på opp mot 8 kr/kWh (ref. Saupstad skisenter). Dette skyldes at energileverandørene har strømvtaler som innebærer månedlige effektavgifter. Et anlegg som Granåsen skisenter kan ha effektbehov opp til 1 MW bare til snøproduksjon. Med en slik løsning er det faktisk mindre kostnadskrevenne å investere i et dieseldrevet aggregat til snøproduksjon, og dette finnes flere steder, blant annet på Beitostølen og i Lahti (Finland). Det betyr også at anleggene motiveres til å produsere all snøen i samme måned, for å unngå effektavgifter for flere måneder.

Selv om snøproduksjon i utgangspunktet er en lite miljøvennlig aktivitet, er dette det klart mest effektive tiltaket for å sikre skiforhold når natursnøen uteblir. Det må tas i betraktning at skianleggene vil fortsette å produsere snø, og i økende omfang i takt med klimaendringene. Da er det svært viktig at produksjonen skjer på en mest mulig bærekraftig måte og at det produseres er så lite som mulig og samtidig så mye som kreves. Alternative tiltak som snølagring og høsting av snø er langt mer energikrevende og har ikke minst mye høyere utslipp av klimagasser grunnet utbredt bruk av tunge anleggsmaskiner. Viktigheten av å ha snø der folk bor må også understrekes, da

alternativet for mange blir å reise til snøen som igjen fører til utslipp. Trondheim og Oslo er i så måte de stedene i Norge hvor det er viktigst å ha sikre skiforhold, på grunn av det store befolkningsgrunnlaget i nærheten.

På grunn av få perioder med produksjonsforhold, settes alle snøkanoner i gang så fort det blir kaldt nok til å produsere snø. Under slike forhold er imidlertid oppvarmingsbehovet stort i bygningsmassene i Trondheim, og energiselskapene har en utfordring med å levere tilstrekkelig elektrisk effekt. En ulempe med dagens snøproduksjonsanlegg i Granåsen er at det må driftes manuelt. Det betyr at hver snøkanon må fraktes til ønsket sted, tilkobles elektrisitet og vann (og evt. trykkluft), matepumpe må startes og reguleres, ventiler må åpnes og høytrykkspumper og kompressorer må startes før snøproduksjonen kan startes. Dette medfører at:

- Opprigging tar i dag 4 timer med 6 personer i arbeid for å starte snøproduksjon i Granåsen.
- Regulering av vanntilførsel, flytting av produksjonsenheter, og problemløsning ved for eksempel tilfrysing av dyser gjør driften av snøproduksjonsanlegget særs utfordrende.
- Ettersom snøproduksjon krever mye personale (opp mot 30 stk. på det meste) motiveres øktene med snøproduksjon til å legges til normal arbeidstid, selv om de beste produksjonsforholdene ofte er på nattetid, og da er også behovet for elektrisk energi lavt i resten av anlegget.

Et fullautomatisert snøproduksjonsanlegg vil medføre store fordeler til anlegget i Granåsen ved at:

- Snøproduksjonsenhetene kan stilles inn til å starte med en gang det blir kaldt nok, og man slipper å miste verdifull tid til opprigging.
- Anlegget kan driftes fleksibelt, og alt utstyr (pumper, ventiler, dyser, kompressorer, produksjonsvinkel) kan styres sentralt. Dette medfører at snøproduksjon lettere vil kunne foregå på nattetid, når behovet for energi er lavt ellers i befolkningen.
- Man vil ha en bedre oversikt på produsert snømengde, opp mot snøbehov og man kan lettere unngå å produsere mer snø enn nødvendig.
- Det vil være enkelt å justere snøkanonene opp mot vindretning, og tap som følge av drift og driftstans vil kunne unngås.
- Ved å koble snøproduksjonsanlegget til resten av bygningsmassen og energisystemet i Granåsen, vil lokal effektregulering kunne gi en betydelig reduksjon av effekttopper.

Gode teknologiske løsninger for styring av energi- og effekttopper ved snøproduksjon, vil kunne være nyttig også i ulike arrangementssituasjoner. Snøproduksjon skjer dessuten aldri samtidig med gjennomføringen av et større arrangement.

4.2 Mulige teknologier for energiforsyning og -lagring

Termisk energi

Termiske energisystem i Granåsen antas forsynt med CO₂-basert varmepumpe som henter energi fra bergbrønn og leverer til lavtemperatur forsyningssystem. Det legges til grunn at all bygningsmasse skal oppføres som passivhus eller bedre, og følgelig med et helt marginalt behov for termisk energi til oppvarming.

Planlagt bygningsmasse i Granåsen vil kunne være både varme- og kjølebehov, noe et bergvarmelager er godt egnet til å betjene. Med en kombinasjon av snøsmelteanlegg og solfangeranlegg vil utvendige arealer kunne holdes snøfri i vintersesongen og lade geoenergilageret i sommerhalvåret. Et energisystem for termisk lagring kan også kombineres med en kunstisflate, et tilbud som vil øke attraktiviteten til Granåsen som flersportanlegg.

Elektrisk energi

For Granåsen som område er det en målsetting å etablere et mikrogrid med et ytre og indre marked for elektrisk energi. I det indre marked skapes elektrisk energi ved utstrakt bruk av solceller på takflater og andre overdekkede arealer. Energi distribueres i et lavvoltage DC-nett uten konverteringstap. Alt maskinelt utstyr har i utgangspunktet elektrisk drift, og batterier på kjøretøy kan dermed brukes som effektutjevner når maskin ikke er i drift.

- All belysning baseres på LED-teknologi med individuell behovsstyring og seksjonering for å minimere energibruk.

- Bruk av distribuerte batteripakker kombinert med store sentrale batteribanker jevner ut variasjoner i effektbehov og veksler strøm mot det ytre marked gjennom en virtuell portal.
- Avregning skjer ved effekt- og energimåling på vanlig måte, fordelt på alle forsyningslinjer inn i området. I det indre marked avregnes energi etter en økonomisk modell som må utvikles for området basert på effekt- og energiprofil for ulike laster (anlegg, bygninger, maskiner).
- Primærkilde for elektrisk energi er offentlig nett i området, med solceller som lokal forsyningskapasitet. Det antas at internbehov for energi tilsier at solceller i liten grad vil levere energi til eksternt nett, noe som øker verdien på produsert energi vesentlig ved at nettleien kan inkluderes ved beregning av energiverdi.
- Bruk av brenselcelle eller generator drevet med biogass kan bli vurdert som lastutjevning og reservekapasitet.

4.3 Definerede mål for innovasjon i Granåsen

Energihusholdning

- Utvikle nye produkter og konsepter for energihusholdning i et område med store lastvariasjoner
- Bruk av energi fra solceller til forsyning av lysanlegg og kjøretøyer
- Optimal drift av nærvarmeanlegg
- Termisk energilager
- Bidra til utvikling av nyskapende batteri for elektrisk energi
- Utvikle forretningsmodell for avregning av energibruk i et microgrid og mot eksternt nett

Reduserte kostnader

- Helhetlig plan for områdets energibruk skal gi mer effektiv logistikk og drift
- Styring av energikilder for å unngå effekttopper, både elektrisk og termisk
- Beskrive kontraheringsstrategi som forenkler grensesnitt, planlegging og igangkjøring
- Driftskontrollsystem for enklere driftsoppfølging
- Spart tid for tilsyn og vedlikehold

Økt utnyttelse av fornybare energikilder

For Granåsen vil mellomlagring av termisk energi i geoenergisystem bli vurdert med sikte på best mulig utnyttelse av tilført energi til kuldesentraler. Bruk av geoenergilager gir mulighet for mellomlagring av termisk energi og effektstyring av elektriske anlegg inklusive varmepumper og eventuelle elektrokjeler. Innhenting av solenergi fra flater med undervarme kan øke betydning av termisk energilager.

Bruk av solceller, ny batteriteknologi og elektrisk drevne kjøretøy gir lave overføringstap og høy verdi på lokalprodusert energi.

4.4 Utredning av nye teknologiske konsept

I konseptutredningen er det valgt å fokusere på ulike hovedtema for nye teknologiske konsept. Partnernes spisskompetanse har bidratt til å få fram en rik bredde av idéer og muligheter innen ulike tema gjennom forberedte innlegg i arbeidsmøter, plenumsdiskusjoner og oppsummering i etterkant. Utvalgte hovedtema er disse:

Tema 1: Spredenett og kommunikasjon

Tema 2: Effektstyring og energilager

Tema 3: Automatisering, sensorer og driftskontroll

Gjennom arbeidsmøtene ble det også tydeligere hva slags datagrunnlag som var nødvendig å fremskaffe for å kunne jobbe grundigere med problemstillinger knyttet til fornybare og energieffektive energiløsninger.

Avslutningsvis i konseptutredningen ble det arbeidet med forslag til nye teknologiske løsninger og tiltak for å gjøre framtidens Granåsen til et driftsmessig energieffektivt og energismart anlegg både til hverdags og fest. Dette er de konkrete tiltakene:

- Tiltak A: Redusere topplast i hverdagen
- Tiltak B: Unngå dieselaggregat under store arrangement
- Tiltak C: Riktig teknisk infrastruktur
- Tiltak D: Framtidsrettet automasjonsdesign for drift

4.4.1 Tema 1: Spredenett og kommunikasjon

Spredenett for kraftforsyning

Temaet omfatter konsept og komponenter til spredenett for ulike kraftkrevende installasjoner i Granåsen, både i bygninger, arena og ute i løypenettet.

