

Dagens effektbehov på bygge- og anleggsplasser

Kartlegging for å vurdere sammenhenger, behov og begrensninger av effekt på bygge- og anleggsplasser.

Hva er årsakene til effekttoppene og hva anbefales å inkludere i kontraktkrav for automatisk innhenting av forbruksdata fra utslippsfrie bygge- og anleggsplasser?

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver	Klimaetaten ved Oslo kommune
Kontaktperson	Petter Nergård Christiansen
Tittel på rapport	Dagens effektbehov på bygge- og anleggsplasser
Oppdragsnavn	Kartlegging av effekt- og energibehov utslippsfrie bygge- og anleggsplasser
Oppdragsnummer	10235820
Utarbeidet av	Eirik Hordnes, Linna V. Nguyen
Oppdragsleder	Eirik Hordnes
Tilgjengelighet	Åpent
Forsidebilde	Generert med ChatGPT DALL-E

Rev	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Godkjent av
00	25.06.2024	Utkast til kommentar klimaetaten i Oslo	Eirik Hordnes Linna V. Nguyen	Eirik Hordnes Linna V. Nguyen
01	05.07.2024	Endelig rapport til sluttleveranse	Eirik Hordnes Linna V. Nguyen	Eirik Hordnes Linna V. Nguyen
02	23.08.2024	Revidert versjon 2	Linna V. Nguyen	Eirik Hordnes

Forord | Sluttleveranse

Sweco har gjort en kartlegging på vegne av klimaetaten i Oslo kommune. Kartleggingen har hatt som formål å innhente data fra pågående bygge- og anleggsprosjekter i kommunen for å få en bedre oversikt over energi, og ikke minst effektbehov for utslippsfrie og delvis utslippsfrie prosjekter. Dette for å gi kommunen og bransjen et bedre kunnskapsgrunnlag knyttet til reell effekt og energi.

Prosjektet har vært krevende. Byggeplasser er kaotisk og mye skjer på en gang. Å innhente gode nok data med høyoppløselig måling av energiforbruk fordelt på kurser er det lite av. Dette er det et fåtall av prosjektene som har rigget for, høyst sannsynlig et kostnadsspørsmål. Vi har i størst grad måtte belage oss på måledata fra nettselskapenes abonnementsmålere (AMS). Disse har timesoppløsning på energidata, dvs. kWh/h, som igjen også kan oversettes til gjennomsnittlig effekt [kW] per time. Disse dataene vil ikke fange de aller høyeste effekttoppene, særlig ved kortvarige effekter. Eksempelvis vil en gravemaskin som kan lade med 200 kW trekke nettopp den effekten fra strømmettet. Om den eksempelvis lader kun en halvtime, vil det i AMS-dataene vises som 100 kW, siden den kun lader med 200 kW i 30 minutter. Timesmålt effekt vil derfor i dette tilfellet undervurdere registrert effekt med 100 %.

Vi har kartlagt 4 byggeprosjekter og 8 anleggsprosjekter i dette oppdraget. For 2 av de 4 byggeprosjektene (Tøyenbadet og Stovner bad) har vi hatt tilgang på data med høyere tidsoppløsning og det har vært flere energimålere enn kun AMS-målere tilgjengelig. I disse prosjektene har vi kursmålt forbruk med 10 minutters oppløsning på dataene. Sekundoppløsning ville vært det beste, men det har vært et spørsmål om kost/nytte i oppdraget og det er vurdert det dithen at 10 minutters tidsoppløsning har vært tilstrekkelig.

Det har vært mest fokus på de to byggeprosjektene med høyoppløselig energimåling tilgjengelig. I tillegg til disse byggeprosjektene har vi analysert data fra Sophies Minde ettersom det er et interessant prosjekt med mål om 100% utslippsfri byggeplass. Hittil i prosjektet har de klart det, og de skal til og med bruke elektrisk borerigg. Dessverre skjer det etter at dette oppdraget hadde cut-off tidspunkt på datainnhentingen fra prosjektene, så den elektriske boreriggen er med andre ord ikke med. Uansett, vil den trekke opp mot maks 600 kW, basert på maks teknisk ytelse på boreriggen (aggregat til hydraulikk på 110 kW maks og kompressor på 500 kW). Dette vil skape en ny effekttopp for prosjektet, sammenlignet med den vi har kartlagt på 397 kW (timesmålt). I tillegg til Sophies Minde har vi vært så heldig å få tak i data fra byggeprosjektet Garnes Ungdomsskule som er under bygging i Arna utenfor Bergen. Skanska har velvillig delt data, noe vi setter stor pris på. Dette prosjektet hadde som mål om å bli 90% utslippsfri, noe det ser ut til å klare om man ser bort fra boreriggen, som på det tidspunktet ikke fantes tilgjengelig som elektrisk variant.

Sentralt i dette prosjektet har vært å kartlegge årsak til effekt,

samt tiltak for å avdempe de største effekttoppene.

Utslippsfrie byggeplasser vil i størst grad være elektrisk. Det har vært stor utvikling i hvilke maskintyper som er tilgjengelige som elektriske på markedet. Nå finnes både asfaltutleggere, borerigger og valser. Investeringskostnadene til elektriske maskiner er fremdeles betydelig høyere enn deres tilsvarende dieselvariant, så investeringsstøtte fra Enova vil være viktig på veien videre for å utvikle dette markedet. I tillegg kommer det stadig flere aktører som har smarte byggestrømskap, batteri- og ladecontainere i ulike størrelser og grad av flyttbarhet. Vi ser på det som sentralt i veien mot smart styring og god planlegging av slike prosjekter fremover. Hvis dette implementeres, vil man kunne unngå de største effekttoppene, noe som er positivt for strømmettet vårt og samfunnsøkonomien i det hele. Man kan å tenke at svært mange av kursene i et byggeprosjekt er mulig å koble ut når det er et større effektbehov over kortere tid. Dette gjelder f.eks. brakkerigg, byggoppvarming og byggtørk. Hurtiglading av større anleggsmaskiner er hittil en tydelig årsak til de største effekttoppene, men om man kan slå av en del av grunnlastforbruket eller fordele ladingen mer utover, vil det kunne redusere toppene. Alternativt kan man løse det med stasjonære batterier til peak-shaving eller flere maskiner på omløp. I tillegg bør det komme på plass systemer som gir bruker av f.eks. anleggsmaskiner som settes på lading, til å legge inn når maskinen skal brukes igjen. I enkelte av prosjektene ser vi unødvendig høye effekttopper ved endt arbeidsdag. Dette er på grunn av maskinene settes til lading og da gjør ladeinfrastrukturen det den tror den skal gjøre – lade fortest mulig. Det er unødvendig, da maskinen egentlig skal stå der fra kl. 16-17 til oppstart neste dag, som kan muliggjøre en lav gjennomsnittlig ladeeffekt over hele perioden.

Det vil være smart å planlegge utslippsfrie byggeplasser på en grundig måte. Noen entreprenører har fått seg erfaringer og vil bruke det videre. Men offentlige byggherrer må legge til rette for likest mulig konkurranse, så alle kan konkurrere under like vilkår. Derfor er det f.eks. nok mest rasjonelt at byggherre bestiller effekt fra nettselskapet og har det med i konkurransegrunnlaget som tilbyderne skal prise. Da har de konkrete og grunnleggende like forutsetninger å forholde seg til når de f.eks. vet at de i dette prosjektet har 350 kW tilgjengelig fra strømmettet.

Vi vil takke alle som har velvillig delt data med oss, så vi fikk muligheten til å studere data med uavhengige rådgiveres øyne, uhildet av foretrukne produkter og foretningshemmeligheter.

Vi takker særlig oppdragsleder Petter Nergård Christiansen hos Klimaetaten for et godt samarbeid og Christoffer Venås i Oslobygg for sitt engasjement og velvillige sparring i en travel hverdag.

Oppsummering | Sluttleveranse

Sluttleveransen inneholder funn i kartlegging av data og tilhørende dataanalyse for pågående byggeprosjekter: Tøyenbadet, Stovner bad, Sophies Minde og utvalgte historiske anleggsprosjekter.

I arbeidet med å kartlegge energi- og effektbehov skal følgende generelle momenter og problemstillinger, uavhengig av bygge- og anleggsprosjekt adresseres:

- I hvilken grad er effekttilgang en begrensende faktor for drift av utslippsfrie BA-plasser?
- Forslag til å unngå uønskede effekttopper
- Konkretisere krav til forkunnskaper hos entreprenør og byggherre for optimal planlegging
- Vurdere hvilke tiltak og forkunnskaper som behøves for å optimere planlegging av en utslippsfri BA-plass

For hvert av de analyserte byggeprosjektene har formålet vært å analysere energibehovet, effektbehovet og årsak til effekttopper.

I byggeprosjektet for Tøyenbadet brukes fjernvarme til byggørk/byggoppvarming. Elektrisitet brukes til brakkerigg, samt til en større andel anleggsmaskiner og utstyr. Biodiesel HVO brukes også til anleggsmaskiner. Den utslippsfrie graden av energibruk har hittil i prosjektet vært 87 %. Byggeplassen har tilgjengelig rundt 800 kW fra strømmettet og har i tillegg installert et solcelleanlegg på brakkerigg på rundt 11 kWp.

Høyeste effekttopp i byggeprosjektet inntraff onsdag 17. januar 2024 kl. 11:00 og var på 510 kWh/h. På aktuelt tidspunkt pågikk byggefasene utomhus og innvendige arbeider parallelt. Deler av årsaken til effekttoppen er avdekket, mens det grunnet noe umålt forbruk har vært vanskelig å påpeke alle årsakene helt konkret. Det er avdekket at det kursmålte forbruket med brakkerigg, kran 1, kran 2 og gravelader utgjorde 54 % (277 kW) av effekttoppen. Det er sannsynlig at ladecontainer til lading av gravemaskin utløste 30 % (152 kW) mens det resterende forbruket på 16 % (81 kW) av makseffekt den aktuelle timen kan være en kombinasjon av mange forskjellige aktiviteter.

Samlet sett har prosjektet hittil brukt 6,1 GWh hvorav elektrisitet utgjør 50 %, biodiesel 13 % og fjernvarme 37 %. Prosjektet er utført med en 87 % utslippsfri byggeplass.

I byggeprosjektet for Stovner bad er byggeplassen fossilfri, med innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Prosjektet benytter elektrisitet til brakkerigg, lading av anleggsmaskiner og bygg, i tillegg til biodiesel HVO til anleggsmaskiner som ikke går på elektrisitet. Stovner bad skal kobles på fjernvarmenettet, men har ikke benyttet seg av dette i løpet av prosjektperioden.

Prosjektet pågår til sommer 2026 og skal fra 2025 gjennomføres utelukkende utslippsfritt. Basert på tilgjengelige data er det avdekket en effekttopp tirsdag 17. oktober 2023 kl. 11:10, på 522 kW (10 min). Reelt sett kan effekttoppen være enda høyere, i lys av manglende kursforbruk for kran og sveis, og det kan også være sannsynlig at det forekommer andre effekttopper som prosjektet per tid ikke har klart å identifisere.

Den aktuelle effekttoppen på 522 kW (10 min), forekommer under grunnarbeidet på Stovner bad. Aktiviteter som er særs støyende og energikrevende (som forgraving, spunting, peling, masseoppfylling og riving/fylling av undergang) var pågående på aktuell tid. Det er også avdekket at betongarbeid med plasstøpt betong startet 16. oktober 2023. Med hjelp fra kursmålerne på byggeplassen kan man fordele effekttoppen på følgende måte: 52 % (270 kW) fra brakkerigg, 31 % (162 kW) fra BoostPoint, 0 % fra bygg og 17 % (90 kW) fra Hummingbird. Dermed har lading med BoostPoint og Hummingbird bidratt med 48 % av effekttoppen. Effekttoppen forekommer også i et av to tidsrom det er registrert høyest effekter gjennom prosjektperioden. Den andre forekommer kl. 16.

Samlet sett har prosjektet hittil benyttet 0,9 GWh og er utført med 42 % utslippsfri byggeplass.

I byggeprosjektet Sophies Minde, som er et rehabiliteringsprosjekt, er det hittil kun brukt elektrisitet som energibærer, med andre ord en 100 % utslippsfri byggeplass de sju første månedene av prosjektet. De resterende 12-14 månedene forventes også å gjennomføres utslippsfritt. Basert på tilgjengelige datakilder inntraff høyeste effekttopp torsdag 4. januar 2024 kl. 16.00 og var på 397 kWh/h. Byggeplassen har en tilgjengelig samlet nettkapasitet på 2 000 kW, fordelt på tre trafoer, tre eksisterende. Etter endt analyseperiode skal en eksisterende trafo skiftes med en ny for å levere strøm til elektrisk borerigg som skal bore energibrønner. Borerigg er på totalt (og maksimalt) rundt 600 kW. Dette vil da skape en ny effekttopp for byggeprosjektet.

Årsak til effekttopp er kartlagt og er knyttet til samtidig hurtiglading av to gravemaskiner. Denne effekttoppen på 203 kW utgjør 51 % av prosjektets hittil høyeste effekt. Med 20 brakker som utgjør rundt 30 kW er det rimelig å tenke seg til at resterende 164 kW går til lading av øvrige gravemaskiner ettersom det er oppgitt at det var 4 gravemaskiner på byggeplass i januar. De to gravemaskinene som ikke hurtiglades, kan lade med maks 80 kW. Det er oppgitt fra byggeplass at det var 6 stk. 18 kW varmeovner til bruk i forbindelse med byggørk/byggoppvarming på vinteren, noe som utgjør maks 108 kW. Utover dette har noe av strømmen gått til belysning og byggeplassens ene tårnkran.

Oppsummering | Sluttleveranse

Oppsummert for byggeprosjekter

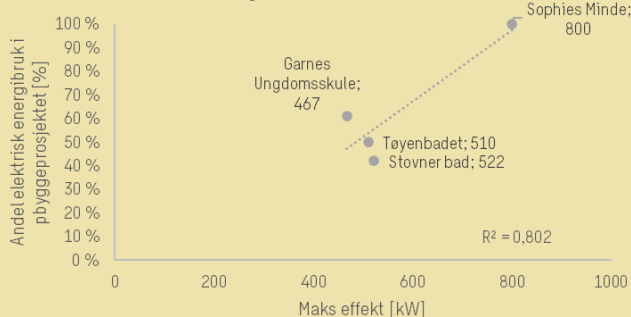
Maks effekttopp for de kartlagte byggeprosjektene varierer mellom 397-522 kW. Det interessante er at det, tilsynelatende, ikke er en tydelig sammenheng mellom maks effekt og en økende grad av utslippsfri byggeplass. Dette har mange potensielle forklaringer.

Prosjektene har forskjellig omfang, analyseperioden har vært for ulike byggefaser, forskjellig planlegging, begrenset utvalg (4 prosjekter) med mer. Eksempelvis har Tøyenbadet en maks effekt på 510 kW med 87 % utslippsfri byggeplass, mens Stovner bad har 522 kW med kun 42 % utslippsfri byggeplass. De er for øvrig relativt lik 37% av de 87% for Tøyenbadet er fra fjernvarme, så prosjektet har en andel elektrisk forbruk på 50%, relativt likt som Tøyenbadet. I dette prosjektet har Sophies Minde en kort analyseperiode og det tyngste grunnarbeidet med elektrisk borerigg var ikke en del av forbruket i analyseperioden. Anslagsvis kan maks effekt med bruk av borerigg og annet samtidig forbruk potensielt bli mellom om lag 800 kW og opp mot 1350 kW om alt skjer samtidig på en kald dag. Dette gir en høy positiv korrelasjon mellom grad av elektrisk byggeplass og maks effekt på mellom 0,895 til 0,93. Sammenheng er for øvrig ikke uavhengig av størrelse på byggeprosjektet. Disse prosjektene er relativt like i omfang (kvadratmeter BTA) og kan brukes til å generaliseres som funksjon av f.eks. bygget areal.

Gjennomgående for de fleste prosjektene er større effekttopper rundt kl. 11-12 i forbindelse med lunsj og dermed tilhørende lunsjlading eller mot slutten av dagen når maskinene igjen settes på lading. Det siste punktet er det lett å gjøre noe med, med god styring av ladingen.

Alle prosjektene har hatt effekttoppene sine på høst- og vinterstid. To av prosjektene har hatt effekttopp i januar 2024 og to har hatt det i oktober 2023. Det er en mild negativ korrelasjon mellom samlet forbruk og utetemperatur. Det vil si at forbruket på byggeplass går noe opp når utetemperatur går ned. Fra våre tilgjengelige data tyder det på at det i all hovedsak er knyttet til brakkerigg og evt. byggoppvarming eller byggtørk. Byggtørk skjer som regel ikke samtidig som f.eks. grunnarbeider, som er den mest krevende anleggsfasen, så det er mindre sjangs for at effekt til byggtørk inntreffer samtidig som mye samtidig hurtiglading fra gravemaskiner.

Sammenheng mellom andel elektrisk energibruk [%] og maks effekt [kW]



	Tøyenbadet	Stovner bad	Sophies Minde	Garnes Ungdomsskule
	Nybygg	Nybygg	Rehab	Nybygg og Rehab
Inkluder trivingsentreprise [JA/NEI]	Uvisst	Uvisst	NEI	JA
Areal BTA [m ²] Nybygg/ Rehab	15800	8600	13000	9300 / 1600
Areal utvendig [m ²]	Uvisst	Uvisst	7100	
Nettkapasitet [kW]	640	640	2000	640
Antall brakker	61	11	20	30
Maks timeseffekt [kW]	510	522	397	467
Dato og klokkeslett, maks timeseffekt	17.01.2024, kl. 11	17.10.2023, kl. 11	04.01.2024, kl. 16	09.10.2023, kl. 12
Gjennomsnittlig timeseffekt [kW]	106	45	117	74
Utslippsfri andel energibruk [%]	87 %	42 %	100 %	61 %
Elektrisk andel energibruk [%]	50 %	42 %	100 %	61 %
Gjennomsnittlig døgnforbruk [kWh]	2386	1326	2375	1782
Gjennomsnittlig månedsforbruk [kWh]	71325	38476	74802	50298

Avledede indikatorer					Kommentar
Maks timeseffekt / sum areal [kW/m ²]	0,032	0,061	0,020	0,043	Kan brukes til å beregne maks timeseffekt basert på byggd areal
St romforbruk per måned / sum areal *12 [kWh/m ² år]	54,2	53,7	44,7	55,4	Kan brukes til å estimere strømforbruk per år basert på byggd areal

Oppsummering | Sluttleveranse

Prosjektet har også sett litt nærmere på et utvalg anleggsprosjekter i regi av VA-etaten. Disse prosjektene omfatter rehabilitering eller nye vann- og avløpsanlegg, og har utstrakt bruk av gravemaskiner til grøfting med mer og utblokkingsmaskin til å føre nye rør inn i gamle. Ofte gjøres det arbeid i forbindelse med kummer og graving og støping av disse. VA-etatens prosjekter har allerede en høy grad av utslippsfri drift. I disse prosjektene har vi hatt tilgang på maskinlister, men ikke oversikt over energibruken for de ulike maskinene. Om man ser på andelen utslippsfrie maskiner i prosjektene, uavhengig av bruk, ligger utslippsfri andel på mellom 70-100%.

Effekttoppene varierer i de undersøkte prosjektene på mellom 30-260 kW. De høyeste effekttoppene for de ulike prosjektene inntreffer kl. 09, kl. 11, kl. 12 og kl. 14. Av de 8 prosjektene inntreffer effekttopp kl. 09 for tre av prosjektene, kl. 11 for tre av prosjektene, mens det for et av prosjektene skjer kl. 12 og et av prosjektene kl. 14.

Alle toppene inntreffer på høst eller på vinter. For de fleste prosjektene er det liten sammenheng mellom utetemperatur og forbruk. For enkelte er det en svak sammenheng. Prosjektene med en viss sammenheng mellom utetemperatur og forbruk har antageligvis flere brakker, men denne informasjonen har ikke vært kjent for dette prosjektet.

Generelle funn: utslippsfrie byggeplasser

- Kursmålere med 10-minutters tidsoppløsning eller høyere tidsoppløsning gir bedre oversikt over forbruket og bidrar til bedre forståelse av energiforbruket. Dette krever at det stilles tydelige krav til oppfølging av måling og at logging skjer for at disse dataene skal komme til nytte i etterkant. For å fange opp reelle effekttopper er det helt avgjørende at det finnes gode nok målinger med tilstrekkelig tidsoppløsning.
- Det er viktig å identifisere årsakene til effekttoppene for å kunne implementere tiltak og unngå uønskede effekttopper. Ofte er årsak til effekttopper knyttet til hurtiglading av flere maskiner samtidig. Høy grunnlast inntreffer som regel på vinteren grunnet temperaturavhengig forbruk som brakkerigger. Dette kan bidra til å gi de høyeste effekttoppene på vinterstid om byggefasen krever hurtiglading av flere maskiner samtidig.
- En 100% elektrisk byggeplass vil kunne ha ulike effekttopper avhengig av energiløsninger og bruken av elektriske maskiner. Avhengig av hvordan prosjektet rigges og utføres kan byggeprosjekter lage effekttopper på over 1000 kW. Det virker for øvrig mulig å unngå dette så effekttoppene kan begrense seg til 600-700 kW i verste tilfelle for et

middels nybyggprosjekt.

- Det er mulig å implementere ulike tiltak for å minimere uønskede effekttopper, inkludert bruk av flere maskiner, stasjonære batteribanker, god planlegging og ladelogistikk, smart styring av ladingen og andre laster og energieffektive brakker.
- Brakker bruker mellom 1-3 kW per brakke. På større byggeplasser med mange brakker kan dette bidra til at effekttoppene skjer på vinteren når strømmettet er mest belastet. Energieffektive brakker er derfor et viktig tiltak for å minimere grunnlasten på vinterstid.
- Krav til forkunnskaper og tydelige kontraktskrav er avgjørende for å sikre effektiv planlegging og drift av utslippsfrie byggeplasser.

Anbefalte krav

- Krav til energimåling inkluderer måleroppsett, tidsoppløsning for energidata og datainnsamling fra energimålere.
- Krav til ladesystem inkluderer kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner, samt kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere.
- Krav til maskiner inkluderer datainnsamling fra maskiner for å kunne koble energiforbruk til spesifikke maskiner.
- Krav til kommunikasjon mellom dataplattformer inkluderer standardiserte dataoverføringer mellom ulike skybaserte plattformer.
- Kommunen bør vurdere å stille krav til at entreprenører skal vise hvordan de vil gjennomføre smart styring av forbruket og hvordan dette kan redusere effekt og implementeres på en god måte.
- Flere detaljer kan sees på side 91-96.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	8
2	Leveransens omfang	13
3	Nye Tøyenbadet	14
3.1	Energiforbruk	20
3.2	Effektforbruk	28
4	Stovner bad	43
4.1	Energiforbruk	49
4.2	Effektforbruk	54
5	Sophies Minde	62
6	Anleggsprosjekter	72
7	Andre byggeprosjekt	79
8	Resultater fra kartlegging	84
8.1	Effekttilgang som begrensende faktor	85
8.2	Forslag til tiltak for å unngå uønskede effekttopper	87
8.3	Krav til forkunnskaper hos entreprenør	89
8.4	Anbefalte krav	91

1 Introduksjon

Bakgrunn for prosjektet og problemstillinger som skal besvares

Rundt 1,2 % av Norges samlede klimagassutslipp kommer fra bygge- og anleggsnæringen. Dette tilsvarer om lag 660 000 tonn CO₂e. Oslo kommune har vedtatt at kommunen skal redusere hele kommunens klimagassutslipp med 95% innen 2030, sammenlignet med 2009. I Oslo kommune utgjør utslipp fra bygge- og anleggsnæringen rundt 10% av samlede klimagassutslipp. Innen 2030 skal dette segmentet være utslippsfritt eller benytte bærekraftige fornybare drivstoff. Dette vil, i praksis si bety at alle anleggsmaskiner og transportertil/fra bygge- og anleggsplasser enten på gå på el-, hydrogen eller biodrivstoff (fortrinnsvis biogass).

For å bidra til realiseringen av dette målet har kommunen satt mål om at alle deres egne bygge- og anleggsprosjekter skal være utslippsfrie i løpet av 2025. For å sikre at dette er realiserbart og at alle relevante parter kan planlegge slike prosjekter best mulig, ønsker kommunen mer kunnskap om utslippsfrie BA-plasser, særlig når det gjelder reelt effekt- og energiforbruk og om bruken av elektriske maskiner.

Et av hovedformålene med oppdraget er derfor at prosjektet kommer frem til et standard kontraktskrav for automatisk datainnhenting av effekt- og energiforbruk som kan brukes i forbindelse med kommende bygge- og anleggsprosjekter.

I tillegg til dette skal det innhentes data fra en rekke prosjekter og dataene fra de prosjektene skal analyseres med det formål å besvare følgende problemstillinger:

- Hva er reelt effekt og energibehov fra BA-plassen?
- I hvilken grad er effektbehov en begrensende faktor for drift for av utslippsfrie BA-plasser?

- Vurdere sammenheng mellom effekt- og energiforbruk og drift.
- Hva er årsakene til effekttoppene på BA-plasser? På hvilke måter og i hvilken grad kan disse unngås (mtp. på planlegging, tilpassede rutiner, teknisk utstyr etc.)?
- Hva kreves av forkunnskaper hos entreprenør og byggherre for å optimere planleggingen med tanke på energi- og effektbehov for utslippsfrie bygge- og anleggsdrift? Hva bør være standard kunnskap hos entreprenører og byggherre om effekt- og energiplanlegging?
- Vurdere, sammen med nettselskapet (Elvia), hvilke resultater fra arbeidet som kan hjelpe dem med saksbehandling eller planlegging av nettutbygging.

Det presiseres at selv om man her kommer frem til reelt effekt- og energibehov med utgangspunkt i de spesifikke prosjektene som er undersøkt vil det ikke være en fasit for andre prosjekter. Oslo kommune har for øvrig forsøkt å legge til grunn mest mulig representative prosjekter, men i praksis vil det kunne være relativt store variasjoner fra prosjekt til prosjekt.

Hvilke prosjekter som skulle inngå i denne rapporten ble valgt ut i samråd mellom Sweco, Klimaetaten, Oslobygg. Flere ulike prosjekter, både i Oslobygg og andre virksomheter i Oslo kommune ble vurdert, som Fornebubanen og Vann- og avløpsetaten. Det ble vektlagt å fokusere på et lite utvalg av prosjekter, hvor graden av elektrisk bruk var høy, datatilgangen tilstrekkelig og at prosjektet var representativt, slik at det har overføringsverdig til andre prosjekter. Som kapittel 2 viser, ble det hentet inn data fra ytterligere 3 prosjekter, men de ble ikke inkludert i leveransen som følge av begrenset datatilgang.

Sammenfatning av eksisterende kunnskapsgrunnlag

En del av dette oppdraget er å sammenfatte tidligere kunnskapsgrunnlag. Dette innbefatter, i tillegg til Sweco sine egne erfaringer og dialog med bransjen, følgende litteratur:

- **SINTEF. 2021. Erfaringskartlegging av krav til utslippsfrie bygge- og anleggsplasser.** Rapporten ser på muligheter, utfordringer, barrierer og løsninger knyttet til strømforsyning, utslippsfrie anleggsmaskiner og lastebiler og ladelogistikk. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som S21 når den henvises til i teksten.*
- **SINTEF. 2022. Utslippsfri byggeprosess i Oslo – konsekvensutredning.** Rapporten baserer seg på energibruksdata fra noen av de aller første utslippsfrie bygge- og anleggsplassene i Oslo og ser på merkostnader og oversikt over verdiskapning og sysselsetting i tillegg til å beskrive markedsutsiktene og belyse endringer i energi- og effektbruk og andre konsekvenser ved en overgang til utslippsfrie byggeplasser. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som S22 når den henvises til i teksten.*
- **Hafslund Rådgivning. 2022. Forsert elektrifisering av tungtransport og bygg- og anleggsektoren i Oslo mot 2030.** Rapporten estimerer fremtidig aktivitet knyttet til bygg-/anlegg i Oslo, tilhørende elektrisitetsbehov ved gradvis omlegging til utslippsfri aktivitet, og sektorens behov for ladeinfrastruktur (ink. Tungtransport) i Oslo mot 2030, og en vurdering av konsekvensene effektbehovet medfører. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som HR22-30 når den henvises til i teksten.*
- **Klimaetaten. 2022. Forsert elektrifisering av tungtransport og bygg og anlegg.** Rapporten vurderer muligheter og barrierer for elektrifisering av tungtransporten og bygg- og anleggssektoren. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som KE22 når den henvises til i teksten.*
- **SINTEF. 2022. Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, veikart.** Denne rapporten er utført på vegne av Rental.one, en utleieleverandør av anleggsmaskiner, og vurderer i hvilken grad de må omstilles for å tilpasse seg utslippsfrie BA-plasser. Dette er gjort gjennom erfaringskartlegging, beregninger, intervjuer og ideverksted. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet som S22-vei når den henvises til i teksten.*
- **SN/TS 3770:2023. Utslippsfrie byggeplasser og anleggsområder.** Dette er en teknisk standard fra Standard Norge, publisert september 2023. Dokumentet har som formål å være et felles faktagrunnlag for bransjen for å best mulig kunne planlegge og operasjonalisere utslippsfrie BA-plasser på en mest mulig rasjonell måte. *I denne rapporten er den fra nå av forkortet til TS3770 når den henvises til i teksten.*

Forkunnskaper hos entreprenør og byggherre

S22 påpeker et økt behov for samhandling og dialog i tidlig fase mellom byggherre, leverandører og nettselskap. Det samme gjør TS3770. En hovedgrunn til dette behovet er at byggherren som krever utslippsfrie BA-plasser ikke har kjennskap til hvilke maskiner som skal brukes og hvor stort effekt- og energiforbruk vil bli. Hovedutfordringen er knyttet til det dimensjonerende elektriske effektbehovet, da det vil være lite rasjonelt å bygge ut stor midlertidig kapasitet. Derfor bør det dimensjonerende effektbehovet minimeres i størst mulig grad gjennom samhandling i tidligfase og i form av god kravstilling fra byggherre.

Årsak til effekttopper og hvordan unngå dem

S22 har, basert på egne beregninger, sett hvordan effekttoppene kan reduseres betydelig ved å justere tidspunkt for ladepauser og hvilke teknologier man tar i bruk (batteri, kabel eller kabelbatteri). S21 og flere andre rapporter og egne erfaringer understøtter dette.

Effekt- og energibehov

S22 har, gjennom sin kartlegging, avdekket at grunnarbeidet er den mest energikrevende byggefasen etterfulgt av råbygg og riving. Fra deres intervjuer med bransjen kartla de at behov for tilgjengelig effekt varierer mellom rundt 50-150 kW og noen ganger opp mot 250 kW. For byggeplasser oppgir de at det per i dag typisk er rundt 400-500 kW, men at et fremtidig behov på opptil 1000 kW estimeres når alt skal elektrifiseres.

Maskiner på markedet

S22 har kartlagt at mindre anleggsmaskiner under 8 tonn serieproduseres av flere store produsenter, mens de større maskinene over 8 tonn i hovedsak spesialproduseres i mindre volumer. Som regel tar det 2-3 år fra en maskin introduseres til den er kommersielt tilgjengelig. Elektriske maskiner finnes tilgjengelig for de fleste maskiner. Gravemaskiner skiller seg mest ut ved at det finnes en rekke modellalternativer i flere størrelser.

Erfaringer med bruk av elektriske maskiner

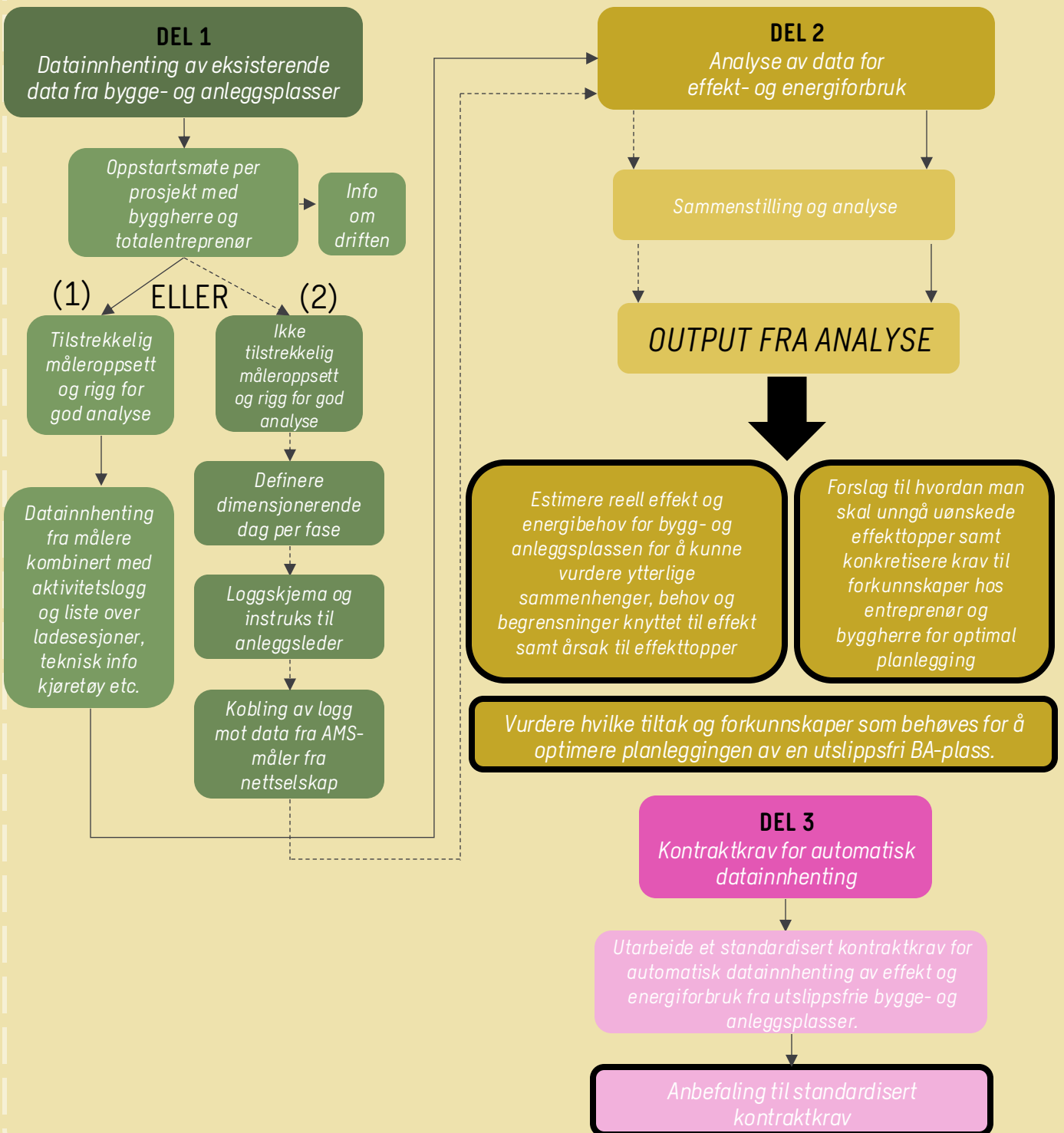
S22 skriver at det er kartlagt at det er uproblematisk med mindre elektriske maskiner og utstyr, men at det fortsatt kan være noen utfordringer med strømforsyning og ladelogistikk når flere, store anleggsmaskiner er i samtidig bruk.

Merkostnader

I sin rapport har S22 utarbeidet levetidskostnader for en liten (8-16 tonn), medium (16-23 tonn) og stor (>23 tonn) gravemaskin, og for en tippbil med og uten henger. Anleggsmaskinene under 8 tonn ble ikke medtatt i analysen. Kostnadssammenligningen tok for seg diesel, HVO og et elektrisk alternativ og viste at avhengig av energiprisene kan de lavere driftskostnadene for det elektriske alternativet kompensere for de høyere investeringskostnadene over en analyseperiode på 5-6 år. Totalt sett anslår rapporten at det trolig vil være merkostnader ved en overgang til utslippsfrie BA-plasser i en periode fremover, men at det mot 2030 kan gå i null eller gi lavere kostnader.

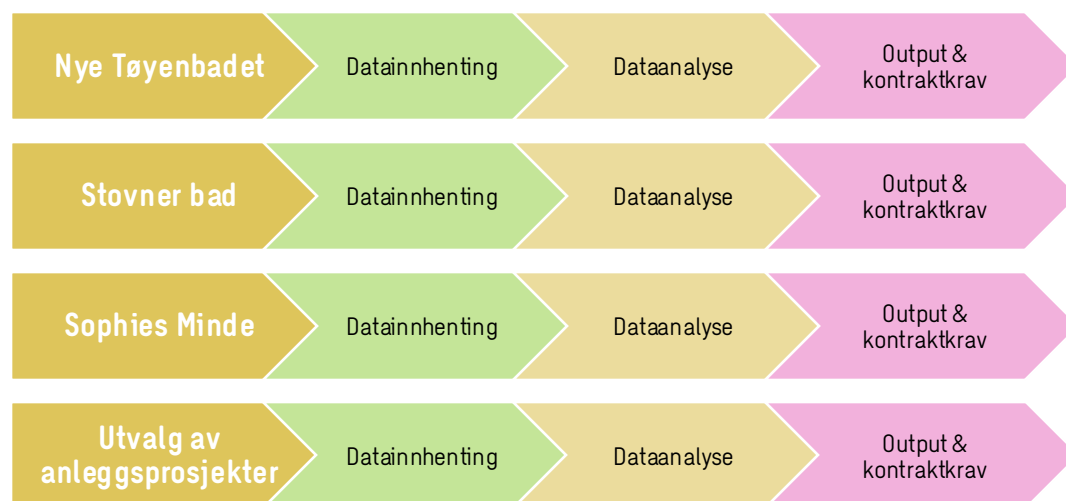
Arbeidsmetodikk

OVERORDNET ARBEIDSMETODIKK FOR PROSJEKTGJENNOMFØRINGEN



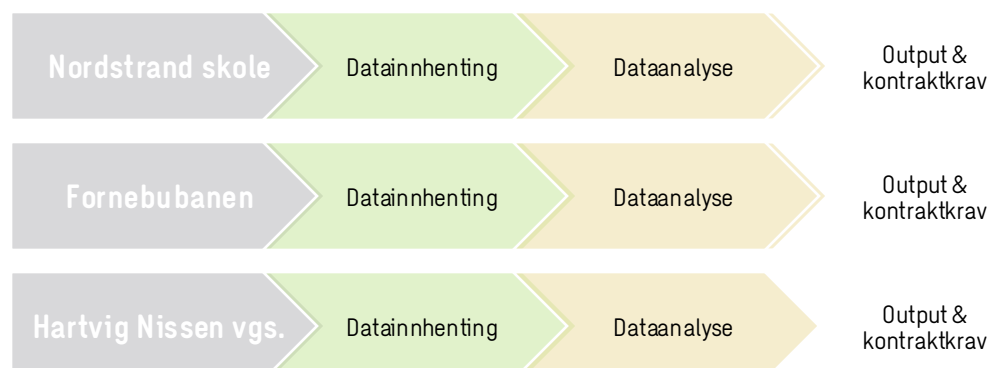
2 Leveransens omfang

Prosjektene som inngår i sluttleveransen



Prosjektene som er ekskludert fra sluttleveransen

Nordstrand skole, Fornebubanen og Hartvig Nissen vgs er blant de bygge- og anleggsprosjektene som er ekskludert fra sluttleveransen. Etter påbegynt datainnhenting og –analyse av materiell fra disse prosjektene har det, i samarbeid med kunde, blitt vurdert at prosjektene ikke har relevant nok informasjon eller tilstrekkelig god nok datatilgang og tidsoppløsning for videre analyse. På grunnlag av dette har man valgt å prioritere de overordnede prosjektene i sluttrapporten.



3 Nye Tøyenbadet

Nye Tøyenbadet | Informasjon

Nybygg



Det nye Tøyenbadet er et nybyggsprosjekt i Oslo kommune som skal bli byens største badeanlegg med sine 2 700 m². Bygget er på ca. 15 800 m² bruttoareal. Badet bygges på den samme tomten som det gamle anlegget og vil bestå av både et innendørsanlegg, et utendørsanlegg og en fullverdig flerbrukshall. Badeanlegget bygges som energivennlig passivhus for idrettsanlegg og energikonseptet inkluderer varmepumper, energibrønner, solenergi og fjernvarme. Anlegget skal ha et grunnvarmeanlegg med energibrønner som primær energiforsyning sammen med solenergi og fjernvarme som sekundære kilder.

