

Cleancon II – Clean Construction Machinery

AP2 – Infrastruktur



Vägledare

Tillvägagångssätt för att säkerställa tillräcklig energi- och effektförsörjning
inför byggstart

Juni 2026

Interreg



Medfinansieras av
Europeiska unionen

Öresund-Kattegat-Skagerrak

Innehållsförteckning

1	Inledning och målet med vägledaren	8
2	Säkerställande av energitillförsel	8
2.1	Dimensionerande storlek för elnätsanslutning	8
2.2	Vad är viktigt att tänka på - och när?	9
2.2.1	Anbudsfas	9
2.2.2	Projektstart och planering	9
2.3	Energilager	10
2.4	Olika typer av scenarier för tillgång till el	12
2.4.1	I befintligt nät med god tillgång till el	12
2.4.2	I befintligt nät med begränsad tillgång till el	12
2.4.3	Utanför befintligt nät med avsaknad av (eller kraftigt begränsad) elförsörjning	12
2.5	Hur kan de utsläppsfria energibärarna el och vätgas komplettera varandra?	13
2.6	Vem bör ta ansvar för energiförsörjningen i ett byggprojekt - och varför?	13
3	Vilka skyldigheter har nätleverantören?	15
3.1	Anslutningsavgifter	15
4	Säkerhet	16
4.1	Elsäkerhet	17
4.1.1	Elsäkerhet på byggarbetsplatser	17
4.2	Vätgassäkerhet	18
4.2.1	Vätgassäkerhet på byggarbetsplatser	18
5	Framgångshistorier och lärdomar från Norge och Sverige	19
5.1	Electric worksite II i Göteborg	19
5.2	NAPOP - Vätgasbaserad drift av anläggningsplats Miljøgate Gran	20
5.3	Aneo Build (fd. Eviny Mobile Energy)	23
6	Tillgängliga verktyg för att planera en utsläppsfri byggarbetsplats	24
7	Checklista	25

Bakgrund och partnerskap

Cleancon II är ett EU Interreg ÖKS-projekt med fokus på utsläppsfri drift av arbetsmaskiner och deras infrastruktur.

Projektet accelererar utvecklingen av lösningar som möjliggör utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser. Detta görs genom samverkan i värdekedjan, demoprojekt och framtagning av verktyg och modeller, för att långsiktigt säkerställa användning av förnybar energi och utsläppsfria arbetsmaskiner. Detta minskar utsläppen av växthusgaser från drift av maskiner och utrustning. Projektet analyserar och arbetar för hållbarhet under maskinens hela livscykel; produktion, användning och återvinning.

En avgörande utmaning är infrastrukturen för utsläppsfria arbetsmaskiner och utrustning. Bygg- och anläggningsprojekt bedrivs inte sällan på platser med begränsad tillgång till elnät och vägnät för bränsleleveranser. Med en ökad andel intermittent elproduktion från sol och vind skapas obalanser mellan tillgång och efterfrågan, vilket ytterligare ökar komplexiteten kring planering och infrastruktur för ett utsläppsfritt bygg- eller anläggningsprojekt. Genom att lagra energi i batterier eller vätgas kan detta utgöra en buffert vid tider av el- och effektbrist och vara en del av lösningen för utmaningarna kring infrastruktur i övergången mot utsläppsfrihet. Genom att ersätta maskiner som drivs av fossila bränslen med elektriska maskiner ökar dessutom energieffektiviteten, vilket i sin tur sänker den totala energiförbrukningen på byggarbetsplatser.

Projektet Cleancon II identifierar framgångsfaktorer för hållbar energitillförsel och arbetar kontinuerligt för att mobilisera den kraft som marknadens beställare utgör för teknikutvecklingen och vidareutvecklar metoder för uppföljning och säkerställande av efterlevnad på upphandlingens krav på utsläppsfria maskiner och entreprenader. Verktygslådan uppdateras löpande och projektet fokuserar hela vägen på kunskapsöverföring och nätverkande.