- Muligheter for seksjonering, reserveløsninger (grid-struktur), styring og overvåking av kraftforsyning i anlegget. Det skal spesielt vurderes betydning av lastprioritering.
- Drøfting av behov for nett på ulike spenningsnivå, inkludert lav-voltsystemer for å redusere antall omformere med tilhørende analyse av levetidskostnad, driftssikkerhet og energitap. Spesielt lysanlegg.
- Tilrettelegging for midlertidige anlegg ved store arrangement (sommer/vinter) skal diskuteres. FIS sitt krav om reservekraft ved skiarrangement skal hensyntas.
- Konseptstudien skal inkludere kabelsystemer, forlegningsteknikker, behov for reservekapasitet i kabelnett, trekkerør/kummer etc.
- Nettet skal planlegges ut fra framtidige muligheter for småskala energiproduksjon (sol/vind/brenselcelle/cogen) sentralt eller i ytre deler av området.
- Studien bør på grunnlag av et estimert kraftbehov vise betydning av en variasjon i utbygd effektbehov på +/- 30%.

Spredenett for automatisering, styring og mediasystemer

Granåsen vil være et område med ekstrem variasjon i kapasitetsbehov for trådbundet og trådløs signalbehandling, der hverdagsanlegget og større konsert-/idrettsarrangement vil være ytterpunkter. Signalomfanget vil bl.a. omfatte styring og automatisering av ulike systemer som snøproduksjon, lysanlegg, tekniske systemer i hoppbakken, VA-installasjoner i området, samt energisentraler, og tekniske systemer i bygninger og anlegg. Det nevnes spesielt systemer for å ivareta sikkerhet i anlegget.

Den andre hovedgruppen av signaler er knyttet til media. Omfang må avklares mot teknologiprojektet i Granåsen, et sideordnet prosjekt med deltakere bl.a. fra NRK og andre mediabedrifter. Her inngår alt fra resultat-service, lyd, bilde, serverkapasitet og transmisjonssystemer ut mot eksterne nett. Videre vil trådløse systemer måtte vurderes, både rene publikumsrettede (telefoni, wifi), men også tjenestebehov som betalingssystemer, områdekart, klimavarsel mv. I tillegg kommer systemer for utøver/leder-kommunikasjon, både ved trening og arrangement.

Det anbefales at det legges til rette for framtidsrettet styring av alle anleggene i Granåsen. Allerede fra første utbygging er det da viktig å legge til rette for framtidig infrastruktur med nødvendige trekkerør og koblingskummer. Valg av prinsipp for hovedstruktur og systemer med konvensjonell kabling eller trådløse systemer, må gjøres ut fra krav til oppetid, sikkerhet, overføringskapasitet og kostnader.

Redundans i systemene er nødvendig for å oppnå økt oppetid og sikkerhet i anleggene. Flere systemer jobber da parallelt med samme oppgaver og speiler hverandre, slik at feil og bortfall ikke får konsekvenser for driften. Kabling med ring-redundans vil sikre en høy oppetid og er å anbefale for kritiske systemer/signal. Det blir færre switcher i et stjernenett, men vesentlig mer kabling.



Figur 10: Ulike prinsipper for organisering av teknisk infrastruktur.

Utfordringen med håndtering av **topologi og kommunikasjon** i den nye idrettsanlegget i Granåsen, er at man ikke har oversikt over hvilke fremtidige teknologier de forskjellige aktørene kommer til å bruke. Det må legges opp til føringsveier som i tillegg til å være mekanisk sterke har stor grad av fleksibilitet og endringsmuligheter. Rørpakker/grøfter gravd ned langs hovedføringene i anlegget med uttakskummer gjør anlegget sikret mot utbygginger som tradisjonelt ville krevd graving med de investeringer og arbeid slike operasjoner fører med seg. Størrelsen på disse føringsgatene må dimensjoneres ut fra bruksområde og antatt fremtidig behov.



Figur 11: Eksempel på trekkerør og uttakskum. (Fjeldseth)

4.4.2 Tema 2: Effektstyring og energilagring

Effektstyring

Temaet omfatter konsept og komponenter for effektstyring av ulike kraftkrevende installasjoner i Granåsen, både i bygninger, arena og ute i løypenettet.

Granåsen har i dag 4 nettstasjoner med 5 trafoer og en samlet kapasitet på ca 5,1 kVA. Nettstasjonene er fordelt i anlegget gjennom flere byggefaser, og fordelingsstruktur er sammensatt slik at flere trafoer leverer til samme område/anlegg (eks hoppbakke).

Virksomhetens art tilsier svært store variasjoner i effektuttak, på timebasis (konserter, hopprenn), ukebasis (snøproduksjon og mindre arrangement) eller generell virksomhet (belysning, bygningsdrift). Disse forbruksvariasjonene er godt dokumentert via kommunens innsynsverktøy for effekt og energi på de ulike målepunktene.

Fremtidig forbruk som vil påvirke konseptvalg vil være lading av kjøretøy som brukes i området, inkl. utstyr for løypepreparering og snøtransport.

I tråd med forventet endring i distribusjonskonsept for kraft, og endret rolle for netteier, må det vurderes mulige løsninger for samordning av trafodrift med sikte på lavest mulig total energikostnad - *effektforvaltning*.

Basert på et estimert kraftbehov må betydning av en variasjon i utbygd effektbehov på +/- 30% hensyntas. Granåsen vil være i utbyggingsfase de neste 3-4 år, og trinnvis utbygging må forutsettes. Det er en utvikling mot at lys- og lydsystemer blir mindre effektkrevende, og prosjektet skal beskrive status og trender med sikte på best mulig estimat for framtidig behov. Konseptvalg må ivareta en situasjon der eksempelvis solceller mater energi inn på nett i framtiden. Systemer for måling og avregning skal vurderes i lys av forventet endring i nettsystem når AMS-målere er installert og nye avregningsformer etablert.

Utjevning og lagring av elektrisk energi

Konsepter for lagring av elektrisk energi er i sterk utvikling både innen teknologi og kapasitet. For et område som Granåsen er dette spesielt interessant med hensyn på reduksjon av maksimaleffekt og mulighet for optimalisering av drift med sikte på lavest mulig energikostnad.

Dagens kraftmarked er i praksis å anse som virtuelt i den forstand at det eksempelvis her i Trondheim kan kjøpes kraft fra de fleste produsenter i det norske markedet. Tilsvarende kan det kjøpes «grønn» kraft fra ordinært nett, basert på en tilnærming om at grønn kraft kan mates inn i nettet og overføres til forbruker uten at det kan måles eller styres hvilken energi som faktisk tas ut. Andre muligheter kan være frakt av batteri ladet med energi fra en gitt kilde, eller omdanning av elektrisk energi til andre former (termisk/hydrogen etc) før forflytning.

For Granåsen vil lagring av elektrisk energi kunne tjene flere formål.

1. Reduksjon av maksimaleffekt i korte intervall for lys, pumper mv
2. Del av ladestasjon for kjøretøy/anleggsmaskiner
3. Pristilpasning ved at lading skjer i perioder av døgnet med lave priser
4. Energilager/bufring for lokalprodusert energi
5. Nødstrøm for kritiske forbruksenheter

Eierskap og drift av systemer for fordeling/lagring av kraft bli vurdert å skille ut som en egen kontrakt, om dette har markedsmessig relevans.

Dagen forbruks- og effektsituasjon

Granåsen har mange trafoer og strømabonnementer med svært varierende effektbehov, der hverdag og store arrangement er ytterpunktene. Trondheim eiendom - Byggteknisk stab har tilgang på statistikk for effektuttaket på samtlige strømabonnement gjennom året med timesoppløsning. Dette er imidlertid lite nøyaktige data for dimensjonering av nye løsninger, da effekttoppene kan være langt større i kortere perioder.

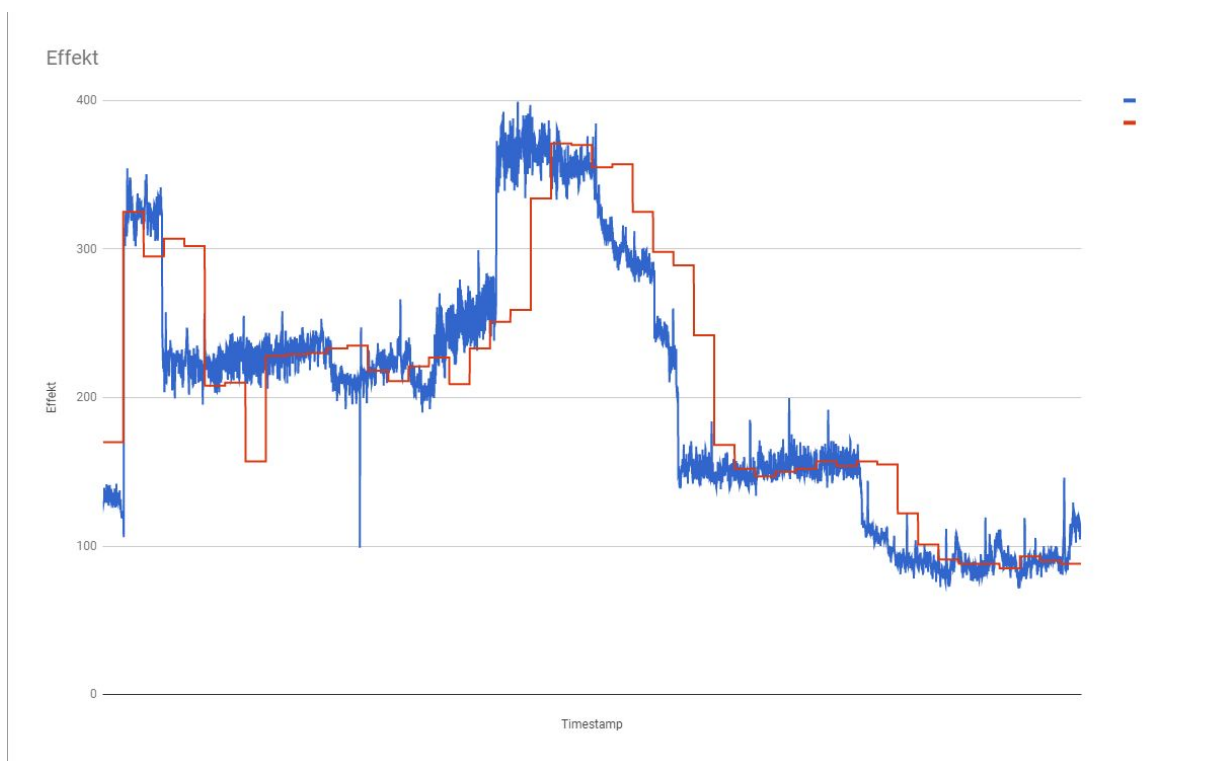
Trønderenergi har målt effektuttaket på to av trafoene (Trafo A og Trafo L) under RAW Air i mars 2018 med 30 sek oppløsning. NTNU-student Maren Haugland Hansen holde på å analysere lastprofiler som del av sin masteroppgave.