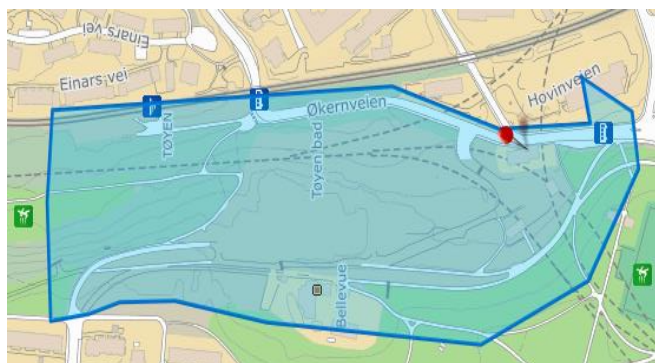
Byggeprosjektet skal være ferdig ila. juni 2024, med noen gjenstående arbeider utomhus, som skal stå ferdig ila. august 2024. Inn i prosjektet er hovedentreprenøren AF Gruppen, mens Asplan Viak håndterer prosjekteringen og Sweco er ansvarlig for prosjekterings- og byggeledelsen.

Anleggsplassen er fossilfri med stort innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Byggeplassen er forsynt med en tilgjengelig strømkapasitet på 800 kVA, og prosjektet benytter seg også av fjernvarme som en del av sin energiløsning. I tillegg er det implementert to ladecontainere fra Eldrift. Nybyggprosjektet er snart ved ferdigstilling og arbeider for øyeblikket med utomhus.

Prosjektet er godt utstyrt med måleutstyr. Det er installert fem målere på byggeplassen, inkludert en AMS-måler og en individuell måler per kurs (brakkerigg, tårnkran 1, tårnkran 2 og gravelader). Målinger ble initiert den 16. november 2022, og dette vil muliggjøre en omfattende analyse av energiforbruket og effektiviteten til prosjektet.

Sweco har mottatt følgende relevante data og info fra prosjektet:

- Månedlig maskinoversikt inklusiv akkumulert forbruk
- AMS-data med timesoppløsning [kWh/h]
- Kursmåling for 4 kurser (tårnkran 1, tårnkran 2, gravelader og brakkerigg med 10-minutters oppløsning) fra nov 2022. Prosjektoppstart med grunnarbeider var i des 2020.
- Fjernvarmeforbruk fra okt 2022 – mars 2024.
- Nettkapasitet: 800 kVA transformator i nettstasjonen. Rundt 640 kW.



Byggegrensen for Tøyenbadet

ANALYSEPERIODE: 09.2021-03.2024

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

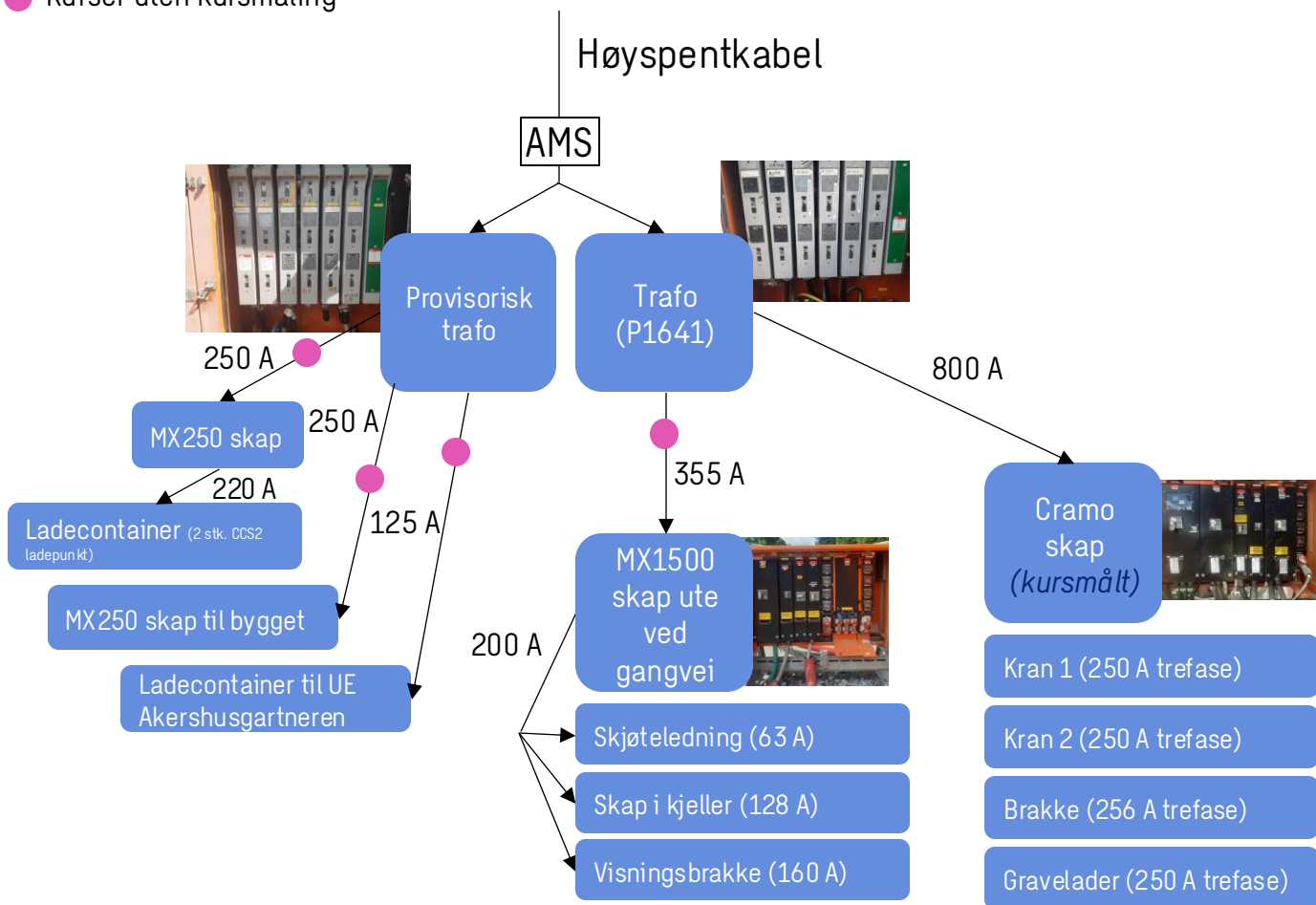
- Maks timeseffekt: 510 kW (onsdag kl. 11, uke 3 i 2024)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 106 kW
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 71 325 kWh
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 2 386 kWh
- Totalt energiforbruk: 6 152 056 kWh
- Utslippsfri energibruk byggefase: 87 %
- Utslippsfri maskindrift på byggeplass: 44 %

Nye Tøyenbadet | Informasjon

Strømrigg

FORKLARING FARGEKODE

● Kurser uten kursmåling



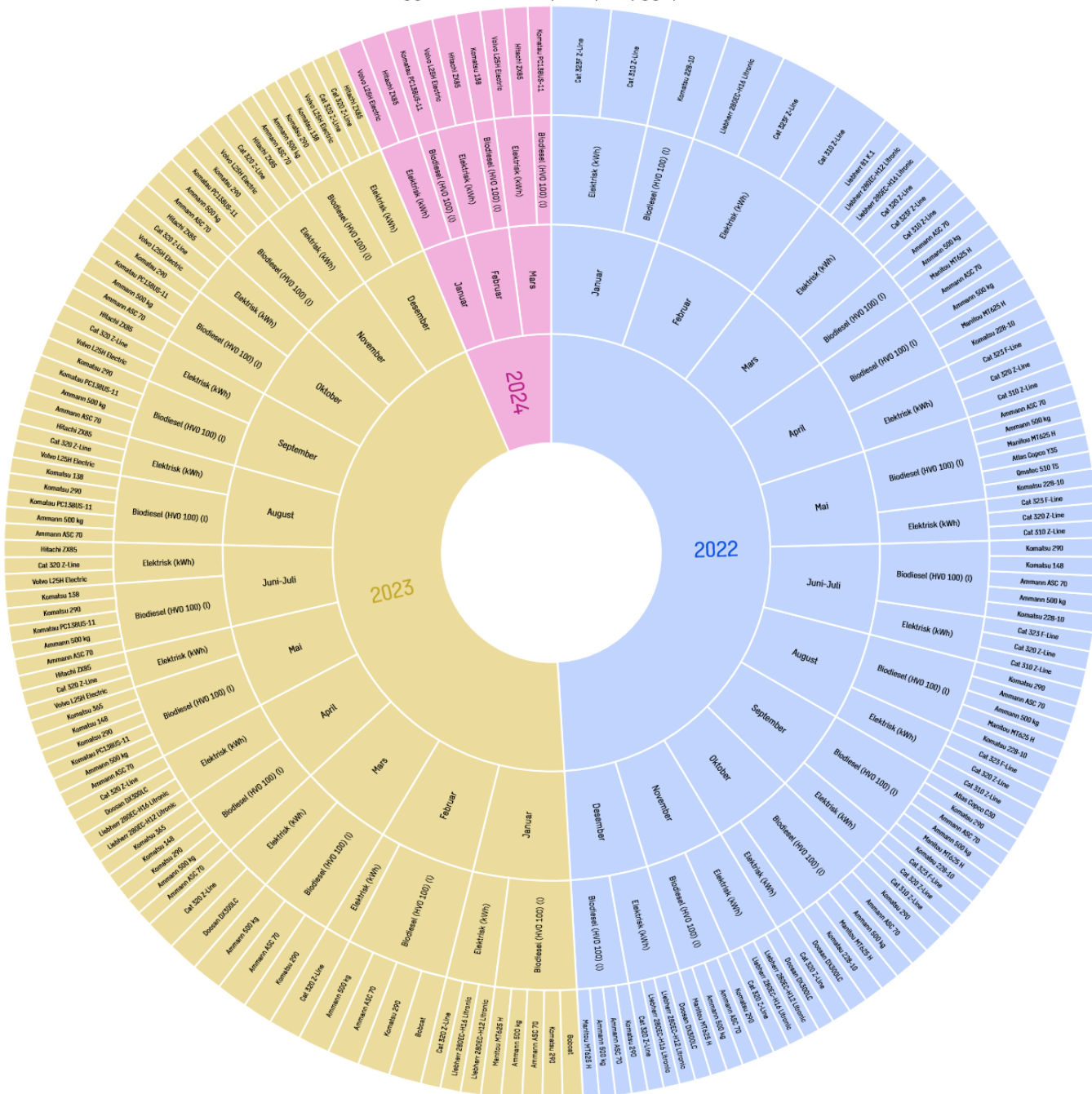
Strømmen på byggeplassen fordeles ut til de ulike forbrukspostene ved hjelp av to trafoer. Den ene er nettstasjon P1641 satt opp og driftet av Elvia, mens Omexon har satt opp og driver en provisorisk trafo i tillegg. Total oppgitt kapasitet på trafoer er rundt 800 kW. Anlegget er på 400 V. Den provisoriske trafoen har tre kurser som forsyner (1) ladecontainer fra Eldrift via et MX250-skap, (2) et MX250-skap som forsyner bygget og (3) ladecontainer fra Eldrift til AF brukt av underentreprenør Akershusgartneren.

Den andre trafoen (P1641) har tre parallelle kurser som med total kapasitet på 800 A som leveres til Cramo-skap. Disse fordeles videre til kran 1, kran 2, brakker og gravelader. Alle disse kursene er målt. Trafo leverer i tillegg 355 A strøm til et MX1500-skap ute ved gangvei som videre forsyner (stilt ned til 200 A) et annet skap i kjelleren og en kurs til visningsbrakken. Det er også tatt ut skjøteledning i tavlen som forsyner diverse forbruk på byggeplass. Tidligere har det vært i bruk 2 stk. 63 A enfase til industrikontakter for mobilkraner og en 32 A enfase til sagcontainerer.

Nye Tøyenbadet | Informasjon

Maskinliste

Anleggsmaskiner benyttet på byggeplassen



For perioden januar 2022 – mars 2024 har prosjektet rapportert forbruket for elektriske og biodieseldrevne anleggsmaskiner på byggeplassen. Diagrammet over gir en oversikt over aktive anleggsmaskiner for prosjektet, kategorisert etter drivstoffteknologiene *biodiesel (HVO 100) (l)* og *elektrisk (kWh)*, og er organisert per måned og per år. Dette gir et visuelt bilde av hvilke maskiner som var mest brukt i ulike perioder. Det er viktig å merke seg at diagrammet ikke er vektet på forbruket av drivstoff for hver maskin.

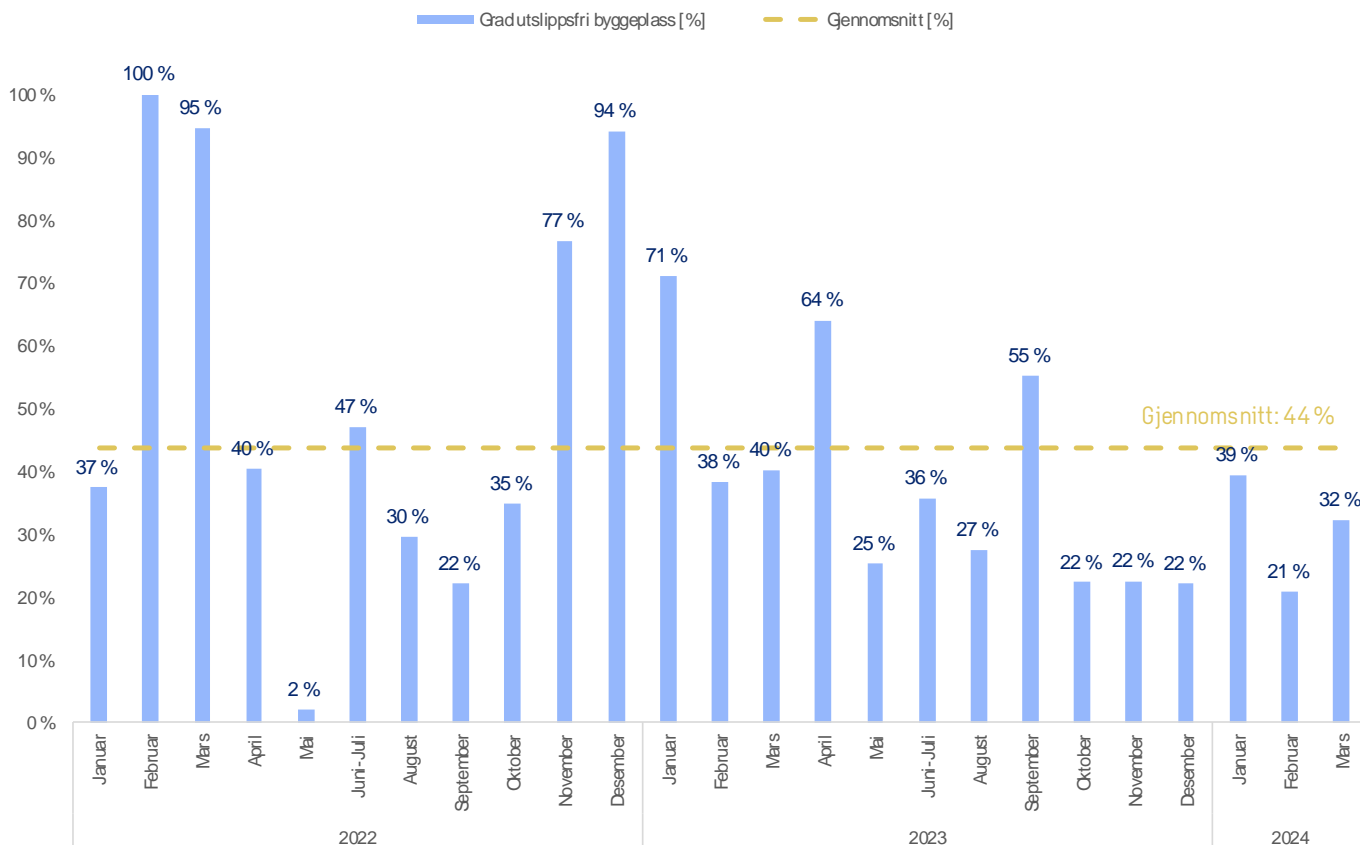
Nye Tøyenbadet | Informasjon

Graden av utslippsfri byggeplass

Gjennom årene har det vært en økende bevissthet om behovet for mer bærekraftige og miljøvennlige løsninger i bygg- og anleggssektoren. Dette har resultert i en gradvis overgang fra tradisjonelle fossile drivstoff til mer miljøvennlige alternativer. Anlegget på Nye Tøyenbadet er fossilfri med stort innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Det betyr at alle anleggsmaskiner er elektriske eller går på biodrivstoff.

Diagrammet under gir en oversikt over graden av utslippsfri drift på byggeplassen for Tøyenbadet, i perioden januar 2022 - mars 2024. Målingen er basert på prosentvis forbruk fra andelen av elektrisk drevne enheter i bruk på byggeplassen. Diagrammet viser at gjennomsnittet for denne perioden er 44 %, noe som betyr at litt under halvparten av den totale driftstiden ble utført uten utslipp av klimagasser.

Andel elektrisk drift fra anleggsmaskiner på byggeplassen



Nye Tøyenbadet | Informasjon

Info om elektriske maskiner

I arbeidet med Tøyenbadet er disse anleggsmaskintypene utslippsfrie:

- Kraner
- Gravemaskin
- Lift
- Vibroplate

Disse er drevet som batterielektriske eller kablede maskiner, der de batterielektriske er utstyrt med et innebygd batterisystem. Batteriene gir strøm til maskinens elektriske motorer, som driver bevegelsen av anleggsmaskinen. Batteriene kan lades ved å koble dem til en ekstern strømkilde, som en gravelader eller en stikkontakt. Fordelen med batterielektriske maskiner er at de gir mobilitet og fleksibilitet uten å være avhengig av en kontinuerlig strømkilde. De kan brukes på forskjellige steder og er spesielt nyttige i områder der tilgangen til strøm kan være begrenset.

Den andre typen, kablede anleggsmaskiner, er koblet direkte til en ekstern strømkilde gjennom en kabel. Kabelen leverer strøm til maskinens

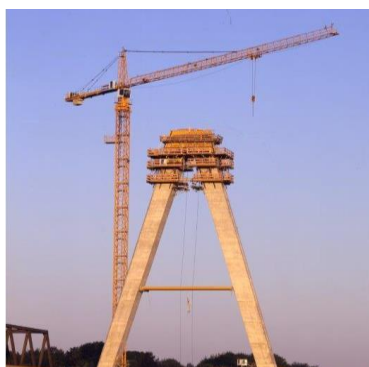
elektriske system, og maskinen bruker denne strømmen til å drive motorer og utføre arbeidet. Fordelen med kablede maskiner er at de ikke trenger å bekymre seg for batteritid eller lading. Så lenge de er koblet til strømkilden, kan de kontinuerlig utføre arbeidet. Imidlertid er de begrenset av rekkevidden til kabelen og kan være mindre fleksible når det gjelder å flytte seg rundt på byggeplassen.

Av de elektriske maskinene benyttet på prosjektet, har følgende elektriske maskinene høyest månedlig forbruk:

- Tårnkranene
 - Liebherr 280 EC-H12 litronic
 - Liebherr 280 EC-H16 litronic
- Gravemaskiner som
 - CAT 320 Z-line,
 - CAT 323F Z-line
 - CAT 310 Z-line
 - Doosan DX300LC.



*DOOSAN DX300LC (Gravemaskin (EL))
Batteri – 390 kWh – max. 145 kW*



*LIEBHERR 280 EC-H12/EC-H16
LITRONIC (Tårnkran)*



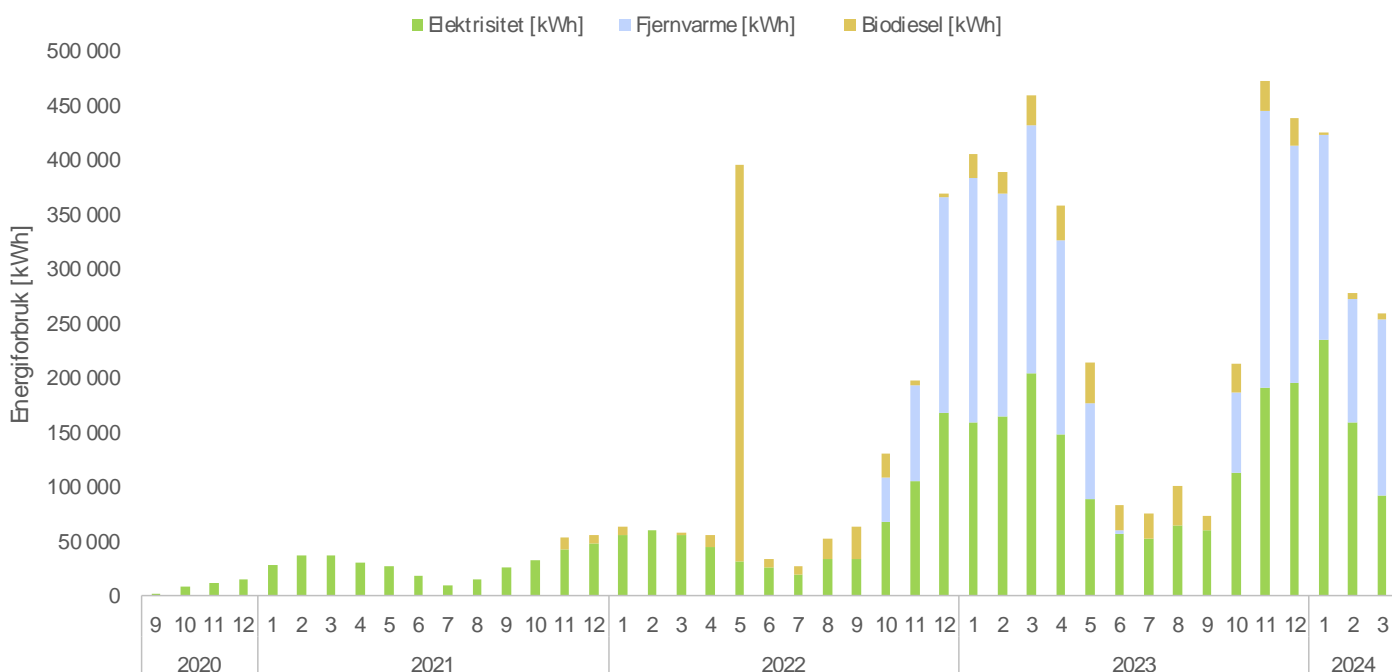
*CAT 320 Z-LINE (Gravemaskin (EL))
Batteri – 300 kWh – max. 120 kW*

3.1 Energiforbruk

Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Samlet forbruk per energibærer

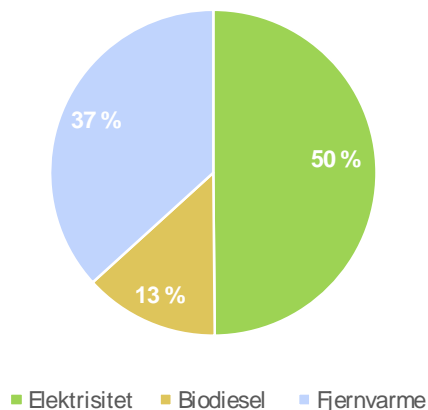
Totalt energiforbruk per måned per energibærer [kWh]



Samlet energiforbruk for byggeprosjektet (omregnet til kWh) har frem til og med mars 2024 vært **6 152 056 kWh**. Elektrisitet har vært den mest brukte energibæreren for Tøyenbadet (50 %) etterfulgt av fjernvarme (37 %) og biodiesel (13 %). Fjernvarme ble etablert i oktober 2022 og startet forsyningen da i forbindelse med råbygg og innvendige arbeider. Dermed vil prosjektet ha benyttet seg av en **87 % utslippsfri byggeplass** i etableringen av Tøyenbadet.

Energibruken av biodiesel er verdt å kommentere på, da det er oppgitt et forbruk på rundt 40 500 liter for mai 2022. Årsaken er innrapportert bruk av 2 stk. Atlas Copco Y35 luftkompressorer. Disse er benyttet til boring av energibrønner og står for det svært høye forbruket. I følge fremdriftsplanen var oppstart av boring i april 2022 og mesteparten ble fullført innen juni samme år. Luftkompressorene er oppgitt til å ha et forbruk på rundt 2,2 liter per boret meter. Med 52 energibrønner på 300 meter hver, samstemmer dette godt med innrapporterte tall, bortsett fra at forbruket som minimum skulle vært fordelt på april, mai og delvis juni.

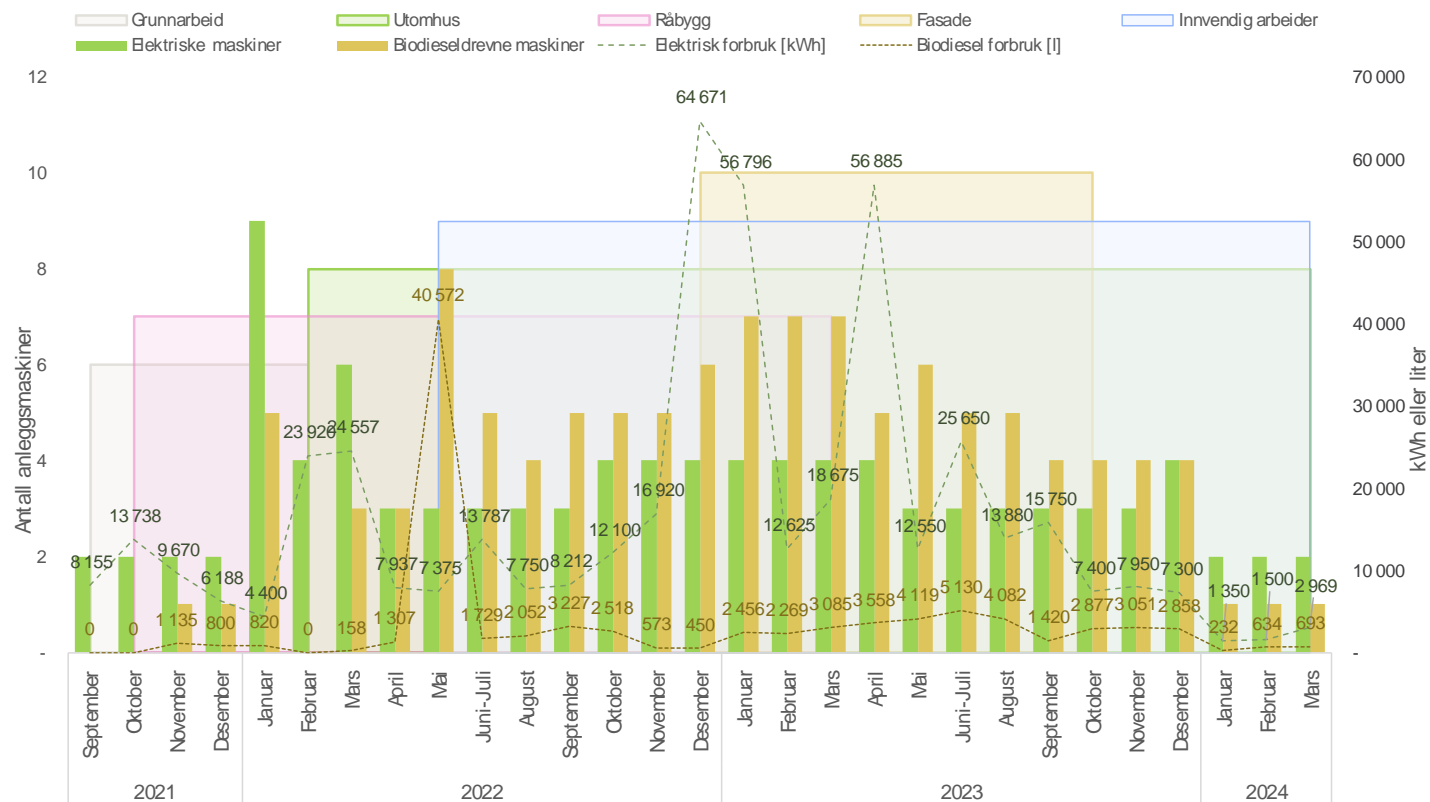
Andel energiforbruk per energibærer for byggeprosjektet hittil



Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Maskinparkens månedlige forbruk per energibærer

Antall anleggsmaskiner på byggeplassen, fordelt på energibærer



Diagrammet over viser den månedlige sammensetningen av elektriske og biodieseldrevne anleggsmaskiner på byggeplassen for de ulike byggefasene, med tilhørende elektrisk forbruk i kWh og biodiesel (HVO 100) i liter. Forbruket kan også ses i sammenheng med prosjektets byggefaser, indikert av boksene for byggefasens varighet.

De elektriske anleggsmaskinene med innrapportert forbruk har i løpet av hvert kalenderår brukt 191 630 kWh (2022), 235 461 kWh (2023) og 5 819 kWh hittil i 2024 (til og med mars). Tilsvarende har anleggsmaskiner på HVO brukt 53 408 l (480 330 kWh) i 2022, 34 905 l (313 922 kWh) i 2023 og 1 558 l (14 012 kWh) hittil i 2024. Elektriske maskiner har samlet brukt **544 kWh** i gjennomsnitt per dag for hele byggeprosjektet, mens maskiner på biodiesel har brukt **113 liter** per dag i snitt (**1 012 kWh**), hvorav det aller største forbruket skjedde i mai 2022 ved bruk av luftkompressorer (Atlas Copco Y35) til boring av energibrønner. Om man ser bort fra dette, er gjennomsnittlig daglig brutto forbruk **63 liter HVO (567 kWh)**.

På neste side presenteres den månedlige energiforbruket for anleggsmaskinene. Mai 2022 står for måneden med det høyeste forbruket i prosjektperioden og er fremhevet i blått. Atlas Copco Y35 er anleggsmaskinen avbildet og den som står for majoriteten av det høye forbruket.

Månedlig forbruk per maskintype

Mai 2022

Kompressor | Atlas Copco Y35

Januar 2023

Kran | Liebherr 280EC-H12 Litronic

Juni-Juli 2023

Gravemaskin | Komatsu 138

Desember 2022

Kran | Liebherr 280EC-H12 Litronic

August 2023

September 2022

November 2023

Oktober 2022

Gravemaskin | Komatsu 290

Mai 2023

Oktober 2023

Juni-Juli 2022

September 2023

Mars 2023

Februar 2023

August 2022

Februar 2022

April 2023

Desember 2023

Mars 2022

April 2022

Mars 2024

Februar 2024



Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Gravemaskin | Komatsu 228-10

Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Kursmålere: Energispesifikke forbruksposter

På Tøyenbadet er det lagt opp til strømmåling av enkeltkurser med spesifikke forbruksposter. Bortsett fra strømforbruket fra kursen med navn "gravelader", som varierer avhengig av faktorer som maskintype på lading, er det interessant å undersøke strømforbruket og effekten for de andre målte kursene. Disse er kran 1, kran 2 og brakkerigg. Her gjelder oppgitt forbruk fra 16.11.2022 når kursmålere ble montert til og med 31.03.2024.

Brakkeriggen består av 61 brakker og forsynes av en 256 A trefase kurs, som tilsier muligheten til å forbruke maksimalt 177 kW.

Kran 1 er av typen Liebherr 280EC-H16 Litronic med en installert effekt på 110 kW og tilkoblet en 250 A trefase kurs, som tilsier muligheten til å forbruke maksimalt 173 kW. Kran 2 er av samme produsent og av modellen 280EC-H12.

Energiforbruk fra de ulike forbrukspostene

Brakkerigg

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 32 076 kWh
- Maks månedlig forbruk: 61 214 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 1 091 kWh

Kran 1

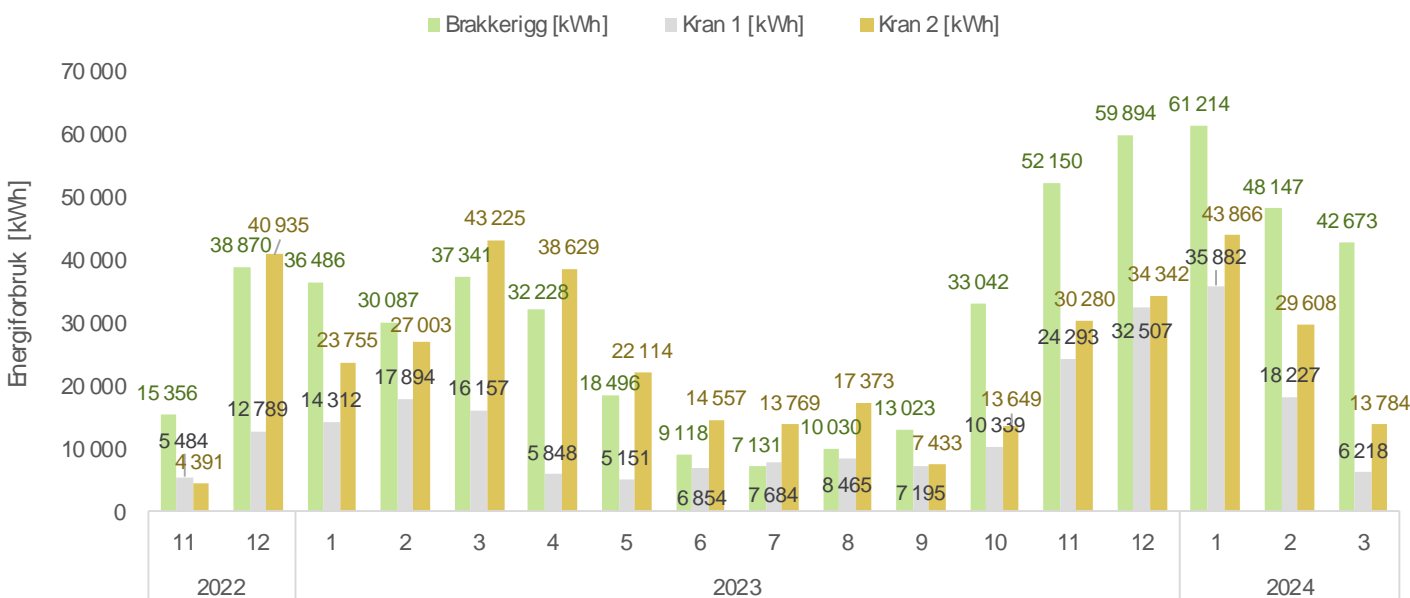
- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 13 841 kWh
- Maks månedlig forbruk: 35 882 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 468 kWh

Kran 2

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 24 630 kWh
- Maks månedlig forbruk: 43 866 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 820 kWh

Høyest månedlig forbruk for alle kursene er observert i januar 2024.

Energiforbruk per måned for kursmålt forbruk



Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Kursmåler: «Gravelader»

Energimålingen gjøres også for kursen ved navn gravelader. Dette er en kurs med en sikring på 250 A og 400 V spenning.

Det er oppgitt fra byggeplass at laderen tilkobles gravemaskin ved hjelp av industrikontakt, som leverer vekselstrøm til gravemaskinen.

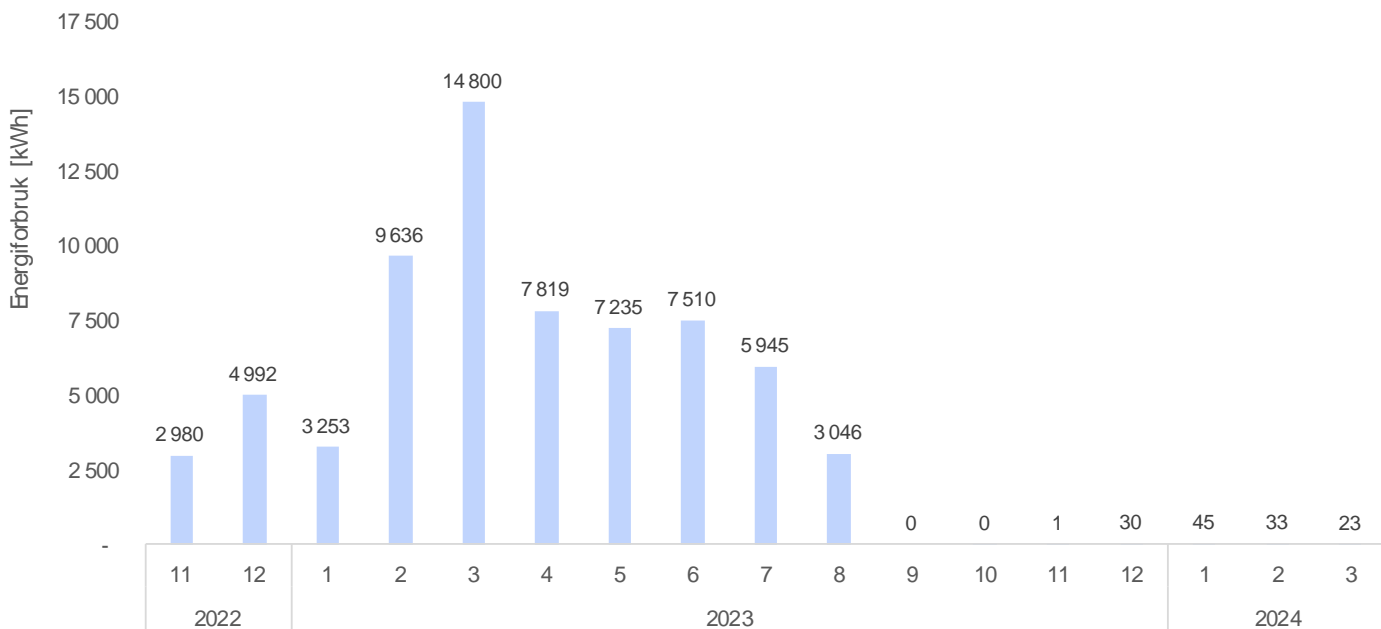
Gravelader

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 6 721 kWh*
- Maks månedlig forbruk: 14 800 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 234 kWh*



Viser Cramo-skap med kurs for gravelader markert med lilla

Energiforbruk per måned for kursmålt forbruk | Gravelader



* Gjennomsnittstall hensyntar kun perioder med vesentlig forbruk, her fra november 2022 – august 2023

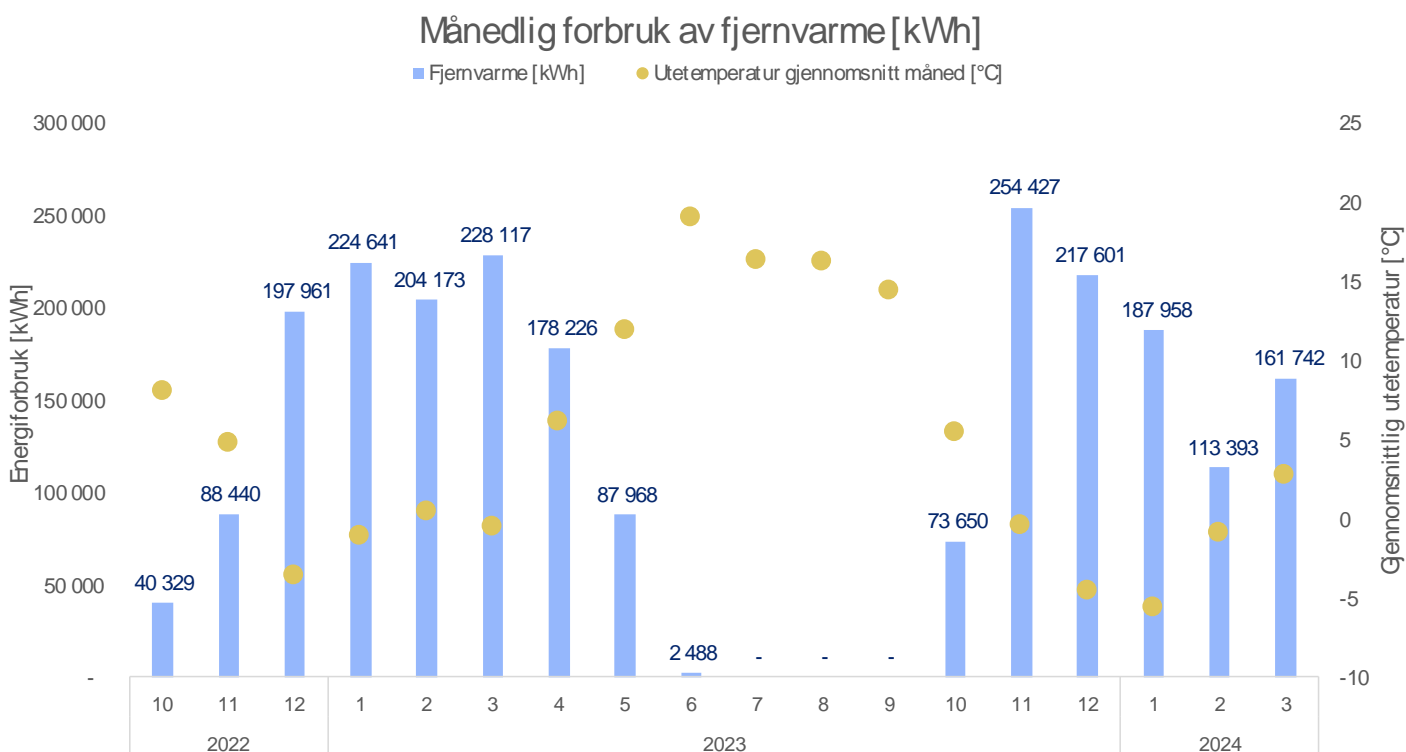
Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Fjernvarme

Fjernvarmen ble montert og startet leveransen av termisk energi til byggtørk og byggvarme fra 1. oktober 2022. Grafen under viser månedlig forbruk frem til og med mars 2024, med følgende nøkkelverdier:

Fjernvarme

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 150 741 kWh*
- Maks gjennomsnittlig månedlig forbruk: 254 427 kWh
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 4 964 kWh*

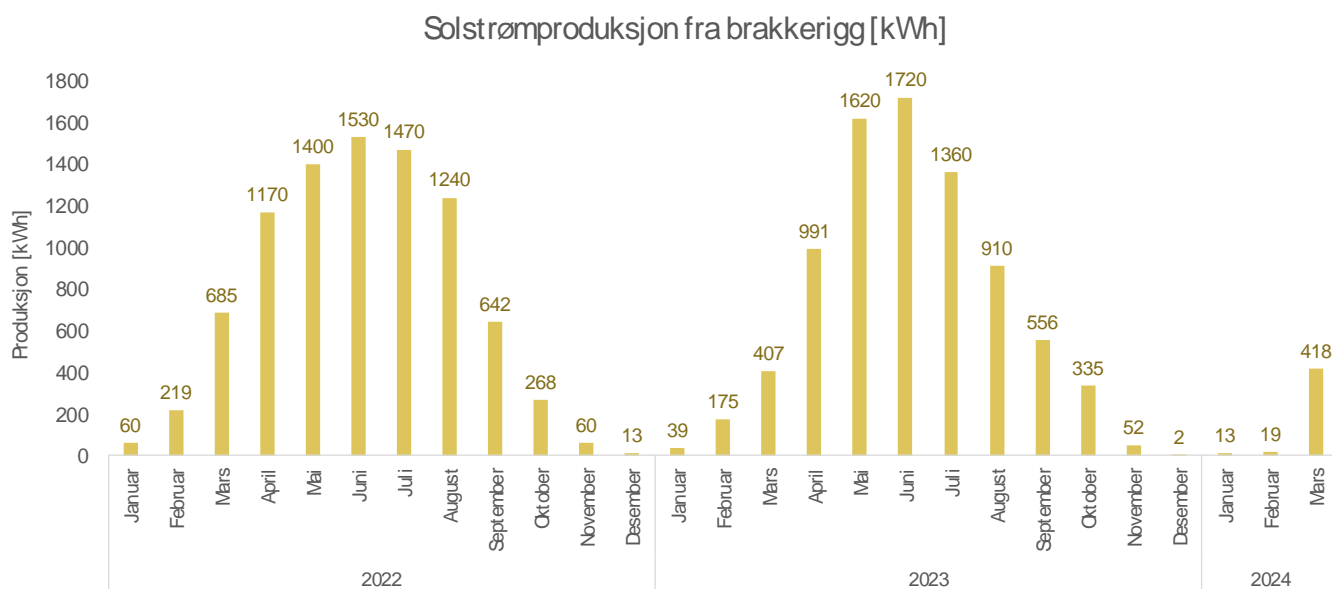


* Gjennomsnittstall hensyntar kun perioder med vesentlig forbruk, her ekskluderes juli 2023 – september 2023

Nye Tøyenbadet | Energiforbruk

Energiproduksjon fra solstrøm

Anlegget består av 10 paneler montert på hver sin ramme som dekker ett brakketak. Totalt er det 40 paneler i anlegget. Det er oppgitt fra leverandør at det under optimale solforhold vil det kunne produsere 11,2 kW. Dette reduserer behovet fra eksternt nett for å dekke strømbehovet til riggen, til å eksempelvis lade et batteri på en byggeplass. Skulle det bli overskudd av strøm vil, dette leveres ut på det vanlige forsyningsnettet på byggeplassen. Anlegget ble montert i januar 2022 og følgende graf viser månedlig solstrømproduksjon siden:



Til sammenligning med månedlig energiforbruk på byggeplassen, er den historiske solenergiproduksjonen så liten i størrelsesorden at det ikke vil bidra nok i effekt til at det vurderes som et reelt tiltak for å redusere effektbehovet for byggeplassen.