Partnerskapet består av följande företag och organisationer:



Version och författare

Version: 3

Datum: 2026-06-05

Författare:

RISE: Sara Skärhem, Ebba Lillo, Paul Adams

Kunnskapsbyen Lillestrøm: Jon Eriksen

Eviny Mobile Energy/Aneo Build: Marit Meland, Anna Dorthea Willassen

NAPOP AS: Aage Bjørn Andersen

NASTA AS: Sjur W. Helljesen

SWECO AB: Sigrid Wikell, Martin Görling

Ordlista

Begrepp	Förklaring
AC, DC	AC är växelström som har en växlande polaritet. Europas växelström har en frekvens på 50 Hz. AC-laddning är ofta lämpligt nattetid. DC är likström och har en konstant polaritet. Används i batterier, kraftelektronik och DC-snabbladdning. Lämpligt för hög effekt till fordon/maskiner via CCS-laddare.
ADR- transport	ADR-transporter innebär vägtransport av farligt gods i enlighet med det europeiska regelverket ADR - European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. Detta regelverk är tvingande för samtliga EU-länder och styr hur farliga ämnen ska klassificeras, förpackas, märkas, dokumenteras och transporteras på ett säkert sätt.
Anslutningsavgift	Engångsavgift kunden betalar till elnätsföretaget för att täcka kostnaden för en ny eller förstärkt anslutning.
Anslutningsplikt	Skyldighet för elnätsföretag att ansluta en elkund inom rimlig tid enligt ellagen och koncession.
Anslutningstid	Tid från begäran om anslutning till faktisk nätanslutning. I Sverige normalt inom två år enligt ellagen, med undantag vid större/komplexa åtgärder.
Batterilager	Stationärt eller mobilt batterilager på arbetsplatsen som kan användas för att kapa effekttoppar, stabilisera elnätet eller möjliggöra off-grid-drift.
Batterielektrisk maskin	Arbetsmaskin som drivs av ett batteri och en elmotor, laddas via laddkabel.
Byggström	Tillfällig elanslutning till en byggarbetsplats under bygg- och anläggningsfasen.
CCS-laddare	CCS (Combined Charging System) är den europeiska standarden för snabbladdning av elfordon, och kombinerar uttag för både växelström (AC) och likström (DC). De flesta moderna elfordon och publika snabbladdare använder CCS.
Effekttopp	Kortvarig hög belastning på elnätet. Kan medföra höga kostnader vilket kan kräva batterilager som backup.
Effektbehov	Den effekt som en maskin behöver för att utföra en viss uppgift eller den effekt som behövs vid laddning. Ska samtliga maskiner laddas samtidigt behöver man säkerställa att nätanslutningen klarar av det totala effektbehovet.
Elöverföringskapacitet	Den maximala kapaciteten att transportera el i nät. Kapacitetsbrist leder till köer och avslag på anslutningar.
Högspänningsanslutning	Anslutning på högre spänningsnivå (över 1 kV för AC och 1,5 kV för DC) via tillfällig nätstation/transformator för större effektbehov.
Huvudsäkring	Säkringsnivå som begränsar det maximala effektuttaget på anslutningen.
HV, LV	HV (High Voltage, högspänning) och LV (Low Voltage, lågspänning) definieras av spänningsnivån: LV är upp till 1 kV för AC och 1,5 kV för DC, medan HV överstiger detta. LV används för bostäder och slutanvändare, medan HV används för långdistansöverföring och storskaliga industriella behov.
ICE	Internal Combustion Engine (förbränningsmotor). I vätgassammanhang menas en motor som drivs med vätgas i stället för fossila bränslen.
IEC 61851 (SN-EN 61851)	Internationell standard för laddningssystem av elfordon (gällande säkerhet, kommunikation och funktion).
Kabeldrift	Arbetsmaskin som drivs via fast elkabel (utan ett internt batteri eller med ett litet buffertbatteri).
Kapacitetsbrist	Brist på ledig effekt i elnätet som försvårar eller fördröjer anslutningar.
Koncession/nätkoncession	Tillstånd att bygga och driva elnät inom ett område.
Kopplingsskåp	Skåp för fördelning/anslutning av el på plats.
Laddinfrastruktur	Samlad utrustning för laddning (AC/DC-laddare, kablage, skydd, styrning, mätning).
Lågspänning	Vanliga distributionsnivåer för el (t.ex. 230/400 V trefas).
SN/TS 3770:2023	Norsk teknisk specifikation/standard för utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser.