Figur 12: Forbruk og effekttopper i 2017 (Trondheim eiendom - Byggteknisk stab). Effekttoppene fordeler seg annerledes enn antatt på forhånd. Konserten har en relativt sett lavere topp enn forventet, mens snøproduksjon har en høyere topp. Raw Air ligger på topp som forventet.

Trafo	Beskrivelse av bruksmønster og ulike abonnement	Kapasitet	Årsforbruk 2017
Trafo L (Langrenn)	Trafo L er lokalisert i sørenden av p-plass ved langrennsbygget og leverer strøm til: <ul style="list-style-type: none"> • Bygningen ved langrennsstadion • Flere K-kasser ved p-plass • Smørebuer ved arrangementer • TV-produksjon langrenn • Lysløype Søremsåsen 	800 kVA	243 425 kWh
	Abonnement "barnas skidag" tilhørende Trafo L (Langrenn) <ul style="list-style-type: none"> • Barnas skidag • Mindre arrangement 		2 865 kWh
	Toppidrettssenteret - (eget privat abonnement)		Ingen data
Trafo H (Hopp - P.plass)	Trafo H er lokalisert vest for hoppbygget og leverer strøm til: <ul style="list-style-type: none"> • Kjølemaskin isanlegg ovarenn 120 • Lys - hopparena • Lys - konkurranse hoppbakke • Kommentatorbokser • Lagertelt • Nasjonsanlegg 14 faste brakker • 7 brakker p-plass • Heis rekruttbakke (eget abonnement) 	800 kVA	248 737 kWh
Trafo A (Hopp - Skåla)	Trafo A er lokalisert i enden av hoppeskåla og har det største elforbruket som dekker: <ul style="list-style-type: none"> • Snøproduksjon hopp • Lys - trening hopp • Lys -lysløype Nilsbyen • Skiheis • Lansepumper • Arenabygg hopp • Dommerbygget • Sparebankhytta (egen undermåler) 	1 000 kVA	419 356 kWh
	Abonnement snøproduksjon langrenn tilhørende Trafo A (Hopp - Skåla) og dekker snøproduksjon til langrennsarena		105 851 kWh
Ny Trafo 1	Ny Trafo 1 og 2 er lokalisert i en nettstasjon ved østsiden av skiskytterstadion og dekker elforbruket ved konserter.	1 250 kVA	9 879 kWh
Ny Trafo 2		1 250 kVA	9 681 kWh

Figur 13: Tabell viser nettstasjoner med trafoer og abonnement i Granåsen (Energiregulator - ÅF Engineering 2017) med kapasitet og forbruk (Byggteknisk stab) Trafoene i Granåsen har følgende kapasitet: to stk. à 800 KVA; en à 1000 KVA, samt to trafoer på til sammen 2500 KVA.



Figur 14: Sammenstilling av forbruk og effekttopper under Raw Air 2018 med timesoppløsning (Trondheim eiendom - Byggeteknisk stab) og 30-sek oppløsning (Trønderenergi)

Den blå linjen viser målerdata med 30 sekunders oppløsning, den røde linjen viser målerdata med 60 minutters oppløsning. Det er verdt å merke seg at variasjonen i topeffekt er ganske liten selv om oppløsningen økes fra 60 minutter til 30 sekunder, og målingene med 60 minutters oppløsning ser av og til ut til å være litt "forsinket", slik at forbruket tilsynelatende forskyves litt i tid.

Framtidens energilager

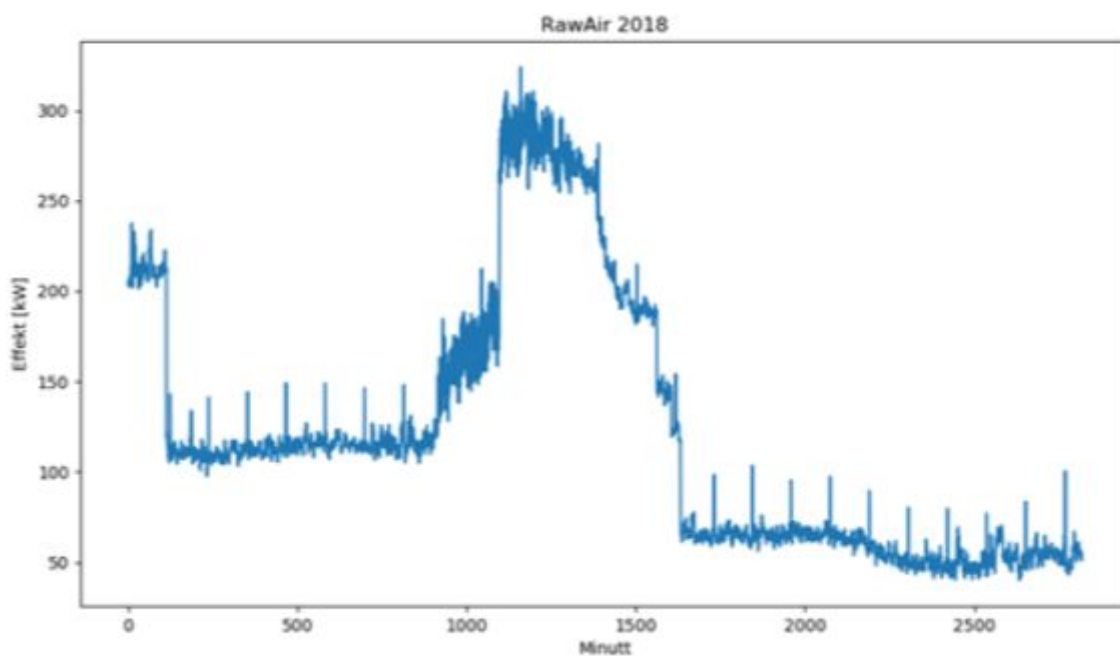
Et batteribasert energilager i Granåsen kan bli et utstillingsvindu for innovativ effektfleksibilitet for reduksjon av investeringskostnader, reduksjon av effektbaserte tariffer og for nødstrøm. Et batteribasert energilager er i utgangspunktet et enkelt system å inkludere i en overordnet energisystem-løsning for et område som Granåsen. Det som gjør det enkelt med et batteribasert energilager er bl.a.:

- Enkel tilkobling og lokalisering: Systemet kan kobles til med ett tilkoblingspunkt til lavspent-nettet hvor kapasiteten trengs, og med en enkel kommunikasjonstilkobling til eventuelt overordnet overvåkingssystem. Det kan plasseres både utendørs og innendørs.
- Enkelt å dimensjonere og skalere: Dimensjonering av effekt- og energibehov kan beregnes ut i fra historiske effektprofiler og prognoser for fremtidige profiler. Konseptet er skalerbart slik at dersom effekt- og energibehovet endrer seg, kan kapasiteten endres ved å enten skalere opp det enkelte energilagringssystem eller installere flere.
- Enkel hovedfunksjon: Systemet har en relativt enkel hovedfunksjon, nemlig å levere effekt ved effektbehov og lade batteriene ved tilgjengelig effektkapasitet.
- Raskt å installere: Energilagringssystem er i ferd med å bli kommersielt tilgjengelige som kan bestilles og installeres uten større utredninger eller leveringstider.

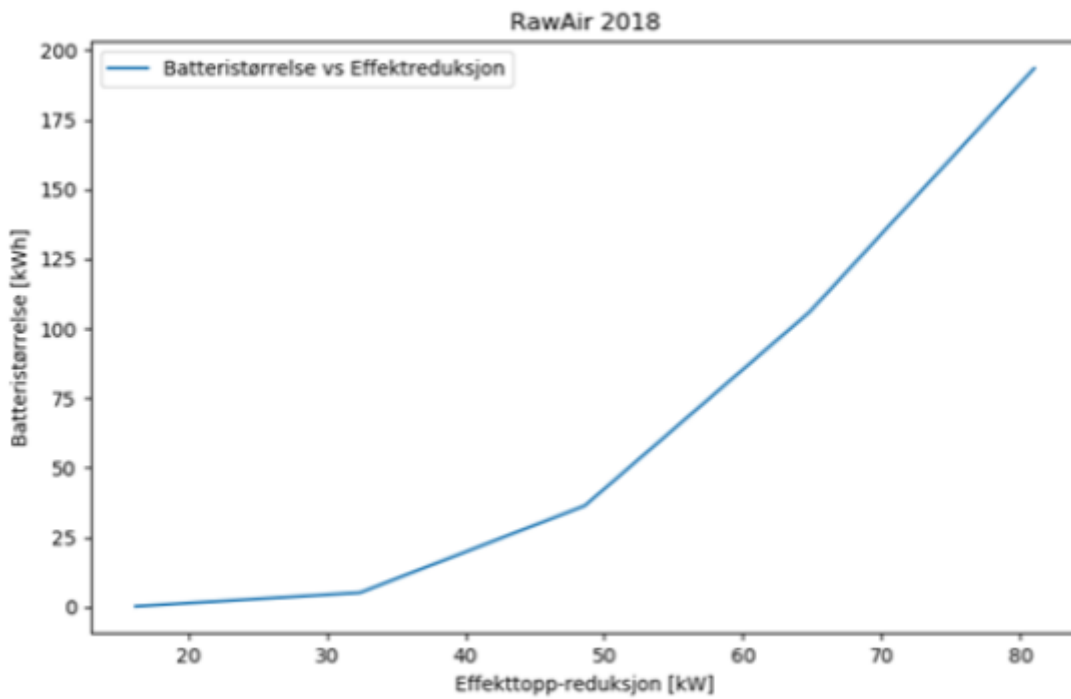
Selv om et batteribasert energilagringssystem i utgangspunktet er en enkel ressurs for effektfleksibilitet, er det likevel en del vurderinger som må foretas i det enkelte tilfelle for å spesifisere og utnytte et slikt system. Slike vurderinger er knyttet til:

- Funksjonelt: Systemet kan og bør kombinere flere funksjoner, som f.eks:
 - Reduksjon av effekttariffer

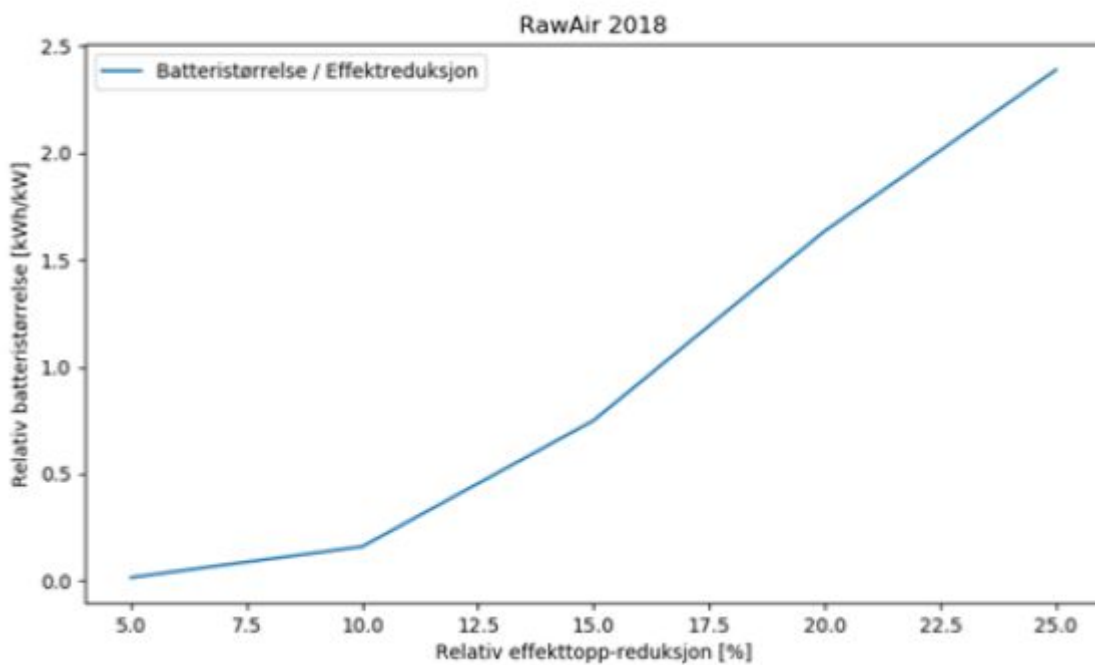
- Bidra til økt margin til effekt-kapasiteten til overliggende trafo
 - Bedre nett-kvaliteten, som spenningskvalitet, faseubalanse, spenningsprang
 - Øke egetforbruket av eventuell lokalprodusert solstrøm, dersom slik lokalt produsert solstrøm til tider overgår lokalt forbruk. For Granåsen vil dette trolig ikke være tilfelle i de neste fasene
 - Nødstrøm for kritiske forbruksenheter som må være tilgjengelige
 - Salg av effekt-fleksibilitet? I fremtiden kan nye aktører og forretningsmodeller etableres hvor effekt-fleksibilitet fra ulike anlegg, bl.a. med batterier, aggregeres og selges på ulike energimarkeder.
- Lokalisering: Energilagringssystemet kan plasseres på flere steder i lavspenningsnettet. Nyten av systemet vil imidlertid kunne variere med hvor systemet plasseres. Dersom systemet er ment for f.eks. spenningsstøtte eller nødstrøm, vil det legge føringer for hvor systemet bør plasseres. Om systemet plasseres utendørs eller innendørs avhenger av andre praktiske og eventuelt estetiske forhold. Det finnes brannforskrifter som må følges for bl.a. ventilasjon, merking og tilgjengelighet. Om nettet er IT-nett eller TN-nett vil kunne gi føringer for valg av energilagringssystem.
 - Batteritype- og kapasitet: Det må velges batterier med rett strømkapasitet (C-rating) og syklingsegenskaper/levetid for den spesifikke anvendelsen, og som også er harmonisert med den valgte vekselretter-kapasiteten.
 - Integrasjon: Selv om systemet må kunne driftes autonomt for noen basisfunksjoner, bør det også kunne kommunisere med overordnet styrings- og overvåkingssystem for anlegget. Her finnes det flere standarder som vil kunne spesifiseres og anvendes.



Figur 15: Effektdata fra Raw Air for NS-Skåla målt i kW i antall minutter etter kl 19:02. (Trønderenergi)



Figur 16: Analyse av dimensjonering av batterikapasiteten for å redusere effekttoppen et antall kW. (Eltek)

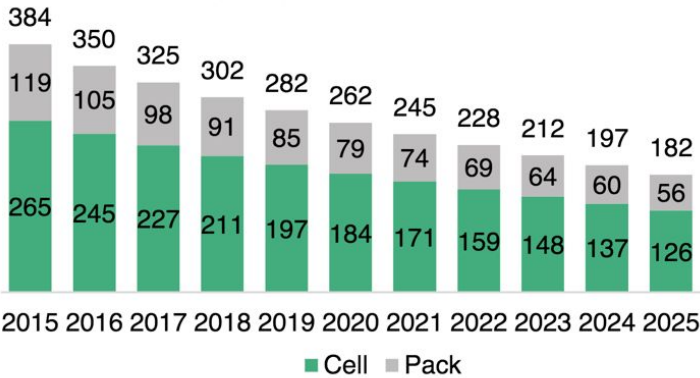


Figur 17: Analyse av relativ kWh/kW dimensjonering av batteriet som en funksjon av ønsket relativ reduksjon av effekttoppen. (Eltek)

Konklusjonen er at et batteri ville være godt egnet for å redusere effekttopper som oppstår på slike arrangement som Raw Air. Figur 16 viser at med et batteri på f.eks. 100kWh ville effekttoppen kunne reduseres med rundt 60kW.

Battery Prices Keep Tumbling

Lithium Ion Forecast (\$/kWh)