3.2 Effektforbruk

Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Introduksjon

Byggeprosjektet Tøyenbadet har hatt gode forutsetninger enn andre pågående prosjekter til å få oversikt over effekttopper på byggeplassen på grunn av mer omfattende rigg med energimålere.

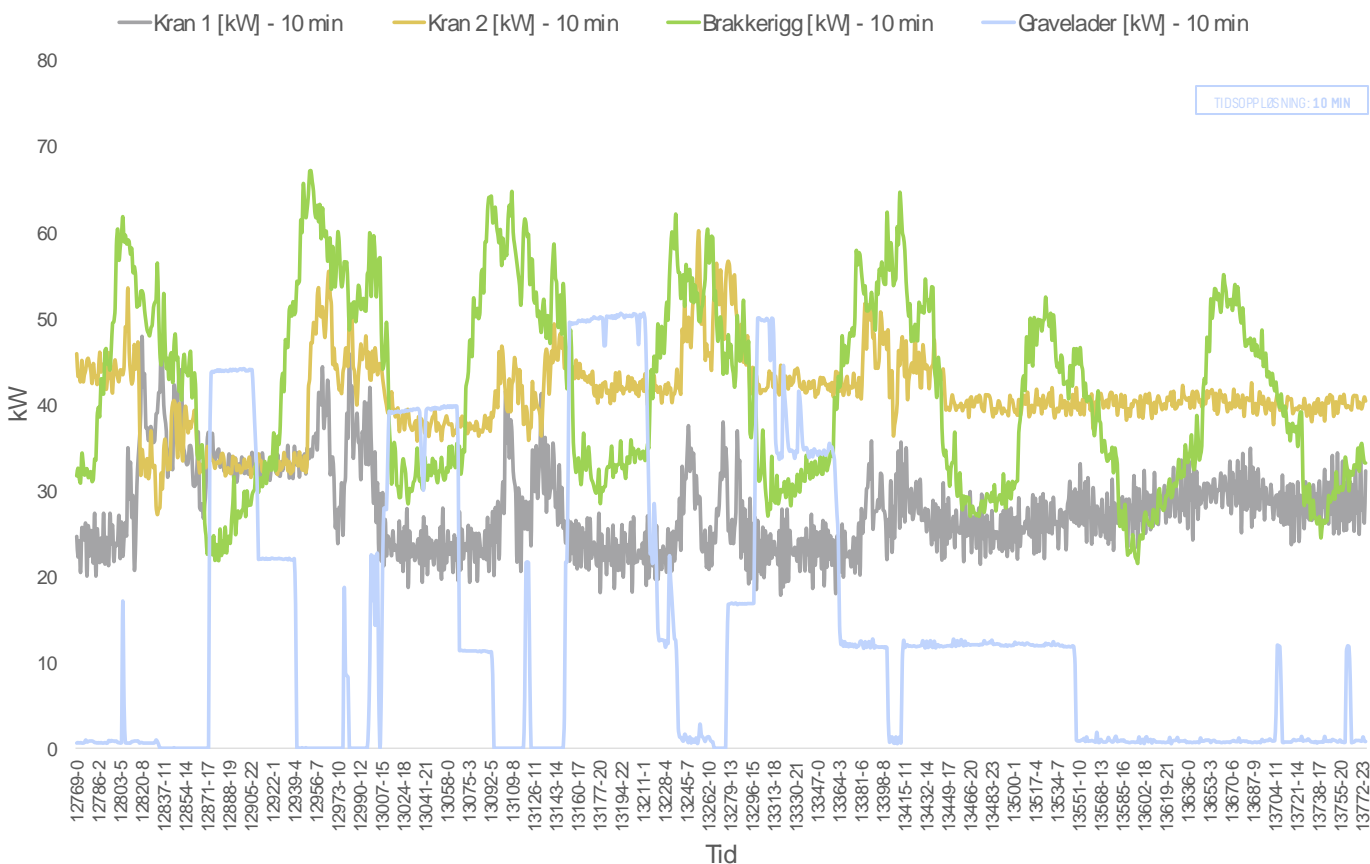
Vanligvis er det i all hovedsak AMS-måleren montert av nettselskapet til bruk for avregning av kraftpris og nettleie som vil være basisen for å ha oversikt over strømforbruket. Denne måleren gir kun informasjon om gjennomsnittlig effekt per time, om man ikke monterer på ekstrautstyr. Det gir dermed relativt lav tidsoppløsning som gjør det vanskelig å avdekke de riktig store effekttoppene som kan inntreffe ved kortere tidsintervaller.

På Tøyenbadet finnes det, i tillegg til AMS-måleren og fjernvarmemåleren, fire kursmålere for strøm. Disse kursmålerne måler dedikert kurs til tårnkran 1, tårnkran 2, brakkerigg og en gravelader. Dette gir bedre forutsetninger for å avdekke årsak til effekt sammenlignet med andre byggeprosjekter. Kursmålerne logger forbruket hvert tiende minutt og har dermed også høyere tidsoppløsningen enn AMS-måler fra nettselskapet.

Selv om målerriggen er bedre, er det fremdeles en del umålte strømcurser.

I diagrammet nedenfor sees det målte forbruket per kurs for en utvalgt uke i februar 2023.

Forbruk per kursmåler uke 7/2023 (man-søn) [kW]



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Kursmålere: Effekt for spesifikke forbruksposter

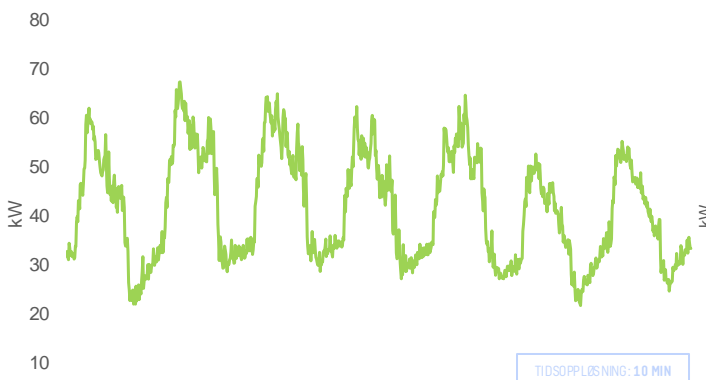
Her sees maks og gjennomsnittlig effekt [kW] for de ulike kursmålte forbrukspostene. Data er hentet fra kursmålerne som har 10-minutters tidsoppløsning. Målerne startet å logge forbruket fra 16.11.2022 og i rapporten analyseres forbruk frem til 31.03.2024.

Brakkerigg

- Gjennomsnittlig effekt: 45 kW
- Maks effekt: 158 kW (kl. 06:10 mandag, uke 1/2023)

Maks registrert effekt på 158 kW inntreffer mandag uke 1 i 2023. Med tanker på at det er 61 brakker tilsier dette maks 2,6 kW per brakke, som er godt innenfor erfaringstall på mellom 2-3 kW per brakke som dimensjonerende. Denne toppen er for øvrig sjelden og har kun inntruffet én gang i løpet av byggeperioden. Brakkerigger er som regel elektriske i alle byggeprosjekter.

Forbruk brakkerigg [kW] - Uke 7/2023 (man-søn)



Forbruk brakkerigg [kW] - mandag uke 7/2023 (man-søn)



Nest høyeste målte effekt er på 141 kW som utgjør 2,3 kW per brakke. I gjennomsnitt er det 0,74 kW per brakke.

Kran 1

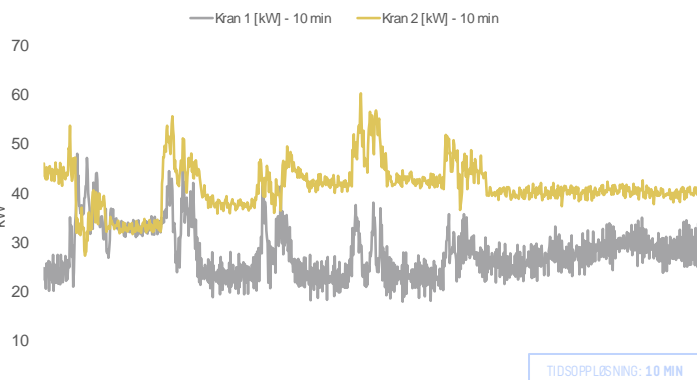
- Gjennomsnittlig effekt: 20 kW
- Maks effekt: 127 kW (kl. 13:10 torsdag, uke 4/2024)

Kran 2

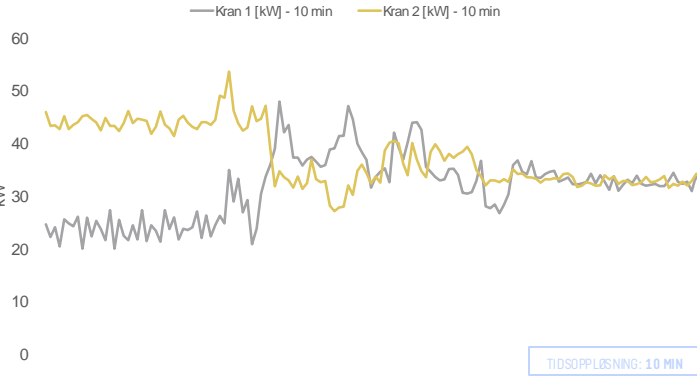
- Gjennomsnittlig effekt: 35 kW
- Maks effekt: 109 kW (kl. 11:10 tirsdag, uke 49/2023)

Nedenfor sees diagrammer for typiske uker og dager for brakkerigg. Kranoperasjonene har mindre distinkt forbruksmønster og varierer betydelig mer.

Forbruk Kran 1 og kran 2 [kW] , uke 7/2023 (man-søn)



Forbruk Kran 1 og kran 2 [kW] , mandag uke 7/2023 (man-søn)



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Kursmålere: Effekt spesifikke forbruksposter

Her sees maks og gjennomsnittlig effekt [kW] for kurs til gravelader. Data er hentet fra kursmåler som har 10-minutters tidsoppløsning. Målerne startet å logge forbruket fra 16.11.2022 og i rapporten analyseres forbruk frem til 31.03.2024. Laderen er en industrikontakt som er sikret av en 250 A kurs.

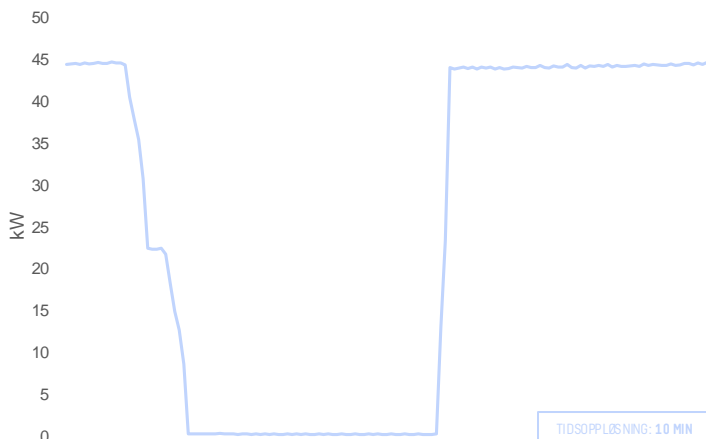
Utover noe lunsjlading rundt kl. 11-12 fremstår ladingen på denne kursen med en mindre optimal ladestrategi. Målingene angir at det oppstår enkelte, plutselige effekttopper som fremstår som unødvendige, slik vist i diagrammet nedenfor.

Under her oppstår en av de høyeste effekttoppene plutselig kl. 03:20. Den kunne med fordel ladet med en jevnere og lavere effekt i timene i forkant som er registrert uten forbruk.

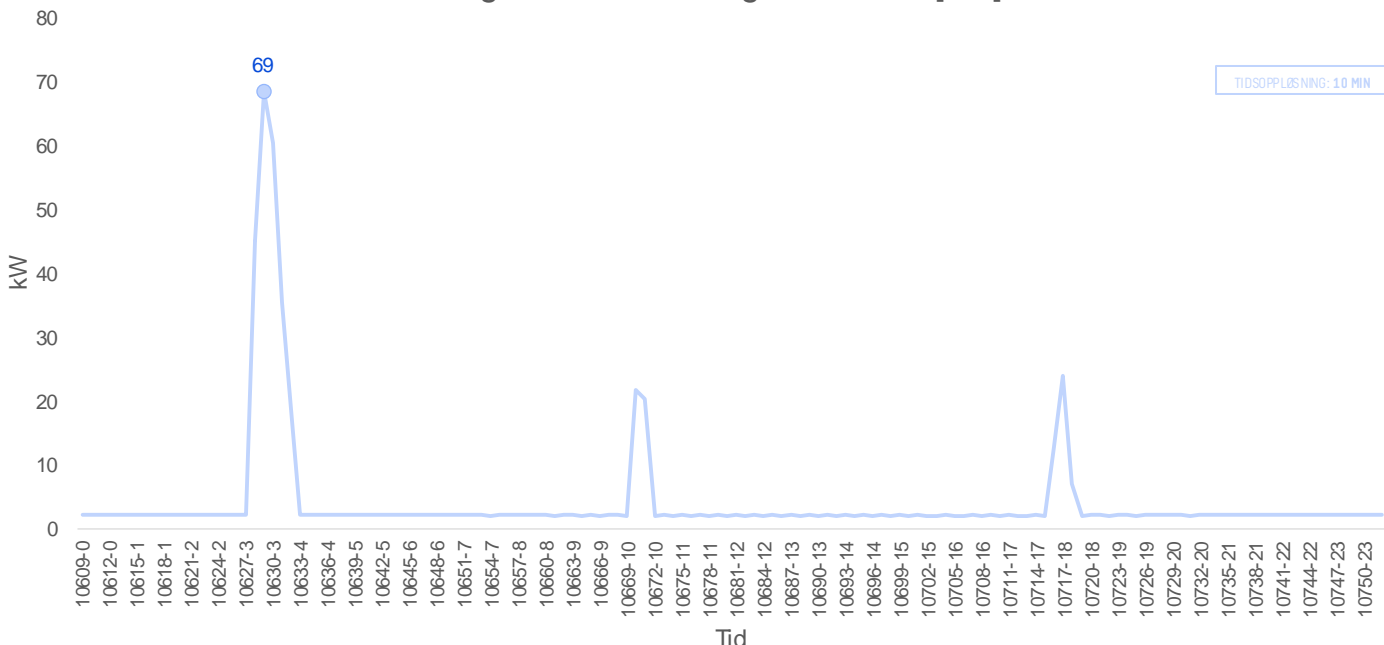
Gravelader

- Gjennomsnittlig effekt: 10,1 kW*
- Maks effekt: 90 kW (kl. 17:30 tirsdag, uke 21/2023)

Forbruk gravelader [kW] - onsdag uke 6/2023



Forbruk gravelader - søndag uke 4/2023 [kW]



* Gjennomsnittstall hensyntar kun perioder med vesentlig forbruk. Data fra kursmålt forbruk for gravelader viser perioder hvor målingene er usikre eller ufullstendige etter uke 33/2023. Dermed vil snittet kun gjelde frem til dette.

Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Tidsoppløsning – 10 min vs. 1 time

Tidsoppløsningen på målerdataene har noe å si for å kunne planlegge og dimensjonere anlegg på en best mulig måte.

Kursmålerne levert fra Cramo logger forbruket per tiende minutt. Sammenlignet med måledata fra AMS-måler gir dette en bedre oversikt over forbruket og et bedre grunnlag for å forstå det elektriske energiforbruket på utslippsfrie byggeplasser bedre.

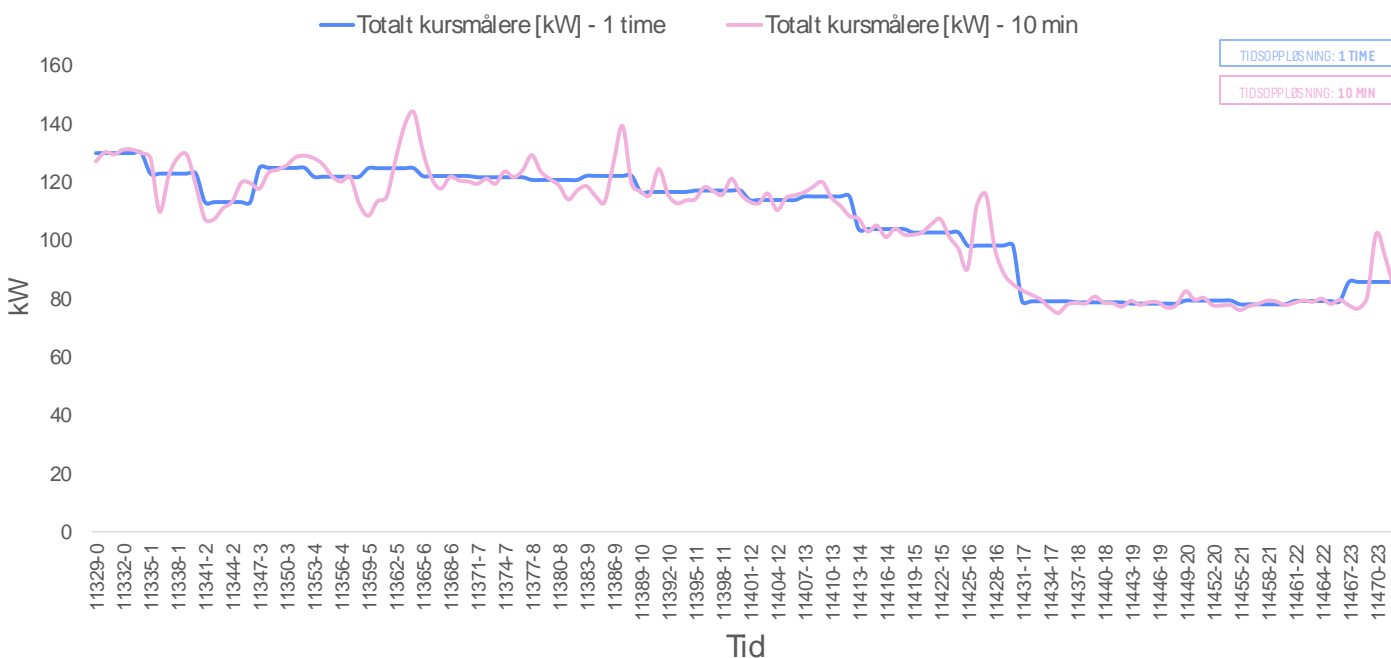
I diagrammet nedenfor sees det hvilket utslag tidsoppløsningen gir for registrert makseffekt. Mens et timesmålt forbruk gir jevnere (og lavere) effekt (se [blå graf](#)) vil strømmålere med høyere tidsoppløsning synliggjøre toppene (se [rosa graf](#)).

Om målingen har enda høyere tidsoppløsning vil det kunne fremvise enda høyere, reelle effekttopper. Ved minutt- eller sekundoppløsning vil man kunne registrere enda høyere reelle effekttopper og sannsynligvis langt nærmere maksimal kapasitet.

Eksempelvis vil det, i det mest fremtredende tidspunktet her (kl. 05) registreres 144 kW for målingen som gjøres hvert tiende minutt, mens målingen med timesoppløsning viser kun en «effekttopp» på 127 kW.

Målingen med ti minutters loggintervall viser med andre ord en effekttopp som til tider er rundt 15% høyere enn for den timesmålte.

Sammenligning effekt [kW] med 10 minutters og 1 times oppløsning for kursmålere



Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

Trender mellom kursmålt forbruk og AMS-målinger

For å gi en visuell representasjon av forbrukstrender, presenteres heatmaps som viser maksimale timesverdier over perioden november 2022 til mars 2024. En heatmap er en grafisk representasjon for å vise intensiteten av et fenomen, i dette tilfellet maksimal effekt, på ulike tidspunkter.

Den første heatmapen (venstre) illustrerer forbruket som er målt ved kursmåling. Ved å analysere denne kartleggingen av forbruket kan vi identifisere mønstre og trender i effektforbruk på de individuelle kursene i løpet av dagen og over lengre perioder. For eksempel kan vi se om det er spesifikke tider på dagen eller uken når effektbehovet er høyest eller lavest for de fire kursene. Dette kan gi verdifull innsikt for å optimalisere og redusere effektforbruket ved å identifisere ineffektiv bruk av strøm og implementere effektbesparende tiltak.

Den andre heatmapen (høyre) viser AMS-målt forbruk over samme tidsperiode. AMS gir oss det samlede strømforbruket på byggeplassen. Ved å analysere denne heatmapen kan vi oppdage mønstre i forbruk på tvers av hele systemet, og ikke bare spesifikt på kursmålte aktiviteter. Dette kan inkludere informasjon om tidspunkter med høyt aggregert forbruk, perioder med jevn strømbruk og eventuelle unormale svingninger eller avvik som ikke er forårsaket av kursmålerne brakkerigg, tårnkran 1, tårnkran 2 og gravelader.

Begge heatmapene viser at forbruksmønstrene varierer fra dag til dag, time til time. De timene med mest effektkrevende aktiviteter på byggeplassen forekommer i tidsrommet mellom kl. **11:00 og 13:00**.

Over perioden ser vi at det forekommer stor aktivitet på byggeplassen jevnt over døgnet, som krever signifikant mer effekt enn resten av perioden. Gjennomsnittlig maksimal timeseffekt var **110 kW** og **184 kW** for henholdsvis kursmålt forbruk og AMS-målt forbruk. Eksempelvis har vi:

- 12. desember – 16. desember 2022
 - Kurs** Maks registrert effekt: **229 kW**
En økning på 208 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **466 kW**
En økning på 253 % fra gjennomsnittet
- 02. januar – 04. januar 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **226 kW**
En økning på 205 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **311 kW**
En økning på 169 % fra gjennomsnittet
- 07. mars – 10. mars 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **222 kW**
En økning på 202 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **486 kW**
En økning på 264 % fra gjennomsnittet
- 01. mai – 04. mai 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **184 kW**
En økning på 167 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **365 kW**
En økning på 198 % fra gjennomsnittet
- 04. desember – 08. desember 2023
 - Kurs** Maks registrert effekt: **280 kW**
En økning på 255 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **411 kW**
En økning på 223 % fra gjennomsnittet
- 05. januar – 21. januar 2024
 - Kurs** Maks registrert effekt: **304 kW**
En økning på 276 % fra gjennomsnittet
 - AMS** Maks registrert effekt: **510 kW**
En økning på 277 % fra gjennomsnittet

Kursmål forbruk, per time per døgn i byggeprosjektet hittil

AMS-målt forbruk, per time per døgn i byggeprosjektet hittil

Table with columns for Date (Dato), 24-hour time slots (01:00 to 23:00), Uremhus, Røpog, Feseder, Inverdigander, and Døgn. The table contains a dense grid of numerical data representing energy consumption metrics over time.

Kursmatt forbruk, per time per døgn i byggeprosjekt hittil

Table with columns: Date, 01:00, 02:00, 03:00, 04:00, 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00, 18:00, 19:00, 20:00, 21:00, 22:00, 23:00. Rows represent dates from 1.5.20 to 14.10.20.

Utleies

Bygging

Fasleder

Inventar arbeid

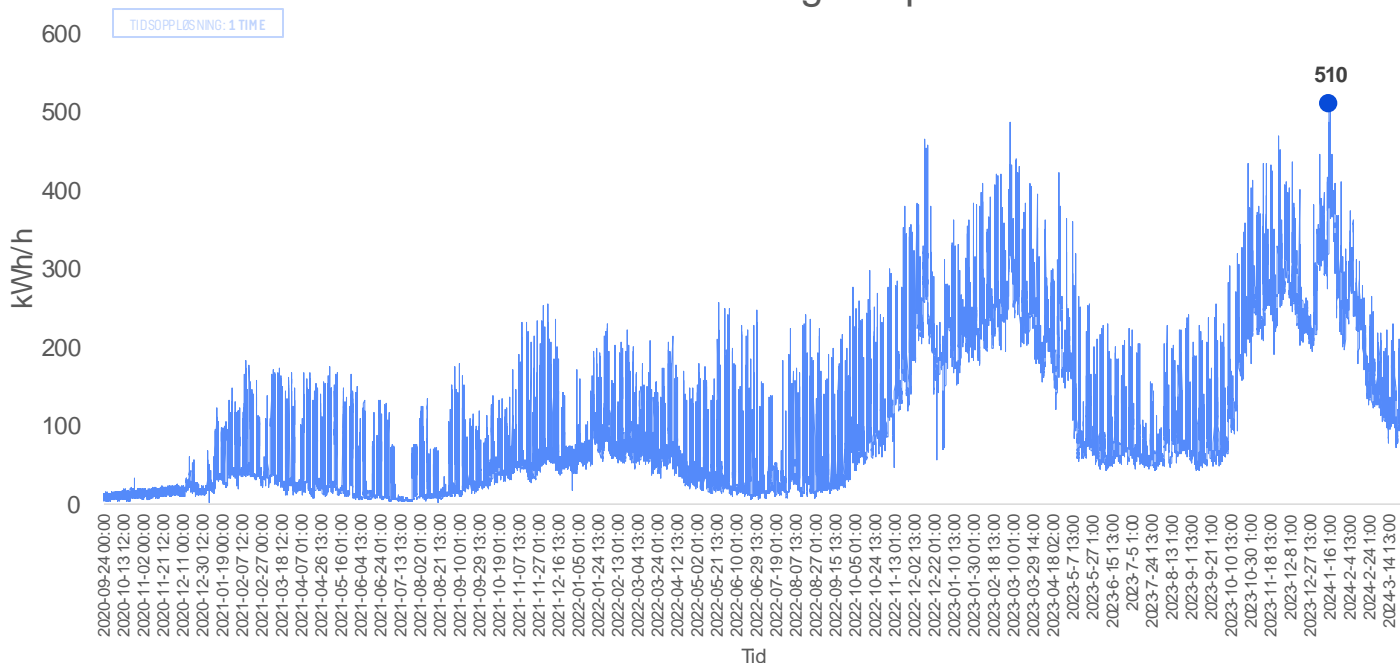
AMS-mått forbruk, per time per døgn i byggeprosjekt hittil

Table with columns: 01:00, 02:00, 03:00, 04:00, 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00, 18:00, 19:00, 20:00, 21:00, 22:00, 23:00, Date. Rows represent dates from 1.5.20 to 14.10.20.

Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

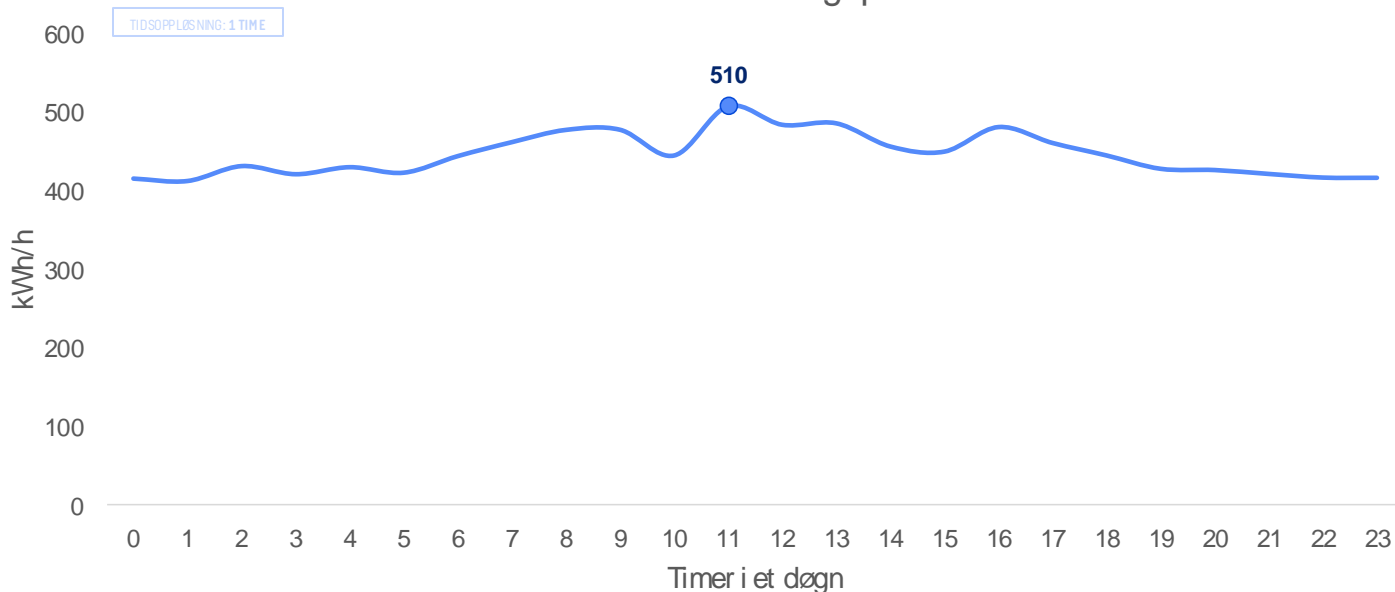
Effekt for hele byggeprosjektet

AMS-måler forbruk for valgt tidsperiode



Høyeste effekttopp for det elektriske strømforbruket på byggeplassen er målt til **510 kW**, registrert den 17. januar 2024 (onsdag kl. 11:00, uke 3 i 2024). I diagrammet over sees strømforbruket for byggeperioden 2022-2024, mens det under viser maksimal timesforbruk per time per døgn hittil i prosjektperioden. Timen med den høyeste effekten er fremhevet.

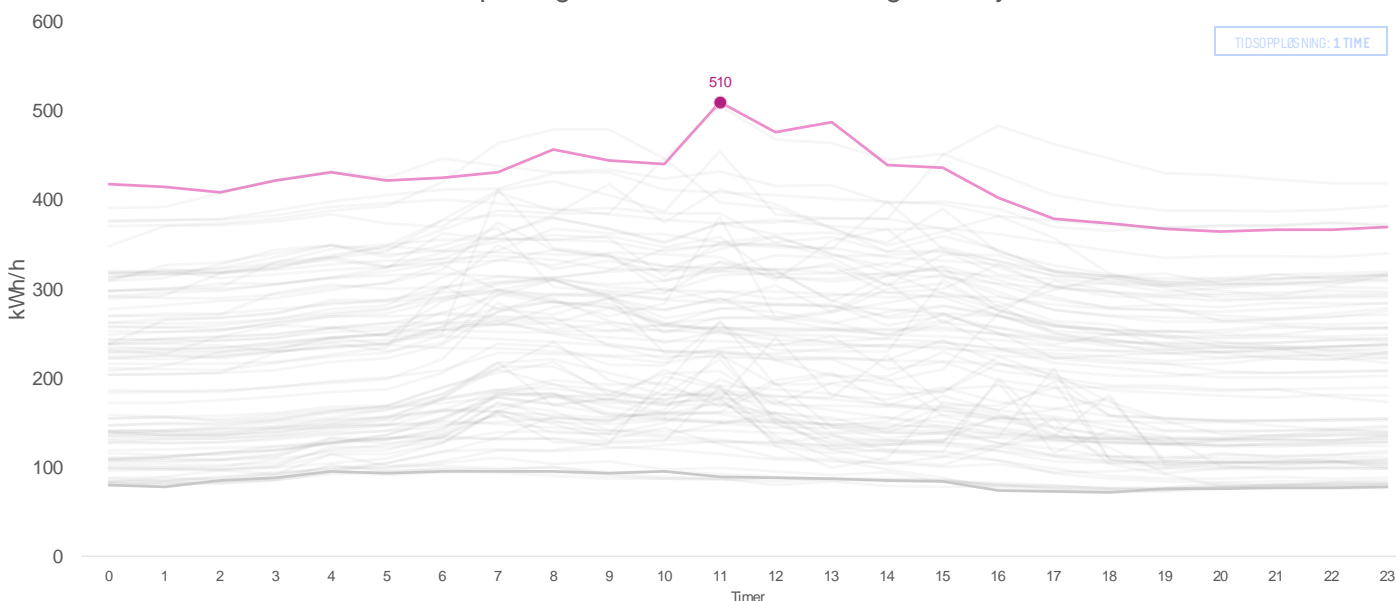
Maks timesforbruk for valgt periode



Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

Dag med høyeste målte effekt

Forbrukskurver per døgn i 2024 med fremhevet dag med høyest effekt



I diagrammet over vises daglige forbrukskurver i 2024, hvor man ser dagen med høyest effekttopp fremhevet i rosa. Det vil forekomme andre dager (her illustrert i grå) hvor det er høyere effekter registrert i andre timer av døgnet og disse toppene er hensyntatt i forrige figur.

I likhet med den høyeste effekttoppen som inntraff kl. 11 onsdag uke 3 i 2024, skjer de fleste effekttoppene rundt det samme klokkeslettet. Dette er spesielt fremtredende i heatmapene.

I tabellen til høyre er det beregnet hva gjennomsnittlig forbruk av hver time hvert år har vært i byggeprosjektet (fra 2020 til og med mars 2024). I tillegg vises gjennomsnittet av hver time for hvert år helt til høyre (som «snitt av snitt»). Vi observerer en økende snitteffekt per time med tiden, med de høyeste effektene før lunsjtid (kl. 7-11) i 2024 og i lunsjtider (kl. 11-12) i 2023.

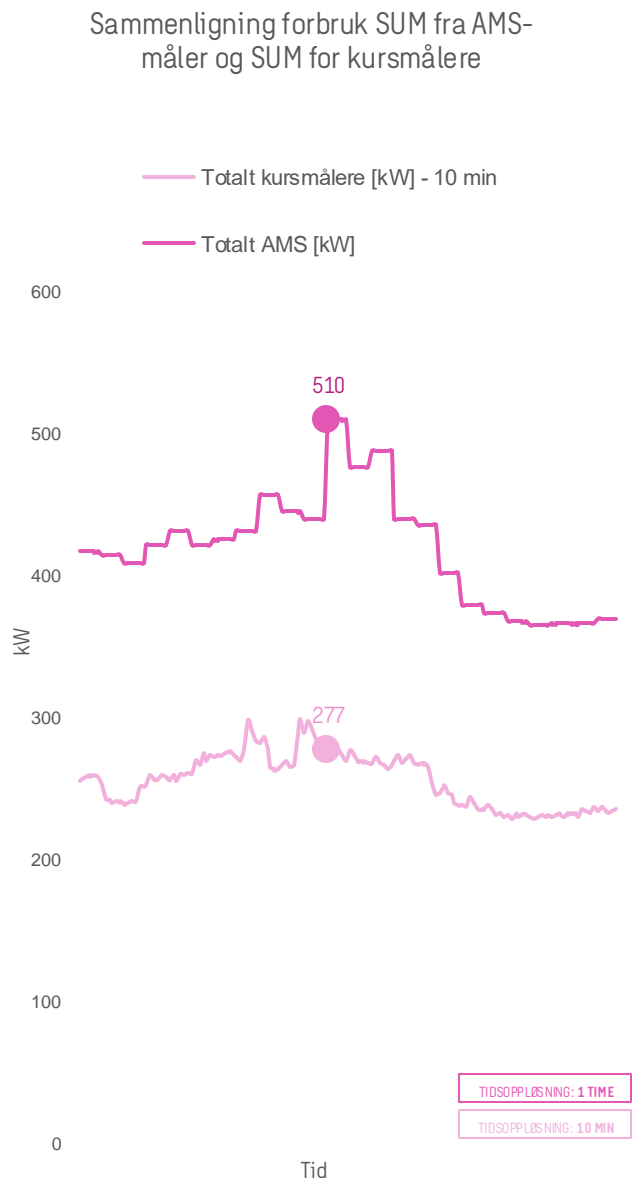
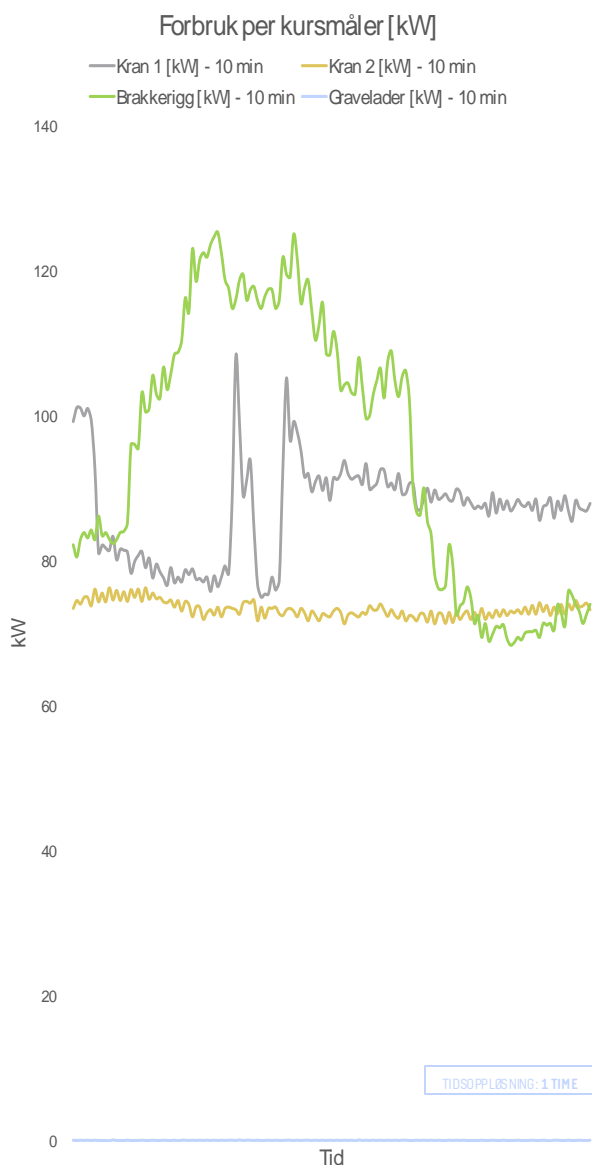
Den høyeste effekten som inntraff onsdag kl. 11 uke 3 i 2024 er en økning på 204 % i forhold til gjennomsnittlig effekt registrert kl. 11 i 2024, 241 % i forhold til 2023 og 561 % i forhold til gjennomsnittet kl. 11 i 2022.