SOC	State of Charge eller laddningsstatus är den procentandel av ett batteris totala energikapacitet som för närvarande är tillgänglig, där 100 % indikerar ett fulladdat batteri och 0 % indikerar en helt urladdad.
Tillfällig anslutning	Tidsbegränsad elanslutning för byggarbetsplats; ofta med särskild prislista/avgifter.
Transformator	Omvandlar spänningsnivå (HV–LV) för distribution till laddare/maskiner.
Utsläppsfri byggarbetsplats	Byggarbetsplats där maskiner och utrustning drivs utan direkta utsläpp (el, grön vätgas), inklusive logistik och energiförsörjning.
Vätgas (H ₂)	Energibärare som produceras via elektrolys med förnybar el (grön vätgas) eller fossila processer (grå/brun vätgas); kan användas som lagringsbart bränsle.
Vätgasgenerator (bränslecellsgenerator)	Enhet som omvandlar vätgas till el och spillvärme via en bränslecell.

Nyckeltal och enheter

Begrepp	Förklaring
kW (kilowatt), MW (megawatt)	Effekt. Avgörande för dimensionering av nätanslutning, säkring och laddare.
kWh (kilowattimme), MWh (megawattimme)	Energi. Avgör drifttid och laddningsbehov.
kVA (Skenbar effekt)	Nätägare, transformatorer och generatorer dimensioneras i kVA, eftersom de måste hantera både aktiv och reaktiv effekt. Laddare och annan kraftelektronik har en viss verkningsgrad och effektfaktor, vilket gör att AC-inmatningen ofta uttrycks i kVA, även om DC-utgången anges i kW.

Sammanfattning

Brist på infrastruktur är ett av de största hindren för utsläppsfria arbetsmaskiner i bygg- och anläggningsbranschen. Enkätresultat från Cleancon I visar att både entreprenörer och byggherrar upplever att etablering av ladd- och tankinfrastruktur ligger utanför deras kontroll, vilket hämmar investeringar. Samtidigt pressas elnäten av ökad elektrifiering, med långa handläggningstider och begränsad överföringskapacitet. Denna vägledare sammanställer "best practice" för att tidigt säkra tillräcklig energi- och effektförsörjning och förtydligar aktörernas ansvar, med målet att undanröja centrala hinder och stärka incitamenten för utsläppsfria maskiner. Målet med vägledaren är att det ska vara en lättläst och användarvänlig guide för entreprenörer i Skandinavien som behöver kunskapshöjning inom utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser och hur ladd- och tankinfrastruktur för dessa kan etableras.

Behovet av effekt ökar kraftigt redan från byggstart när maskiner drivs på el (kabel- och/eller batteri). Vanliga maskiner kan kräva 50–100 kW kontinuerligt, medan snabbbladdning kan ligga på upp till 150–350 kW, vilket gör att effektbehovet av byggström går från kW- till MW-nivåer. När nätkapacitet saknas eller om anslutningen dröjer kan energilager och alternativa energibärare krävas. Batterilager kan jämna ut effektoppar samt möjliggöra off-grid lösningar via transporter eller laddning på annan plats. Battery swapping är ett alternativ när strömförsörjningen saknas eller är begränsad. Det innebär att det urladdade batteriet byts ut mot ett fulladdat direkt i fordonet, vilket gör att du snabbt kan fortsätta köra utan att vänta på laddning. Vätgas är en alternativ energibärare som kan ge nätoberoende drift via bränslecellsaggregat, men innebär idag högre kostnader och logistikutmaningar, men skalfördelar väntas sänka kostnaderna.

Tidiga utredningar i upphandlingsfasen är avgörande: tillgänglig el och spänningsnivåer, åtgärdsbehov i nätstation, möjlighet till tillfällig högspänningsanslutning och tids- och kostnadsimplikationer. Planeringshorisonten kan vara allt från sex veckor till 1,5 år, beroende på anslutningsstorlek. Dimensionering bör omfatta effekt-, energi- och samtidighet samt plan för laddlogistik och eventuell förstärkning med batterier eller vätgas. Olika scenarier i denna vägledare hanteras genom: god tillgång till el och nätanslutning (planera fasta anslutningar och laddare), begränsat/varierande nät (eventuellt stöd med batterier) och utanför nät (transporterade batterier och/eller vätgasgenerator). El och vätgas har möjlighet att komplettera varandra; el passar mindre till medelstora maskiner och kortare räckvidd, medan vätgas lämpar sig för tyngre/längre drift och kan dessutom avlasta elnätet.