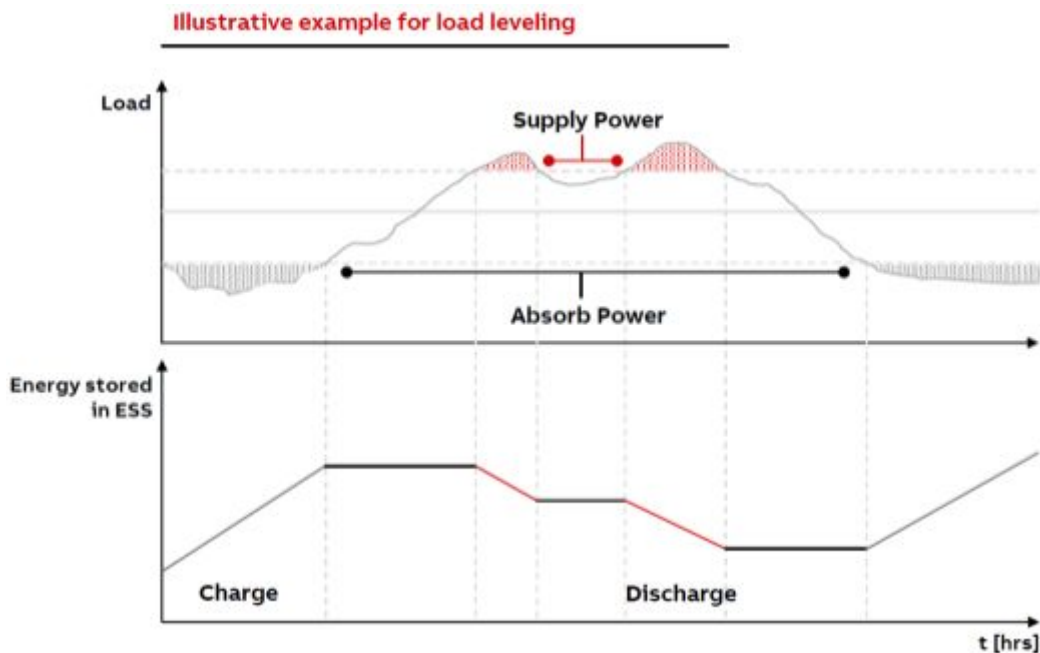


Source: Bloomberg New Energy Finance

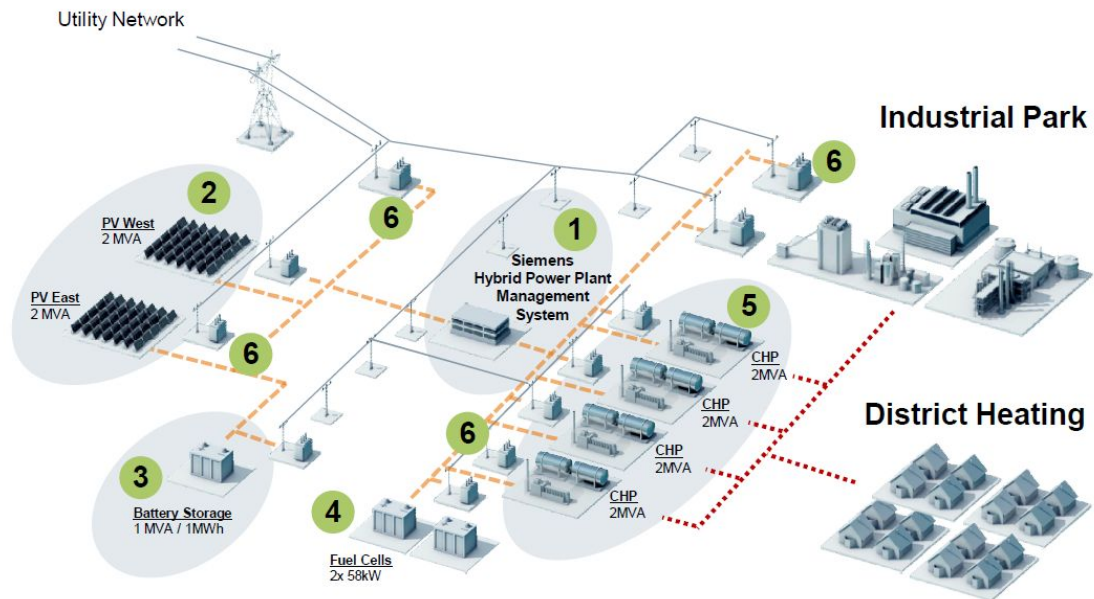
Figur 18: Prisutviklingen på Lithium-batterier (Eltek). Siden plass ikke er et knapphetsgode i Granåsen, kan også andre batterityper som er mer plasskrevende være aktuelle dersom det er økonomisk og driftsmessig gunstig.

Det er en grense på 100kW for eksport av overskuddsenergi til nettet for plusskunder, og dette legger en begrensning på lønnsomheten for overskuddsenergi fra solcelleanlegg. Energilager med riktige dimensjoner kan balansere produksjon og behov, og slik sikre at et microgrid er egnet til å møte de elektriske lastene i framtiden. Energilageret må dimensjoneres ut fra størrelsen på effekttoppene som ønskes jevnet ut.

Batterier kan introduseres i anlegget slik at de kan kobles inn når effekttrekket fra nettet overstiger gitte verdier. Dette vil gi et mer linjert og jevner effekttrekk fra nettet, men ikke redusere det totale forbruket. Batteriene vil bli ladet opp i perioder der energitrekket og forbruket i arenaen er mindre og det er ledig kapasitet i nettet. Integrasjon av batterier isolert sett vil ikke bidra til reduksjon av det totale forbruket, men toppene sett fra nettsiden vil kunne bli redusert. I tillegg vil store batteribanker ha en tilsvarende kostnad for anleggseier/tiltakshaver.



Figur 19: Illustrasjon av prinsipp for energiforbruk og energilager. (ABB)



Unrestricted © Siemens AG 2018

Figur 20: Illustrasjon av prinsipp for organisering av microgrid med batterier som energilager. (Siemens)

4.4.3 Tema 3: Automatisering, sensorer og driftskontroll

Temaet omfatter blant annet «Utvikling av ITB-strategi». ITB (integreerte tekniske bygningsinstallasjoner) er kjent fra byggebransjen, men blir litt for smalt når de hel- og halvindustrielle systemene i et idrettsanlegg også skal tas med.

Grunnlag

Granåsen vil på overordnet nivå bestå av bl.a. følgende tekniske systemer:

- VA-installasjoner
- Snøproduksjon
- Lysanlegg i løyper og arenaområde
- Bygningsrelatert automatisering
- Kraftforsyning inkl reserveløsninger, laststyring og lagring
- Arenateknologi (skjerm, lyd, videosignal, IT, adgangskontroll etc)

Alle systemer bør være basert på et sett grunnleggende prinsipper:

- Mest mulig likt utstyr for lik funksjon (eks temperatursensor)
- Likt grensesnitt (eks for instrumentering 24VDC, 4-20mA)
- Lik kommunikasjonsprotokoll
- «Best egnet» og begrenset antall ulike kommunikasjonskonsept (fiber, wifi, etc)
- Overordnet, integrert kontrollsystem for alle tekniske systemer, med størst mulig fleksibilitet med hensyn på brukers tilgjengelighet

Utfordringer

1. Finne en egnet gjennomføringsmodell for denne delen av utbyggingsprosjektet.
2. Beskrive konkrete konsept for utførelse.

Gjennomføringsmodellen omfatter rolleavklaring, ansvarsgrenser og kontraheringsstrategi for ytelsen.

- Hvor settes grensesnittet for planlegging og levering?
- Hvilke prinsipper skal gjelde for eierskap og drift?
- Hva er byggherrerollen, og hva er leverandørrollen?
- Når skal kontrahering skje?

Konkrete konsept omfatter beskrivelse av teknologi, grensesnitt og leveringsomfang. Der løsninger foreslås skal betydning for total energikostnad synliggjøres ved analyse av ulike alternativer. Et viktig tema er sikkerhet, særlig sikring av forsynings- og kommunikasjonssystemer og objekter.

Automasjonsleveranse og valg av gjennomføringsmodell og entreprisform

Hovedhensikten med en automasjonsleveranse er å få kontroll på alle tekniske systemer. Alle målinger er viktig for å få oversikt på energiforbruket og aksjonere i forhold til dette. Dette gjelder for alle delsystemer, ikke bare for summen (inntak). Uten riktige målinger og utstyr blir dette vanskelig.

Når det gjelder gjennomføringsmodeller sett i forhold til en automasjonsleveranse, har disse ulike styrker og svakheter det er viktig å være klar over med valg av gjennomføringsmetode og kontraktsform. Valg av entreprisform må gjøres ut fra prosjektets egenart, kompleksitet og håndtering av usikkerhet. I et idrettsanlegg som Granåsen vil de tekniske anleggene og dermed også automasjonen, være mer kompleks enn i andre kommunale prosjekt av tilsvarende størrelse.

ITB-ansvarlig har en sentral rolle og må i komplekse prosjekter som Granåsen idrettsanlegg, ha bred teknisk kompetanse og evne til å kommunisere tekniske løsninger og ha en god teknisk oversikt.

Filosofi for integrerte tekniske bygg

- Inspirasjon fra prosessindustriens krav til automasjon og integrasjon
- Benytte åpne utviklingsverktøy og kommunikasjonsgrensesnitt samt standardiserte plattformer
- En overordnet driftskontroll med data fra alle undersystemer vil ha de beste forutsetninger for driftsoptimalisering

Det er svært viktig å tenke sikkerhet i alle «lagene» ikke bare i brannmur, da det største sikkerhetsbruddet (93%) ligger i menneskelig svikt:

- Passord-svikt
- «Social engineering»
- Bruk av minnebrikker
- Internettsøk (Utrygge nettsider)
- Mail (Svindel / Virus)
- Leverandører (Både bevist og ubevist)
- Tidligere ansatte

4.4.4 Tiltak A: Redusere topplast i hverdagen

Energiproduksjon, batterilager og automasjon kan settes i system og organiseres som et microgrid. Man kan se for seg separate "fordrøyningsbasseng" for el og varme der disse fylles opp foran planlagte effekttopper eller varme-/kjølebehov i hverdagen.

En mulighet er å etablere "Granåsen Microgrid" som en forretningsidé der både offentlige og private aktører i Granåsen er kunder.

For å dimensjonere energiproduksjon og batterilager, kreves et estimat av effektlaster og varighet for å identifisere mulige sammen- og overlagingseffekter. De store lastene er snøproduksjon og lys, resten er bygningsdrift. Framtidige behov for lading av maskiner og kjøretøy (både intern drift og eksterne som bil/buss) er en usikkerhet.

Topplast i hverdagen, størrelsesorden 300-500 kW.

- Laststyring internt i bygning
 - Akkumulering og planlegging av produksjon av tappevann og oppvarming
 - Prioritering av laster
 - Ny bygningsmasse i passivhusstandard trenger ofte kjøling
- Snøproduksjon inngår i hverdagen, mer taktisk produksjon
 - Værprediksjon
 - Effektiv utnyttelse av område/lokale kuldeproper
 - Snøproduksjon/lading av kjøretøy - samtidighet
 - Batteri
 - Solceller, andre teknologier for strømproduksjon (CHP, brenselcelle, vind)
 - Elbiler som batteribank
- Helårsanlegg, sommerbelastning
- Microgrid, kjøp og salg (virtuelt batteri mot nett)
- Varmepumpe basert på geovarme (få/ingen andre varmekilder). Evt benytte korttidseffekter som gråvann etc. til å lade geobrønner
- Felles kommunikasjonsplattform mellom tekniske system
 - Samspill mellom bygninger/anlegg

Risiko og risikodempende tiltak

Risiko	Risikodempende tiltak
Leveringssikkerhet på kritiske deler av området (nødstrøm)	Prioriteringsliste, prioritert last (TV, lys etc) Kvalitet på strømløse Nøyaktig kartlegging av laster Dimensjonering av prioritert last, nå kontra fremtidig
Bygge alt i Granåsen idrettsanlegg etter samme konsept	Utprøving i Arenabygg langrenn (hele bygget utviklingskontrakt/forprosjekt)
Hacking	God IT-sikkerhet
Brann i batteri	HMS-tiltak
Høyt teknisk og komplekst anlegg	Ansette kompetent driftspersonell som involveres fra tidlig fase

Figur 21: Tabellen viser ulike risikofaktorer og tiltak for å dempe disse.