	Gjennomsnittlig effekt per time per år					Snitt av snitt
	2020	2021	2022	2023	2024	
0	18	26	60	155	204	93
1	18	26	60	154	206	93
2	18	26	61	154	208	93
3	18	26	61	156	214	95
4	18	29	65	159	222	99
5	18	30	77	161	224	102
6	18	28	71	168	236	104
7	18	34	76	182	253	113
8	17	60	90	183	250	120
9	13	65	90	183	245	119
10	10	64	87	180	240	116
11	10	59	91	211	250	124
12	11	60	129	204	238	128
13	10	61	98	185	232	117
14	10	56	91	176	228	112
15	10	54	85	175	231	111
16	11	50	107	172	226	113
17	15	44	108	171	216	111
18	16	33	92	168	208	103
19	17	26	71	164	202	96
20	19	26	66	161	200	94
21	18	25	63	159	201	93
22	18	25	61	158	202	93
23	18	25	61	157	202	93

Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

Dag med høyeste målte effekt: andel fra kursmålt forbruk

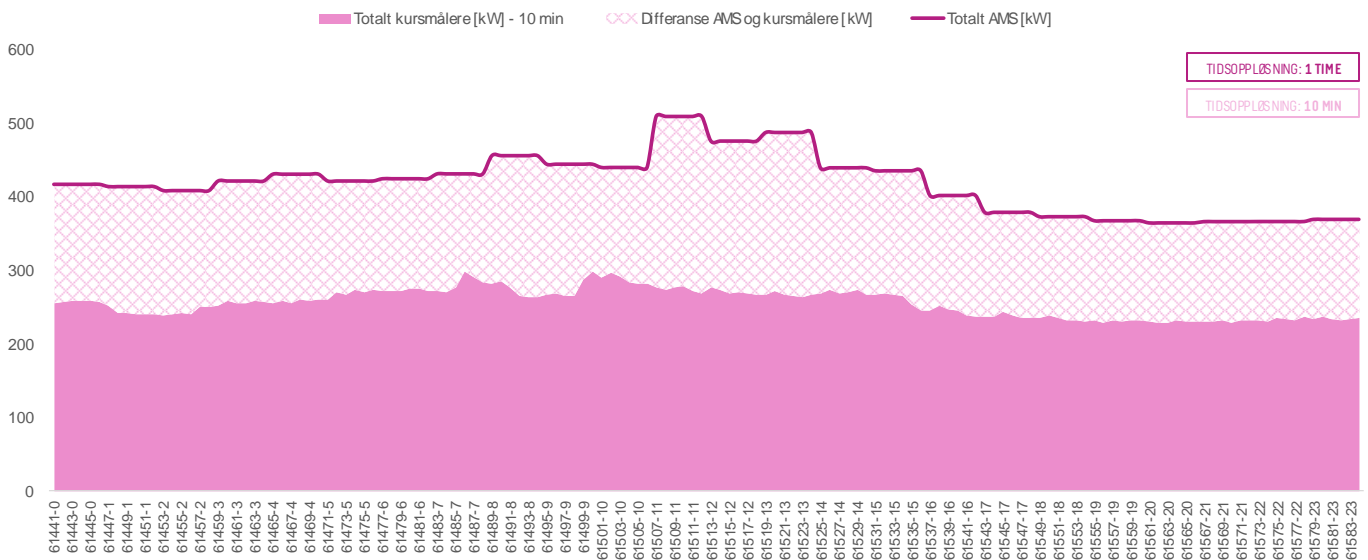
Det kursmålte forbruket med 10-minutters tidsoppløsning for kran 1, kran 2, brakkerigg og gravelader, utgjør 277 kW av samlet effekttopp på aktuell dag, dvs. rundt 54 % av effekttoppen, slik vist i diagrammet nedenfor. Av disse utgjorde gravelader 0 kW, «kran 1» 89 kW, «kran 2» 73 kW og brakkerigg 115 kW. Det resterende gapet i effekt på 233 kW (om man ser på effekter med 10-minutters tidsoppløsning) vil bli forklart på de neste sidene.



Nye Tøyenbadet | Maks effekt [kW]

Dag med høyeste målte effekt: andel fra AMS-måler

17.01.2024 | Sammenligning av forbruk fra AMS og kursmålere



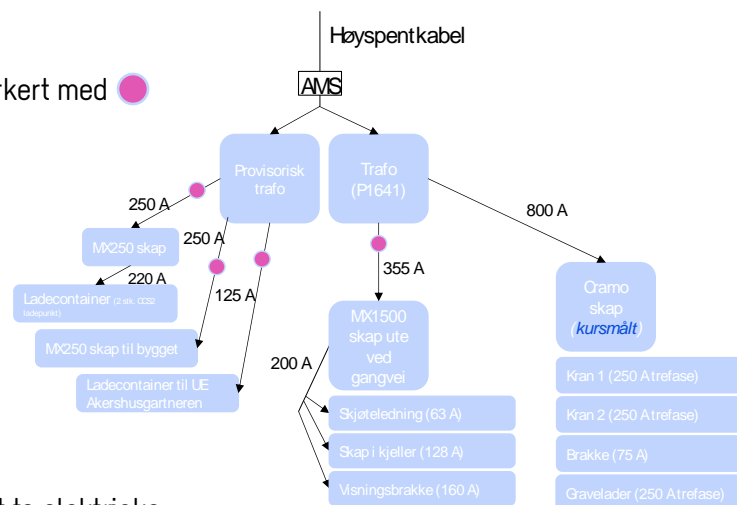
Ettersom data fra AMS er timesmålt er det resterende gapet i effekt på 235 kW om man sammenligner gjennomsnittlig effekt fra AMS-måler med kursmålt forbruk. Med 10-minutters tidsoppløsning på dataene er differansen på 240 kW. Så da er det store spørsmålet: **Hva skjedde denne dagen utover det kursmålte forbruket?**

Det er kjent hvilke kurser som er umålt, slik her markert med ● i figuren til høyre.

- 220 A til ladecontainer (152 kW)
- 250 A til MX250-skap til bygget (173 kW)
- 125 A til ladecontainer til UE Akershusgartneren (86 kW)
- 200 A til skjøteledning, skap i kjeller og visningsbrakke (138 kW)

Disse kursene kan totalt levere rundt 480 kW.

Ut fra rapportert maskinliste for januar 2023 var det to elektriske maskiner i bruk (*Cat 320 Z-line og Doosan DX300LC*). Ingen av disse har blitt ladet på kursen ved navn «gravelader» som er målt. Den effekten (0 kW) på aktuelt tidspunkt er allerede hensyntatt. Det vil mao. si at om maskinene ladet klokken 11 på aktuell dag, så ville de ladet med maksimum 152 kW. Da sitter man igjen med **81 kW** som enten er brukt av 250 A kurs til MX250-skap i bygget, 125 A ladecontainer til UE Akershusgartneren og/eller 200 A til skjøteledning, skap i kjeller og visningsbrakke. Hvilken av dem som utgjør det gjenstående forbruket er usikkert og det er i tillegg samlet en liste over aktiviteter fra fremdriftsplan som kan være potensielle årsaker til det gjenstående umålte forbruket.



Nye Tøyenbadet | Årsak til effekttopp

De historiske aktivitetene som ble utført på byggeplassen er mange og fremdriftsplanen gir oss en pekepinn på potensielle forbruksposter som kan ha forårsaket differansen på effektmålingene mellom kursmålt forbruk og AMS-måler.

Aktivitetene er gjengitt fra fremdriftsplanen for byggefasene *Utomhus* og *Innvendige arbeider*, som var de pågående byggefasene den 17. januar 2024. Det kan ikke utelukkes at det kan være lading av andre maskiner og kjøretøy som ikke er oppgitt i maskinlisten på aktuelt tidspunkt.

Aktiviteter den 17. januar 2024

Utomhus

- Utomhus vest
- Generelt samt gang- og sykkel
- Grøntområde øst, sør
- Utomhus Utebad
- Betongarbeider utebasseng (**oppstart 09.01**)
- Gåareal rundt bassenger
- Driftsbygg ved utebad
- Resterende områder for utomhus

Innvendige arbeider

- Plan 02 (U2), sone 02-4, sone 02-5
- Plan 01 (U1)
- IKT rom i ulike soner
- Komplettering
- Plan 20 (Tribune, kontor)
- Styrkerom og foaje, (**ferdigstilling 22.01.24**)
- Teknisk rom

Nye Tøyenbadet | Effektforbruk

100 % elektrisk byggeplass

Hva ville effekttoppene blitt om man skulle hatt en 100 % elektrisk byggeplass? Med utgangspunkt i dagens situasjon (Scenario 1) med fjernvarme for Tøyenbadet er det gjort en øvelse for dette. Dagens effekttopp er, som vist under 510 kW. Av de 8 scenarioene under har scenario 2 og 3 lik utslippsfri grad som dagens prosjekt, mens scenario 4-8 er 100% utslippsfritt, hvor scenario 4-6 er 100% elektrisk, mens scenario 7-8 tar i bruk fjernvarme til oppvarming/byggtørk.

(Scenario 2) Om man skulle brukt direkte elektrisitet til å dekke det termiske oppvarmingsbehovet som fjernvarmen i dag dekker, ville det medført et maksimalt timesforbruk på 813 kW kl. 11:00 onsdag uke 3 i 2024 (510 kW EL + 303 kW fjernvarme). Dette er en økning på 60 % sammenlignet i maks effekt om man hadde brukt fjernvarme til å dekke det termiske energibehovet gjennom byggeprosjektet.

(Scenario 3) Alternativt kunne man brukt varmepumpeløsninger for å minimere det elektriske effektbehovet. Det ville likevel krevd mer strøm, men kun rundt 20% økning (101 kW EL til oppvarming/tørk) sammenlignet med om man hadde brukt fjernvarme.

(Scenario 4) Om man i tillegg til direkte eloppvarming skulle hatt 100% elektriske anleggsmaskiner i mars 2023 (3 større gravemaskiner) ville dette kunne gi et økt samtidig effektbehov på

1213 kW om alle de tre gravemaskinene ladet samtidig kl. 11. Totalt sett ville dette økt maksimalt effektbehov med rundt 140 % sammenlignet med 510 kW som er dagens maks effekt.

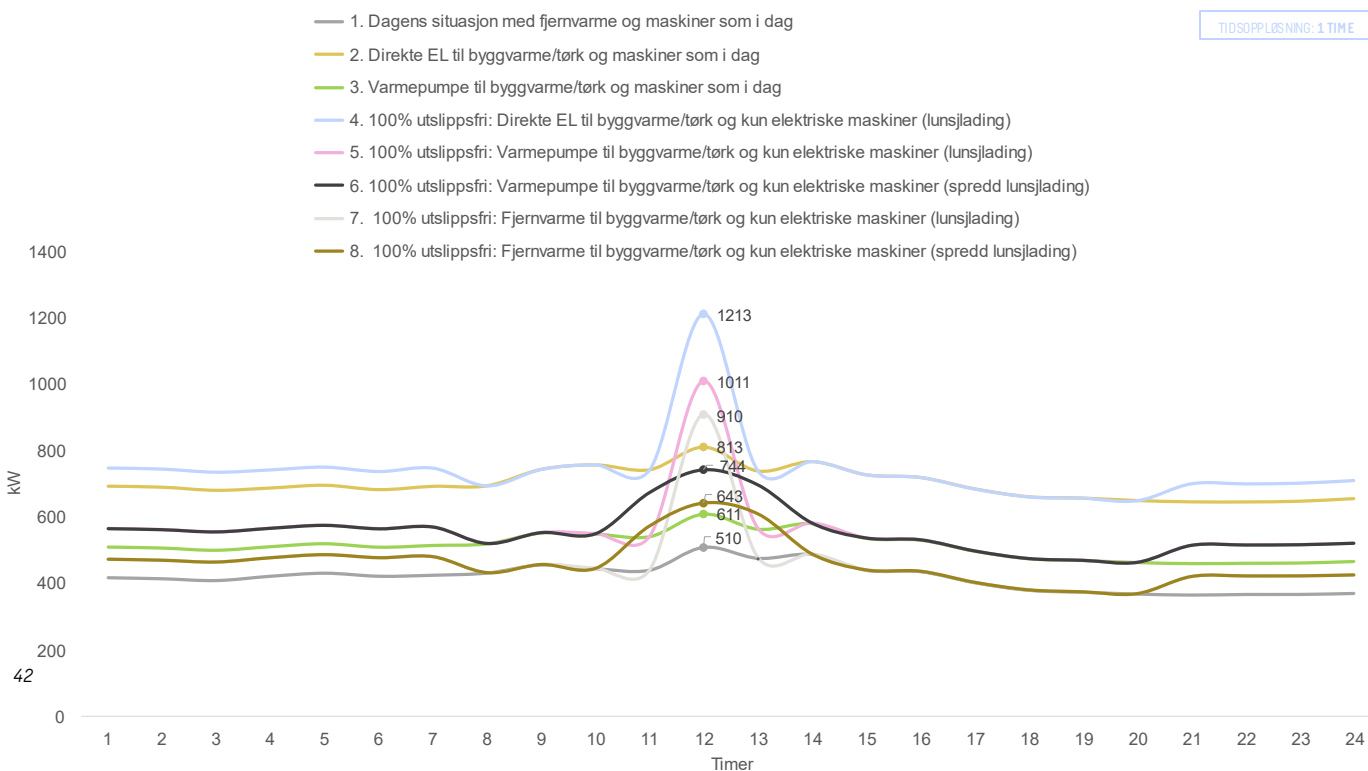
(Scenario 5) Om man hadde hatt varmepumpe til byggtørk/oppvarming og hatt kun elektriske maskiner med lading kl. 11 ville det økt makseffekt til 1011 kW, en økning på 100 % i forhold til dagens situasjon.

(Scenario 6) Om man hadde gjort samme som i Scenario 5, men spredd lunsjlading mellom 10-12 ville det økt effektbehovet til 744 kW, en økning på rundt 55 %.

(Scenario 7) Kun fjernvarme til oppvarming/byggtørk og alle maskiner elektrisk med samtidig lunsjlading kl. 11. Dette ville økt effektbehovet til 910 kW, en økning på nesten 80 %.

(Scenario 8) Kun fjernvarme til oppvarming/byggtørk og alle maskiner elektrisk med spredd lunsjlading mellom kl. 10-12. Dette ville økt effektbehovet til 643 kW, tilsvarende en økning på rundt 25 %.

Økt strømbehov nye Tøyenbadet ulike scenarioer: onsdag uke 3/2024



4 Stovner bad



Stovner bad | Informasjon

Nybygg

Eventuell riving

Råbygg

Innvendig arbeid

Grunnarbeid

Fasade

Utvendig arbeid

Stovner bad blir et nytt badeanlegg i Fossumdumpa i bydel Stovner. Badeanlegget vil bli på 8 600 m² og vil bestå av fem bassenger: et hovedbasseng med åtte svømmebaner, stupebasseng, barnebasseng, familie-basseng og varmtvann-/opplæringsbasseng samt boblebad, vannsklie, varm- og kaldkulp og badstuer. Stovner bad bygges med spylevannsgjenvinner og en gråvannsgjenvinner for redusert bruk av vann og energi fra offentlig nett. Videre vil energikonseptet for Stovner bad inkludere solenergi og fjernvarme. Fjernvarmen er per tid ikke montert for Stovner bad og inkluderes ikke i analysen av dette prosjektet.

Prosjektet hadde oppstart av byggearbeider i 2023, med masseoppfylling, spunting og peling som de første byggeaktivitetene på tomta. Arbeidet på Stovner bad pågår enda og skal ferdigstilles mot sommer 2026. Inn i prosjektet er NCC, i samspill med Oslobygg KF, Nuno Arkitektur og øvrige rådgivere. Prosjektet utføres som en totalentreprise.

Byggeplassen på Stovner bad er fossilfri med innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Prosjektet har store bærekraftambisjoner og jobber mot at anleggsmaskinene i så stor grad som mulig skal være elektriske og helt utslippsfrie. Alternativt går de på biodiesel. Fra og med 2025 vil prosjektet gjennomføres utelukkende utslippsfritt.

Byggeplassen er forsynt med en tilgjengelig strømkapasitet på 800 kVA (ca. 640 kW). I tillegg er det implementert BoostPoint og Hummingbird i prosjektet. Nybyggprosjektet er i fremgang og arbeider for øyeblikket med råbygg og fasade.

Prosjektet for Stovner bad er godt utstyrt med 44 måleutstyr. Det er installert diverse målere på byggeplassen, inkludert en AMS-måler og en

individuell måler per kurs (bygg, brakkerigg, BoostPoint (hurtiglader), Hummingbird (mobil lade- og battericontainer, normallader). Målinger ble initiert den 06. juni 2023, og en slik tidlig initiering av energimålinger vil muliggjøre en omfattende analyse av energiforbruket og effektiviteten til prosjektet. Prosjektet har siden oppstart hatt ambisjoner om flere kursmålere som skulle hensynta flere forbruksposter i større detalj. Stovner bad er dermed rigget for ti kursmålere. Etter noen måned med prosjektgjennomgang har man avdekket at én av kursmålerne ikke har hentet inn måledata. Denne kursen ville ha gitt prosjektet bedre innsyn i forbruksmønsteret direkte knyttet til utstyr koblet på kursen (sveis og tårnkran).

Sweco har mottatt følgende relevante data og info fra prosjektet:

- Månedlig maskinoversikt inklusiv forbruk
- AMS-data med timesoppløsning [kWh/h]
- Kursmåling for fire kurser (bygg, brakkerigg, BoostPoint (hurtiglader), og Hummingbird (normallader) med 10-minutters oppløsning) fra juni 2023.
- Dokumentasjon for anlegget: hoveddata og fordelingsnett
- Nettkapasitet: 800 kVA transformator i nettstasjonen. Rundt 640 kW.

ANALYSEPERIODE: 06.2023-03.2024

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

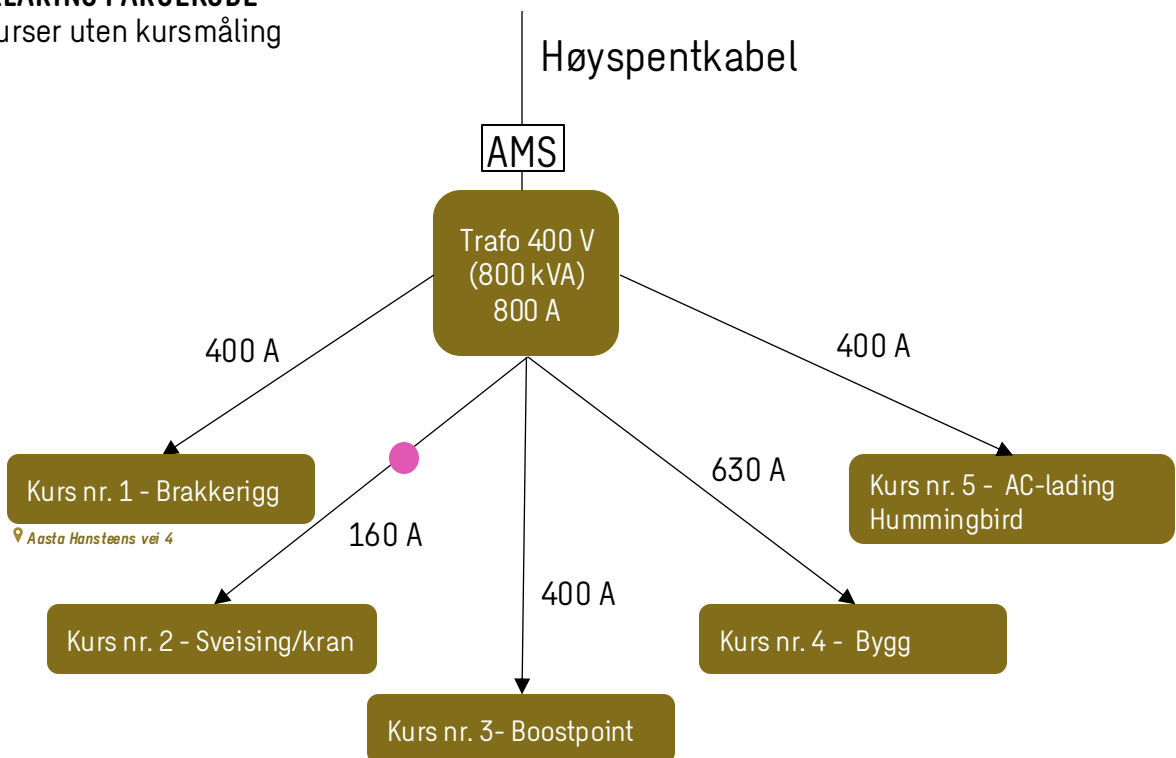
- Maks effekt strøm: 522 kW (10 min oppløsning) (tirs kl. 11:10 uke 42 i 2023)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 45 kW
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 38 476 kWh
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 1 326 kWh
- Totalt energiforbruk: 913 944 kWh
- Utslippsfri energibruk byggefase: 42 %
- Utslippsfri andel energiforbruk maskiner: 38 %

Stovner bad | Informasjon

Strømrigg

FORKLARING FARGEKODE

● Kurser uten kursmåling



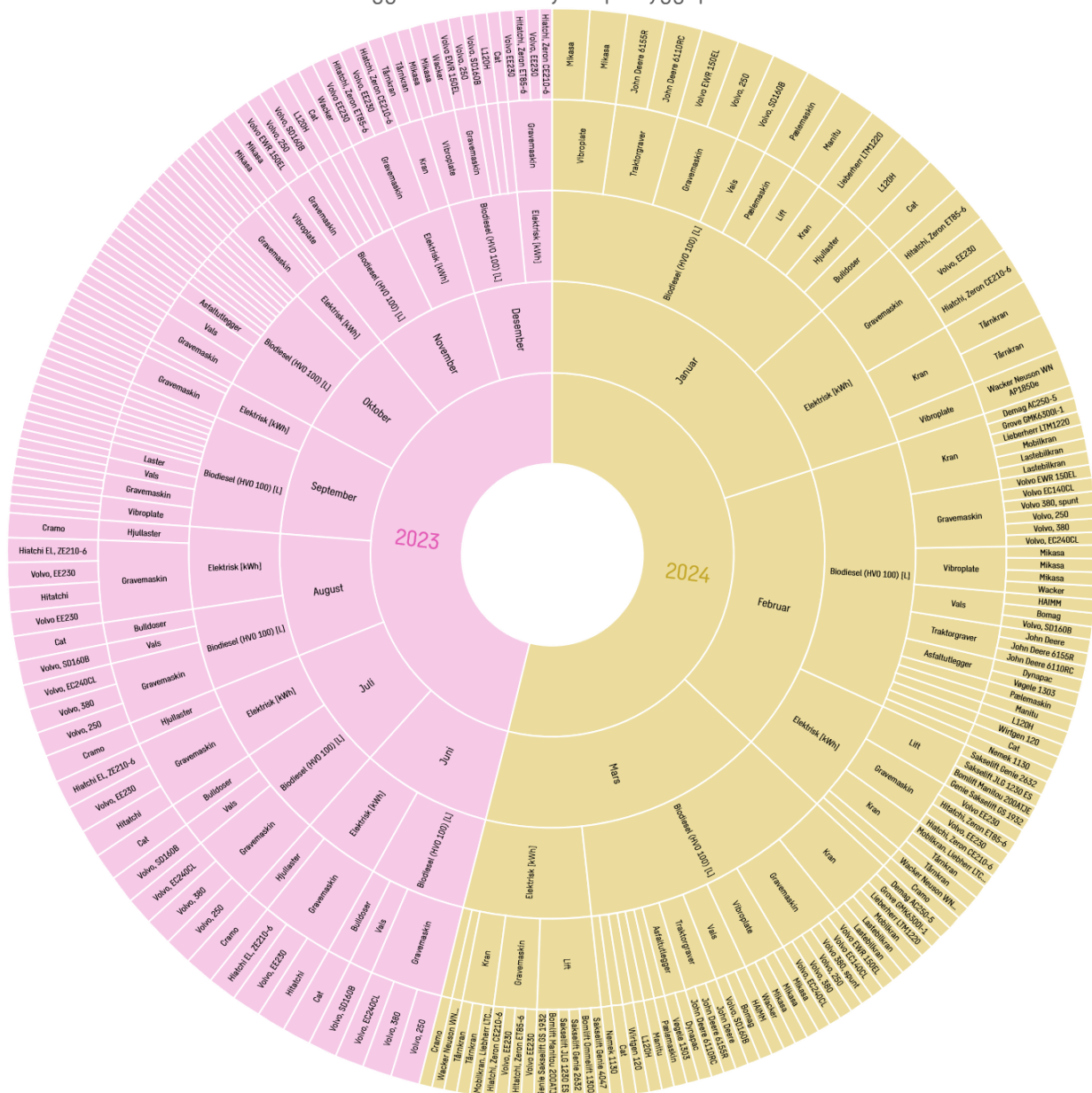
Strømmen på byggeplassen fordeles ut til de ulike forbrukspostene ved hjelp av 1 trafo på 800 kVA. Den ene er nettstasjon P1641 satt opp og driftet av Elvia, mens Omexon har satt opp og drifter en provisorisk trafo i tillegg. Total oppgitt kapasitet på trafoer er rundt 550 kW. Anlegget er på 400 V.

Byggestrømsskapet har totalt 10 kurser, hvorav 5 av dem er i bruk for prosjektet. Alle kurser, bortsett fra nr. 2, har kursmåling. Det er 11 brakkerigger på prosjektet i tillegg til et bygg benyttet av prosjektet, på nabolomt i Aasta Hansteens vei 4, som benyttes som brakkerigg og måles med Kursnr. 1.. Kursnr. 2 går til sveis og tårnkran. Denne skulle måles, men det ble gjort mangelfull oppfølging av målingen fra starten av og ingen oppdaget at den ikke registrerte målinger. Kursnr. 3 forsyner «Boostpoint 360» produsert av Nordic Booster. Den har 2 stk. CCS2-ladepunkt. Kursnr. 4 forsyner bygget og kursnr. 5 AC-lading via hummingbird som trekker 40 kW fra nettet har ulike ladepunkt og har et utnyttbart batteri på 170 kWh.

Stovner bad | Informasjon

Maskinliste

Anleggsmaskiner benyttet på byggeplassen



For perioden juni 2023 – mars 2024 har prosjektet rapportert totalt forbruk av elektriske og biodiesel-drevne anleggsmaskiner på byggeplassen. Diagrammet over gir en oversikt over aktive anleggsmaskiner for prosjektet, kategorisert etter drivstoffteknologiene *biodiesel (HVO 100) (l)* og *elektrisk (kWh)*, og er organisert per måned, per år. Dette gir et visuelt bilde av hvilke maskiner som var mest brukt i ulike perioder. Det er viktig å merke seg at diagrammet ikke er vektet på forbruket av drivstoff for hver maskin.

Stovner bad | Informasjon

Graden av utslippsfri byggeplass

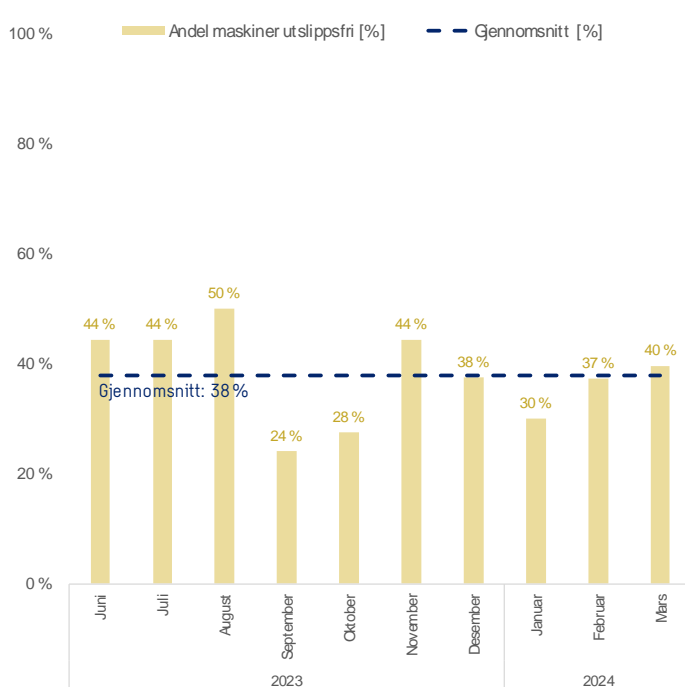
Gjennom årene har det vært en økende bevissthet om behovet for mer bærekraftige og miljøvennlige løsninger i bygg- og anleggssektoren. Dette har resultert i en gradvis overgang fra tradisjonelle fossile drivstoff til mer miljøvennlige alternativer. Anlegget på Stovner bad er fossilfri med stort innslag av utslippsfrie anleggsmaskiner. Det betyr at alle anleggsmaskiner er elektriske eller går på biodrivstoff.

Diagrammene under gir en oversikt over andel utslippsfrie anleggsmaskiner på byggeplassen samt graden av utslippsfri drift på byggeplassen for Stovner bad, i perioden juni 2023 til mars 2024. Målingene er basert på henholdsvis prosentvis andel elektrisk drevne maskiner og forbruk fra andelen av elektrisk drevne maskiner i bruk på byggeplassen.

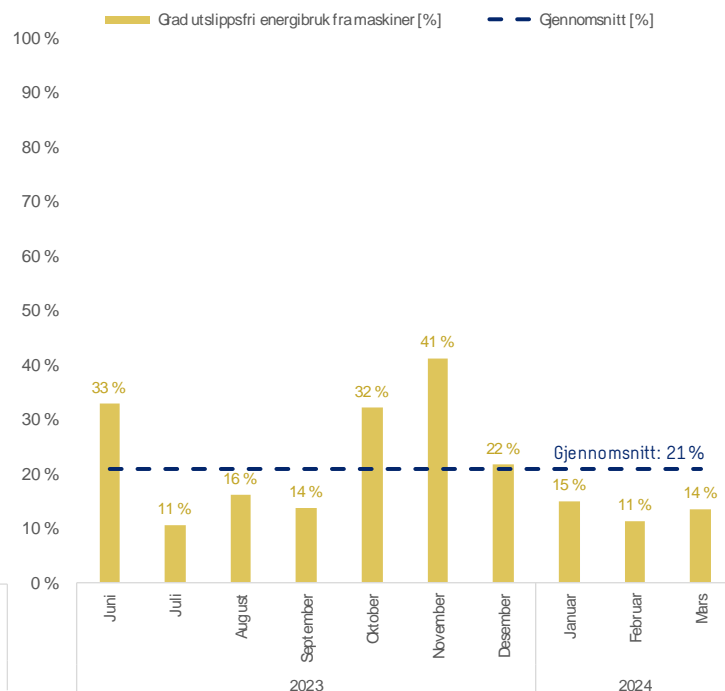
For prosjektperioden viser det seg at det i gjennomsnitt var **38 % utslippsfrie anleggsmaskiner** og **21 % utslippsfri energiforbruk** fra disse anleggsmaskinene på Stovner bad per måned. Dette betyr i praksis at omtrent én femtedel av den totale driften ble utført utslippsfritt. Forskjellen mellom disse nøkkeltallene er andel anleggsmaskiner på byggeplass som er utslippsfri i maskinparken samt andel energi de ulike maskinene bruker relativt til samlet energiforbruk fra maskinene.



Andel utslippsfrie anleggsmaskiner på byggeplass



Andel elektrisk drift fra anleggsmaskiner på byggeplassen



Stovner bad | Informasjon

Info om elektriske maskiner

I arbeidet med Stovner bad blir disse anleggsmaskintypene benyttet som utslippsfrie:

- Kran
- Gravemaskin
- Hjullast
- Lift
- Vibroplate

Disse er drevet som batterielektriske eller kablede maskiner, der de batterielektriske er utstyrt med et innebygd batterisystem som gjør at de kan bevege seg fritt og er kun begrenset av batterikapasiteten. Batteriene gir strøm til maskinens elektriske motorer, som driver bevegelsen av anleggsmaskinen. Fordelen med batterielektriske maskiner er at de gir mobilitet og fleksibilitet uten å være avhengig av en kontinuerlig strømkilde. De kan brukes på forskjellige steder og er spesielt nyttige i områder der tilgangen til strøm kan være begrenset.

Den andre typen, kablede anleggsmaskiner, er stillestående elektriske maskiner som er koblet direkte til en ekstern strømkilde gjennom en kabel. Fordelen med kablede maskiner er at man ikke trenger å bekymre seg for batteritid eller -lading og

så lenge de er koblet til strømkilden, kan de kontinuerlig utføre arbeidet. Imidlertid er de begrenset av rekkevidden til kabelen, hvilket gjør at de står på en fast lokasjon eller beveger seg innenfor et begrenset område, og kan være mindre fleksible når det gjelder å flytte seg rundt på byggeplassen.

Av de elektriske anleggsmaskinene benyttet på Stovner bad, finner vi disse modellene:

- Kraner
 - Mobilkranen Liebherr LTC1050-3.1E
- Gravemaskiner som
 - Hitachi ZE210
 - Hitachi Zeron ZE210
 - Hitachi Zeron ET85
 - Volvo EC230
- Vibroplate
 - Wacker Neuson AP1850e
- Lift
 - Sakselift Genie GS-1932, Genie GS-2632, Genie GS-4047, JLG 1230ES
 - Bomlift Manitou 200 ATJE
 - Tilhengerlift Omme 1300



LTC 1050-3.1E (Mobilkran (EL))
max. 72 kW



JLG 1230ES (Lift)
Batteri



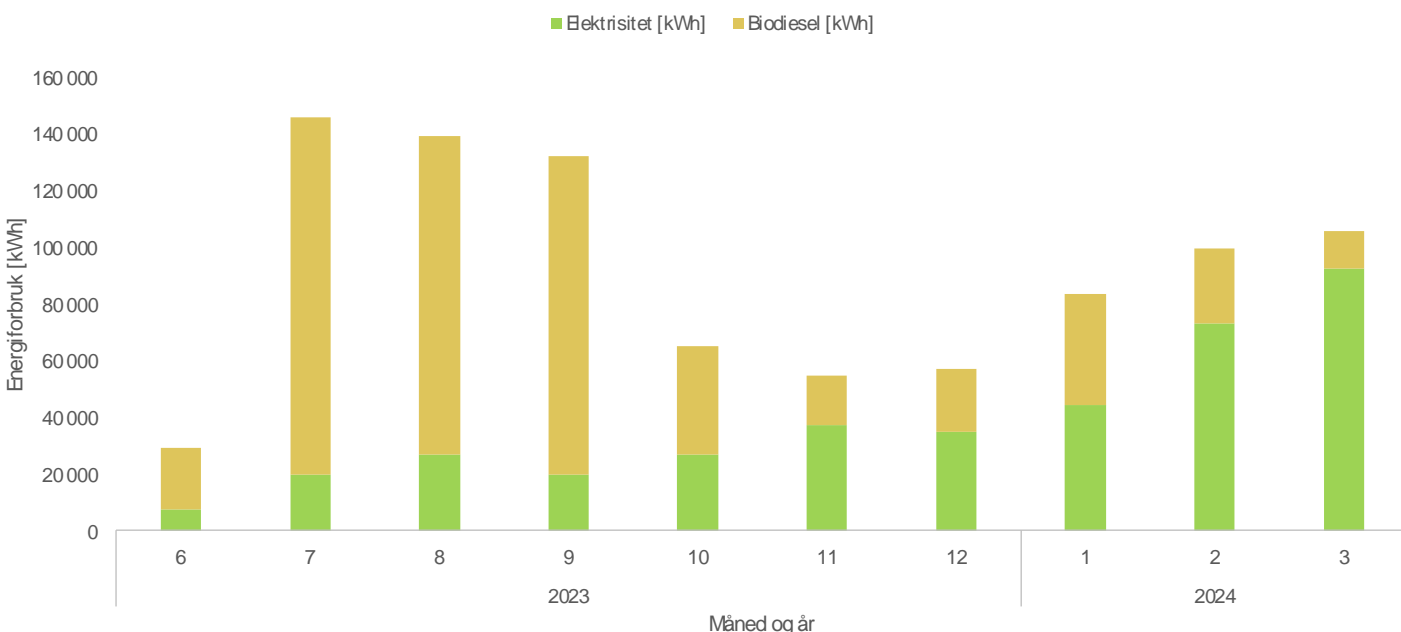
Hitachi Zeron ZE210 (Gravemaskin (EL))
Batteri – 300 kWh – max. 128 kW

4.1 Energiforbruk

Stovner bad | Energiforbruk

Samlet forbruk per energibærer

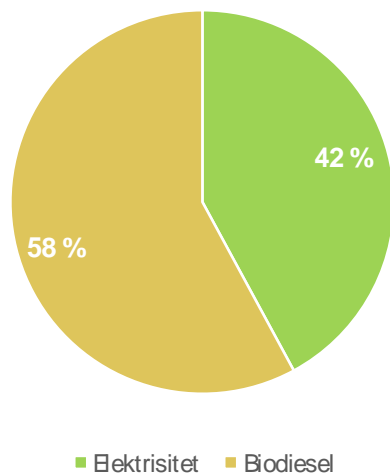
Totalt energiforbruk per måned, fordelt på energibærer [kWh]



Samlet energiforbruk for byggeprosjektet (omregnet til kWh) har hittil vært på **913 944 kWh**. Her har biodiesel vært den mest brukte energibæreren med en andel på 58 % etterfulgt av biodiesel på 42 %. Dette prosjektet har ikke benyttet fjernvarme.

Energibruken av biodiesel har vært relativt stort fra juli-september 2023, hvor mellom 12 500-14 000 liter har blitt benyttet på byggeplass månedlig. For aktuelle måned er det registrert biodieseldrevne anleggsmaskiner som bulldoser, gravemaskin, vals, hjullaster, kran, asfaltutlegger, laster, lift, pælemaskin, spuntmaskin, traktorgraver og vibroplate i maskinlisten. Akkurat hvor mye energiforbruk hver av de benyttet seg av er uvisst, men fra fremdriftsplanen var det igangsatt spunting og stag på Stovner bad, før man i september foretok seg monteringsarbeid av betongelementer, asfaltering, peling og masseoppfylling.