Säkerheten måste prioriteras. För el: efterlevnad av standarder (till exempel IEC 61851), riskhantering kring litiumjonbatterier (termisk rusning, gaser, återantändning), fysisk skydd av laddinfrastruktur, utbildning och beredskap. För vätgas: tydliga tillståndprocesser, ventilation och läckagedetektion, fysiska barriärer, definierade rutiner och utbildning för alla aktörer, samt harmoniserade standarder.

Erfarenheter från demonstrationsprojekt visar att elmaskiner på byggarbetsplatser klarar arbetet med god arbetsmiljö, men kräver framförhållning och uppdaterad beställarkompetens. Demos har även demonstrerat vätgasbaserad elproduktion som snabb off grid-lösning som kan användas till exempel i väntan på nätanslutning. Sammantaget visar vägledaren att tidig samordning, teknikkombinationer och strukturerad säkerhet är nycklarna till utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser.

1 Inledning och målet med vägledaren

Bristen på infrastruktur är en av de största utmaningarna för övergång till utsläppsfria arbetsmaskiner. Detta framkom bland annat från en enkätundersökning som presenterades i rapporten "Utsläppsfri drift i bygg- och anläggningsbranschen - Marknadsmöjligheter för entreprenörer som är early-movers" (Cleancon, 2019-2022), där entreprenörer från Norge och Sverige lyfter fram situationen kring infrastruktur för utsläppsfria energibärare som största hindret för investering och användning av utsläppsfria arbetsmaskiner - både för entreprenörer och byggherrar. Bakgrunden till detta resultat är att branschen uppfattar etablering av nödvändig ladd- och tankinfrastruktur som något som ligger utanför dess direkta kontroll. Detta tyder på att en övergripande samordning och strategisk planering kan ha en avgörande betydelse för huruvida entreprenörer och byggherrar väljer att investera i eller ställa krav på utsläppsfria maskiner.

För att hantera infrastrukturen har det ofta betonats att behovet av energiförsörjning bör adresseras så tidigt som möjligt i projektet. Även om detta inte alltid är tillräckligt för att säkerställa tillräcklig energi/effekt i tid till byggstart. Elektrifieringen av samhället i stort har satt elnätsbolagen under hårt tryck från flera håll, och de uppger själva att handläggningstiderna för olika förfrågningar ofta är långa.

Utsläppsfria lösningar innebär dock inte enbart eldrivna arbetsmaskiner. I takt med att fler tekniker kommersialiseras kan även andra energibärare, så som vätgas, bidra till att lösa utmaningen med utsläppsfria arbetsmaskiner.

Med bakgrund av den digitala vägledaren för utsläppsfria arbetsmaskiner som tagits fram i Cleancons första projekt¹, skulle en sammanställning av "best practice" för att säkerställa tillräcklig energi och effekt i tid till byggstart vara till stor hjälp för att möjliggöra en bredare användning av utsläppsfria maskiner och utrustning än vad som idag är fallet.

Syftet med denna vägledare är att beskriva ett så enkelt tillvägagångssätt som möjligt för att säkerställa tillräcklig energi- och effektförsörjning inför byggstart. Vägledaren tydliggör varje aktörs ansvar i värdekedjan. Genom att lyfta fram "best practice" på hur infrastrukturutmaningen kan hanteras, bidrar vägledaren till att eliminera de största hindren för att införa utsläppsfria maskiner i bygg- och anläggningsprojekt. Detta kan i sin tur stärka incitamenten för att investera i utsläppsfria arbetsmaskiner.

2 Säkerställande av energitillförsel

Att säkerställa tillfälligt energitillförsel till utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser innebär större utmaningar än vid traditionella projekt med dieseldrivna maskiner. De elektriska arbetsmaskinerna som vanligtvis används i sådana projekt drivs oftast med batterier, kabelanslutning eller en kombination av båda teknikerna. Omställningen till utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser kräver en infrastruktur som entreprenörerna själva inte har kontroll över, vilket riskerar att utgöra ett betydande hinder för entreprenörernas vilja att investera i utsläppsfria arbetsmaskiner och driva utsläppsfria byggarbetsplatser.