Mulige tema for utviklingskontrakter:

- Granåsen microgrid
- Biogassutvikling
- Effekt og energi, effektiv distribuering av termisk energi
- Områdenivå, samvirke
- Hvor skal teknisk sentral ligge? (en sentral eller flere lokale sentraler)
- Software og hardware
- Utviklingsprosjekt/forprosjekt: Arenabygg langrenn tilrettelagt for tekniske løsninger
- App: Styring av folkemasser

4.4.5 Tiltak B: Unngå dieselaggregat under store arrangement

Prinsippet med energiproduksjon, batterilager og automasjon i et microgrid, blir som i hverdagen, bare i større omfang og med større fokus på leveringssikkerhet. FIS har i dag krav om primær energi fra lokal generator, og det er en viktig målsetting å finne andre løsninger for dette i Granåsen. Det er trolig behov for utvidet kapasitet i forhold til hverdagssituasjonen, selv om hverdagssituasjonen og arrangementssituasjon kan sees i sammenheng for å utnytte kapasiteten på en god måte. Eksempelvis skjer ikke snøproduksjon under store arrangement, og denne kapasiteten kan da utnyttes. Batterier kan også fungere som reserveforsyning til kritiske installasjoner.

Redundant strømforsyning

- Må i dialog med Trønderenergi
- To separate nett kan gå på bekostning av redundans til lokale kunder

Supplement til strømforsyning som basis

- Høyere verdi å fjerne diesel enn effekttopper, med tanke på miljø- og klimahensyn.

Aktuelle teknologier

- Generator på biodiesel/biogass
 - Ikke optimalt, men et alternativ til diesel dersom generator er nødvendig
- Batteri
 - Kjent teknologi som vil fungere, men en økonomisk avveining.
 - Peakshaving (kutting av effekttopper) vs redundans
 - Batteripakker som fungerer som peakshaving andre steder til daglig, men som hentes inn til spesielle kortvarige arrangementer. Mobile battericontainere.
 - Stasjonær batteriløsning
- Hydrogenteknologi
 - Kan bli tilgjengelig
 - Dårlig virkningsgrad

Energi-forbruksdata med høyere oppløsning fra Raw Air 2018 bør legges til grunn for videre arbeid. Det bør vurderes å etablere "Arena Energi AS".

Når det gjelder Trondheim kommunens generelle krav i en arrangementsituasjonen bør følgende avklares:

- Trondheim kommunes krav og eierskap til drift av eiendom og anlegg.
- På hvilket nivå ønsker Trondheim kommune organisering?
- Gjelder dette et bygg, et begrenset område eller et større område?

Forventede merkostnader knyttet til foreslåtte løsninger

Løsning	"riktig" løsning	Betalingsvillighet	Pris	Sum
Redundant strømnnett	5	3	1	15
Hydrogenteknologi	4	5	2	40
Batteriteknologi	5	4	3	60
Generator på biogass (eller biodiesel)	4	3	5	60
Dieselgenerator	1	1	5	5

Figur 22: Tabellen viser forventet kostnadsbilde, multiplisert for de forskjellige løsningene. Gunstig = høy poengsum.

Mulige tema for utviklingskontrakter

- Det overordnede styresystemet for energiflyt i anlegget
- Teknisk løsning og forretningsmodell for flyttbare energilagere til bruk under arrangement

Risiko og risikodempende tiltak

- Innkjøpsstøtte for spesifikasjon for tiltakshaver
- Benytte anerkjente produkter og plattformer
- Ta med solide aktører med erfaring som partner, gjerne organisert som konsortium
- Stegvis utvikling

4.4.6 Tiltak C: Riktig teknisk infrastruktur

For å kunne ta stilling til dimensjonering og omfang av kabling, trekkerør og kulverter må en rekke forhold tenkes gjennom og avklares. Viktige spørsmål i den sammenhengen er:

- Hvilket nivå bør man legge seg på i ulike deler av anlegget i Granåsen?
- Hva bør være permanent og hva kan være midlertidig?
- Organisering i stjerne eller ring for ulike deler av anlegget?
- Hva er ønsket nivå på driftssikkerhet, og hvordan oppnår vi dette?

Dimensjonering og omfang av kabling, trekkerør og kulverter er fysisk planlegging med mange faktorer

- Forsyningskonsept er svært viktig, fra 3x400V til 1x230 og ned til lavvoltage for lys og IT.
- Hva er betydningen av å fjerne alle de omformerne som tradisjonelt settes inn (i alle lysarmatur, i all IT), og kanskje erstatte dette med permanente lavvoltage system for ladestrøm til IT, sensorer etc.
- Driftssikkerhet, vedlikehold og investering må ses i sammenheng.
- Omformere gir tap og brannrisiko, kabling gir tap, men kanskje større driftssikkerhet. Egne kretser for all instrumentering, i fysisk adskilte nett med egen strømforsyning, kanskje også galvaniske skiller for å unngå støy og feil.
- Skal batteriløsninger ligge sentralt, eller fordelt mot systemer med ulike spenningsnivå? Hvordan sikre kvalitet på levering, spesielt frekvens og spenning?
- Solceller må vurderes. Forventet prisnedgang fram til driftsfase tilsier at det bør legges inn et areal, og gjerne kombinere dette med direkte lading av batteri som primærfunksjon.

Spredenett

Det bør legges opp til føringsveier som i tillegg til å være mekanisk sterke har stor grad av fleksibilitet og endringsmuligheter. Bruk av rørpakker/grøfter gravd ned langs hovedføringene i anlegget med uttaksrummer gjør anlegget sikret mot utbygginger som tradisjonelt ville krevd graving med de investeringer og arbeid slike operasjoner fører med seg. Gjøres dette riktig kan slike kabelkanaler ha en levetid på ca 200 år før de må gjøres noe med. Referanse på tenkt type føring:

<http://anleggsmaskinen.no/2015/04/ultramoderne-kabelanlegg-under-roros-sentrum/>

Størrelsen på disse føringsgatene må dimensjoneres ut i fra bruksområde og antatt fremtidig behov. Det vil være viktig å få input fra alle aktører som skal bruke Granåsen for å få en oversikt over antatt behov og plassering for føringsveier/uttaksrummer. Det må vurderes transformatorer ute i anlegget for andre spenninger enn 400V. Infrastruktur for signal må være basert på fiber. Nettet benyttes til alle aktuelle behov som lys, kamera, snøproduksjon, ladestasjoner mm. Løsningene velges permanent for hele anlegget slik vi kjenner det i dag og hvordan det planlegges for fremtiden.

Lys i løypenett.

Bruk av armaturer med styring i løypenettet kan vurderes. man vil da kunne dimme lyset ned til et minimum når anlegget ikke er i bruk og dermed få lavere energiforbruk.

Det kan være aktuelt med en test av armaturer med solcelle, batteri, LED, lysdemping og fotocelle. Løsning behovsstyrt uten kabler. Skal dette gjøres kan en montere noen armaturer i aktuelle skilypeområder.

Som supplement til lys i bygg bør det vurderes løsninger med lysfangere som ikke trenger el-tilførsel. Referanse til mulig løsning:

<http://www.velux.com/products/sun-tunnels>

Mulige merkostnader:

Den anbefalte løsningen gir høyere investeringskostnad på kort sikt da systemet må bygges med overkapasitet, men skal i prinsippet resultere i at en graver og legger dette én gang, dimensjonert for dagens og fremtidens behov. En har da en god infrastruktur som reduserer behov for fra gravearbeider ved utvidelser og endringer. Løsning med prefabrikkerte pakker reduserer behov for graving, da man får mindre grøft. Følgende må vurderes:

- Hvor stor overkapasitet på rør for infrastruktur er det hensiktsmessig å etablere? 50%? 100%?
- Hvor mye øker kostnaden ved å legge 8 rør i en grøft i stedet for 4? Trolig lite totalt sett - grøften koster mest.
- Hva er kostnadsbilde for kjølemedier i fremtiden? Hvilke kjemikalier blir forbudt og hvilke avgifter vil komme framover?

Mulig tema for utviklingskontrakter:

Mulig prosjekt med eget energinett for hele den nye bygningsmassen i Granåsen. Solcelleløsninger, batteri for lagring, lysfangere for lys i aktuelle perioder, jordvarme. Reserveløsninger mot det offentlige nettet.

Få til test av en mulig løsning med lys i lysløyper uten bruk av kabeltilførsel fra energikilde. Mast med LED, detektorer, automatikk, solcelle og batteri. Dette kan gjøres ved å sette sammen en spennende løsning med bruk av kjent teknologi.

4.4.7 Tiltak D: Framtidsrettet automasjonsdesign for drift

Framtidens idrettsanlegg må driftes godt for å oppnå ønskede resultater. Suksessfaktorer er automasjon, måling og styring av driftssystemer. Blant annet må værvarsling og temperaturprognoser inngå som en aktiv og integrert del av driftssystemet, mens rask og enkel varsling er nødvendig for lokalisering og retting av feil.