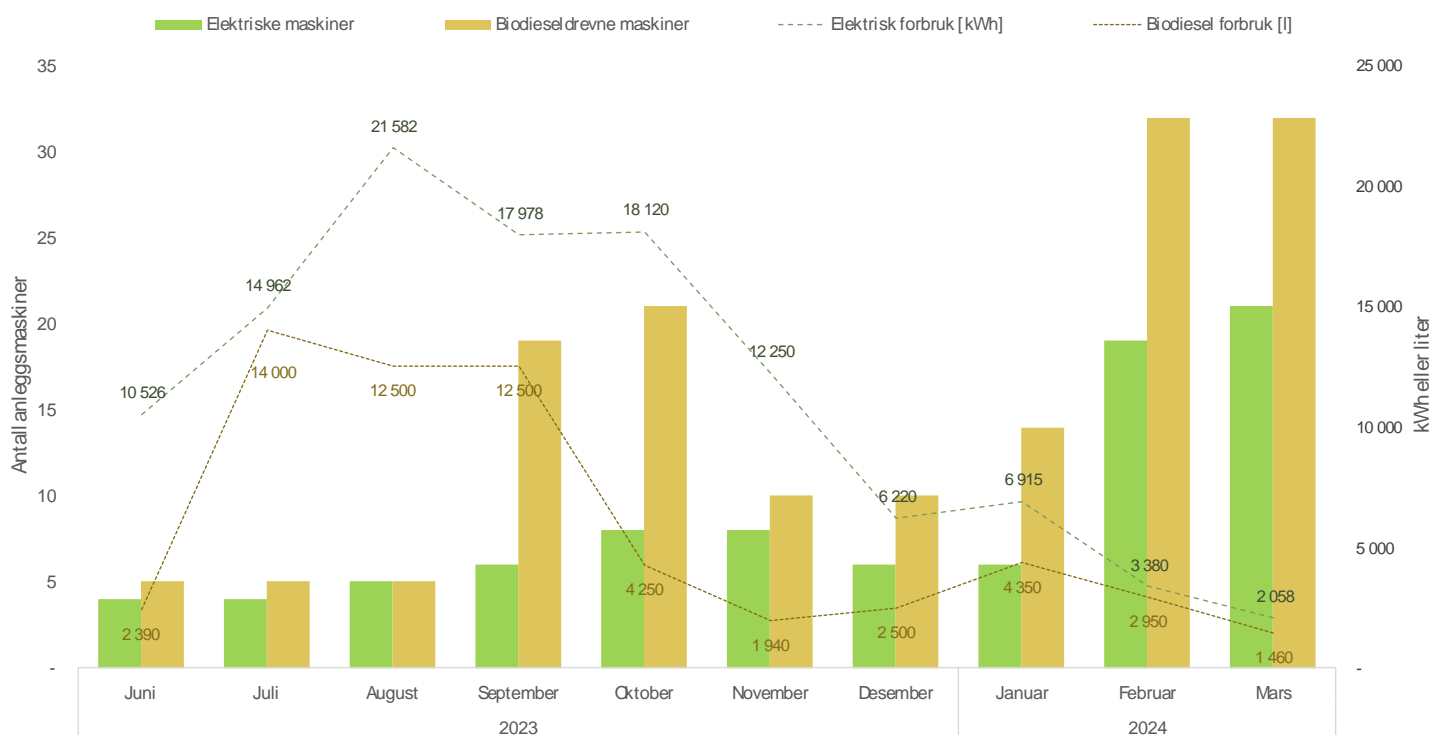
Andel energiforbruk per energibærer for byggeprosjektet hittil



Stovner bad | Energiforbruk

Månedlig forbruk per energibærer og antall maskiner

Antall anleggsmaskiner på byggeplassen, fordelt på energibærer



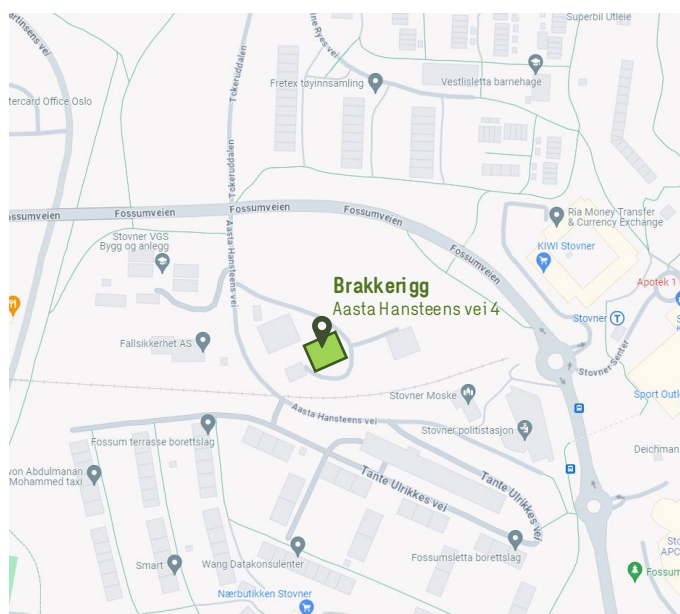
Diagrammet over viser den månedlige sammensetningen av elektriske og biodieseldrevne anleggsmaskiner på byggeplassen, med tilhørende elektrisk forbruk i kWh og biodiesel (HVO 100) i liter. De elektriske anleggsmaskinene med innrapportert forbruk har i løpet av 2023 brukt 101 638 kWh og 12 353 kWh hittil i 2024 (til og med mars). Anleggsmaskiner på biodiesel (HVO 100) har på sin side brukt 50 080 liter (450 399 kWh) i 2023 og 8 760 liter (78 784 kWh) hittil i 2024 (til og med mars).

De elektriske anleggsmaskinene har samlet brukt **373 kWh i gjennomsnitt per dag** for hele byggeperioden, mens anleggsmaskiner på biodiesel har brukt **192 liter i gjennomsnitt per dag (1 729 kWh)**. Det aller største forbruket observeres i juli og august 2023 for henholdsvis biodiesel og elektrisitet. I denne perioden foregikk det arbeid knyttet til å klargjøre tomten, masseoppfylling og fjerning av det øverste laget med jord. Videre begynte arbeidet med spunting og stag på Stovner bad. Mot slutten av august pågikk det også nattarbeidet grunnet asfaltering av omkjøringsvei.

Ellers observeres det et stabilt høyt elektrisitet og biodieselforbruk frem til september-oktober, som blant annet kan forklares av det nevnte arbeidet med montering av betongelementer mot T-banen (som startet opp i uke 38 og varte ut uke 40), peling og masseoppfylling på byggetomt, riving av undergang under Fossumveien og etablering av støttemur med VA-tilkobling ved T-banen.

Stovner bad | Energiforbruk

Kursmålere: Energispesifikke forbruksposter

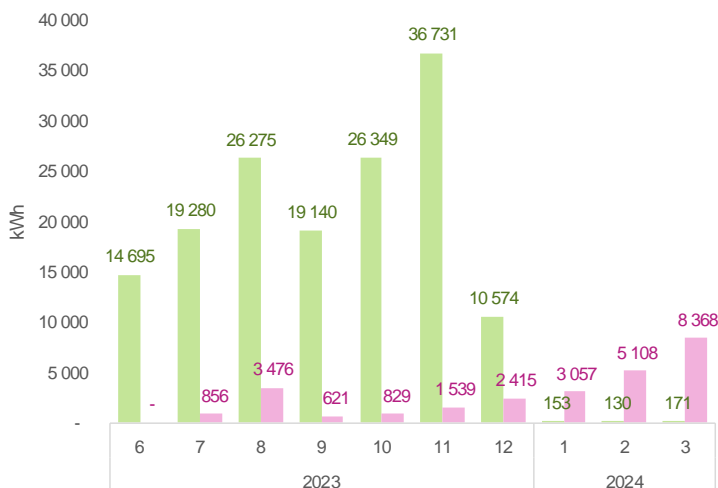


På Stovner bad er det implementert strømmåling av enkeltkurser med spesifikke forbruksposter. I tillegg til forbruket fra to av de målte kursene (ved navn «Hummingbird» og «BoostPoint», som varierer ut fra blant annet hvilke typer maskiner som lader), er det også interessant å se nærmere på forbruk og effekt for de øvrige målte kursene. Disse utgjør **Kurs 1 Brakkerigg** og **Kurs 4 Bygg**. Her gjelder oppgitt forbruk med oppstart fra 06.06.2023 når kursmålerne ble montert til og med 31.03.2024.

I dette prosjektet er det benyttet et eksisterende bygg (Aasta Hansteens vei 4) på tomte ved siden av byggeplassen, som brakkerigg. Dermed er det forbruket fra dette bygget, som logges av **Kurs 1 Brakkerigg**. I tillegg til dette anleggskontoret, befinner det seg også 11 mannskapsbrakker på prosjektet. Det er per tid uvisst hvor forbruket fra disse måles. Videre er det informert om at antallet mannskapsbrakker skal økes, men effektene av dette er ikke inkludert i analysen.

Energiforbruk per måned for kursmålt forbruk

■ K1 Brakkerigg [kWh] ■ K4 Bygg [kWh]



Brakkerigg

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 15 350 kWh
- Maks månedlig forbruk: 36 731 kWh i november 2023
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 503 kWh

Bygg

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 2 627 kWh
- Maks månedlig forbruk: 8 368 kWh i mars 2024
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 86 kWh

Stovner bad | Energiforbruk

Kursmålere: Energispesifikke forbruksposter

Hummingbird®



Stovner bad har inne i prosjektet mobile lynladere og ladeløsninger som tilbyr rask og effektiv lading til elektriske anleggsmaskiner med minimal installasjonstid. **Kurs 3 Boostpoint** er utstyrt lynlading (2 stk. CCS2-ladepunkt) og er en kurs med en sikring på 400 A som med andre ord kan levere opp til 277 kW. **Kurs 5 Hummingbird** har ulike ladepunkter med AC-lading og en anvendbar batterikapasitet på 170 kWh.

For disse nøkkeltallene gjelder oppgitt forbruk fra 06.06.2023 når kursmålerne ble montert til og med 31.03.2024.

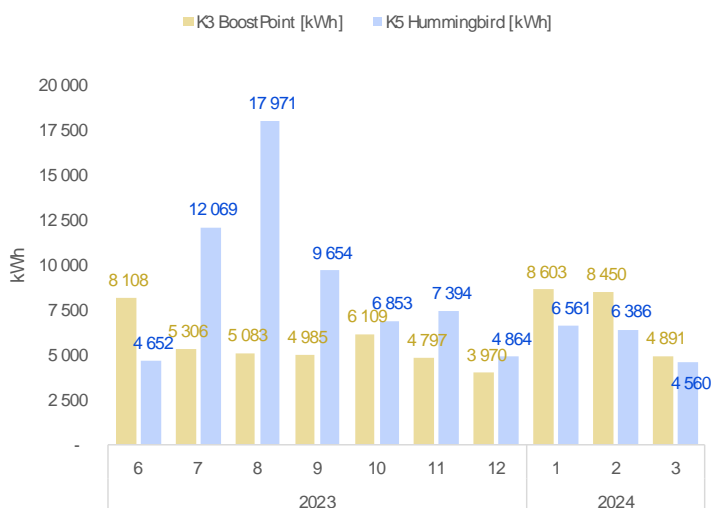


BoostPoint

BoostPoint

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 6 030 kWh
- Maks månedlig forbruk: 8 603 kWh i januar 2024
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 198 kWh

Energiforbruk per måned for kursmålt forbruk



Hummingbird

- Gjennomsnittlig månedlig forbruk: 8 096 kWh
- Maks månedlig forbruk: 17 507 kWh i august 2023
- Gjennomsnittlig forbruk per dag: 265 kWh

4.2 Effektforbruk

Stovner bad | Effektforbruk

Introduksjon

Byggeprosjektet Stovner bad har hatt gode forutsetninger til å få oversikt over effektforbruket på byggeplassen, på bakgrunn av en mer omfattende rigg med energimålere initiert tidlig i prosjektet.

Vanligvis er det i all hovedsak AMS-måleren montert av nettselskapet til bruk for avregning av kraftpris og nettleie, som danner basisen for å få oversikt over strømforbruket. Denne måleren gir dermed kun informasjon om gjennomsnittlig effekt per time om man ikke monterer på ekstrautstyr. Resultatet fra denne måleren gir relativt lav tidsoppløsning, hvilket som gjør det vanskelig å avdekke de riktige store effekttoppene som kan inntreffe ved ellers kortere tidsintervaller.

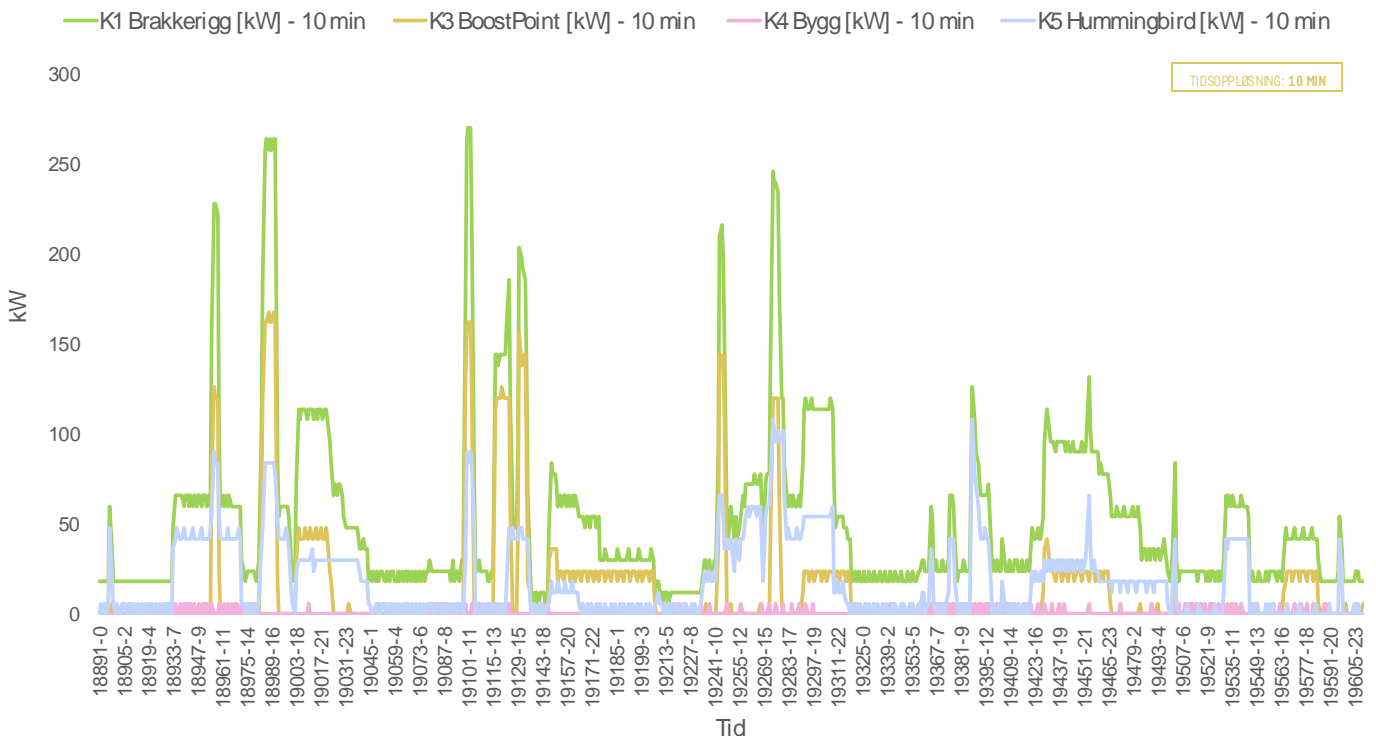
På Stovner bad finnes det, i tillegg til AMS-måleren, fem andre kursmålere for strøm. En av disse har som nevnt ikke tilgjengelig data for videre analyse.

Disse kursmålerne måler dedikert kurs til brakkerigg, BoostPoint, bygg og Hummingbird.

Dette gir prosjektet bedre forutsetninger for å avdekke årsak til effekttopper til sammenligning med andre byggeprosjekter. Kursmålerne i dette prosjektet logger forbruket hvert tiende minutt og har dermed også høyere tidsoppløsningen enn AMS-måler fra nettselskapet. Selv om måleren er bedre, er det fremdeles en del umålte strømkurser. Forskjellene og kartlegging av mulige aktiviteter som kan forklare disse, blir gjennomgående for dette undertemaet.

I diagrammene nedenfor vises det målte forbruket per kurs for en utvalgt arbeidsuke i oktober 2023. Her kan man observere den høyeste effekttoppen registret for brakkeriggen samt gjentakende effekttopper rundt kl. 16. Disse kan blant annet forklares av at det er påbegynt ladesesjoner fra både BoostPoint og Hummingbird.

Forbruk per kursmåler uke 42/2023 - (man-fre) [kW]



Stovner bad | Effektforbruk

Kursmålere: Effekt spesifikke forbruksposter

Her presenteres registrert maks effekt [kW] for de ulike kursmålte forbrukspostene. Data er hentet fra kursmålerne som har 10-minutters tidsoppløsning.

Brakkerigg

- Maks effekt: 270 kW (kl. 09:20 tirsdag, uke 42/2023)

Maks registrert effekt på 270 kW inntreffer tirsdag kl. 11:00 uke 42 i 2023. Med tanke på at det er et eksisterende bygg som benyttes som brakkerigg, tilsvarer dette ekvivalent mengde energi som benyttet for 110 brakkerigger (dersom man sammenligner med erfaringstall på mellom 2-3 kW per brakke som dimensjonerende). Denne toppen er for øvrig sjelden og har kun inntruffet denne ene gangen i løpet av byggeperioden, med kort varighet. Nest høyeste målte effekt er 264 kW og inntreffer dagen før maks effekttoppen. Denne effekttoppen er

registrert fra 15:50 og varte i en halvtime. Det virker merkelig at brakkerigg har slike topper og kan tyde på at det har vært tilkoblet en form for ladeinfrastruktur på samme kurs. Denne infoen har ikke blitt tilgjengeliggjort for oss i løpet av prosjektperioden.

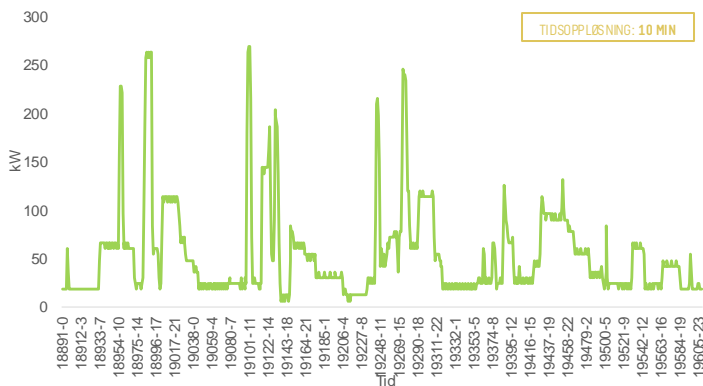
Bygg

- Maks effekt: 48 kW

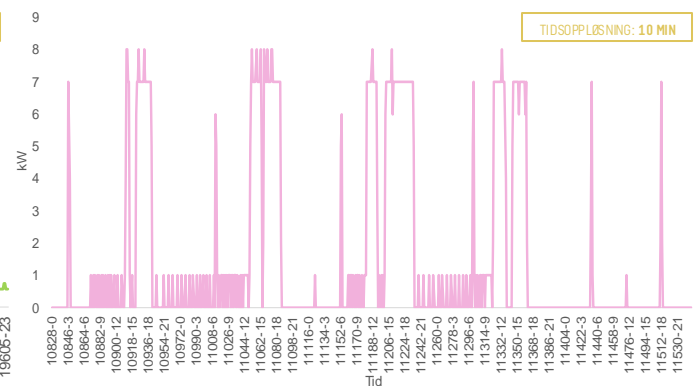
Høyeste effekt registrert for bygg forkommer flere ganger, spesielt i august (uke 31-34). Noen av toppene er registrert i lunsjtider (kl. 11-12), men en stor andel finner sted i utenom (kl. 09-10 og 14-16).

Nedenfor vises diagrammer for utvalgte uker og dager for brakkerigg og bygg.

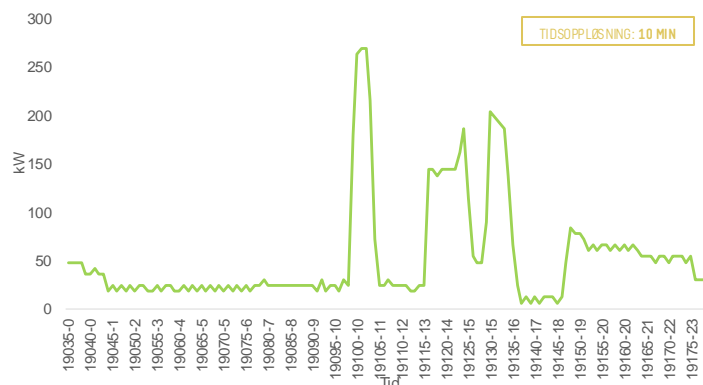
Forbruk Brakkerigg [kW] - 10 minutters oppløsning



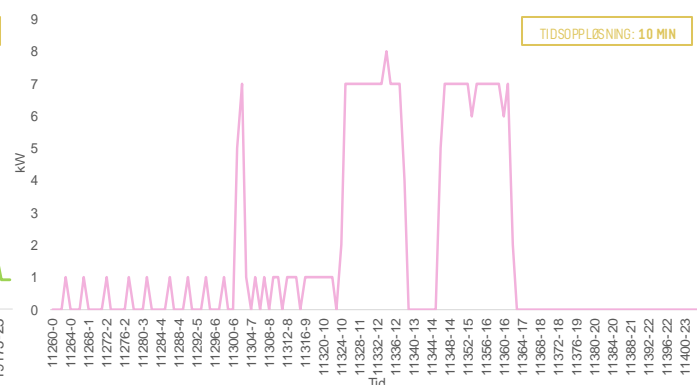
Forbruk Bygg [kW] - 10 minutters oppløsning



Forbruk Brakkerigg, tirsdag [kW] - 10 minutters oppløsning



Forbruk Bygg, torsdag [kW] - 10 minutters oppløsning



Stovner bad | Effektforbruk

Kursmålere: Effekt spesifikke forbruksposter

Her sees maks effekt [kW] for kursene med BoostPoint og Hummingbird. Data er hentet fra kursmålere med 10-minutters tidsoppløsning.

BoostPoint

- Maks effekt: 168 kW

Høyeste effekter registrert for BoostPoint forekommer flere ganger iltla byggeprosjektet: i uke 23-25, 28 og 40-42. De fleste effekttoppene på 168 kW forekommer mellom tidsrommet kl. 16:30-19:30, imens det er noen få tilfeller hvor toppene finner sted kl. 09 og kl. 14.

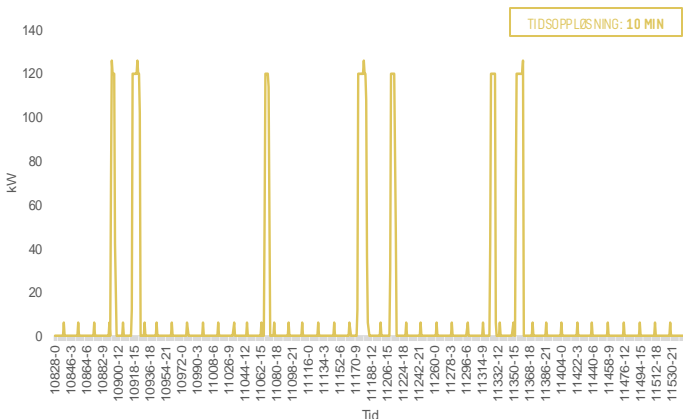
Til sammenligning har BoostPoint mulighet til å lade elektriske kjøretøy raskt og effektivt med maksimalt 360 kW i hver kabel.

Hummingbird

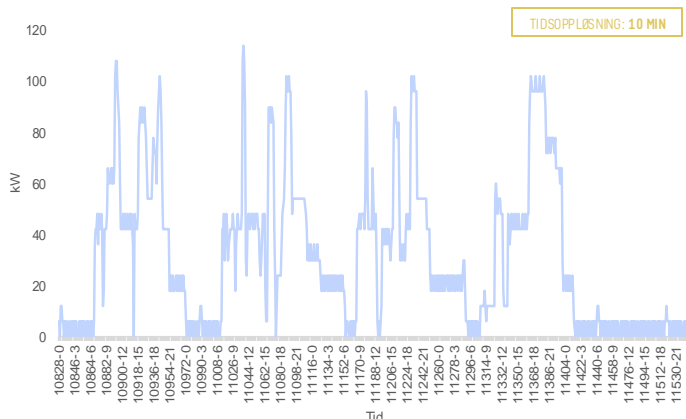
- Maks effekt: 114 kW

Makseffekten på Hummingbird forekommer på tre ulike dager, alle i august 2023. Effekttoppen varer lengst onsdag 30.08.2023 (kl. 14:40-15:00) og resterende forekommer i tidsrommet 09-10 og 14-15 for aktuelle dager.

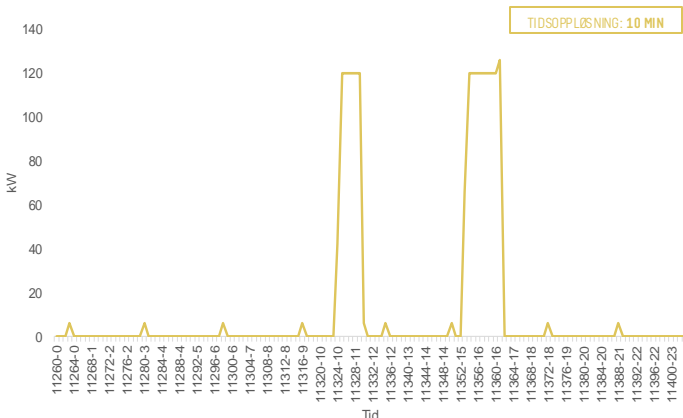
Forbruk BoostPoint [kW] - 10 minutters oppløsning



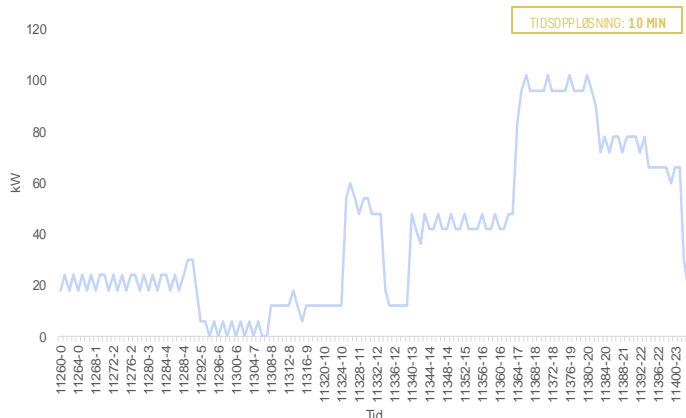
Forbruk BoostPoint [kW] - 10 minutters oppløsning



Forbruk BoostPoint, torsdag [kW] - 10 minutters oppløsning



Forbruk BoostPoint, torsdag [kW] - 10 minutters oppløsning



Forbehold om makseffektene

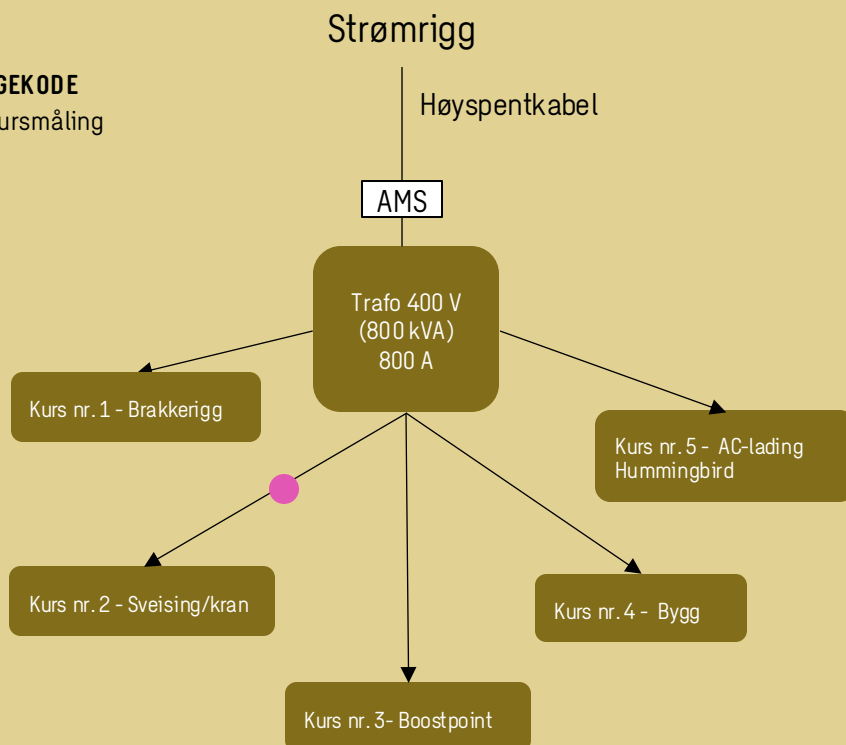
I løpet av dataanalysen har Sweco gjort seg oppmerksom på at det forekommer noe støy i datasettet. Uten å videre kunne bekrefte hva som er de reelle dataene i prosjektet, har prosjektet valgt å ekskludere deler av sluttleveransen som krever slik data. Dette medfører til at de neste delene under **Effektforbruk** av Stover bad-prosjektet ikke vil hensynta AMS-data for 2023 som en del av grunnlaget for å estimere prosjektets høyeste effekttopp. I stedet vil det tas utgangspunkt i det totale kursmålte forbruket for 2023 som det «endelige» effektforbruket.

Dette kommer med begrensning på resultatet:

- Reelt effektforbruk på Stovner vil være høyere enn oppgitt *Totalt kursmålt forbruk*, da disse som nevnt ikke hensyntar Kurs 2 – Sveising/kran samt eventuell annen elektrisk forbruk som ikke har blitt logget fra kursene nevnt i strømriggeren. Sistnevnte ville ha blitt fanget opp med AMS-data.
- Reelt sett vil både effekttopper og potensielt energimengder i prosjektet være underestimert.

FORKLARING FARGEKODE

- Kurser uten kursmåling

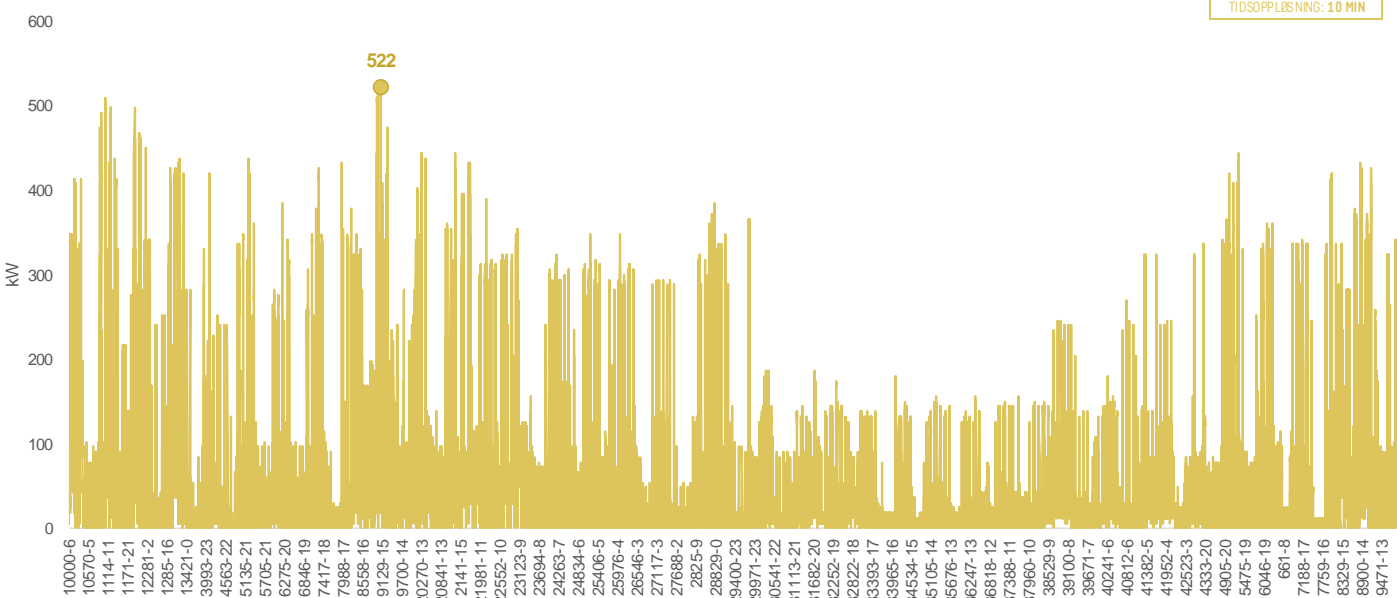


Stovner bad | Maks effekt [kW]

Effekt for hele byggeprosjektet

Maks kursmålt forbruk [kW] for valgt periode - 10 minutters oppløsning

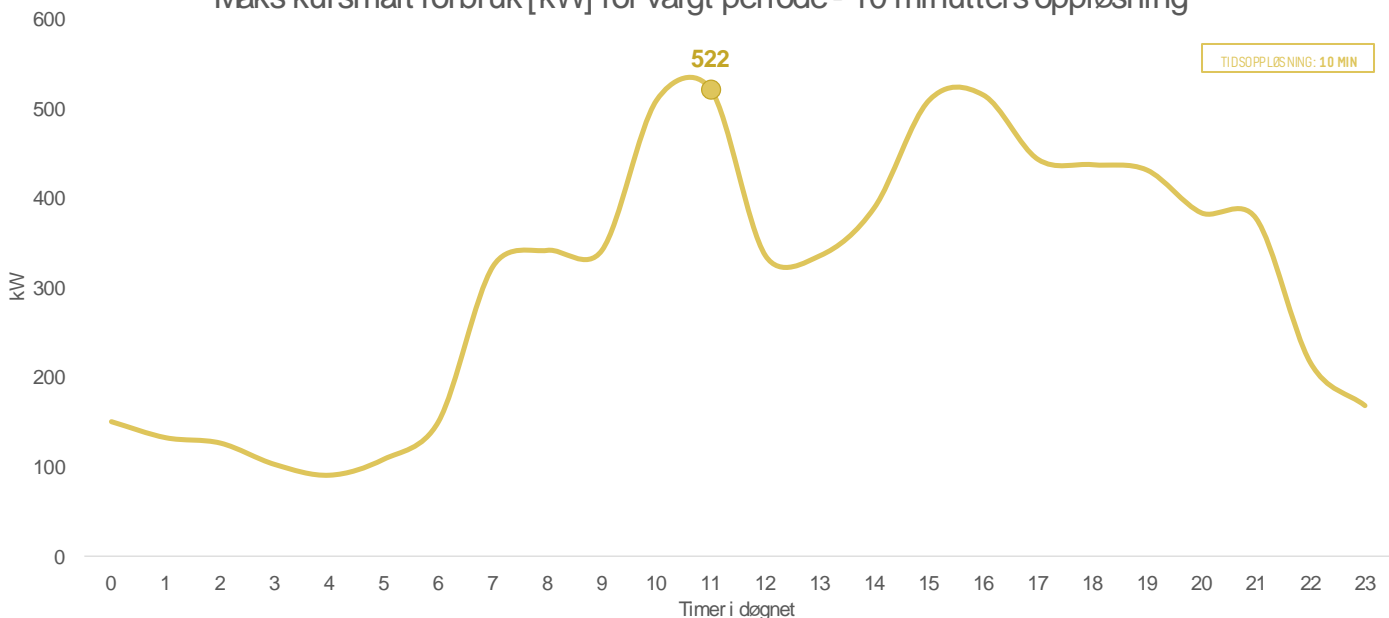
TIDSOPPLØSNING: 10 MIN



Høyeste effekttopp for det elektriske strømforbruket på byggeplassen er målt til **522 kW**, registrert tirsdag kl. 11:10, uke 42 i oktober 2023. I diagrammet over sees strømforbruket for hele byggeperioden, mens det nedenfor viser de maksimale effektene registrert per time for prosjektet. Prosjektets høyeste effekttopp kl. 11 er også fremhevet her, sammen med høye effekter i tidsrommet kl. 15-17.

Maks kursmålt forbruk [kW] for valgt periode - 10 minutters oppløsning

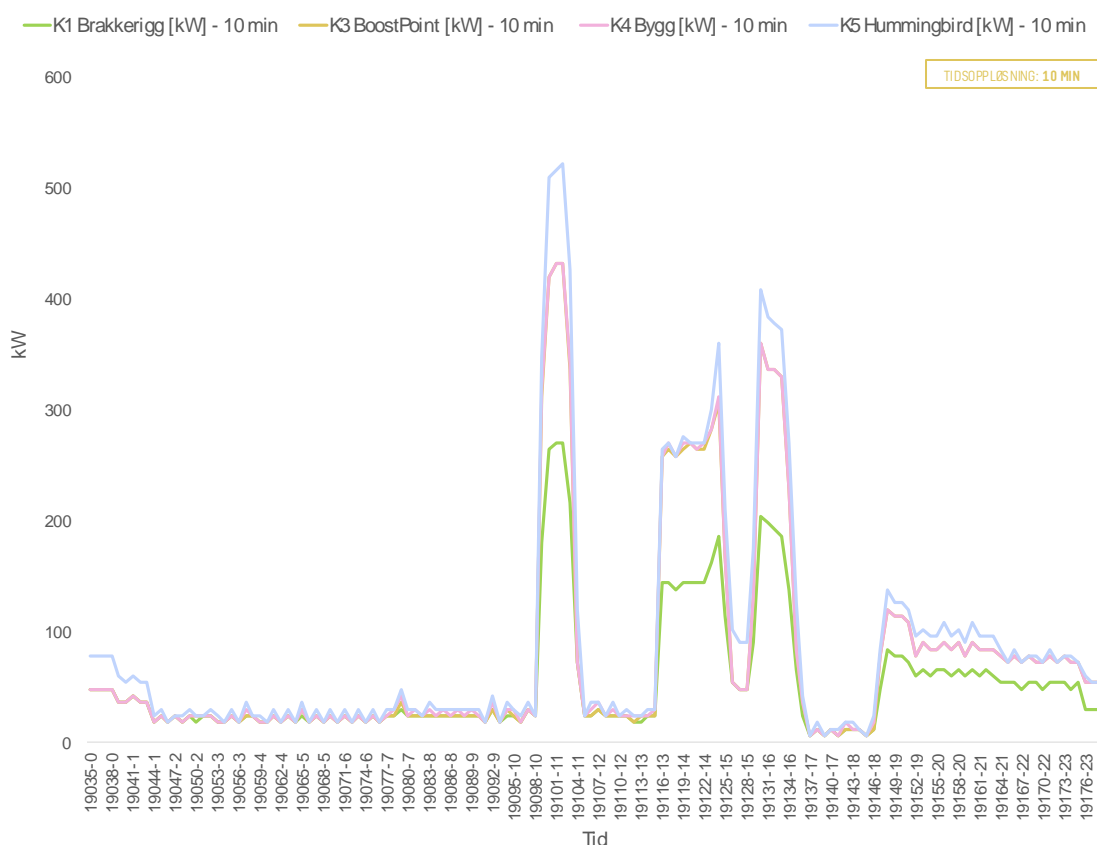
TIDSOPPLØSNING: 10 MIN



Stovner bad | Maks effekt [kW]

Dag med høyest målte effekt

Stablet forbruk per kursmåler, tirsdag uke 42/2023 [kW]



Gjennomsnittlig effekt per time for hele prosjektet	
0	30
1	25
2	23
3	21
4	19
5	18
6	19
7	27
8	32
9	33
10	62
11	98
12	46
13	44
14	51
15	75
16	98
17	48
18	55
19	66
20	55
21	48
22	42
23	36

Effekttoppen på 522 kW den aktuelle dagen kommer fra forskjellige kilder. Brakkerigg bidrar med 270 kW, BoostPoint bidrar med 162 kW, Bygg bidrar ikke med noen effekt, og Hummingbird bidrar med 90 kW. Dette betyr at effekttoppen fordeles på følgende måte: 52 % fra brakkerigg, 31 % fra Boostpoint, 0 % fra bygg og 17 % fra Hummingbird. Det er verdt å merke at lading med Boostpoint og Hummingbird står for 48 % av effekttoppen.

Det er sannsynlig at det faktisk forekommer annet strømforbruk på prosjektet som ikke er fanget opp med disse kursmålerne. Prosentandelene over tar kun utgangspunkt i de tilgjengelige kursmålingene og prosentene er det dermed knyttet usikkerhet til.