2.1 Dimensionerande storlek för elnätsanslutning

Den vanligaste grävmaskinen i Norge har en driftsvikt på cirka 24 ton och en motorstorlek på ungefär 125 kW (170 hk). Vid kabelanslutning drar en sådan maskin mellan 50 kW (vid lätt arbete) och 100 kW (vid tungt arbete) kontinuerligt. Batteridrivna lösningar är ofta anpassade för snabbladdning med 150 kW vid 400 V. Med den valda standarden för snabbladdning, CCS, kan effekten redan idag ökas till 350 kW vid 1000 V. Detta

¹ <https://kunnskapsbyen.no/cleancon-veileder>

innebär att där nätleverantörer tidigare ombads att leverera byggström i storleken kW, efterfrågas nu anslutningar i storleken MW, vilket resulterar i en betydligt mer komplex anslutningsprocess. I många fall är det inte ens möjligt, exempelvis på grund av bristande överföringskapacitet.

Vid traditionella byggprojekt som drivs med dieselfordon ansluts oftast så kallad byggström, då el används till andra ändamål även om maskinerna är dieseldrivna. Denna byggström har ofta en central med 63 A ström och 400 V spänning, vilket vid 3-fas ger en teoretisk maximal laddeffekt på 43 kW, vilket i storleksordningen räcker för att natlladda två små-medelstora arbetsmaskiner.

2.2 Vad är viktigt att tänka på- och när?

Övergången från traditionell till elektrifierad drift på byggarbetsplatser medför ökad komplexitet och ställer högre krav på planering, både inför projektstart och under själva genomförandet. Att ansluta el till en byggarbetsplats är i sig inget nytt, utrustning som kranar, hissar och bodar har länge drivits på el. Det som däremot förändras i och med utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser, är det faktum att effektbehovet blir betydligt större redan från det inledande arbetet. Detta kräver inte bara mer el, utan också att tillgången är säkrad redan vid projektets start.

2.2.1 Anbudsfas

Redan vid upphandlingstillfället bör det finnas en uppfattning om vilken elnätscapacitet som är tillgänglig på den aktuella platsen. Detta gör det möjligt för entreprenörer att planera och dimensionera behovet av infrastruktur, så som laddare och eventuella batterilösningar, för att säkerställa full drift av maskinerna. I fall där det rör samordningsprojekt kan detta undersökas redan i samordningsfasen. Några punkter som bör utredas är:

- Finns det tillgänglig el i närliggande kabelskåp eller nätstation?
- Hur mycket el finns tillgänglig och vid vilken spänning?
- Behöver nätägaren göra ändringar i nätstationen? Vad innebär det i tid och kostnad?
- Finns det tillräckligt med elektrisk kapacitet för att driva en byggarbetsplats av den storleken?
- Finns det behov av, eller möjlighet till, att sätta upp en tillfällig nätstation ansluten till högspänningsnätet?
- Kommer någon form av energilager krävas för att säkerställa tillräcklig energiförsörjning?

2.2.2 Projektstart och planering

Om elanslutning inte har beställts i tidigt skede, behöver det avsättas tillräckligt med tid mellan kontraktstilldelning och byggstart för att hantera detta. Beroende på projektstorlek, elnätets tillgänglighet och eventuella åtgärder som krävs från nätägarens sida kan processen ta allt från sex veckor upp till 1,5 år. I Figur 1 presenteras ungefärlig ledtid för små, medelstora och stora anslutningar.

I takt med att bygg- och anläggningsplatser elektrifieras ökar dessutom behovet av eleffekt avsevärt. I Norge kräver nätanslutningar på omkring eller över 1 MW normalt formella ansökningar och lång handläggningstid. Sådana behov leder ofta till etablering av omfattande, tillfällig elektrisk infrastruktur, exempelvis nätstationer på arbetsplatsen. För många projekt överensstämmer varken tillgänglig nätkapacitet eller tillståndprocesser med projektets tidsplan, vilket gör att alternativa eller kompletterande energilösningar kan bli nödvändiga för att säkerställa framdrift och utsläppsfri drift. Detta kan inkludera lokal energiproduktion (till exempel vätgas) eller hybrida lösningar.