Integrert automasjon og driftskontroll er avgjørende for god driftsøkonomi. Dette inkluderer en felles plattform for alle delsystemer som lys, adgangskontroll, brann, etc. Det må besluttet signaltype for all instrumentering slik at bestilling kan inkludere et enhetlig grensesnitt for alle komponenter. Mye kan integreres i intelligente driftssystemer:

- Brannalarm (OPC)
- Adgangskontroll (OPC)
- Solceller (Modbus TCP/Profinet)
- Vindproduksjon? (Modbus TCP/Profinet)
- Snøproduksjon (Modbus TCP / direkte fra SD)
- Ventilasjon (BAC nett / Modbus TCP)
- CO2 følere (Direkte fra SD /
- Lys Dali
- Gulvvarme KNX / direkte fra SD
- Snøsmelting Direkte fra SD / Modbus TCP / Profinet
- Lyskastere løype / Dali
- Arena / Lys / Dali
- Lys i bygg / Dali
- Værstasjon / Ethernet / Modbus TCP / Profinet

- Power Management / regulering av kondensatorbatteri / batteribanker / lastavkasting / lastregulering / Bus / EOS system
- Regulering av geobrønner for varmeproduksjon / direkte fra SD
- Varmepumpe / Modbus TCP / Profinet? / OPC / Profibus
- Videoovervåking / Ethernet
- Pumpekummer / overvannsanlegg etc. / Direkte fra SD
- Energimåling / Modbus TCP / Profinet
- Effektmåling / Modbus TCP / Profinet
- Instrumentering / temp, trykk, nivå. Bus systemer / trådløse sensorer
- Værprognoser -APN – predikative analyser
- Skalerbart

Selv om hvert enkelt system ikke er komplisert i seg selv, er summen av systemer som skal samvirke svært kompleks. Systemintegratortrollen (ITB) er viktig for å velge de riktige løsningene i et helhetsperspektiv.

Mulige merkostnader:

Forventede merkostnader knyttet til foreslåtte løsninger anslås til å gi en ca 15% høyere investeringskostnad enn konvensjonelle løsninger.

Forhold det er viktig å stille særskilte krav til:

- Sette krav til protokoller underleverandører skal bruke
- Bør vurdere å lage en egen kravspesifikasjon spesifikk for alle bygg og installasjoner i Granåsen

Egnede tema for utviklingskontrakter:

- Prediktive analyser / modellering
- Microgrid og power management på idrettsanlegg / landanlegg
- Intelligent måling i skiløyper, måling av fuktighet, temperatur for bruk i analyser. Kan integreres i SD anlegg, presenteres på skjerm, media tv, brukes i analyser
- Områdestyring med ulike modi i SD, sette hverdagsdrift, sette anleggsdrift, sette eventdrift

Risiko og risikodempende tiltak:

- Lage en spesifikk kravspesifikasjon for å redusere anbud med for mange leverandører. Vanskeligere drift for operatører med mange forskjellige leverandører.
- Definere eierskapet til Granåsen, hvem skal drifte anlegget
- Bevisst vurdering av anskaffelseskostnad vs. driftskostnad

4.4.8 De viktigste funnene i konseptstudien

Gjennom konseptstudien er det blitt tydelig at en god og helhetlig automasjonsløsning er nøkkelen til ta kontroll over den daglige driften og energibruken. Med god styring vil man kunne både redusere både grunnlasten og effekttoppene. For å redusere energiforbruket ytterligere, må det energiproduksjon inn i området. Sammen med batteriløsninger, vil dette kunne dempe effekttoppene ytterligere til et hensiktsmessig nivå med take på kapasitet og kostnader.

Organisering av energisystemer i et microgrid kan utvikles som en forretningsidé da dette antas å ha en betydelig økonomisk oppside i framtiden. For å få full effekt av et grid, bør flere bygg- og anleggseiere i Granåsen være tilknyttet - ikke bare kommunen. Det er da den potensielle gevinsten vil være størst.

Konseptstudien har også bidratt til økt oppmerksomheten rundt kompleksiteten i infrastrukturløsningene i Granåsen. Registrering av eksisterende infrastruktur og planlegging av overordnet framtidig infrastruktur er derfor nå organisert i et eget prosjekt for å sikre gode og hensiktsmessige løsninger for framtiden der veier, vann, avløp, strøm, fiber, bygg og anlegg (inkl løyper og snøproduksjon) blir sett i sammenheng på områdenivå. Prosjektet har fokus på å oppnå hensiktsmessig leveringssikkerhet og kapasitet på all teknisk infrastruktur.

5 Løsningens / teknologiens markedspotensial

Granåsen har en blanding av idrettsbygg og -anlegg, med en blanding av privat og offentlig eid bygningsmasse. Etablering av nærvarmeanlegget og microgrid for elektrisk energi er en fellesnevner, og behov for å finne løsninger som gir relevant driftsøkonomi for både byggeiere og leietakere er viktig kunnskap som kan komme mange andre til del.

Utvikling av forretningsmodell for et område med microgrid vil ha svært stort markedspotensial ettersom flere og flere bygninger og områder vil etablere lokal energiproduksjon.

Analyse av termisk og elektrisk effektlast, og muligheter for mellomlagring og utjevning er svært viktig sett på bakgrunn av forventet nye tariffstrukturer fra 2019. For den enkelte byggeier vil tilpassing til et nytt tariffregime være svært viktig for å kontrollere sine energikostnader. Idrettsbygg er særlig sårbar for en slik utvikling på grunn av sine store effektlaste til belysning og roterende utstyr.

Utvikling av robuste automasjonsløsninger tilpasset den kompleksitet og store variasjon i bruk som idrettsanlegg representerer vil videreføres på grunnlag av forskningsaktiviteter ved SIAT.

Granåsen kan bli Norges (og ett av verdens) fremste og mest allsidige områder for idrett, friluftsliv, helse, kultur, forskning og utdanning. Dette er ikke bare en ambisjon, men et mål for anlegget. Gjennom tett samarbeid mellom det offentlige og det private kan vi tilrettelegge for ideell og kommersiell aktivitet, fremme folkehelse, skape verdier og arbeidsplasser. Granåsen kan bli et levende laboratorium for utvikling av ny teknologi – spesielt innen områdene helse, idrett og arrangement. Dette kan bli et nasjonalt og internasjonalt senter og utstillingsvindu.

Konseptutredning vil være et viktig og helt nødvendig grunnlag for innovative anskaffelser og utviklingskontrakter for fremtidens energisystem for Granåsen. Praktiske, effektive og kostnadseffektive løsninger for Granåsen vil danne modell for utbygging og modernisering av slike anlegg både nasjonalt og internasjonalt. Et slikt energi- og effektmessig krevende anlegg vil by på utfordringer i utviklings- og implementeringsfasen; en fase som er sentral også ift fremtidige utbygginger. Selv om Granåsen hverdagsanlegg blir et spesielt anlegg i norsk målestokk, vil det gi betydelig overføringsverdi til andre anlegg. Det kan bidra til videre innovasjon og teknologit utvikling i betydelig skala, det vil være viktig både i utviklings- og driftsfase med tanke på FoU-virksomhet, og det vil utgjøre viktige bidrag til å nå bl.a. 2030-målet for Trondheim om nullvekst for energiforbruk. Derfor vil også løsningene for Granåsen ha et betydelig markedspotensial nasjonalt, men også internasjonalt.

6 Spredning, kompetanseformidling og kunnskapsgenerering

Formidling av kompetanse og kunnskap er en viktig oppgave hos både Trondheim kommune og SIAT, og vektlegges høyt i eksternt finansierte prosjekter.

6.1 Involvering av norske teknologimiljø og utdanningsinstitusjoner

Prosjektet vil aktivt bruke kompetansen som fins hos det nasjonale smart-grid senteret, og de nasjonale FME'ene (Forskningssentre for Miljøvennlig Energi) Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (ZEN), Centre for Intelligent Electricity Distribution (CINELDI), og Centre for Sustainable Energy Studies (CenSES), der Trondheim kommune i dag har gode relasjoner. Trondheim kommune er også formell partner i ZEN. De sentrale prosjektaktørene Trondheim kommune og NTNU har allerede i dag tette relasjoner gjennom flere konkrete prosjekt- og undervisningssamarbeid (bl a Humanister i Praksis, (HiP), og Ekspertene i Team, (EiT)). Kommunen og NTNU signerte høsten 2017 en Universitetskommuneavtale innen Smarte Byer og Digitalisering som vil styrke det konkrete samarbeidet, bl a gjennom å forplikte på samarbeid om kandidater på master- og doktorgradsnivå. Tema, løsninger og innovasjoner framkommet gjennom utredningsarbeidet vil bli benyttet som tema i studentprosjekter

som HiP, EIT og kandidatprosjekt (master-, doktorgrad). Dette vil også prosjektpartner SIAT sørge for gjennom sin tilknytning til NTNU.

Trondheim kommune vil også sørge for at løsninger og resultat fra utredningsarbeidet vil bli brukt som viktig kompetanse og funn inn i ZEN-arbeidet når den konkrete delen av dette arbeidet igangsettes.

6.2 Spredning av kunnskap og resultater fra konseptutredningen

Trondheim kommune og SIAT bruker aktivt en rekke, digitale kanaler i tillegg til egne magasin som Gemini, Trondheim2030 og godeidrettsanlegg.no, som vil bli brukt for å formidle og løfte både det offentlig-private samarbeidet og betydningen av det for utvikling av respektive virksomheter, samt funn/løsninger fra utredning. Eksterne industripartnere vil formidle prosjekt, utredning og funn via sine kommunikasjonskanaler.

Kommunen og SIAT deltar begge i nasjonale og internasjonale nettverk og deltar aktivt på lokale, nasjonale og internasjonale arenaer som vil bli brukt aktivt til å dele kompetanse og funn. SIAT er et tverrfaglig senter på NTNU og samarbeider med flere ulike institutt og fagmiljø på NTNU, i tillegg til andre høyskoler og universitet innenlands og utenlands. SIAT jobber for å opparbeide kunnskap som skal tjene til det beste for idretten og samfunnet, og har det derfor som en prioritet at all kunnskap blir formidlet og gjort allment tilgjengelig. Ny kunnskap vil bli formidlet gjennom foredrag på ulike kurs og konferanser, undervisning av studenter og publisert i ulike kanaler nasjonalt og internasjonalt.

Med Trondheim som søkerby for et framtidig ski-VM, får formidlingen internasjonale dimensjoner. Dette gir unike muligheter og kanaler for å formidle til et bredt, internasjonalt publikum.