Prosjektets effekttopp er en økning på 433 % i forhold til gjennomsnittlig effekt registrert kl. 11 for hele prosjektets gjennomføringsperiode.

Stovner bad | Årsak til effekttopp

De historiske aktivitetene som ble utført på byggeplassen er mange og fremdriftsplanen gir oss en pekepinn på potensielle aktiviteter som kan ha forårsaket høyt effektbehov.

Fra hovedfremdriftsplanen for prosjektet, ser det ut til at *Grunnarbeid* som var den pågående byggefasen den 17. oktober 2023. Det kan ikke utelukkes at det kan være lading av andre maskiner og kjøretøy som ikke er oppgitt i maskinlisten på aktuelt tidspunkt, som kan ha forårsaket effekttoppen.

Aktiviteter den 17. oktober 2023

Grunnarbeid

- Forgraving
- Spunting
- Peling
- Masseoppylling
- Rive/fylle undergang Fossumveien (fiberomlegging og fjernvarme)
- **Betongarbeider Plasstøpt betong - bunnplate del 1 for isolering, armering, jord, VA og støp startet 16.10**

Fra maskinparken for oktober ser det ut til at følgende elektriske anleggsmaskiner var i bruk:

2023 Oktober	Elektrisk [kWh]	Gravemaskin	Hitachi EL, ZE210-6
2023 Oktober	Elektrisk [kWh]	Gravemaskin	Volvo, EE230
2023 Oktober	Elektrisk [kWh]	Gravemaskin	Hitachi
2023 Oktober	Elektrisk [kWh]	Gravemaskin	Volvo EE230
2023 Oktober	Elektrisk [kWh]	Hjullaster	Cramo
2023 Oktober	Elektrisk [kWh]	Kran	Tårnkran

Dersom man ekskluderer den elektriske tårnkranen (som for øvrig skulle ha hatt en egen dedikert kursmåling og dermed ikke er inkludert i beregnet effekttopp) gjenstår det fem elektriske anleggsmaskiner (gravemaskiner og én hjullaster) som muligens har behov for å lade under arbeidsdagen.



5 Sophies Minde

62

Sophies Minde | Informasjon

Rehab

Eventuell riving

Råbygg

Innvendig arbeid

Grunnarbeid

Fasade

Utvendig arbeid

Sophies Minde-bygget på Carl Berner skal gjennom en totalrehabilitering. Her vil det fortsatt være barnehage, samt kontorer og bydelsfunksjoner for Bydel Grünerløkka. Det skal etableres helsestasjon, svangerskapskontroll, Oslohjelpa og forsamlingslokale for bydelens innbyggere. Totalt skal 13 000 m² rehabiliteres. I tillegg skal uteområdet oppgraderes, hvor det skal etableres ca. 7 100 m² med utendørs lekeareal. Prosjektet har som mål å sertifiseres til «Excellent» i BREEAM-NOR og skal gjennomføres som en utslippsfri byggeplass.

Prosjektet hadde oppstart i august 2023 med rigg, drenering, VA og konstruktiv riving. Prosjektet skal ferdigstilles i midten av 2026. Totalentreprenør for prosjektet er Vedal Entreprenør.

Byggeprosjektet har som mål å gjennomføres som en utslippsfri byggeplass.

Byggeplassen er forsynt med en tilgjengelig strømkapasitet på rundt 2000 kW. Oppvarming- og byggtørk er håndtert er dekket av strøm ved hjelp av vifteovner og andre varmeelementer. Fjernvarme har ikke blitt brukt. I tillegg er det tatt i bruk ladecontainer levert av Aneo med 2 stk. CCS2-ladepunkt (BoostPoint fra Nordic Booster) hvor det stort sett er gravemaskiner som lader. Det har i tillegg vært en battericontainer – en Hummingbird fra Nordic Booster – på byggeplass med CCS2, type 2 og industrikontakt. Byggeplassen har i tillegg 1 tårnkran og 20 brakker, som skal økes til 42 stk. i midten av 2024 (og dermed ikke del av analyseperioden til denne rapporten).

Prosjektet har ikke hatt ekstra energimålere utover abonnementsmålere (AMS) bortsett fra dem som er i ladecontaineren. Det er to AMS-målere på byggeplass.

Sweco har mottatt følgende relevante data og info fra prosjektet:

- Månedlig maskinoversikt inklusiv akkumulert forbruk
- AMS-data med timesoppløsning [kWh/h] for 2 stk. AMS-målere
- Måling av to stk. CCS2-ladepunkt til hurtiglading av maskiner med 1-minutt tidsoppløsning fra august 2023.
- Nettkapasitet: 2 450 kVA samlet trafokapasitet. To eksisterende trafoer og en provisorisk trafo. Tilsvarende rundt 2000 kW.
- 20 brakker



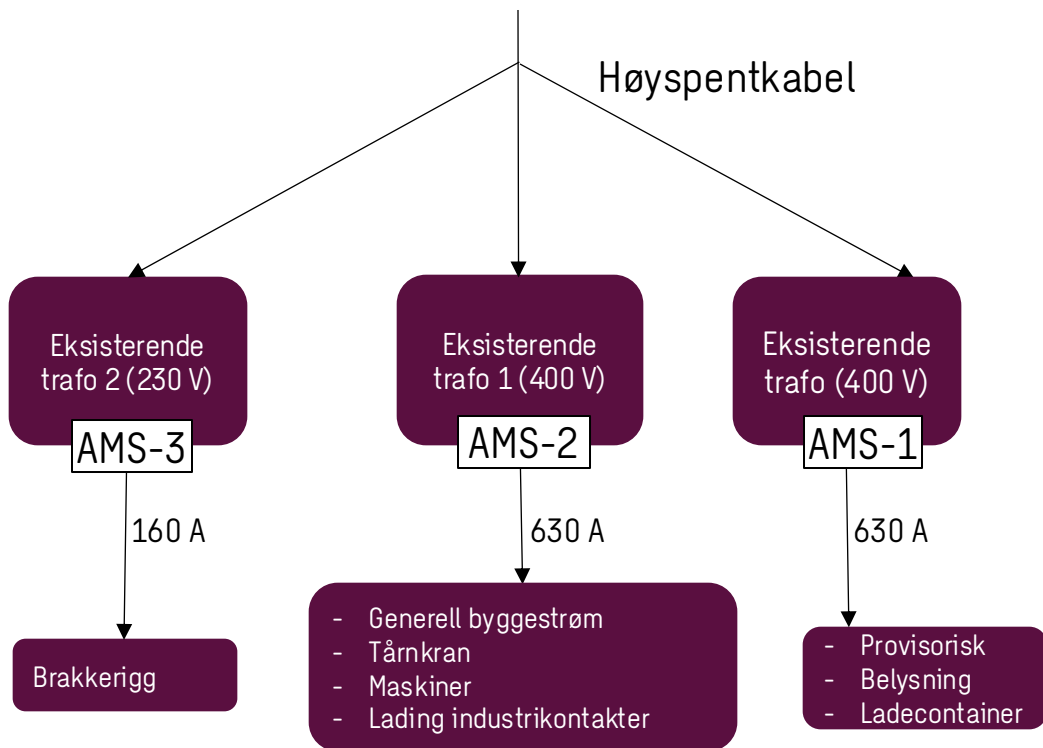
ANALYSEPERIODE: 08.2023-03.2024

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

- Maks effekt strøm: 397 kWh/h (kl. 16 torsdag uke 1 i januar 2024)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 117 kW
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 74 802 kWh
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 2375 kWh
- Totalt energiforbruk: 448 810 kWh
- Utslippsfri andel energibruk byggefase: 100%
- Utslippsfri andel energiforbruk maskiner: 100%

Sophies Minde | Informasjon

Strømrigg



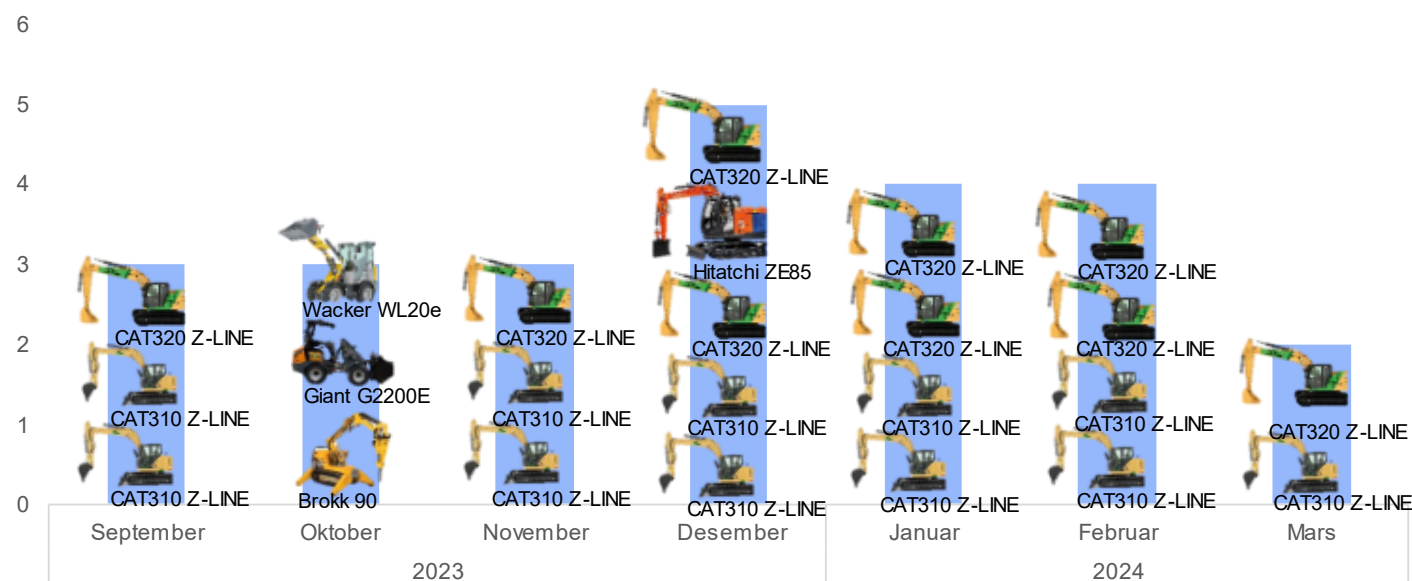
I analyseperioden (1. oktober 2023 til og med 31. mars 2024) har det vært tre eksisterende trafoer i drift. Basert på info fra byggeplass er det rundt 800-900 kW tilgjengelig. Hver trafo har AMS-måler. Det er ikke noe kursmålt forbruk bortsett fra det som to hurtigladepunkt (CCS2) i ladecontainer fra Aneo leverer.

Først fra 31.mai har den eksisterende trafo (med AMS-1) blitt erstattet av en ny trafo med større kapasitet. Dette er grunnet den elektriske boreriggen. Den trafoen, som ikke vises over her, er på rundt 1 550-1 650 kW og er tiltenkt ladecontainer med to stk. CCS-ladepunkt og transformator brønnboring og kompressor brønnboring.

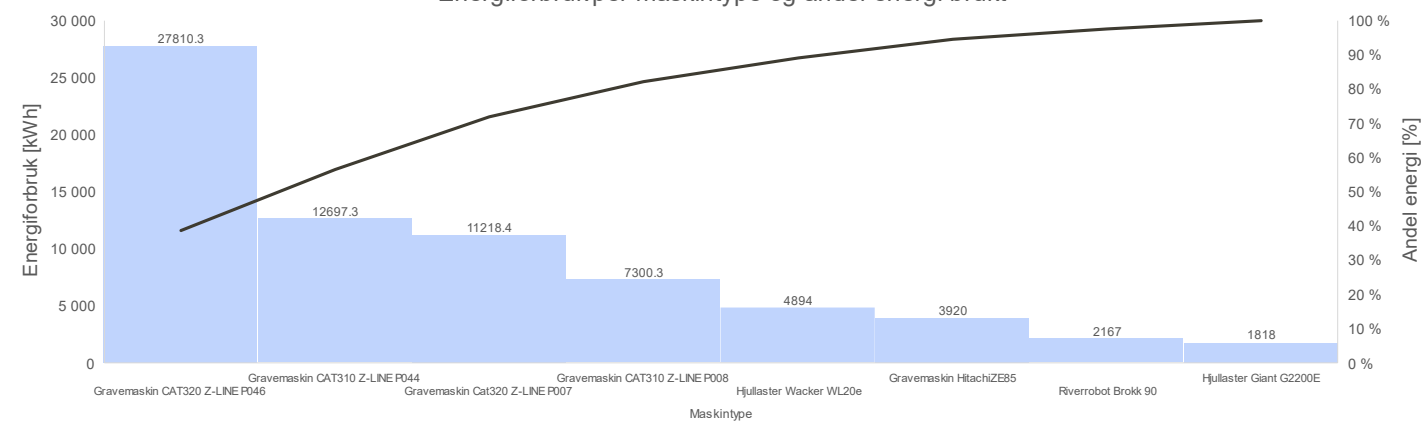
Sophies Minde | Informasjon

Maskinliste

Antall maskiner i bruk per måned



Energiforbruk per maskintype og andel energi brukt



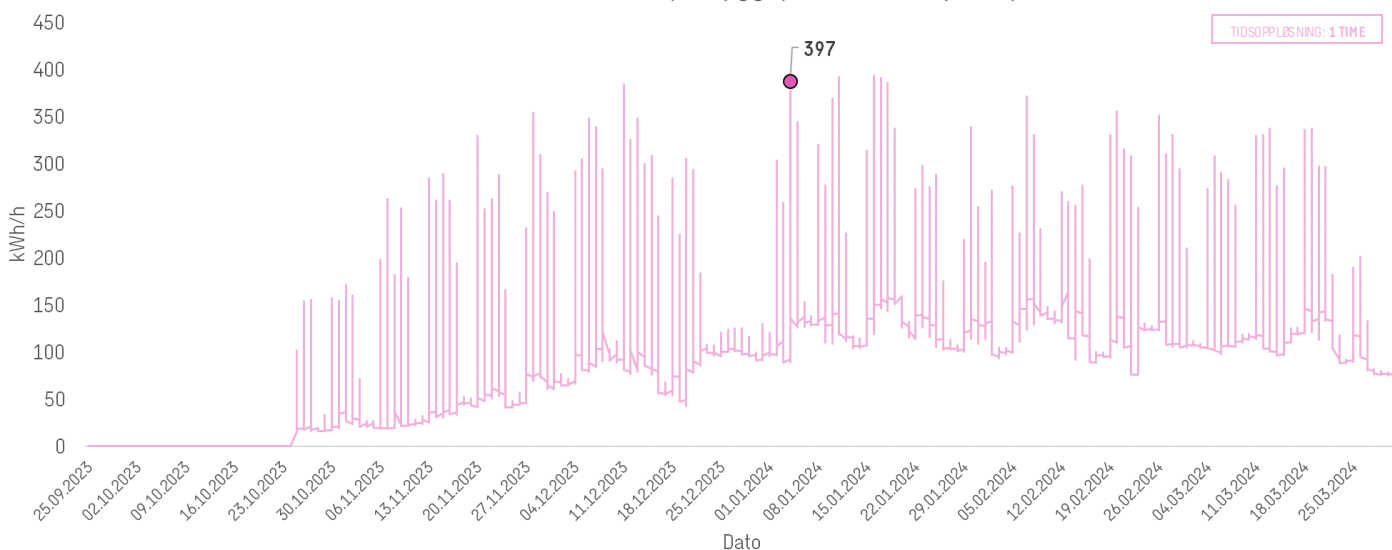
Diagrammet over gir en oversikt over aktive anleggsmaskiner for prosjektet. Prosjektet har i løpet av perioden utelukkende brukt elektriske maskiner.

Hovedvekten av maskiner i bruk har, som vist over, vært innenfor maskinkategorien gravemaskin. Gravemaskiner har stått for 88 % av energibruken i den analyserte perioden. Dette gjelder særskilt for CAT 320 Z-line, som har vært i bruk i 6 av 7 måneder i analyseperioden. En mulig forklaring på dette, er at Sophies Minde er en rehab-prosjekt, med et tilhørende stort uteområde som har krevd en del graving. Til sammenligning, vil det for nybyggsprosjekter være et større behov for mer løftearbeid med kraner etc.

Sophies Minde | Maks effekt [kW]

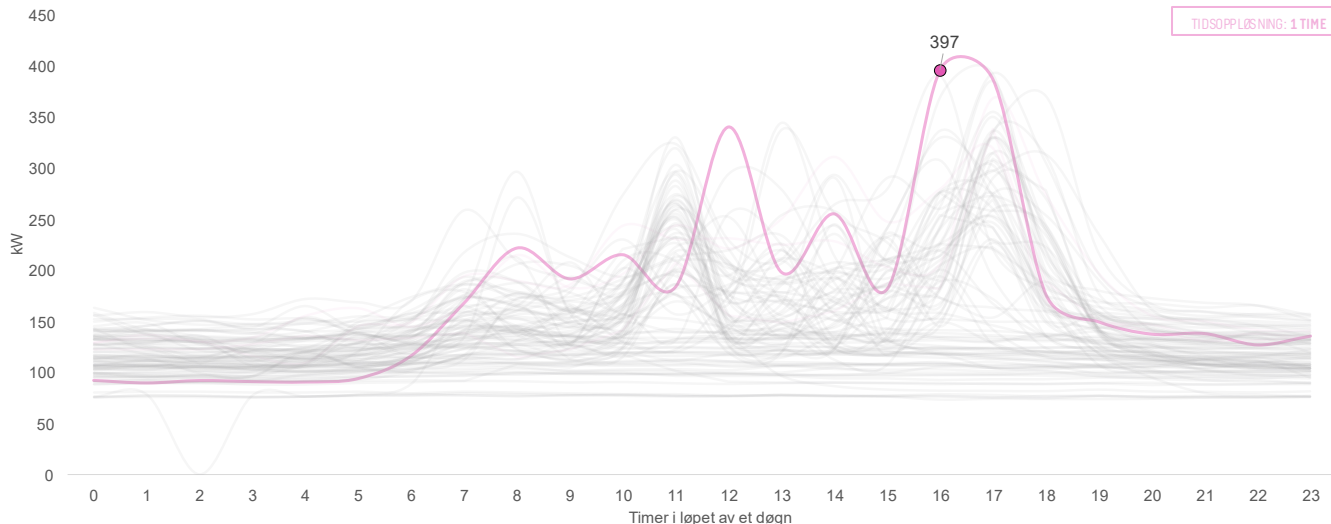
Effekt for hele byggeprosjektet

Summert forbruk AMS-målere på byggeplass for analysert periode



Høyeste effekttopp for det elektriske strømforbruket på byggeplassen er målt til **397 kW**, registrert torsdag kl. 16:00 uke 1 i januar 2024. I diagrammet over sees strømforbruket for hele byggeperioden, mens det nedenfor viser forbrukskurver per døgn hittil i 2024 hvor man ser dag med høyest effekttopp fremhevet. Grunnlasten var på rundt 20 kW i starten av byggeperioden og hadde topper på opp mot 200 kW. Grunnlasten har økt gradvis gjennom byggeperioden og ligger på rundt 90 kW.

Forbrukskurver per døgn med fremhevet dag med høyeste forbrukstopp

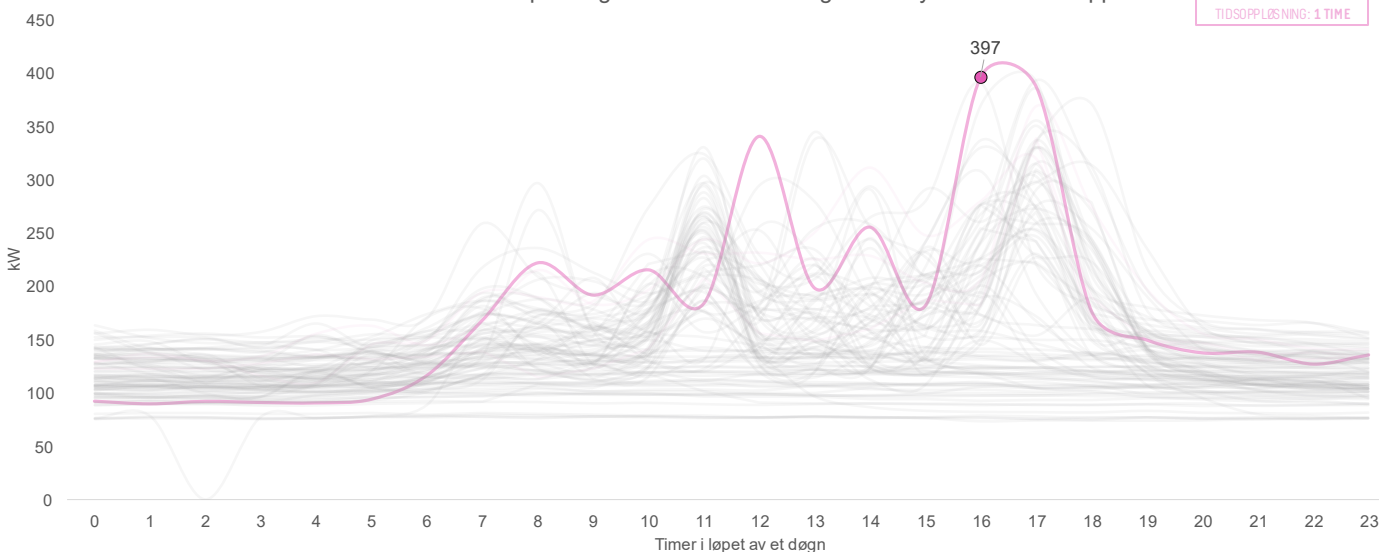


Sophies Minde | Maks effekt [kW]

Dag med høyeste målte effekt

Forbrukskurver per døgn med fremhevet dag med høyeste forbrukstopp

TIDSOPLØSNING: 1 TIME



I likhet med den høyeste effekttoppen som inntraff kl. 16 torsdag uke 1 i januar 2024 skjer en stor andel av effekttoppene rundt det samme klokkeslettet eller rundt kl. 11.00. Dette har tydelig sammenheng med at to hurtiglådere ofte er i bruk da og som er årsak til effekttopp.

I tabellen til høyre er det beregnet hva gjennomsnittlig forbruk av hver time hvert år har vært i byggeprosjektet, fra september 2023 til og med mars 2024. I tillegg vises gjennomsnittet av hver time for hvert år helt til høyre ('snitt av snitt').

Den høyeste effekten som inntraff onsdag kl. 16 uke 1 i januar 2024 er en økning på 360 % i forhold til gjennomsnittlig effekt kl. 16: i 2023, 123 % i forhold til 2024 og 200 % i forhold til det samlede gjennomsnittet den aktuelle timen.

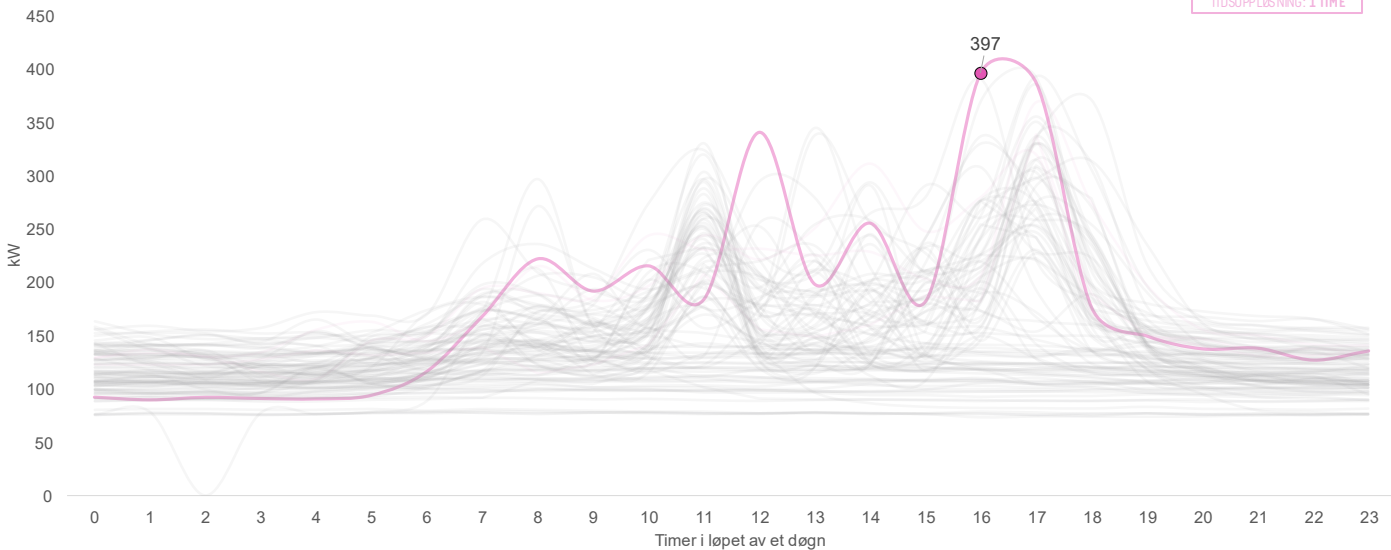
Tabellen til høyre viser tydelig at effekttoppene for dette byggeprosjektet inntreffer enten kl. 11 eller kl. 16-18. Årsaken, er som nevnt, at to elektriske maskiner hurtiglades enten i lunsjtiden eller i forbindelse med endt arbeidsdag.

	Gjennomsnittlig effekt per time per år		Snitt av snitt
	2023	2024	
-	40	117	78
1	40	117	78
2	41	114	78
3	41	114	78
4	44	117	80
5	44	119	82
6	46	124	85
7	56	140	98
8	60	145	102
9	64	138	101
10	65	148	106
11	94	188	141
12	82	154	118
13	73	154	114
14	75	155	115
15	77	154	116
16	86	178	132
17	102	204	153
18	90	162	126
19	63	132	98
20	51	123	87
21	46	120	83
22	43	118	81
23	41	117	79

Sophies Minde | Årsak til effekt

Forbrukskurver per døgn med fremhevet dag med høyeste forbrukstopp

TIDSOPPLØSNING: 1 TIME

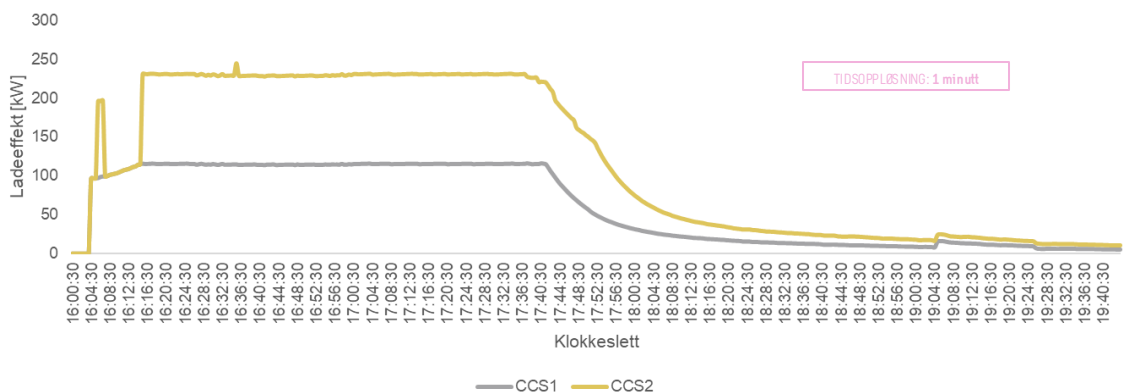


For den aktuelle datoen med høyeste effekttopp sees det at begge hurtigladerne brukes samtidig, slik vist i diagrammet nedenfor. De har en samlet maks effekt på 258 kW, 203 kW i snitt over aktuell time, som utgjør 51% av den høyeste effekttoppen som snitt per time. Den gjenstående effekten, etter at dette er trukket fra, er på 194 kW. Med 20 brakker som utgjør rundt 30 kW er det rimelig å tenke seg til at resterende 164 kW går til lading av øvrige gravemaskiner ettersom det er oppgitt at det var 4 gravemaskiner på byggeplass i januar.

De to gravemaskinene som ikke hurtiglades, kan lade med maks 80 kW. Det er oppgitt fra byggeplass at det var 6 stk. 18 kW varmeovner til bruk i forbindelse med byggoppvarming på vinteren, noe som utgjør maks 108 kW. Utover dette har noe av strømmen gått til belysning og byggeplassens ene tårnkran.

Det er oppsummert de to CAT 320 Z-line maskinene som hurtiglades samtidig som er årsak til effekttoppen for dette byggeprosjektet.

Stablet samtidig ladeeffekt CCS1 og CCS2 [kW]
fra kl. 16:00, 4 januar 2024



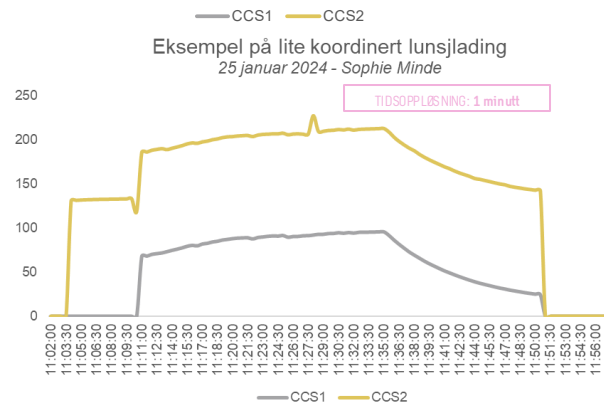
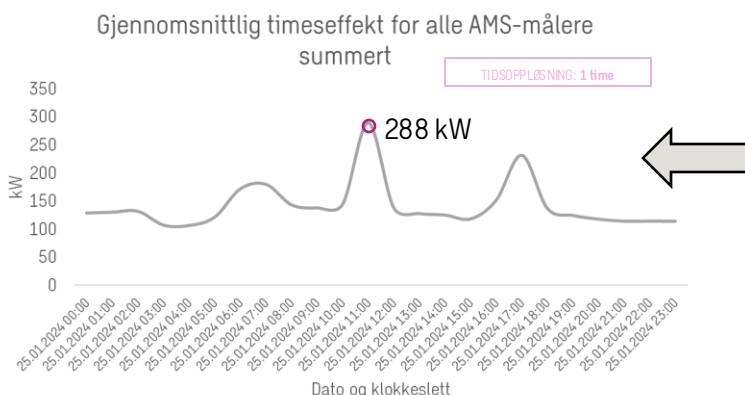
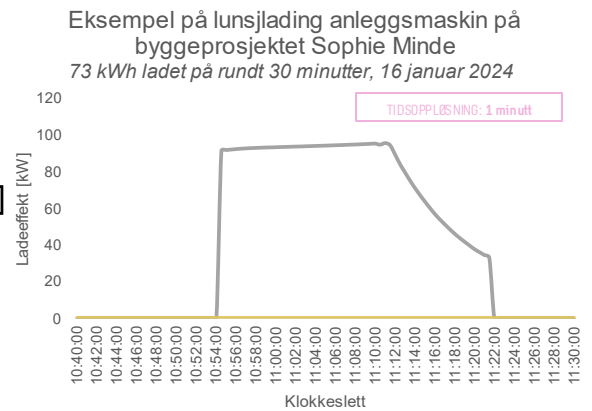
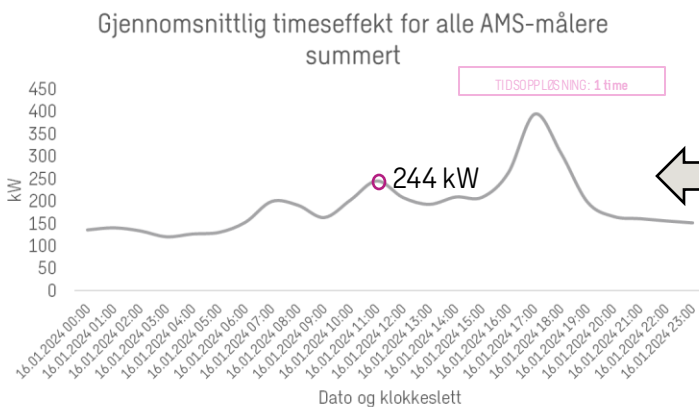
Sophies Minde | Årsak til effekt

Det er, i dette tilfellet, en lavhengende frukt å redusere årsak til effekttopp ved å fordele ladingen utover kvelden/natten, tilstrekkelig til at de blir klar til neste dag. Istedenfor plugges maskinene i ved dagens slutt og to ukontrollerte ladesesjoner igangsettes. Ladekurvene igangsettes rundt kl. 16 og er raskt oppe i 100 kW før ladingen nedtrappes etter rundt 2 timer med 115 kW for hver maskin. Istedenfor kunne man fordelt ladingen utover neste 15 timene som kunne gitt en ladeeffekt per maskin på 20-50 kW, og dermed **reduert effekttoppen forårsaket av dette laderegimet med minimum 60 %**.

Men om man løser årsak til effekttopp på kvelden vil man få en ny effekttopp midt på dagen som er vanskeligere å gjøre noe med – lunsjlading. Enda må maskinene lades i løpet av arbeidsdagen, særlig for byggeprosjekter med flere skift.

Ladingen rundt lunsjtider er en tydelig årsak til effekt i de fleste byggeprosjekter med en høy andel elektriske maskiner. Å løse denne effekttoppen virker, i teorien, som enkelt å løse ved å f.eks. endre på rutiner knyttet til lunsjtider slik at man unngår samtidig lading. Nedenfor sees det hvordan samtidig lading i lunsjtider øker topeffekten. I øverste diagrammer hurtiglader en maskin, mens to lader samtidig nederst.

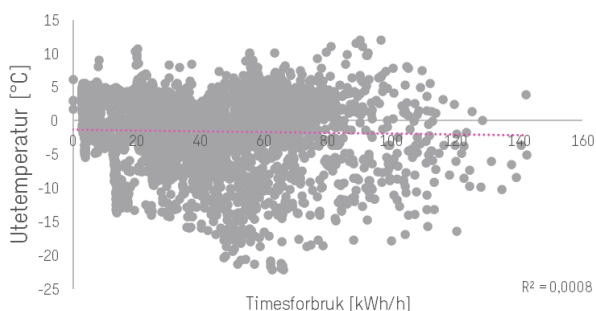
Å fordele ladingen jevnt utover kvelden/natten er enkelt å få til, men det forutsetter at dem som igangsetter ladingen har muligheten til å gi info til ladesystemet om når ladingen må være ferdigstilt. Få aktører i dette markedet har implementert denne funksjonaliteten.



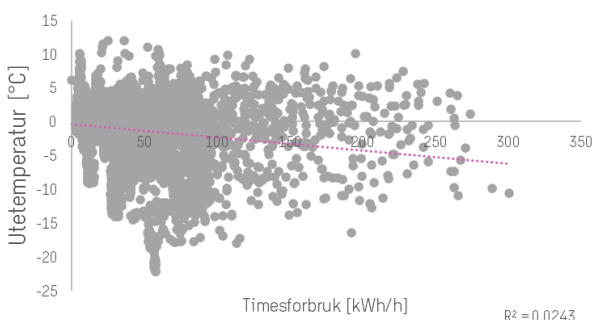
Sophies Minde | Temperatur og forbruk

Korrelasjon

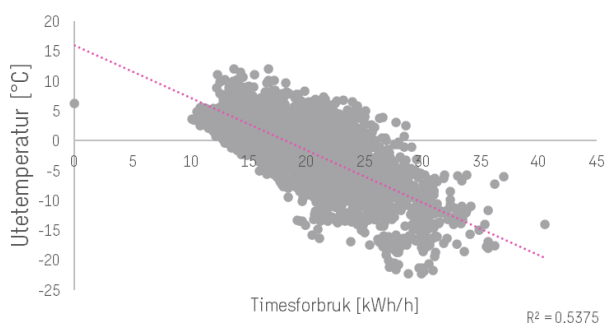
Sammenheng mellom utetemperatur og AMS-1
provisorisk strøm og belysning



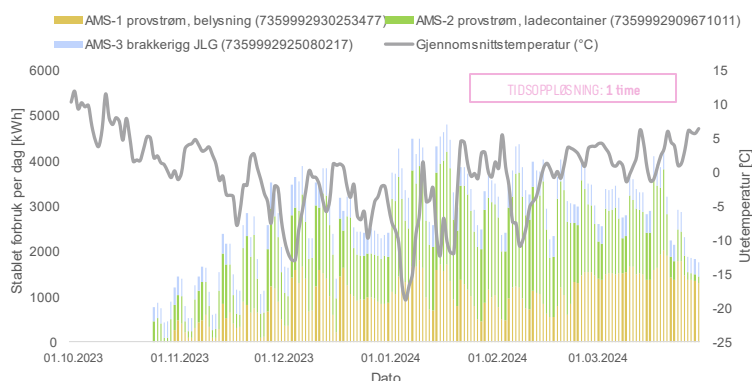
Sammenheng mellom utetemperatur og AMS-2
provisorisk strøm og ladecontainer



Sammenheng mellom utetemperatur og AMS-3
brakkerigg



Sammenheng mellom energiforbruk og utetemperatur



Som vist tydeligst i figurer til venstre, som viser sammenheng mellom utetemperatur og AMS-målere, sees det at det er svært liten sammenheng mellom utetemperatur og AMS-måler 1 og AMS-måler 2. Den tredje AMS-måleren, som måler brakkerigg dedikert, har en svært høy negativ korrelasjon.

For å se på sammenhengen er det beregnet en lineær korrelasjonsfaktor mellom forbruk per AMS-måler og utetemperatur. Dataene er med timesoppløsning.

Det er en negativ korrelasjonsfaktor, også kjent som korrelasjonskoeffisient, mellom utetemperatur og hver av AMS-målerens forbruk. Korrelasjonsfaktoren er et statistisk mål som beskriver styrken og retningen av et lineært forhold mellom to variable. Verdien av korrelasjonskoeffisienten varierer mellom -1 og 1.

1 er en perfekt positiv lineær sammenheng mellom variablene. 0 er ingen lineær sammenheng og -1 er en perfekt negativ lineær sammenheng. Negative verdier, som sees her, indikerer at når en variabel minker (her temperatur), øker den andre, dvs. forbruket.

Korrelasjonsverdiene mellom utetemperatur og hver av de ulike AMS-målerne er som følger:

- **AMS-1 - provisorisk strøm og belysning:** -0,061848784. Dette tilsier nesten ingen sammenheng, svært svak negativ korrelasjon.
- **AMS-2 - provisorisk strøm og ladecontainer:** -0,156035915. Dette tilsier svak negativ sammenheng.
- **AMS-3 - brakkerigg:** -0,733119257. Dette tilsier sterk negativ sammenheng.

SUM AMS-målere: -0,193808749. Totalt sett tilsier utetemperaturens påvirkning på det samlede forbruket svak til moderat negativ sammenheng. Det vil si at ved lavere utetemperatur vil forbruket stige svakt til moderat. Fra dataene tilgjengelig tyder det på at det som utgjør denne korrelasjonen i all hovedsak har sammenheng med oppvarming av (1) brakkerigg og (2) oppvarming av bygg. Det antas at oppvarming bygg og evt. byggtørk er fordelt på de øvrige målerne og utgjør den svake negative korrelasjonen for AMS-1 og AMS-2.

Sophies Minde | Effektforbruk

100 % elektrisk byggeplass

Sophies Minde har hittil vært en 100% elektrisk og dermed utslippsfri byggeplass. Maksimalt registrert effekt så langt har vært på 397 kW. Dette fremstår som relativt lav maksimal effekt sammenlignet med hvilket utstyr som har vært på plassen og dette fortjener å adresseres, men i analyseperioden har ikke den elektriske boreriggen vært i drift.