- Små anslutningar: Det finns vanligtvis tillgänglig kapacitet i nätet och endast mindre åtgärder och kabeldragningar krävs. Tiden från beställning till anslutning uppskattas grovt till några veckor eller månader.
- Medelstora anslutningar: Åtgärder måste vidtas i det lokala distributionsnätet, men inte i det regionala nätet. Omfattningen av de åtgärder som måste vidtas, och var kablarna kan dras, beror till stor del på markägarens tillstånd och leveranstider. Tiden från beställning till anslutning uppskattas grovt från 6 månader till 1,5 år.
- Stora anslutningar: Här råder större osäkerhet kring tillgängligheten, och åtgärder måste vidtas i regionnätet. Omfattningen av de åtgärder som krävs beror på nätförhållandena i det aktuella området. Leveranstiden för transformatorer och överföringskapacitet är viktiga faktorer för tidsåtgången. Dessa projekt kan ta flera år.

Figur 1. Utklipp från SN TS 3770-2023 Utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser med hänvisning till branschnorm för elnätsanslutning (Norge) översatt till svenska.

För att säkerställa en stabil energiförsörjning under hela projektperioden krävs beräkningar av både effekt- och energibehov. Utifrån dessa kan man planera laddlogistik och hantera samtidighet, förstärka effektkapaciteten med batterilösningar samt bedöma om ytterligare energitillförsel behövs. Det finns flera sätt att göra detta på beroende på projektets omfattning och förutsättningar.

Förstärkning av elnätet på byggarbetsplatsen:

- Kan vara en effektiv lösning när det finns god tillgänglighet i nätet och förstärkningen kan återanvändas eller integreras i den permanenta anläggningen. Samtidigt kan det bli kostnadsdrivande om det permanenta effektbehovet är betydligt lägre än det tillfälliga, vilket gör det viktigt att bedöma långsiktigt värde.

Möjlighet till anslutning mot högspänningsnät (tillfällig nätstation):

- Ger hög och stabil effektkapacitet och kan vara fördelaktigt för större projekt eller platser med höga samtidiga laster. För kortvariga projekt kan det däremot bli en mer resurskrävande lösning både tids- och kostnadsmässigt.

Laddning av batterier på annan plats:

- Kan vara ett flexibelt alternativ när lokal nätkapacitet är begränsad och kan kombineras med befintlig laddinfrastruktur i närområdet. Samtidigt kan det innebära viss logistik och hantering beroende på avstånd och energibehov.

Vätgasgenerator för laddning av batterilager eller maskiner:

- En lösning som möjliggör utsläppsfri drift även där nätkapaciteten är otillräcklig, och som kan bli mer konkurrenskraftig i takt med att tillgången på grön vätgas ökar. Idag är dock både teknik och bränsle relativt kostsamma, och tillgången på grön vätgas är begränsad, men utvecklingen går snabbt framåt.

Hantering av ökade effektbehov till följd av värmebehov:

- Kan ofta lösas genom smart laststyrning, värmeåtervinning eller kombinationer av flera energikällor. I vissa fall krävs dock förstärkningar eller kompletterande lösningar beroende på klimat, arbetsmetoder och projekttyp.

2.3 Energilager

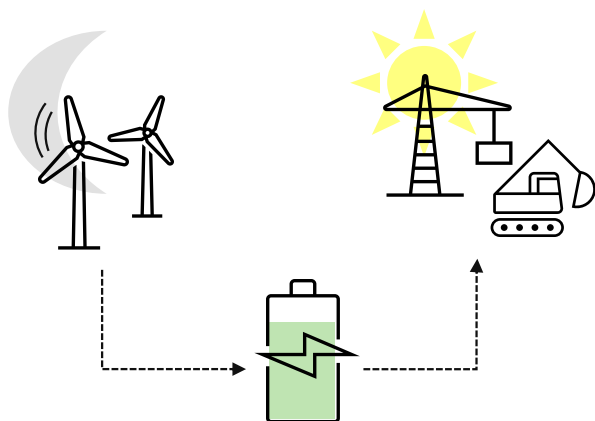
I vissa fall kommer det vara svårt att säkerställa energiförsörjning då elnätsägaren inte kommer kunna erbjuda önskad effekt i tid till byggstart på grund av bristande överföringskapacitet i området, eller i

situationer då byggarbetsplatsen är långt från det existerande elnätet. Då kommer energilager krävas för att säkerställa utsläppsfrihet.