Aktiv videre bruk av utredningens resultater og løsninger vil danne grunnlag for utviklingskontrakter og innovative anskaffelser, der samarbeid med Leverandørutviklingsprogrammet og dets metoder vil bli benyttet i samarbeid med NHO. Disse vil ikke minst benyttes for stimulering av kompetente og innovative SMB'er.

6.3 Aktiviteter som planlegges gjennomført i etterkant av utredning

Resultatet i form av et konsept vil danne et svært godt utgangspunkt og fundament for å utvikle nye prosjekt, også med Granåsen som case, både som FoU-prosjekt med SINTEF, NTNU eller andre, samt i prosjektutvikling med private aktører. For Trondheim kommune vil det være viktig å se utredningen som et kompetansehevingsprosjekt i arbeidet med Grønn Næringsutvikling, mot inkubatorer som Fornybarklyngen, og NTNU Accel. For kommunen vil utredningen danne et svært viktig grunnlag og input til virksomhetens arbeid med å oppfylle mål, spesielt for energi og klima.

Trondheim kommune praktiserer meråpenhet. Alt av materiell, funn, løsninger etc vil bli fullt tilgjengelig for offentligheten - både for nasjonale og internasjonale aktører. Trondheim kommune er partner i Open Agile Smart Cities (OASC) der åpning av data og formidling av åpne data står sentralt. Vi vil - med evt unntak for leverandørsensitive data/funn - tilgjengeliggjøre alle data vi får, både gjennom utredningsprosjekt og påfølgende implementerte satsinger.

Det skal skrives en populærvitenskapelig artikkel basert på sluttrapporten rettet mot ulike fagblad som også skal spre kunnskapen som har blitt generert gjennom prosjektet.

7 Risiko og risikodempende tiltak

Risiko, risikodempende tiltak og merkostnader er beskrevet under de ulike forslagene til nye teknologiske løsninger og tiltak (pkt 4.4). Dette er for øvrig et tema som må drøftes og konkretiseres nærmere i forbindelse med eventuell inngåelse av utviklingskontrakter i kjølvannet av denne utredningen.

8 Oppsummering

Trondheim kommune er utbygger og eier av anlegget i Granåsen. Samtidig ønsker kommunen å tilrettelegge for andre – herunder frivillige, forskningsmiljøet og næringslivet. Det har særlig utpekt seg to aktuelle prosjekt å gå videre med gjennom som forretningsidéer eller utviklingskontrakter:

- Granåsen Microgrid
- Granåsen Smart Drift

8.1 Granåsen Microgrid

Dersom man ønsker å etablere Granåsen som et nullutslippsområde, er det nødvendig med intern energiproduksjon som kompenserer for klimafotavtrykket fra både utbygging og driftsfase for Granåsen hverdagsanlegg. Det vil da bli behov for å organisere området under ett, eksempelvis som et microgrid. Trondheim kommune vil kontakte aktuelle aktører for å avklare hvilke forventninger og begrensninger partene har i forhold til utvikling av *Granåsen Microgrid*.

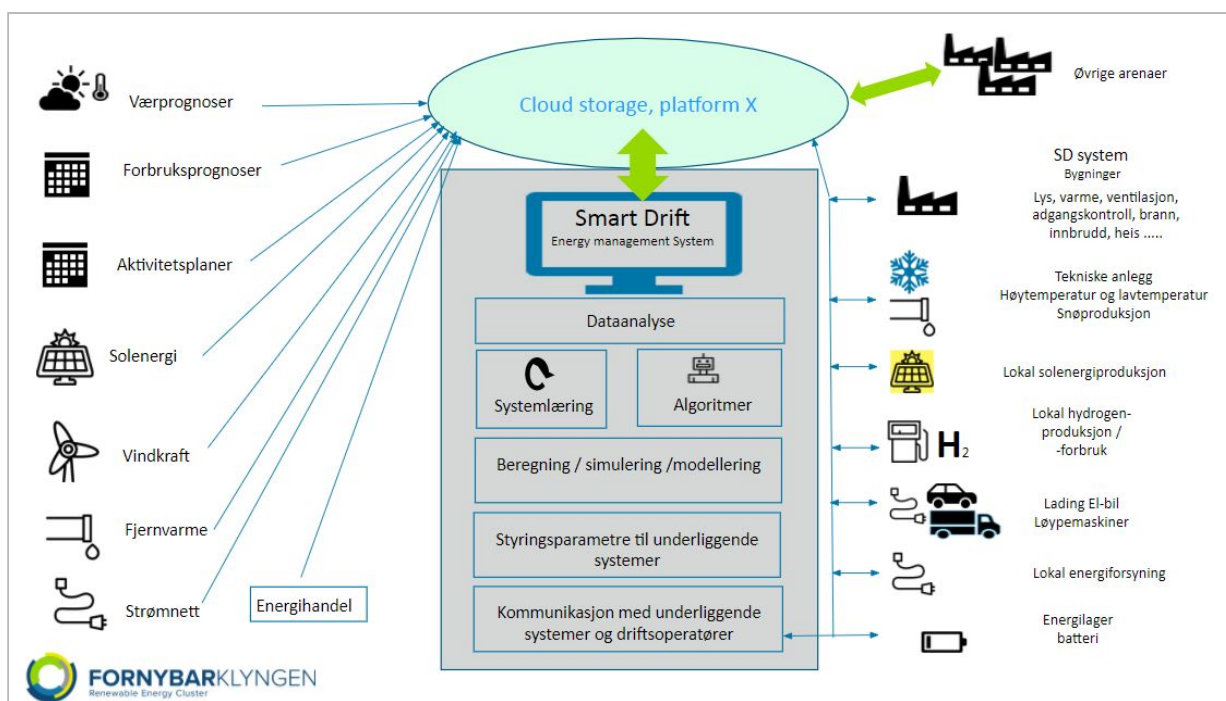
Granåsen kan bli et utstillingsvindu for framtidsrettede nullutslippsløsninger, både som et nullutslipps idrettsanlegg i hverdagen og gjennom nullutslippsarrangement.

8.2 Granåsen Smart Drift

For å få mest mulig ut av et microgrid er det helt avgjørende med fokus på automasjon og infrastruktur for smart og effektiv drift, inkl intelligent måling av fuktighet, temperatur i skiløyper for bruk i analyser. Ny teknologi må integreres i SD anlegg, presenteres på skjerm, media, tv. Dette vil bidra til effektiv drift ved bruk av nye digitale løsninger. Teknologien vil i tillegg kunne brukes til å bearbeide data som kan være nyttig innen mange andre felt ut over selve anleggsdriften:

- Helse: Bruke teknologier for å stimulere til bevegelse, trening og idrett
- Miljø: Effektive systemer som verner om miljø og klima
- Opplevelse: Fornye opplevelsen av sport og kultur på arena og i media
- Utvikling : Sikre inntekter og stimulere til næringsutvikling

Trondheim kommune vil kontakte aktuelle aktører for å avklare hvilke forventninger og begrensninger partene har i forhold til utvikling av *Granåsen Smart Drift*.



Figur 22: Prinsipp for hvordan et microgrid og smart drift kan fungere som system (Illustrasjon: Fornybarklyngen)

8.3 Andre relevante pågående prosjekt

Det er særlig to andre pågående prosjekt som har en relasjon til de foreslåtte utviklingsprosjektene. Dette er Granåsen Smart Arena og Snow For The Future. Begge disse vil ha nytte av teknologi og løsninger fra et microgrid og smart drift i hverdagsanlegget.

Granåsen Smart Arena er et pågående prosjekt som fokuserer på nye teknologiske muligheter for publikum i hverdagen og under store arrangement. Fremtidens Granåsen skal være en smart arena i en smart by; åpent, sømløst og med god adgang til informasjon og nyttige tjenester for å møte nye miljøkrav, fremme folkehelse og gi store sports- og kulturopplevelser. Teknologiløsningene i *Granåsen Smart Drift* som vil være selve fundamentet for å fremskaffe nødvendig datagrunnlag og informasjonshøsting til utvikling av Granåsen Smart Arena

Snow For The Future er et pågående forskningsprosjekt ved SINTEF og NTNU der det forskes på nye og bedre løsninger for snøproduksjon ved skianleggene. Et av hovedaspektene vil være å se på hvordan det er mulig å produsere snø uavhengig av temperaturer og utvikle energieffektive løsninger for dette. Prosjektet vil fokusere på løsninger som gjør at dette kan utføres på en fornuftig måte – uten at kunstsnøen blir en miljøsynder. For eksempel ved å utvikle varmepumper hvor den kalde siden kan brukes til å produsere snø, mens den varme siden benyttes til oppvarmingsformål. Både *Granåsen Microgrid (energilagring)* og *Granåsen Smart Drift (automasjon)* vil ha kunne bidra til å heve dette prosjektet.

8.4 Veien videre

Det er ikke tatt noen avgjørelse på videre arbeid og realisering av Granåsen Microgrid og Granåsen Smart Drift. Utredningen vil imidlertid være et viktig beslutningsgrunnlag for utbyggingsprosjektets styringsgruppe og som underlag for politiske beslutninger. Samtidig er det åpenbart at funn i denne utredningen også vil komme til nytte både i pågående og framtidige utbyggingsprosjekt i Granåsen.

Utbyggingsprosjektet har allerede god nytte av det arbeidet som er gjort med tanke på restrukturering av teknisk infrastruktur i anlegget. Mye av dagens infrastruktur vil måtte flyttes som følge av utbyggingen, og man har da muligheten til å organisere teknisk infrastruktur i henhold til utredningens anbefalinger, samt bygge med fornuftig overkapasitet på trekkerør og koblingskummer. Dette er helt avgjørende for å holde mulighetsrommet åpent og stort nok til at utvikling og innovasjon kan skje framover, både mot et eventuelt VM og etterpå.