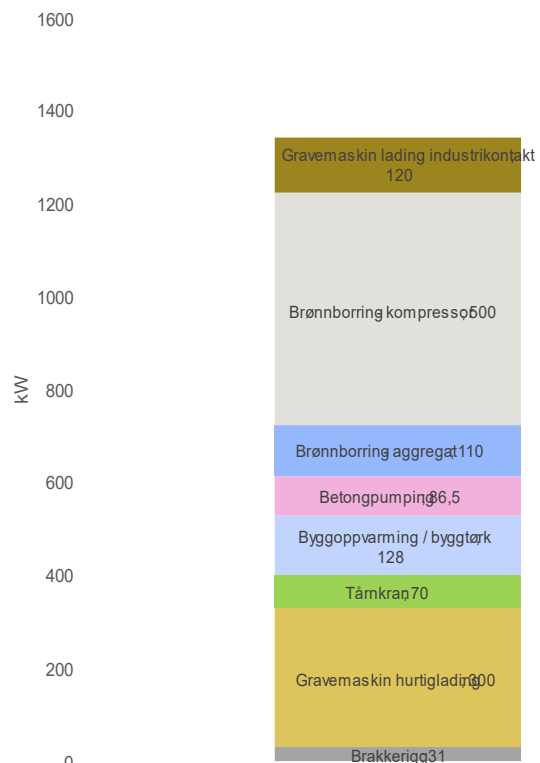
I januar var med 5 elektriske gravemaskiner i arbeid i løpet av den tyngste måneden på byggeplassen. Maskinene kunne lade samtidig på 2 ladepunkt for hurtiglader eller industrikontakter. Med full samtidig lading utgjør dette maksimalt rundt 420 kW. I tillegg kommer 20 brakker på rundt 30 kW, 1 tårnkran på anslagsvis 70 kW, 8 stk. 16 kW vifteovner til byggoppvarming på totalt 128 kW, betongpumping på 86 kW, elektrisk aggregat som leverer hydraulikk til borerigg på 110 kW, samt kompressordelen av borerigg på 500 kW som borer energibrønner.

Om alle disse skal trekke maksimalt forbruk samtidig, vil samlet maks effekt på byggeplass kunne bli opp mot 1 350 kW. Alt dette skjer for øvrig ikke samtidig, selv om det kunne gjort det på Sophies Minde, da det her er tilgjengelig en nettkapasitet på 2 450 kVA.

- (1) Om aktivitetene skjer på sommerstid med utetemperatur på eksempelvis 22 °C vil effekten kunne reduseres med nesten 35% til rundt 890 kW ettersom det kun vil trekkes rundt 5 kW fra brakkerigg og det ikke er behov for byggoppvarming.
- (2) Maskinene har ikke nødvendigvis drift samtidig og de trekker ikke nødvendigvis full ytelse for operasjonene.

Nedenfor sees to scenarioer som kunne inntruffet på dagen med maksimalt logget timesforbruk, og som kan forklare hvordan den registrerte makseffekten hittil kan være så lav. Sentralt i dette er at nominell ytelse ikke nødvendigvis utløses. Betongpumpingen kan f.eks. ha brukt 50% av nominell ytelse (se scenario 1 under). Alternativt kan den ikke ha vært i bruk og det kan ha vært noe større behov for byggoppvarming og lading av maskiner (se scenario 2 under).

Dimensjonerende maks effekt, 100% samtidighet



Faktor	if. nom. inell. ytelse	Scenario 2	kW	Faktor	if. nom. inell. ytelse	Scenario 1	kW
	1	Brakkerigg	31		1	Brakkerigg	31
	0,8	Gravemaskin hurtiglading	240		0,8	Gravemaskin hurtiglading	240
	0,3	Tårnkran	21		0,3	Tårnkran	21
	0,6	Byggoppvarming / byggtørk	76,8		0,5	Byggoppvarming / byggtørk	64
	0	Betongpumping	0		0,5	Betongpumping	43,25
	0	Brønnboring - aggregat	0		0	Brønnboring - aggregat	0
	0	Brønnboring - kompressor	0		0	Brønnboring - kompressor	0
	0,3	Gravemaskin lading industrikontakt	36		0	Gravemaskin lading industrikontakt	0
		SUM	405			SUM	400

6 Anleggsprosjekter

Anleggsprosjekter | Introduksjon

I dette prosjektet har det vært et mål om å også analysere anleggsprosjekter i regi av Oslo kommune. Det har for øvrig vært mangelfullt med detaljerte data og denne delen av oppdraget har derfor blitt nedprioritert. Her vil vi for øvrig skrive litt om et utvalg anleggsprosjekter. Takk til Synne Sidenius, før i VA-etaten, nå i UKE i Oslo kommune og Espen Hauge i VA-etaten i Oslo kommune for velvillig deling av data.

Anleggsprosjekter

De anleggsprosjektene vi har analysert er utført i regi av Vann- og Avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune. Disse prosjektene går spesifikt typiske på ledningsfornyelse / rehabilitering. De er ikke representative for andre anleggsprosjekter. VAV har til en hver tid rundt 40-50 prosjekter til gjennomføring. I 2023 hadde de mer enn 30 utslippsfrie maskiner og kjøretøy fordelt på disse prosjektene.

Erfaringen hittil viser at det er et maksimalt effektbehov per utslippsfrie anlegg på mellom 50-300 kW, avhengig av type prosjekt og hvordan rigg og logistikk på det enkelte prosjektet er lagt opp.

Typisk prosjektgjennomføring er ofte som følger i denne typen prosjekter:

Graving/sprenging/pigging → fjerning av gamle rør → legging av nye rør → fylle på med nye masser → komprimering og veioppbygging → asfaltering. Typisk tas det ikke mer enn 20 meter om gangen for at det ikke skal stå en lengre åpen grøft. Asfalteringen kommer helt til slutt eller i større omganger for å ferdigstille eller lage midlertidig vei så normaltrafikk kan gjenopptas.

Typiske forbruksposter i bruk for denne typen anleggsprosjekter er:

- Gravemaskin
- Utblokkingsmaskin
- Brakkerigg
- Hjullaster
- Asfaltutlegger
- Fres (ofte montert på gravemaskin)

- Boretårn (ofte montert på gravemaskin) og kompressor
- Spunt (ofte montert på gravemaskin)
- Betongpumpe
- Vibroplate
- Vals

Gravemaskinene står for det meste av arbeidet. I noen tilfeller utblokkingsmaskiner, men gravere brukes også i den typen prosjekter.

I denne rapporten har vi fått tilgang på AMS-data for følgende anleggsprosjekter i regi av VAV:

- Lybekkveien
- Danmarks gate
- Hovseterdalen Nodig
- Klosterenga
- Lindeberg utblokkning (Alnaparkv. Og Prof. Birkelandsv)
- Noreveien
- Ansgar Sørli's vei 75
- Silurveien 44

Det er kun for følgende prosjekter vi også har fått tilgang på maskinlisten.

- Danmarks gate
- Klosterenga
- Hovseterdalen

Det er disse prosjektene som vil fremheves i denne rapporten. For de øvrige prosjektene vil kun nøkkeltall fremheves som maks timeseffekt, gjennomsnittlig timeseffekt, månedlig forbruk og totalt energiforbruk.

Anleggsprosjekt | Hovseterdalen

VA

Vann- og avløpsetaten i Oslo har i dette prosjektet rehabilitert vann- og avløpsledninger gjennom Hovseterdalen. To avløpsledninger følger traseen nedover i Hovseterdalen park og er rehabilitert med en gravefri metode. Dette gjøres ved å gå ned i en kum og fører et nytt rør igjennom det eksisterende røret frem til neste kum. Denne metoden ble brukt på avløpsledningene fra V1 frem til V18. Vannledningen gjennom parken er oppdimensjonert fra 150 mm til 300 mm. Fra V1 til K2 er det gravd for å koble på en eksisterende ledning. Fra K2 til V18 er ledningen «utblokket». Det betyr i praksis at det graves 6 meter langt og 3 meter bredt ved to kummer for å trekke nye ledningen gjennom den gamle ledningen. På denne måten er det unngått å grave hele ledningstraseen og alle kummene. Det er likevel gravd opp ved alle tilkoblinger som er på vannledningen og ved annenhver kum.

ANALYSEPERIODE: 11.2022-03.2023

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

- Maks timeseffekt: 214 kW (23.02.2023 kl. 12)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 33 kW
- Utslippsfri maskinpark: 100%
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 765 kWh
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 18 216 kWh
- Totalt energiforbruk: 91 080 kWh

Grunnlasten i prosjektet øker fra start mot slutt, fra rundt 10 kW til rundt 50 kW mot slutten. Det er også da den høyeste effekttoppen på 214 kW inntreffer. I sluttperioden er det en differanse på grunnlast og topp effekt på rundt 160 kW. I Startfasen er denne differansen på mellom 60-100 kW.

Fremdriftsplan

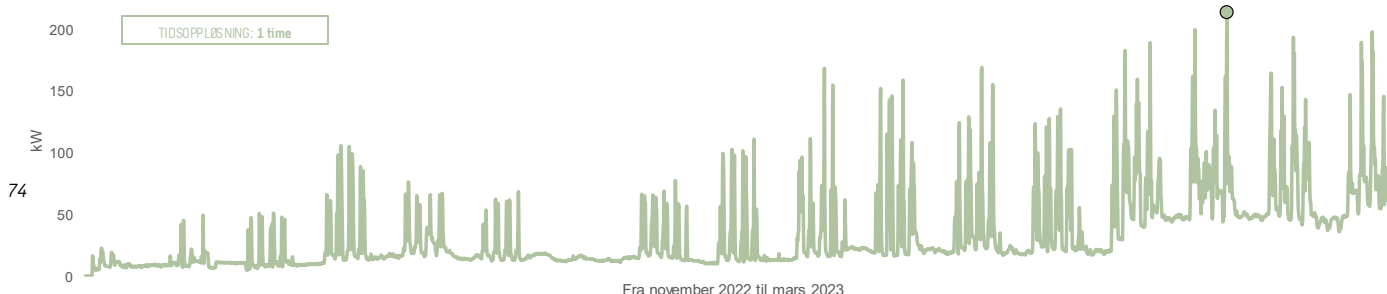
- 09.02.2023 – 08.03.2022: Grave og erstatte vannledning fra V1 til K2.
- 07.11.2023 – 08.03.2023: Strømperehabiliterer begge avløpsledningene fra V1 – V18.
- 09.02.2023 – 02.08.2023: Etappe 1 utblokke vannledning og tilhørende arbeid. Fra K2 – V10
- 05.07.2023 – 08.12.2023: Etappe 2 utblokke vannledning og tilhørende arbeid. Fra V10 – V18
- 15.12.2023 Overlevering av ferdig stilt anlegg.

Maskin- og utstyrskategorier for Hovseterdalen - 100% utslippsfritt

■ Gravemaskin ■ Hjullaster ■ Asfaltutlegger ■ Fres ■ Borerigg ■ Spuntmaskin ■ Ublokkingsmaskin ■ Annet

Annet				Gravemaskin		Borerigg	Hjullaster	Fres	Spuntmaskin
Kabelelektrisk betongpumpe	Kabelelektrisk vibroplate (cirka 400kg)	Batterielektrisk veivals	Vinsj til intrekking av strømper og til trekking av plugg ifm rengjøring av avløpsledninger	Spylebil med 80 meter slange. Benyttes hovedsakelig til rengjøring av kummer.	Kabelelektrisk beltegående gravemaskin	Hydraulisk borelårn montert på utslippsfri gravemaskin	Batterielektrisk hjullaster	Hydraulisk fresemaskin montert på utslippsfri gravemaskin	Hydraulisk spuntvibrator montert på utslippsfri gravemaskin
Batterielektrisk drift av trommel på beofngbilene	Batterielektrisk vibroplate (cirka 100kg)	Installasjonsbil for strømper	Rørinspeksjonsbil	Freserobot	Batterielektrisk beltegående minigraver	Kabelelektrisk kompressor for strøperenovering	Asfaltutlegger	Ublokkingsmaskin	Kabelelektrisk utblokkingsmaskin
				Slamsuger med tankvolum på ca. 15 m ³ .			Batterielektrisk asfaltutlegger		

Timeseffekt over hele prosjektperioden



Anleggsprosjekt | Klosterenga

VA

Klosterenga er et anleggsprosjekt som hadde oppstart i august 2021 og ble ferdigstilt våren 2023. Prosjektet innbefattet å oppgradere 66 000 m² park, grave 1500 m med grøft, fjerne 10 000 tonn forurensede masser og åpne 450 meter med bekk gjennom parken. Det skulle bygges 12 større betongkonstruksjoner og 5000 m³ med masser skulle omdisponeres internt på anleggsplassen.

I dette prosjektet har vi hatt begrenset tilgang på data. Analysene baserer seg på AMS-data for hele byggeperioden og en enkel maskinliste.

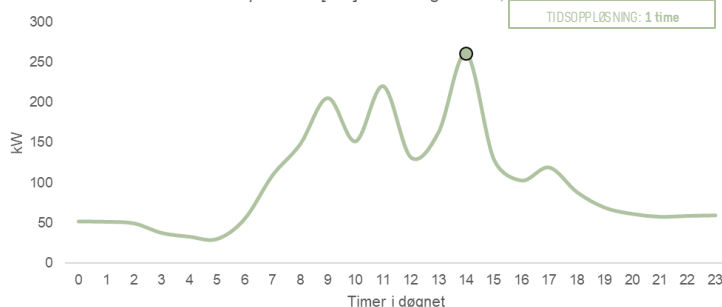
Maks effekttopp var på 260 kW og inntraff kl. 14 den 1 desember 2022.

ANALYSEPERIODE: 08.2021-03.2023

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

- Maks timeseffekt: 260 kW (01.12.2022 kl. 14)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 39 kW
- Utslippsfri maskinpark: 96%
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 926 kWh
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 26 382 kWh
- Totalt energiforbruk: 527 655 kWh

Døgn med høyeste timesforbruk, Klosterenga anleggsprosjekt
Forbruk per time [kW] - Onsdag uke 49, 2022

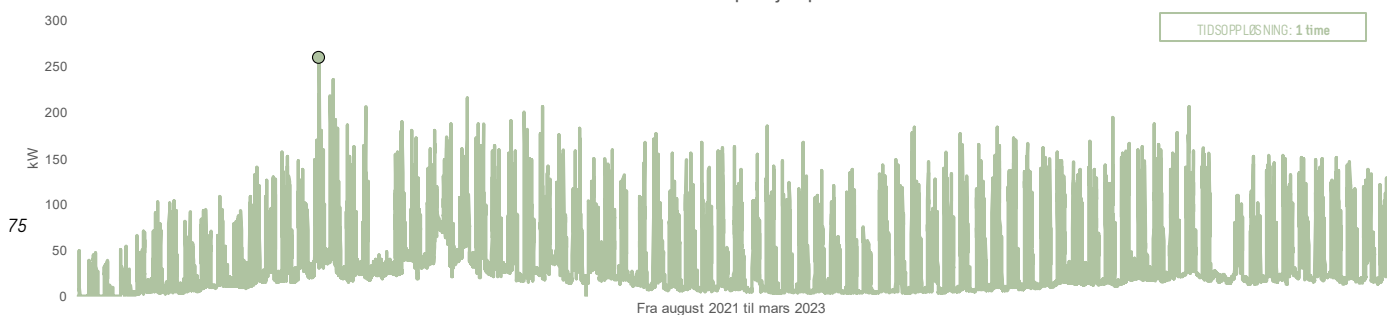


Maskin- og utstyrskategorier for Klosterenga- kun utblokkingsmaskin ikke utslippsfri

■ Gravemaskin ■ Hjullasser ■ Asfaltutlegger ■ Vals ■ Fres ■ Ublokkingsmaskin ■ Annet

Annet						Gravemaskin			Hjullasser	Vals	Fres
Kabelelektrisk betongpumpe	Kabelelektrisk vibroplate (cirka 400kg)	Strømperehab med elektriske maskiner	Rørinspeksj.. på batteri	Spylebil med 80 meter slange. Benyttes hovedsakelig til rengjøring av kummer.	Slamsuger med tankvolum på ca. 15 m ³ .	Batterielektrisk minigraver	8,5 tonns batterielektrisk bellegraver	19 tonns batterielektrisk bellegraver	Mindre enn 8 tonns hjullaster til frakt av masser, varer, feiing, broyting etc	Mindre enn 8 tonns elektrisk vals for komprim...	Hydraulisk fresemas.. montert på elektrisk gravema...
Batterielektrisk drift av trommel på beotngbilene	Batterielektrisk vibroplate (sirkka 100kg)	Vinsj til intrekking av strømpør og til trekking av plugg ifm rengjøring av avløpsledninger	Freserobot	Skjøtsel og vanning i anleggsperio... utføres med el-lastebil og elektriske klippere	Intern massetransport med elektrisk lastebil	Batterielektrisk minigraver	Større elektrisk gravemaskin for de dypeste groftene	15 tonns elektrisk hjulgraver	Asfaltutlegger	Ublokkingsmaskin	Utblokkingsmaskin driftes på biodiesel

Timeseffekt over hele prosjektperioden



Anleggsprosjekt – Danmarks gate

VA

Klosterenga er et anleggsprosjekt i regi av VA-etaten i Oslo. Prosjektet hadde oppstart januar 2021 og ble ferdigstilt i mai 2022. Det er lite annen info om detaljene knyttet til prosjektet, fremdriftsplan, omfang som har vært tilgjengelig.

I dette prosjektet har vi hatt begrenset tilgang på data. Analysene baserer seg på AMS-data for hele byggeperioden og en enkel maskinliste.

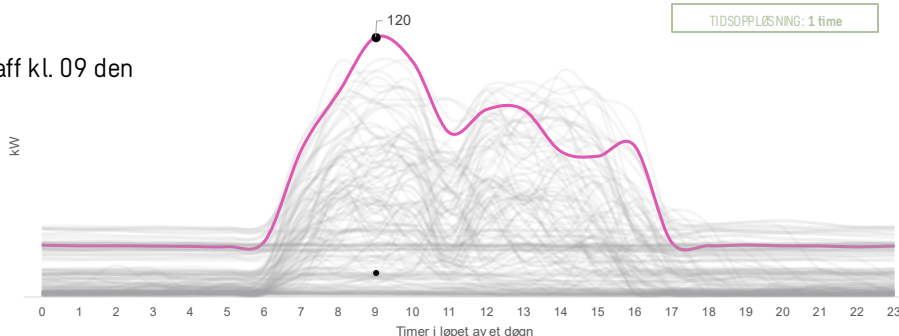
Maks effekttopp var på 120 kW og inntraff kl. 09 den 12. desember 2021.

ANALYSEPERIODE: 01.2021-05.2022

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

- Maks timeseffekt: 120 kW (12.12.2021 kl. 9)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 15 kW
- Utslippsfri maskinpark: 70%
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 369 kWh
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 10 449 kWh
- Totalt energiforbruk: 177 634 kWh

Forbrukskurver per døgn med fremhevet dag med høyeste effekttopp for anleggsprosjekt med kabelelektrisk maskin

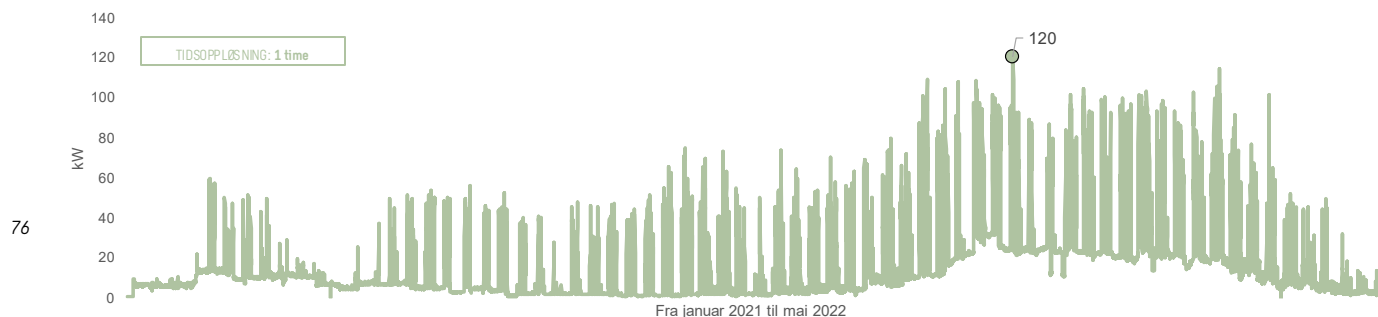


Maskin- og utstyrskategorier for Danmarks gate - 1 gravemaskin, 1 asfaltutlegger, 1 borerigg på biodiesel, resten strøm

■ Gravemaskin ■ Hjullaster ■ Asfaltutlegger ■ Vals ■ Borerigg ■ Sikteverk ■ Annet

Annet	Gravemaskin	Hjullaster	Asfaltutlegger	Vals	Borerigg	Sikteverk
Kabelelektrisk betongpumpe for støp til kummer	Gravemaskin på kabel/batteri 18 tonn	Batterielektrisk hjullaster 5 tonn	Mindre enn 8 tonn asfaltutlegger på biodrivstoff	Mindre enn 8 tonn vals på biodrivstoff	Mindre enn 8 tonn borerigg på biodrivstoff	Elektrisk sikteverk. Siktes utenfor byggeplass
Komprimerings.. 100 kg vibroplate batterielektrisk	Gravemaskin på biodiesel					
Utstyrcontainer drives av solceller på tak for belysning i container og lading elektroverktøy og vibroplate						

Timeseffekt over hele prosjektperioden



Anleggsprosjekt - Lybekkveien

VA

Lybekkveien er et anleggsprosjekt med VA-arbeid for boligfeltet i Lybekkveien. I området Lybekkveien har det vært flere brudd og tærehull på vannledninger. Prosjektet skal grave ca. 460 meter grøft og omfatter 10 kumgrupper og behov for retilknytning av 10 stikkledninger for VA. I prosjektet er det hentet strøm fra en eksisterende trafo i kjelleren på bygg ved siden av. I prosjektet er det brukt en gravemaskin fra Naste, en Zeron ZE160 ombygd fra Hitachi ZX160, som er hybrid med kabel og batteri. Maskinen er på 18 tonn og har en motoreffekt på 86 kW. Det er anbefalt med 125 A tilkobling, mens batteriet er på 44 kWh. Medfølgende til gravemaskinen har Nasta Spesialproduksjon også levert en spesialutviklet container med kabeltrommel med kabel på 50 meter som er nyttig for Zeronmaskiner med strømuttak på undervogn slik at kablet ikke blir liggende i veien. Maskinfører gis og varsel om når kablet er helt utstrakt og maskinen slås av automatisk om varselet ignoreres.



Kabel fra kabelcontainer med trommel tilkoblet gravemaskinen i Lybekkveien. Bilde er skjermdump fra [youtubevideo](#) av Nasta.

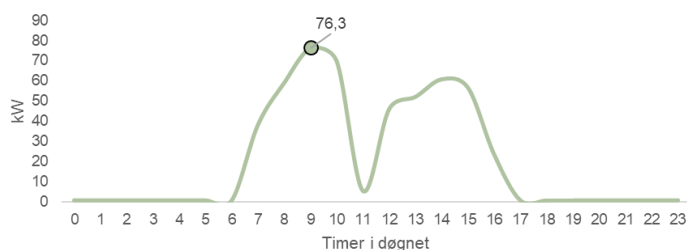
ANALYSEPERIODE: 01.2021-10.2021

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

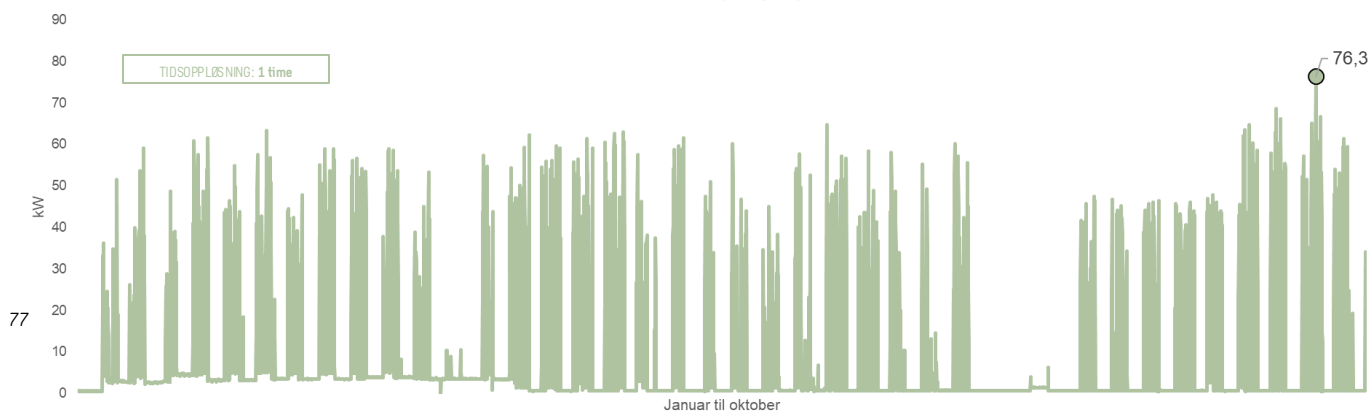
- Maks timeseffekt: 76 kW (kl. 09, 10 oktober)
- Gjennomsnittlig timeseffekt: 7,9 kW
- Utslippsfri maskinpark: 100%
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 185 kWh
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 5 432 kWh
- Totalt energiforbruk: 54 320 kWh

Det har vært lite tilgjengelig info om prosjektet og når de ulike maskinene har vært i bruk, men det kan sees på diagrammet nedenfor en gjenkjennbar bruk av kabelelektrisk gravemaskin. Diagrammet viser døgnnet med høyeste timesforbruk og det sees at de høyeste toppene inntreffer før og etter lunsj, naturlig for en kabelelektrisk gravemaskin.

Døgn med høyeste timesforbruk, Lybekkveien anleggsprosjekt
Forbruk per time [kW] - Torsdag uke 41, 2021



Timeseffekt over hele prosjektperioden



Oppsummering nøkkeltall alle anleggsprosjekter

VA

Anleggsprosjekter i regi av VA-etaten	Lindeberg utblokking (Alnaparkv. 9 & Prof. Birkelandsv. 25)							
	Lybekkveien	Danmarks gate	Hovseterdalen	Klosterenga	Noreveien	Ansgar Sørliens vei 75 - kumrehabilitering	Silurveien 44 - kumrehabilitering	
Maks timeseffekt [kW]	76	120	214	260	81	72	30	37
Dato og klokkeslett for makseffekt	10.10.2021 kl. 09	12.12.2021 kl. 09	23.02.2021 kl. 12	01.12.2022 kl. 14	2022-11-23 9:00	2023-2-3 11:00	2022-10-26 11:00	2022-11-29 11:00
Gjennomsnittlig timeseffekt [kW]	8	15	33	39	9	7	7	7
Totalt energiforbruk [kWh]	54 320	177 634	91 080	527 655	37 298	23 868	14 438	17 728
Gjennomsnittlig månedelig forbruk [kWh]	5 432	10 449	18 216	26 383	4 662	4 774	2 888	4 432
Gjennomsnittlig daglig energiforbruk [kWh]	185	369	765	926	101	178	172	179
Andel utslippsfrie maskiner fra maskinliste	100 %	70 %	100 %	96 %	Ikke tilgjengelig dataunderlag	Ikke tilgjengelig dataunderlag	Ikke tilgjengelig dataunderlag	Ikke tilgjengelig dataunderlag
Korrelasjonsfaktor utetemperatur og forbruk	-0,021599124	-0,301747671	0,02361141	-0,191901553	0,015745191	-0,061238532	0,332516369	-0,035850786

I tabellen over vises nøkkeltall for alle anleggsprosjekter det har vært en viss datatilgang på. Det har kun vært tilgjengelige data om maskinparken for Lybekkveien, Danmarks gate, Hovseterdalen og Klosterenga. For de andre prosjektene har prosjektet kun hatt tilgang på AMS-data. Men det er gitt indikasjoner på at også disse prosjektene har en høy andel utslippsfrie maskiner.

Som man ser varierer maks timeseffekt mellom 30-260 kW for dette utvalget av anleggsprosjekter for VA-spesifikke anleggsprosjekter. De høyeste effekttoppene for de ulike prosjektene inntreffer kl. 09, kl. 11, kl. 12 og kl. 14.

Av de 8 prosjektene inntreffer effekttopp kl. 09 for tre av prosjektene, kl. 11 for tre av prosjektene, mens det for et av prosjektene skjer kl. 12 og et av prosjektene kl. 14.

Alle toppene inntreffer på høst eller på vinter. For de fleste prosjektene er det tilnærmet ingen korrelasjon mellom utetemperatur og forbruk. For Danmarksgate er det størst negativ korrelasjon (-0,30) etterfulgt av Klosterenga (-0,19) som betyr at forbruket har en middels til svak økning når utetemperatur synker. Dette har muligens å gjøre med antall brakker for de ulike prosjektene, men denne informasjonen er ikke kjent for prosjektet. Ansgar Sørliens vei 75 skiller seg noe ut ved at det er en middels økning i forbruk ved økning i temperatur. Prosjektet kan ikke si noe om årsaken til dette, da det foreligger lite tilgjengelig informasjon om prosjektets maskiner og utstyr.

7 Andre byggeprosjekt

Andre prosjekter | Garnes Ungdomsskule i Bergen kommune

Sweco har også fått tilgang på data fra byggeprosjektet med å bygge ny Garnes ungdomsskule i Arna utenfor Bergen. Dette prosjektet er interessant, da det har hatt høye målsetninger om grad av utslippsfri byggeplass på rundt 90%. Skanska har delt data med Sweco og godkjent at det kan publiseres i denne rapporten. Stor takk gis til Jann Even Longva, prosjektsjef i Skanska, og Atle Skoge, anleggsleder i Skanska, for velvilligheten med å dele data.

Introduksjon

Garnes ungdomsskule skal rives og erstattes av et nybygg for 500 elever med en forsterket avdeling for 20 elever. Idrettsbygget blir stående, men rundt 1 600 m² oppgraderes med nytt stålbaseng, tekniske anlegg, fasader, garderobeanlegg og svømmehall. Nybygget, på omtrent 9 300 m² BTA, skal i hovedsak utføres i massivtre med unntak av underetasje og heissjakter som skal utføres i betong. Nybygget vil ha samme fotavtrykk som den eksisterende skolen, men være en etasje høyere. Bygget skal sertifiseres etter BREEAM-NOR Very Good og følge passivhusstandard. Energibrønner skal forsyne bygget med varme. 3 stk 2xCCS, 6 tilgjengelige

Fremdriftsplan

- November 2022: Oppstart riving.
- Januar 2023: Oppstart grunnarbeid
- Mai 2023: Betongarbeid
- Oktober 2023: Massivtre
- Feb-Mai 2024: Tett hus
- Nov-mars 24/25: Mekanisk ferdigstillelse
- Juni 2025: Overlevering

Prosjektet har fått levert sentrale komponenter i sin strømrigg fra Eviny. Dette gjelder ett batteri med utnyttbar kapasitet 281 kWh brutto. Det kan levere 225 kW og lade med maks 140 kW. Battericontainer var på byggeplassen fra desember 2022 til mai 2023 I tillegg var det, på det meste, tre ladecontainere med 2 stk. CCS2-uttak hver. Hver container kunne levere 200 kW og fordele på to ladepunkt. I grunnarbeidsfasen, hvor vi har tilgang på begrenset forbruksdata, har det nok skjedd andre effekttopper på worst-case opp mot 600-700 kW med full samtidig lading, samt noe forbruk til brakkerigg og annet utstyr. Prosjektet har, samlet sett en tilgjengelig nettkapasitet på 800 kVA, som utgjør 640 kW med hensyntatt effektfaktor.

Av maskinene på byggeplass som har vært i bruk har 70% av dem vært utslippsfri, dvs. elektrisk. Av samlet energibruk for maskiner har for øvrig 40% av energibruken vært utslippsfri. Borerigg til boring av energibrønner er hovedårsak til at andel utslippsfri energibruk er relativt lav, da borerigg bruker svært mye energi. Om den hadde vært elektrisk ville utslippsfri andel energibruk for maskiner vært på 79%.

Sweco har mottatt følgende relevante data og info fra prosjektet:

- AMS-data med timesoppløsning [kWh/h] for 3 stk. AMS-målere
- Nettkapasitet: 800 kVA / 640 kW samlet trafokapasitet.
- Samlet maskinoversikt og akkumulert forbruk frem til og med januar 2024
- 30 brakker

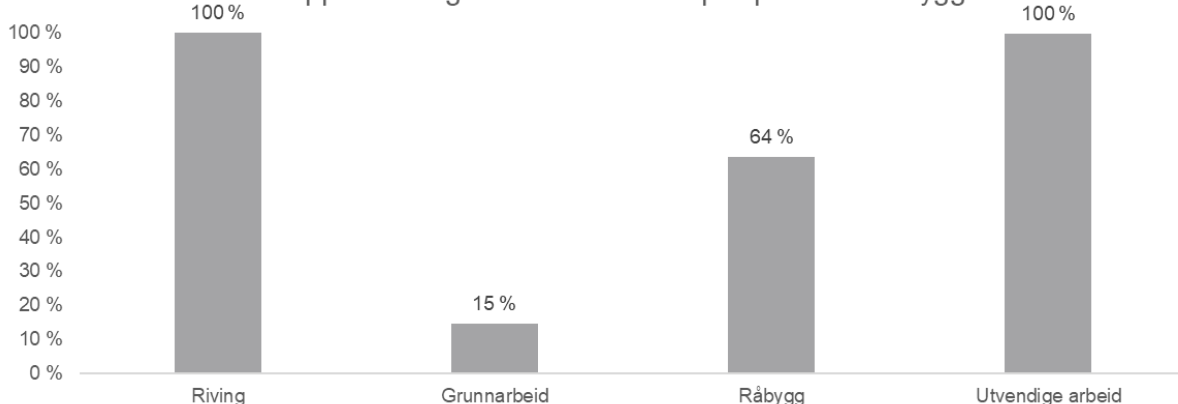
ANALYSEPERIODE: 06.2023-06.2024

Nøkkeltall for logget del av byggeperioden:

- Maks timeseffekt strøm AMS: 467 kW (09.10.2023, kl. 12)
- Gjennomsnittlig timeseffekt AMS: 74 kW
- Gjennomsnittlig månedsforbruk: 50 298 kWh
- Gjennomsnittlig døgnforbruk: 1 782 kWh
- Totalt energiforbruk: 653 871 kWh
- Utslippsfri andel energibruk byggefase fra oppstart til og med april 2024: 61% (87% om borerigg hadde vært elektrisk).
- Utslippsfri andel energiforbruk maskiner fra oppstart til og med april 2024: 40% (79% om borerigg hadde vært elektrisk)

Andre prosjekter | Garnes Ungdomsskule i Bergen kommune

Andel utslippsfri energiforbruk maskiner per påstartede byggefase



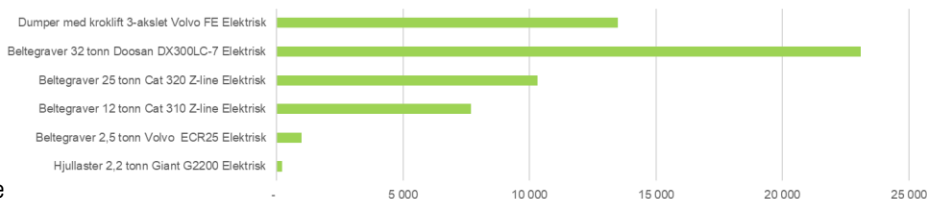
Det er mottatt data om maskinenes energiforbruk fordelt på energibærer fra oppstart byggeprosjektet til og med april 2024.

Dataene viser at rivningsfasen ble gjennomført 100% utslippsfritt. Det samme ble utvendige arbeider, mens det for råbygg har vært en utslippsfri andel på 64% grunnet bruk av en mobilkran. Denne maskinkategorien finnes det få tilgjengelige av som utslippsfrie varianter.

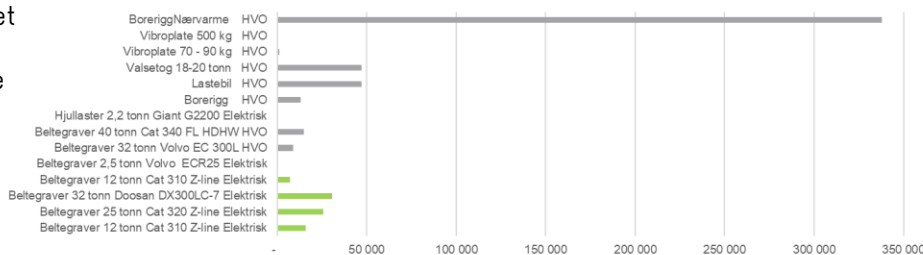
I grunnarbeidsfasen har kun 15% av energiforbruket vært utslippsfritt for maskinene på byggeplassen. Den relativt lave graden utslippsfri energibruk for maskiner i denne fasen har i all hovedsak å gjøre med at det ikke var tilgjengelig utslippsfri borerigg på markedet på det tidspunktet. Prosjektet bruker denne til å lage energibrønner. Som det også ble sett for Tøyenbadet er disse boreriggene svært energikrevende. Om borerigg hadde vært elektrisk ville denne byggefase hatt en utslippsfri andel på rundt 65-70%.

For prosjektet som helhet har utslippsfri andel hittil vært på 40%. Om borerigg var elektrisk ville utslippsfri andel vært på 79%.

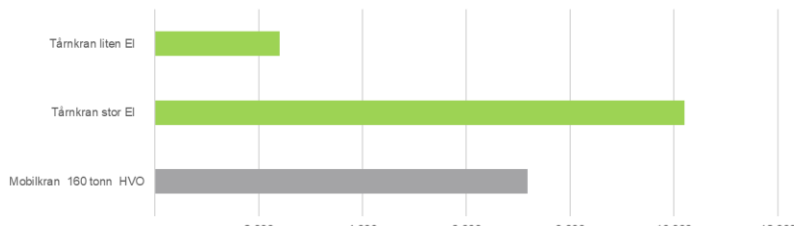
Rivingsfase kWh brutto (fra oppstart til og med april 2024)



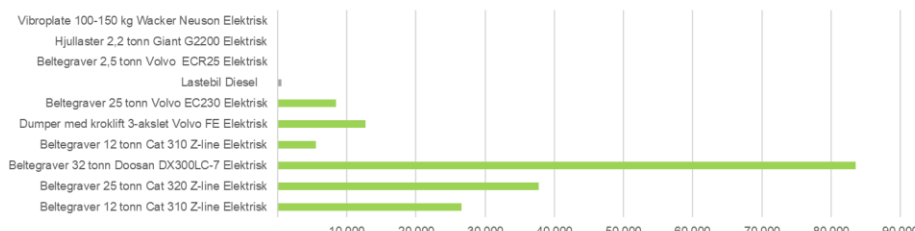
Grunnarbeidsfase kWh brutto (fra oppstart til og med april 2024)



Råbyggfase kWh brutto (fra oppstart til og med april 2024)



Utvendige arbeid kWh brutto (fra oppstart til og med april 2024)



Andre prosjekter | Garnes Ungdomsskule i Bergen kommune

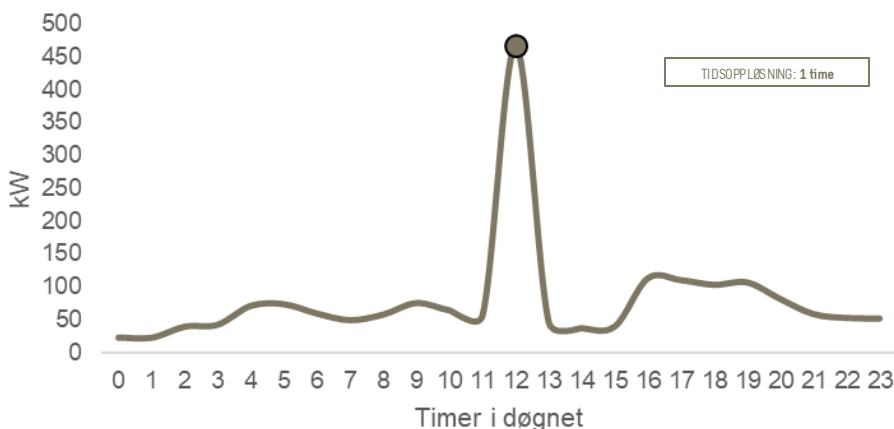
Høyeste målte effekttopp trukket fra strømmettet inntraff 9 oktober kl. 12 i 2023, som vist i diagrammet under. Det nederste diagrammet viser samlet timesforbruk for hele analyseperioden og hvor den høyeste effekttoppen inntreffer.