Batterilager

Batterilager kan användas i off-grid syfte, om de kan laddas på en annan plats med tillräcklig nätanslutningsstorlek och sedan transporteras till byggarbetsplatsen. Även så kallad battery-swapping kan vara ett alternativ, då arbetsmaskinens interna batteri är uttagbart och på kort tid kan bytas mot ett fulladdat batteri. Battery-swapping tekniken är idag dock inte utbredd.

Batterier har i allmänhet hög verkningsgrad, litiumbaserade batterier har en verkningsgrad på ungefär 90 %, alltså hur stor andel av elen som batteriet laddas med från elnätet som sedan kan användas när batteriet laddas ur. När batteriet sedan används för att ladda en batteridrivna arbetsmaskin sker även där en förlust vid uppladdning och urladdning. Erfarenheter visar ca 25 % förluster vid en liknande uppsättning, uppladdning av batterisläp som sedan i huvudsak har laddat bandgrävmaskiner². Figur 2 visar en schematisk bild över hur batterilager kan användas på byggarbetsplatser, genom att ladda batterierna när tillgången till el är god, för att sedan användas vid tidpunkter då efterfrågan är hög.

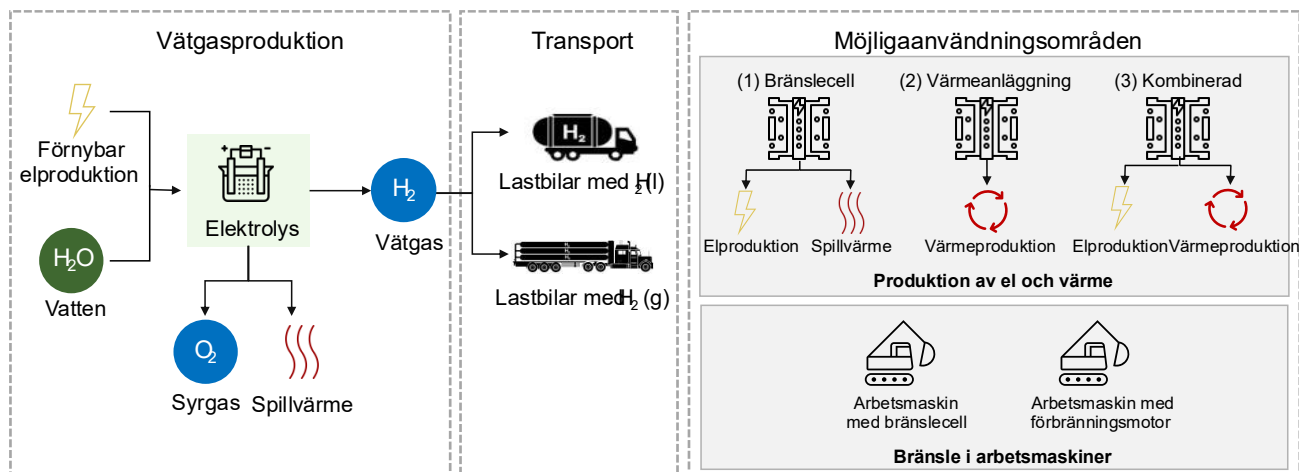


Figur 2. Schematisk bild över användning av batterilager på byggarbetsplatser.

Vätgaslager

Vätgas har hittills haft en begränsad roll på byggarbetsplatser, men har potential att vara en värdefull off-grid lösning. Den stora utmaningen blir då att säkra tillräckliga leveranser av vätgas till byggarbetsplatsen. Kostnaden att producera el från en vätgasgenerator är idag hög, både på grund av kostsam produktion och transport av grön vätgas då detta inte sker i en stor kommersiell skala, men också på grund av förlusterna vid omvandling från vätgas till el. Här väntas ökad produktion, efterfrågan och effektivitet i värdekedjan bidra till kostnadsminskningar. Det finns olika sätt att öka den totala kostnadseffektiviteten i användningen av vätgas på byggarbetsplatser, att ta vara på spillvärmen från bränslecellen för att värma byggbaracker eller tillgodose andra värmebehov på byggarbetsplatsen kan vara ett sätt att öka den totala verkningsgraden. Figur 3 visar en schematisk bild över den gröna vätgasens värdekedja och potentiella användningsområden på utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser, där vätgas både kan användas i syfte att producera el och värme, och som bränsle i fordon och arbetsmaskiner.