Døgn med høyeste timesforbruk

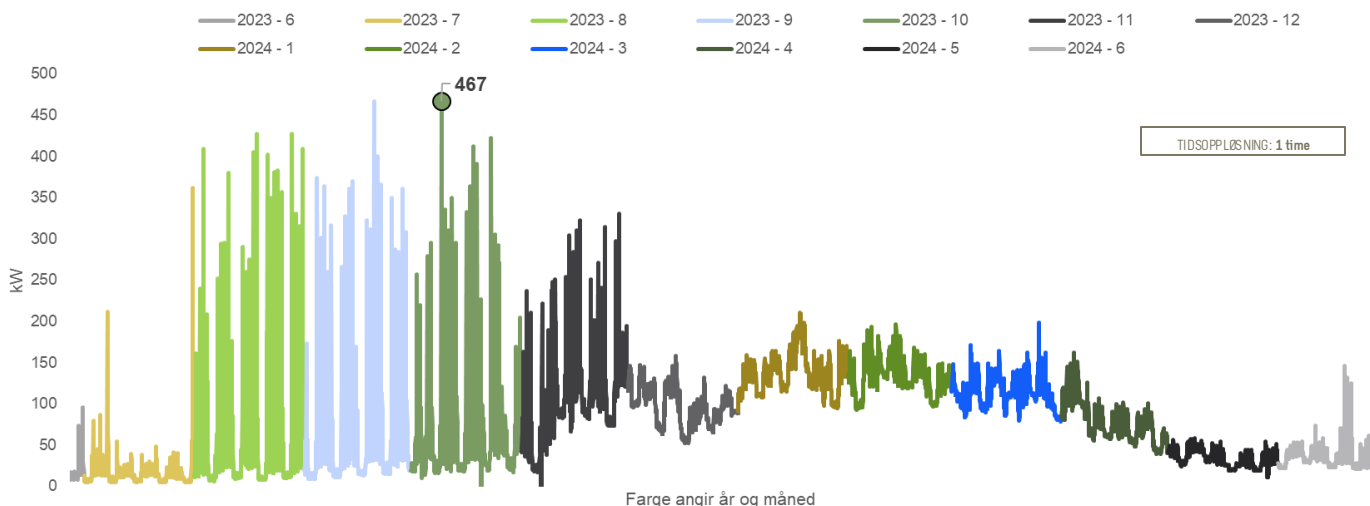
Forbruk per time [kW] - mandag uke 41, 2023

Årsaken til effekttoppen er lading av elektriske maskiner. Grunnlasten for aktuell dag er omtrent 50 kW, så differansen mellom topp effekt og grunnlast er på rundt 400 kW.

Man ser også en økning i forbruket fra kl. 16 aktuell dag som så reduseres etter kl. 20:00 tilbake til grunnlast, noe som også sannsynligvis har med maskinlading å gjøre.

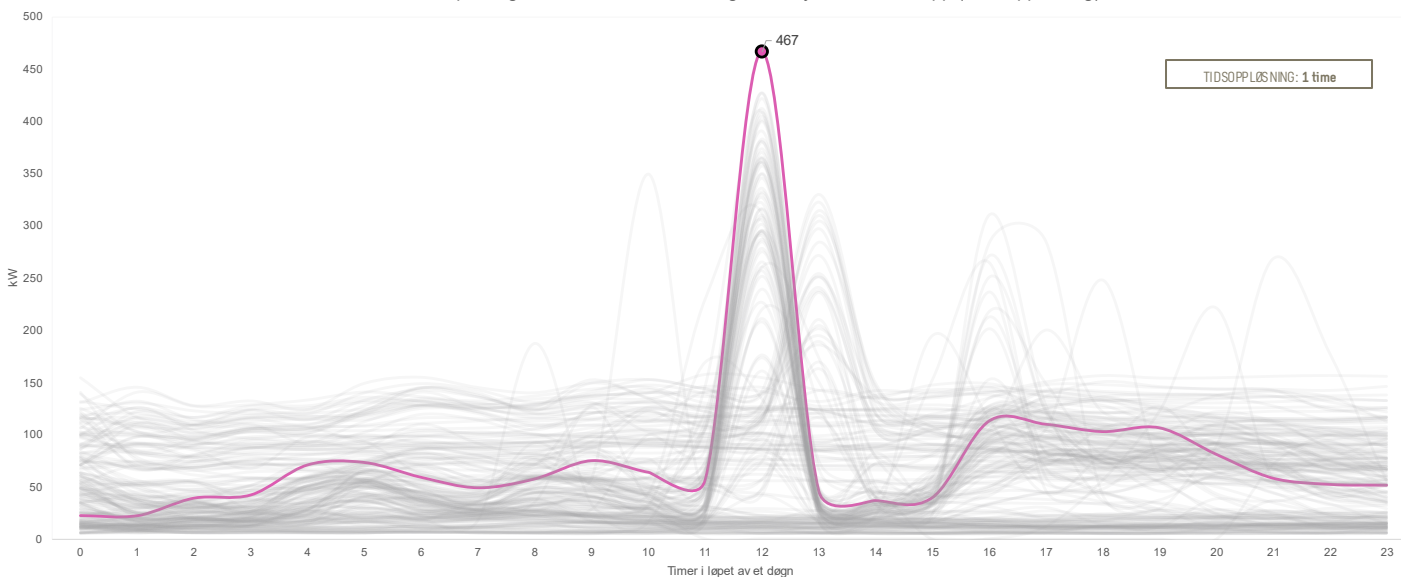


Timesforbruk fra juni 2023 til og med juni 2024



Andre prosjekter | Garnes Ungdomsskule i Bergen kommune

Forbrukskurver per døgni 2023 med fremhevet dag med høyeste forbrukstopp (timesoppløsning)



Diagrammet over viser timesforbruket per døgn for alle dagene i 2023. Rosa linje er fremhevet da den høyeste effekttoppen inntreffer den dagen.

I likhet med den høyeste effekttoppen som inntraff kl. 12 mandag uke 41 i 2023, skjer de fleste effekttoppene rundt det samme klokkeslettet. Fra diagrammet ser man også at det inntreffer noen effekttopper kl. 13 og kl. 16-17. Årsaken til disse effekttoppene er knyttet til samtidig hurtiglading av maskiner.

I tabellen til høyre er det beregnet hva gjennomsnittlig forbruk av hver time hvert år har vært i byggeprosjektet (fra juni 2023 til og med juni 2024). I tillegg vises gjennomsnittet av hver time for hvert år helt til høyre (som «snitt av snitt»). Vi observerer en økende snitteffekt per time som grunnlast, mens de høyeste effekttoppene inntraff i 2023, da det var gjort arbeid med riving og grunnarbeid. De høyeste effekttoppene inntreffer i snitt rundt lunsjtider grunnet hurtiglading av anleggsmaskiner..

Den høyeste effekten som inntraff mandag kl. 12 uke 41 i 2023 er en økning på 215 % i forhold til gjennomsnittlig effekt registrert kl. 12 i 2023, 386 % i forhold til 2024 og 282 % i forhold til gjennomsnittet av de to årene.

	Gjennomsnittlig timeseffekt per time per år		Snitt av snitt	
	2023	2024		
Timer i et døgn	0	50	84	67
	1	44	83	64
	2	43	82	63
	3	45	84	64
	4	50	85	68
	5	56	86	71
	6	54	88	71
	7	51	89	70
	8	55	93	74
	9	56	98	77
	10	54	99	77
	11	57	98	77
	12	148	96	122
	13	68	94	81
	14	49	95	72
	15	51	96	74
	16	76	95	86
	17	70	91	80
	18	66	87	77
	19	64	86	75
	20	64	85	75
	21	61	84	73
	22	57	84	70
	23	54	84	69

8 Resultater fra kartlegging

8.1 Effekttilgang som begrensende faktor

Resultater | Effekttilgang som begrensende faktor

Denne leveransen har sett på byggeprosjektet for nye Tøyenbadet, Stovner bad, Sophies Minde og et utvalg historiske anleggsprosjekter. På disse har ikke effekttilgang vært en begrensende faktor for å oppnå den graden av utslippsfri byggeplass som er oppnådd.

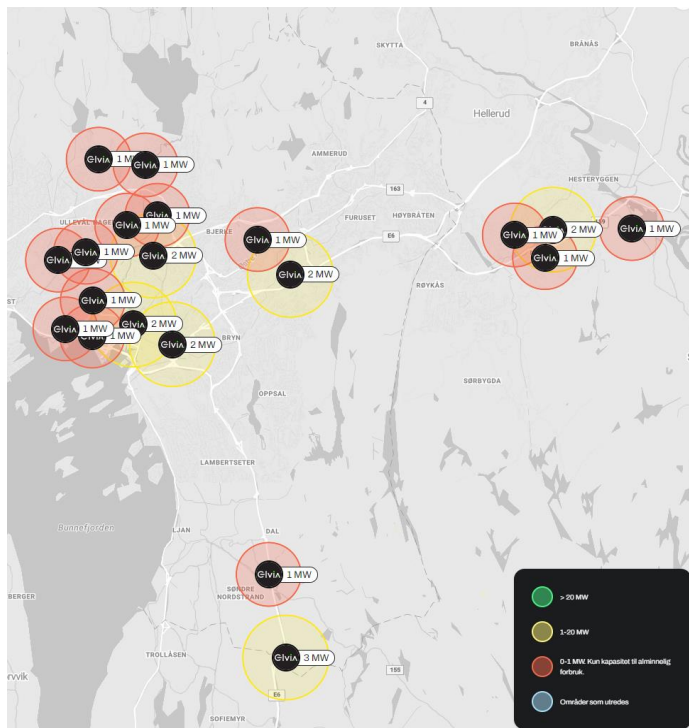
På Tøyenbadet er det tilgjengelig kapasitet fra nettet på rundt 640 kW og hittil har høyeste effekttopp vært på 510 kW.

Prosjektet er for øvrig ikke 100% utslippsfritt. Om det hadde vært det, og særlig om det hadde vært 100% elektrisk, ville effekttilgangen kunne vært en begrensende faktor, men ikke uten mulige løsninger slik skissert for Tøyenbadet i denne rapporten. Om utgangspunktet er 640 kW, slik kapasiteten for byggeprosjektet er i dag, ville man kunne oppnådd 100 % utslippsfri byggeplass med den kapasiteten ved hjelp av enkelte tiltak. I tillegg til bruk av varmepumpe for brakkerigg og byggoppvarming/byggtørk ville man måtte ha et mer bevisst forhold til smart ladelogistikk. Ved å gjøre dette ville prosjektet kunne holdt seg under effektbegrensningen. Eksempelvis ville effekttilgangen vært en begrensende faktor om man ikke hadde gjennomført smart ladelogistikk, da det kunne gitt en effekttopp på rundt 930 kW dersom alle maskinene skulle ladet kl. 11. Dette kunne for øvrig blitt løst ved hjelp av en stasjonær batteribank på minimum 290 kWh utnyttbar energi med utladning på 1C (290 kW).

Selv om ikke effekttilgang ville vært en begrensende faktor i dette spesifikke byggeprosjektet vil det variere betydelig fra

prosjekt til prosjekt ut fra hva som er tilgjengelig kapasitet i området. Derfor er det viktig at kommunen tar en aktiv rolle i den overordnede planleggingen av kommende byggeprosjekter og kartlegger effektbehovet god tid i forkant av påstartet byggeprosjekt.

Kartleggingen av eksisterende kunnskapsgrunnlag tyder på et fremtidige effekttopper kan bli på opptil 1 000 kW eller mer ved full elektrifisering av byggeprosjekter av en viss størrelse. Men god planlegging og tiltak vil kunne redusere dette effektbehovet.



Viser tilgjengelig kapasitet for deler av Oslo hentet fra wattapp.no

8.2 Forslag til tiltak for å unngå uønskede effekttopper

Resultater |

Forslag til tiltak for å unngå uønskede effekttopper

Det er en rekke tiltak som kan gjennomføres for å minimere uønskede effekttopper. Noen av tiltakene vil være mer rasjonell enn andre fra et økonomisk ståsted.

- **Flere maskiner.** Dette vil kunne fordele energiforbruk mellom flere batterielektriske maskiner slik at man kan bytte på maskiner og sette dem på lading. Dette tiltaket kan før øvrig være fordyrende, men kan være et reelt alternativ på lik linje med en stasjonær batteribank. Det samlede kostnadsbildet mellom alternativene må sees nærmere på.
- **Stasjonær batteribank.** Vil være et relativt enkelt tiltak for å kunne redusere effekttopper ved hjelp av peak-shaving.
- **God planlegging av ladelogistikk.** Dette kan være et effektivt og rasjonelt tiltak, men krever mer av de som planlegger og drifter byggeplassene, samtidig som det vil kunne kreve nye rutiner og brudd med de vanlige arbeidsmønstrene på en byggeplass.
- **Smart styring og lastbalansering av ladingen.** Dette kan være et kostnadseffektivt tiltak, men fordrer at entreprenøren velger de gode teknologiske løsningene på markedet. I utgangspunktet vil smart generell styring av hele BA-plassen kunne oppnås best om man identifiserer fleksible laster, rigger for dette med kontaktorer som har kontakt med smart styringssystem. Dette fordrer noe fysisk utstyr på byggeplass og at det opprettes et toppsystem med smarte algoritmer som kan søke etter å kontinuerlig minimere samtidig effekt.
- **Flere energibærere.** Å fordele energiforbruket på flere energibærere enn elektrisitet vil minimere effekttoppene.
- **Batteribyttesløsninger.** Dette vil, i effekt, kunne være et relativt likt tiltak som å ha flere anleggsmaskiner. Batteribyttesløsninger for anleggsmaskiner er lite teknologisk modent.
- **Varmepumpe/fjernvarme til brakkerigg og/eller byggtørk/oppvarming.** Dette vil redusere det elektriske strømbehovet. Fjernvarme vil gi størst reduksjon, men vil ikke være like lett tilgjengelig overalt slik varmepumpeløsninger kan være.
- **Energieffektive brakker.** Dette tiltaket vil jevnt over redusere effekten over hele byggeprosjektet. I tillegg til energieffektive brakker, vil også gode rutiner og styring av energiforbruket i brakkene være viktig for å unngå f.eks. vinduslufting mens varmeovner står på og lignende eller man kan strupe forbruket til brakkene i kortere perioder med høyt effektbehov.
- **God planlegging av massebalanse.** Å minimere graving ved hjelp av god planlegging kan være et effektivt tiltak for å redusere unødig flytting av masser og massetransport.
- **Ombruk av masser.** Vil også kunne bidra i form av at maskinene kan brukes mindre.
- **Flytte forbruk fra kl. 07-09 og fra 16-18** ettersom strømmettet da er under høy belastning. Tiltak for dette er eksempelvis å fordele ladeeffekter på elektriske maskiner samt tilstrebe smart styring av lastene.

Flere maskiner



Stasjonær batteribank



God planlegging av ladelogistikk



Smart styring og lastbalansering av ladingen



Flere energibærere



Batteribyttesløsninger



Varmepumpe/fjernvarme til brakkerigg og/eller byggtørk/oppvarming



Energieffektive brakker



God planlegging av massebalanse



Ombruk av masser



Flytte forbruk fra kl. 07-09 og fra kl. 16-18



8.3 Krav til forkunnskaper hos entreprenør

Resultater |

Krav til forkunnskaper hos entreprenør

Resultatene fra kartleggingen gjort for nevnte prosjekter synliggjør et kunnskapsgap som det er viktig å hensynta i det videre arbeidet med kontraktkrav. Skal man lykkes med å tilrettelegge for sømløs og automatisk innhenting av data fra utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, må et felles definert språk og forståelse til Gode forkunnskaper er avgjørende for å planlegge mest mulig rasjonelle byggeprosjekter med elektriske maskiner. Det ansees som hensiktsmessig å stille krav til at entreprenørene, som minimum, skal ha kjennskap til SN/TS 3770:2023. Utslippsfrie byggeplasser og anleggsområder.

Strømrigg, kursfortegnelser og rutiner. Det bør stilles krav til at entreprenøren begrunner tydelig hvordan de ser for seg å sette opp strømriggen på byggeplassen og hvordan de, i løpet av prosjektforløpet, vil sikre at de har kontroll på hvilke kurser som leverer strøm til ulike forbruksposter. Det er tydelige mangler knyttet til loggføring og rutiner for å ha kontroll på energiforbruket.

Som en del av strømriggen bør entreprenøren beskrive måleroppsettet sitt, og på hvilke kurser de skal sette opp energimålere, samt hvordan datainnhenting skal sikres og at de iverksetter rutiner for loggføring av endringer i hva som bruker energi

på de ulike målte kursene. De må beskrive tydelig utstyret de skal bruke, både dimensjonering av strømrigg, bruk av ladecontainere og hvilke maskiner de ser for seg å lade der. Hvordan har de tenkt med valget av maskiner, f.eks. om de bruker kablede, hybride eller batterielektriske maskiner og lignende.

Entreprenører bør videre vise hvordan de vil gjennomføre tiltak for å minimere effektopper. Det finnes en rekke logistikk- og planleggingstiltak og tekniske tiltak som smart styring av lastene eller stasjonære batterier som kan tas i bruk for å minimere effektopper på en utslippsfri bygge- og anleggsplass. Dette bør stilles krav til at entreprenøren kan vise hvordan de vil redusere effektopper i de ulike fasene i byggeprosjektet som en del av gjennomføringsplanen.

Dette kan for eksempel stilles som konkrete krav til at entreprenør viser hvilke fleksible laster/ressurser de har i byggeprosjektet og sannsynliggjøre hvordan de planlegger å styre dem, samt hvor mye effekt den smarte styringen kan redusere effekten med.

8.4 Anbefalte krav

Resultater | Anbefalte krav

For å få innsikt i bygge- og anleggsplassers energi- og effektforbruk og årsak til effekttopper er det behov for detaljerte data. For å besvare dette kreves det (1) tilstrekkelig tidsoppløsning på måledata og (2) detaljert kobling mellom maskiner/prosesser og lading/forbruk. I tillegg til dette må det være tilstrekkelig antall energimålere montert på byggeplassen for å kunne skille ut hva som utgjør hva av det samlede forbruket.

På en utslippsfri byggeplass vil det kunne være flere energibærere; **elektrisitet**, **termisk energi** i form av varmt vann fra fjernvarmenettet og **hydrogen**. Andre fossile energibærere og biogass er per definisjon ikke utslippsfrie og vil ikke omtales nærmere her.

Det vil være behov for særegne krav for de ulike energibærerne, men mest relevant i denne sammenhengen er **elektrisitet** ettersom den vil kunne påvirke driftsmønstret på BA-plasser og behov for strøm levert fra strømmettet.

Anbefalte krav, kan etter Swecos vurdering, kan sammenfattes i **fire** kategorier:

Krav til energimåling

1. Krav til måleroppsett
2. Krav til tidsoppløsning energidata

3. Krav til datainnsamling energimålere

Krav til ladesystem

1. Krav til kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner
2. Krav til kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere

Krav til maskiner

1. Krav til datainnsamling fra maskiner

Krav til kommunikasjon mellom dataplattformer

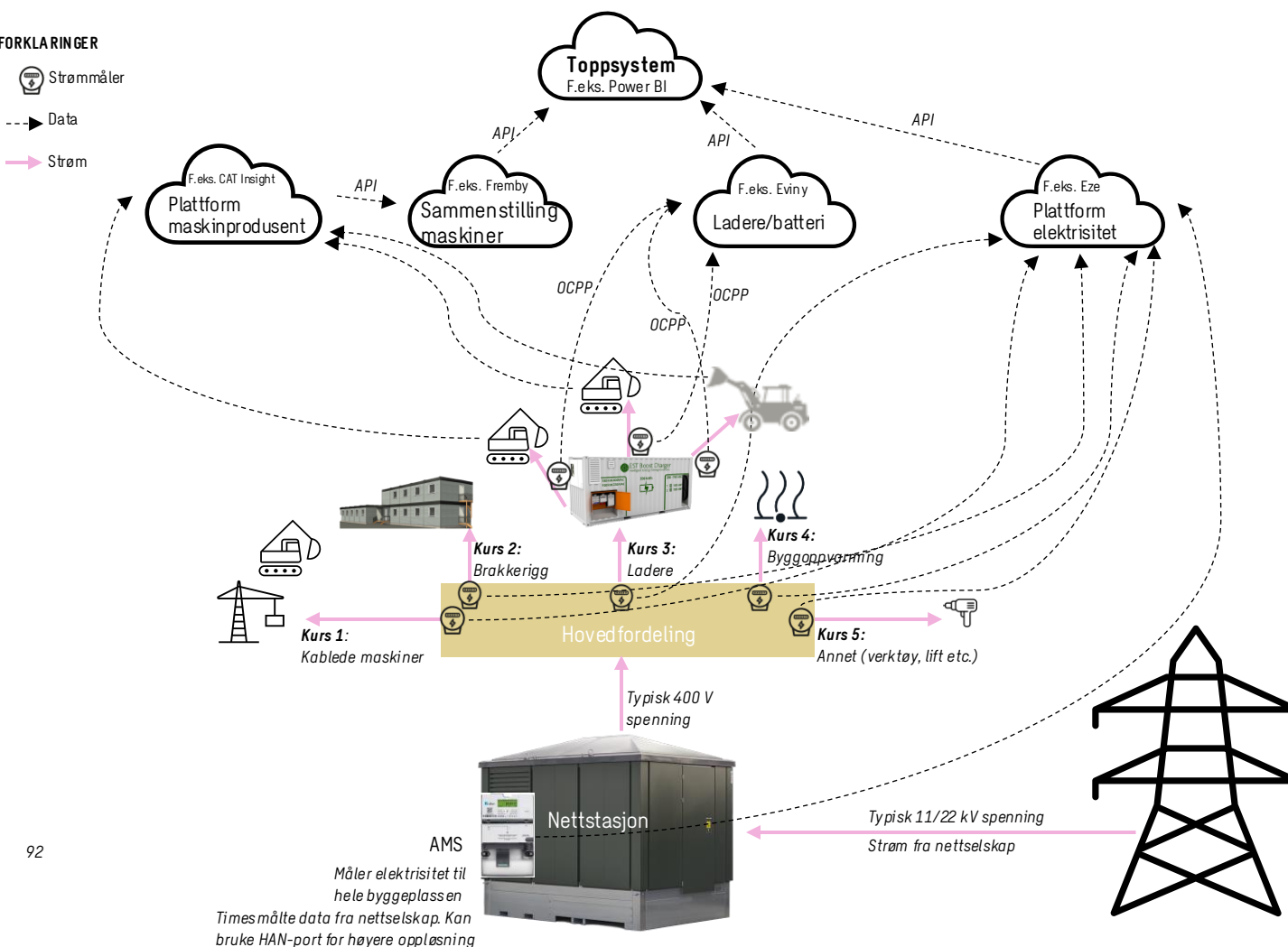
1. Krav til standardiserte data mellom plattformer

Disse kravene omhandler automatisk innhenting av energi- og effektdata for å overvåke og handle i retrospekt. Dette kan sammenlignes med EnergiOppfølgingsSystem (EOS) for bygg. Optimalt sett burde dette kombineres med samme funksjonalitet som et SD-anlegg for også å kunne styre forbruk i sanntid. Å anbefale detaljerte krav til dette har ikke vært en del av prosjektets omfang, men det ansees som rimelig at man bør stille krav, eller som et minimum ha det som et tildelingskriterie, at tilbyder viser hvordan det planlegges for å styre forbruk og hvilken reduksjon i effekt dette kan medføre.

PRINSIPIELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

- Strømmåler
- Data
- Strøm



Resultater | Anbefalte krav

Krav til energimåling

Innenfor det overordnede kravet til energimåling er kravene kategorisert slik:

1. Krav til måleroppsett
2. Krav til tidsoppløsning energidata
3. Krav til datainnsamling energimålere

1. Krav til måleroppsett

Formål med krav: Sikre at det er mulig å skille forbruksposter fra hverandre for å kunne avdekke årsak til effekttopper.

Anbefalte krav:

1. Det tilkobles utstyr til HAN-port i AMS-måler som kan videresende data til plattform for elektrisitet.
2. Det monteres MID-sertifisert strømmåler på hver kursavgang i hovedfordeling. Kursavgangene skal være hensiktsmessig utført for å kunne skille mellom forbruksposter. For byggeprosjekter skal det som et minimum være en energimåler per kurs til brakkerigg, ladere, byggoppvarming, kablede maskiner og annet utstyr på egen kursavgang.

2. Krav til tidsoppløsning energidata

Formål med krav: Sikre at energidata har høyest mulig

tidsoppløsning for å kunne avdekke de høyeste effekttoppene. Typisk er energiforbruket timesmålt via AMS, noe som kun vil gi gjennomsnittlig effekt [kW] over en time.

Anbefalt krav:

1. Tidsoppløsning på energidata skal være på maksimum 10 minutter og skal logges i hele prosjektperioden.

3. Krav til datainnsamling energimålere

Formål: Samle energidata i en plattform for å kunne videresende data til toppsystem for sammenstilling.

Anbefalt krav:

Energidata må kunne overføres fra energimålere til skybasert plattform for elektrisitet. Dette gjøres ved å bruke kommunikasjonskort som kan videresende data fra måleren tilknyttet en RTU som kan videresende data via mobilnettet til skybasert plattform for elektrisitet..

Kravet vil være blant det mest fordyrende blant kravene og er på rundt 1200 kr per kursmåler inkludert 10 minutters loggingsintervall. For et byggeprosjekt på tre år med 5 kursmålere vil total ekstrakostnad være på rundt 50 000 kr.

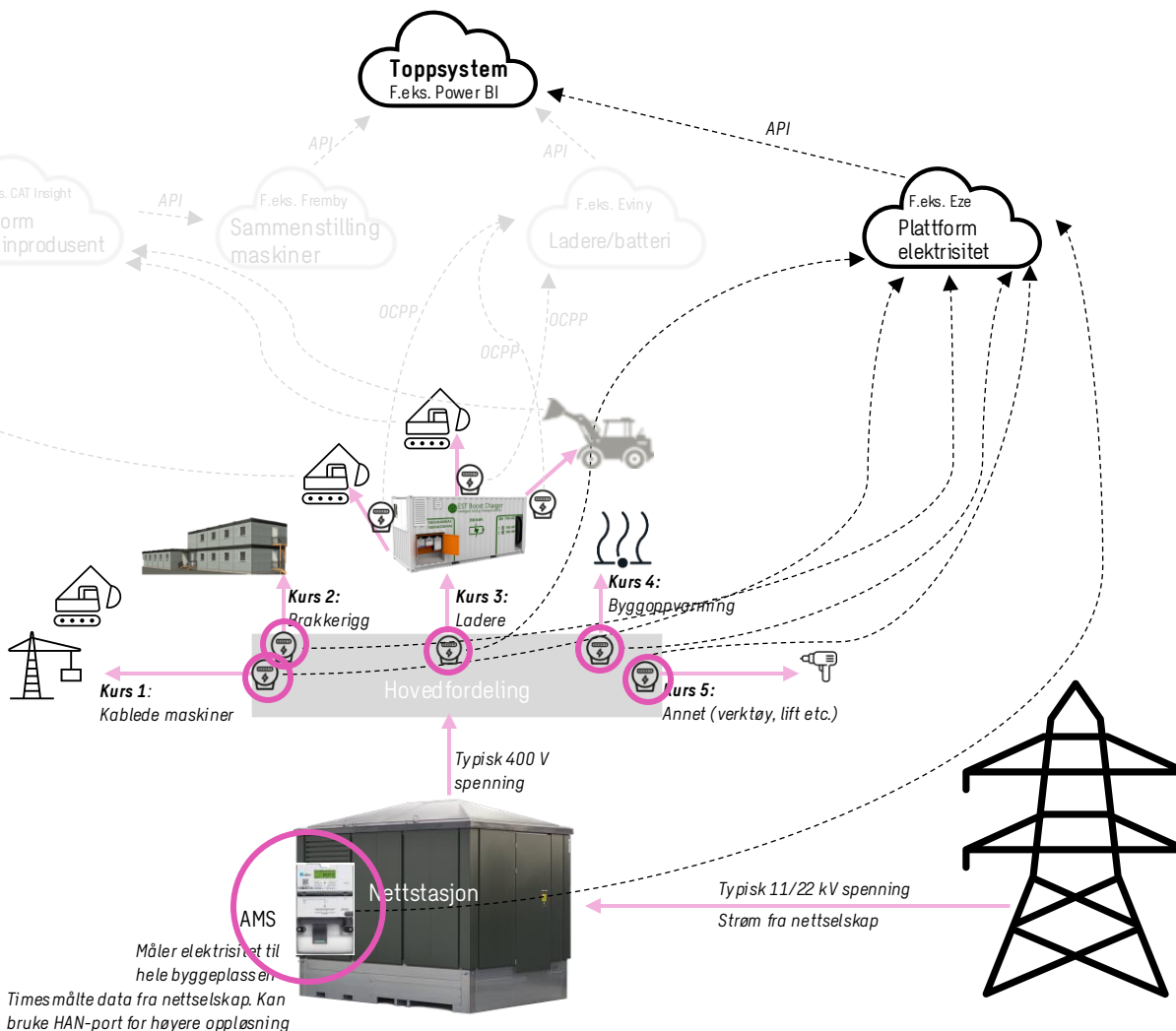
PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

Strømmåler

Data

Strøm



Resultater | Anbefalte krav

Krav til ladesystem

Innenfor det overordnede kravet til ladesystem er kravene kategorisert slik:

1. Krav til kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner
2. Krav til kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere

1. Krav til kommunikasjon mellom ladere og batterielektriske maskiner

Formål: Sikre fungerende lader, mulighet for lastbalansering og autentisering og sikker standardisert dataoverføring.

Anbefalt krav:

1. Kommunikasjon mellom lader og kjøretøy/maskin skal skje ved hjelp av ISO 15118. Det er en fordel om ladeinfrastruktur og maskin oppfyller ISO 15118, del 2 og 20 for å kunne muliggjøre plug and charge og toveislading.

2. Krav til kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere

Formål: Sikre kommunikasjon mellom ladere og plattform for ladere for velfungerende ladere, god lastbalansering og sikker og standardisert dataoverføring.




Anbefalt krav:

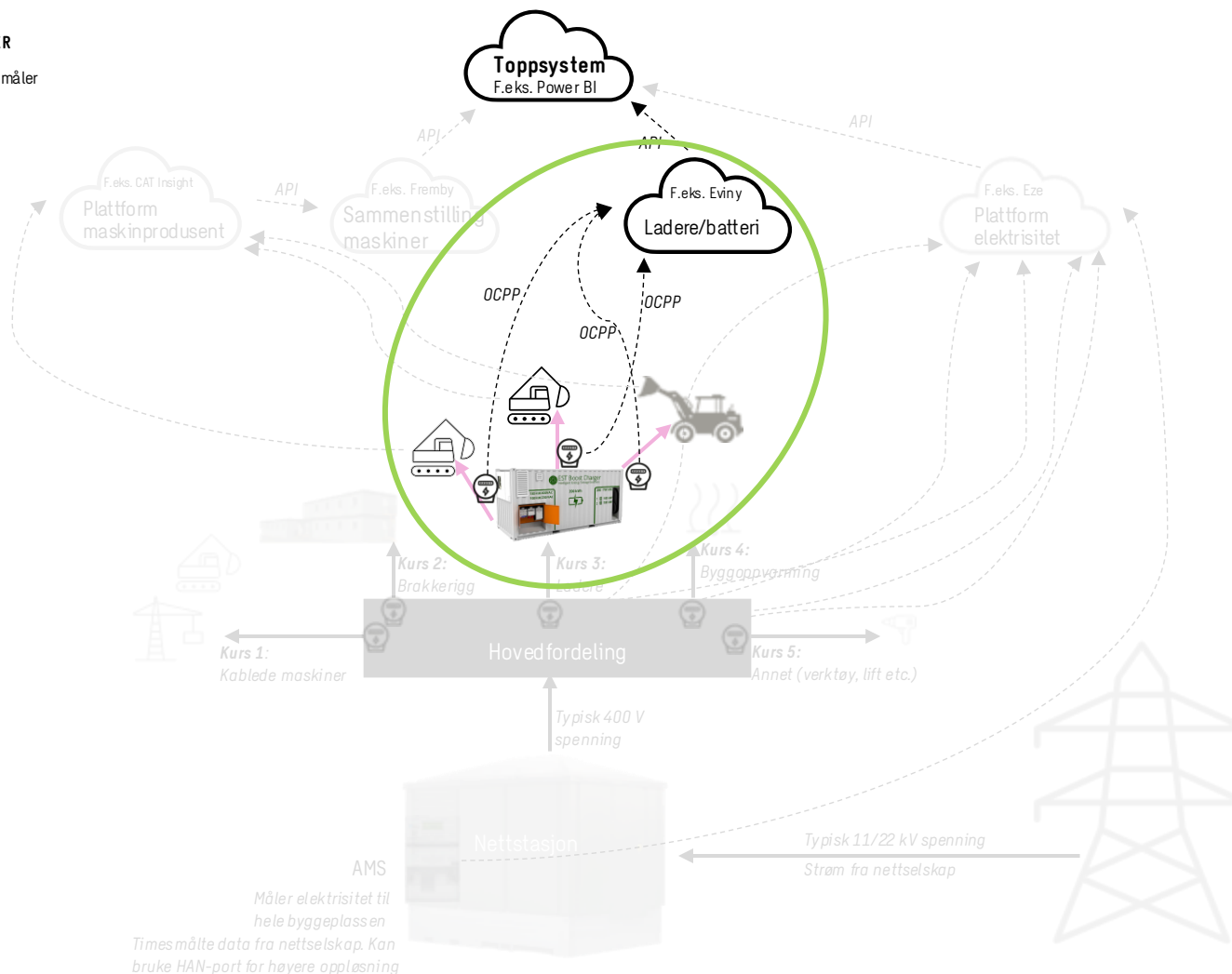
1. Kommunikasjon mellom ladere og skybasert plattform skal foregå ved hjelp OCPP-protokoll 1.6 eller nyere versjon. Det er en fordel om protokollen er OCPP 2.0.1 for å sikre nyeste funksjonalitet knyttet til plug and charge og toveislading.

Dette kravet vil ikke være fordyrende. De fleste ladere og elektriske maskiner er programmert til å kunne kommunisere med ISO 15118 kommunikasjonsprotokoll. Å stille krav til at lader og maskin skal kunne kommunisere med ISO 15118-20 er per dags dato lite utbredt, så dette kan muligens tilføyes som et krav om rundt 2 år.

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

-  Strømmåler
-  Data
-  Strøm



Resultater | Anbefalte krav

Krav til maskiner

Innenfor det overordnede kravet til maskiner er kravene kategorisert slik:

1. Krav til datainnsamling fra maskiner

1. Krav til datainnsamling fra maskiner

Formål: Sikre datainnsamling fra maskiner for (1) å kunne skape en kobling mellom energiforbruk og hvilken maskin som har utløst energiforbruket, (2) ha kjennskap til hvilke maskiner som er tilstede på prosjektet til enhver tid. Maskinoversikt per måned gir en viss oversikt, men regnes som relativt usikker informasjon med varierende rapporteringsrutiner.

Anbefalt krav:

1. Anleggsmaskiner skal oppfylle NS-EN ISO 6165 og ISO 22242 så maskineier kan motta data fra maskinprodusent ved hjelp av grensesnitt definert av ISO/TS 15143-3. Det bør åpnes for å levere data på proprietære formater for elektriske maskiner

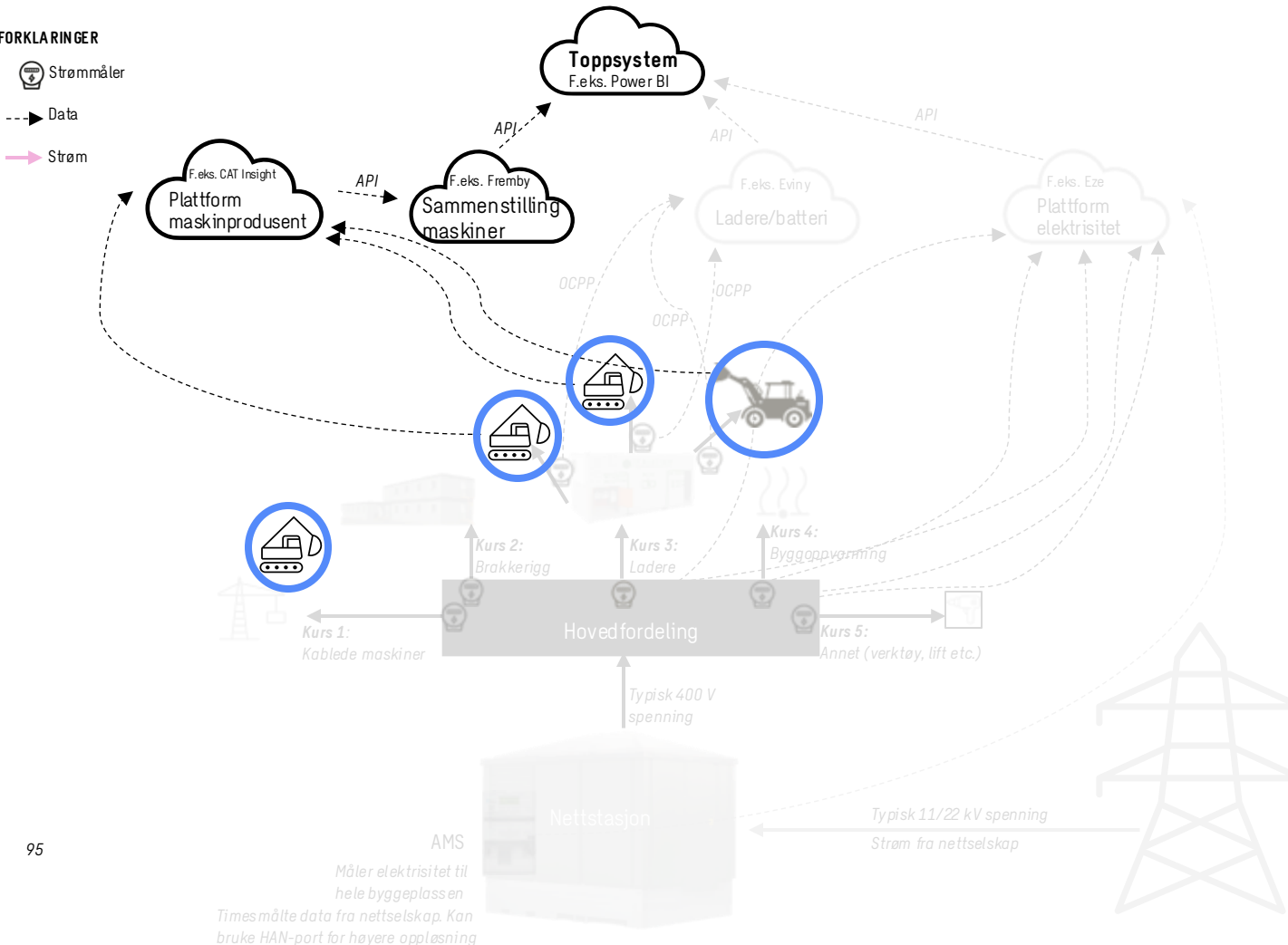
inntil standardene er tilstrekkelig på plass, så fremt disse som minimum kan levere info om driftstid, batteriprosent, motoreffekt, ladeeffekt og gps-posisjon.

Dette kravet kan være krevende å formulere, men det bør formuleres på et slikt vis at man ikke utelukker proprietære løsninger ettersom det er manglende standardisering på datainnhenting fra elektriske maskiner enn så lenge. Ettersom Oslo kommune har gjort en avtale med Fremby kan de også bidra til å formulere gode krav til datainnhenting inntil standardene er etablert. Utgangspunktet bør ikke dette kravet være særlig fordyrende, da de fleste nye maskiner sender telematikkdata. Det handler bare om å få rutet dataene også til et annet sted enn maskinprodusenten.

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

- Strømmåler
- Data
- Strøm



Resultater | Anbefalte krav

Krav til kommunikasjon mellom dataplattformer

Innenfor det overordnede kravet til maskiner er kravene kategorisert slik:

1. Krav til standardiserte data mellom plattformer

1. Krav til standardiserte data mellom plattformer

Formål: Sikre at de ulike skybaserte plattformene videregirer ønskede data på riktig format til toppsystem ved hjelp av API.

Anbefalt krav:

1. Data fra skybaserte plattformer skal videregirer ønsket data til byggherres toppsystem.

Dette kravet er formulert på en måte som muligens er litt uklart. Etter levering 1 av denne rapporten, inngikk Oslo kommune en avtale med Fremby som softwareleverandør for å innhente maskindata fra byggeplass. Et slikt system, eller evt. også flere andre vil kunne logge og overvåke sentrale data, både fra maskiner, energimålere, AMS-måler og andre tilgjengelige datakilder for å lettere kunne sammenstille og observere energi- og effektforbruk på bygge- og anleggsplasser, samt lettere finne årsak til effekttopper.

Et slikt system som er beskrevet her, er per i dag et overvåkningssystem. For å gjøre noe med effekttoppene vil det være behov for et styringssystem som kan håndtere inn- og utkobling av forbruk sett opp mot samlet totalforbruk.

PRINSIPELL ILLUSTRASJON MÅLERSTRUKTUR OG FLYT AV STRØM OG DATA

FORKLARINGER

- Strømmåler
- Data
- Strøm