² Statens Vegvesen rapport 1050 Læringsrapport Utslippsfritt anlegg (2025)
<https://nva.sikt.no/registration/0199383afbc5-e27a8b2f-e5fc-47b5-b841-be89c4a2c85f>



Figur 3 - Schematisk bild över den gröna vätgasens värdekedja och potentiella användningsområden på utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser.

2.4 Olika typer av scenarier för tillgång till el

2.4.1 I befintligt nät med god tillgång till el

I befintligt nät med god tillgång till el är det möjligt att planera för både kabelanslutna och batteridrivna maskiner genom att tidigt etablera en väl genomtänkt infrastruktur med strategiskt placerade anslutningspunkter och laddstationer.

2.4.2 I befintligt nät med begränsad tillgång till el

I befintligt nät med begränsad tillgång till el bör en bedömning av det totala energi- och effektbehovet göras, och vid behov installera batterier för att stötta upp effektbehovet då flera maskiner behöver laddas samtidigt.

I fall där bränslecellselektriska maskiner är nödvändiga kan det vara aktuellt att också installera en vätgasgenerator för att tillhandahålla el till utrustning som inte kan drivas direkt med vätgas, om elnätsanslutning är begränsad. Detta för att samordna logistik kring leveranser av vätgas och öka resurseffektiviteten.

En kombination av olika tekniker kan vara en effektiv lösning, framför allt i större projekt. Det krävs planering för att avgöra vilka maskiner som är bäst lämpade i olika projektfaser, och det totala energibehovet behöver analyseras. Även uppvärmningsbehov på bygg- och anläggningsplatser kan vara nödvändigt, och kan innebära mycket höga effektkrav under korta perioder, vilket innebär att elnätet inte alltid är anpassat för sådana laster. Därför bör energieffektiva lösningar som värmepumpar övervägas där förutsättningarna tillåter, medan andra situationer kan kräva flexibla, nätberoende och utsläppsfria värmekällor. Ett alternativ kan vara uppvärmning med hjälp av en värmeanläggning med katalytisk förbränning av vätgas, eller med spillvärme från vätgasgeneratorer.

2.4.3 Utanför befintligt nät med avsaknad av (eller kraftigt begränsad) elförsörjning

Utanför befintligt nät med avsaknad av, eller kraftigt begränsad elförsörjning måste energi tillföras. Detta kan göras genom användning av batterier som transporteras till och från platsen, eller genom att installera en vätgasgenerator som laddar batterier och maskiner på plats, där restvärme från vätgasgeneratoren kan användas för att värma byggbaracker. Det kan också övervägas att använda en kombination av maskiner som drivs med el och vätgas.

I nät med kraftiga variationer på eltillgång bör batterier installeras för att säkerställa en jämn strömförsörjning till anläggningsplatsen. Om problemet är mer omfattande än vad batteriet ensamt kan hantera, bör extra tillförsel av el genom transport av laddade batterier eller via en vätgasgenerator övervägas.

2.5 Hur kan de utsläppsfria energibärarna el och vätgas komplettera varandra?

Eldrift är idag väl lämpad för små- till medelstora arbetsmaskiner och kortare räckvidd, medan vätgasdrift har större potential för längre avstånd och tyngre maskiner. Vätgas är en lagringsbar energibärare och kan med fördel användas när elnätet är hårt belastat, vilket kan hjälpa till att fördela uttaget i den befintliga anslutningen. Genom att använda både el och vätgas kan arbetsfordon laddas eller tankas vid olika tidpunkter, detta hjälper till att sprida ut elförbrukningen och minska effektoppar.

Ett konkret exempel är NAPOPs demonstrationsprojekt, där batterielektriska maskiner laddas via en bränslecellsdriven vätgasgenerator. Detta möjliggör drift utan direkt koppling till elnätet.

För effektiv planering på byggarbetsplats bör man:

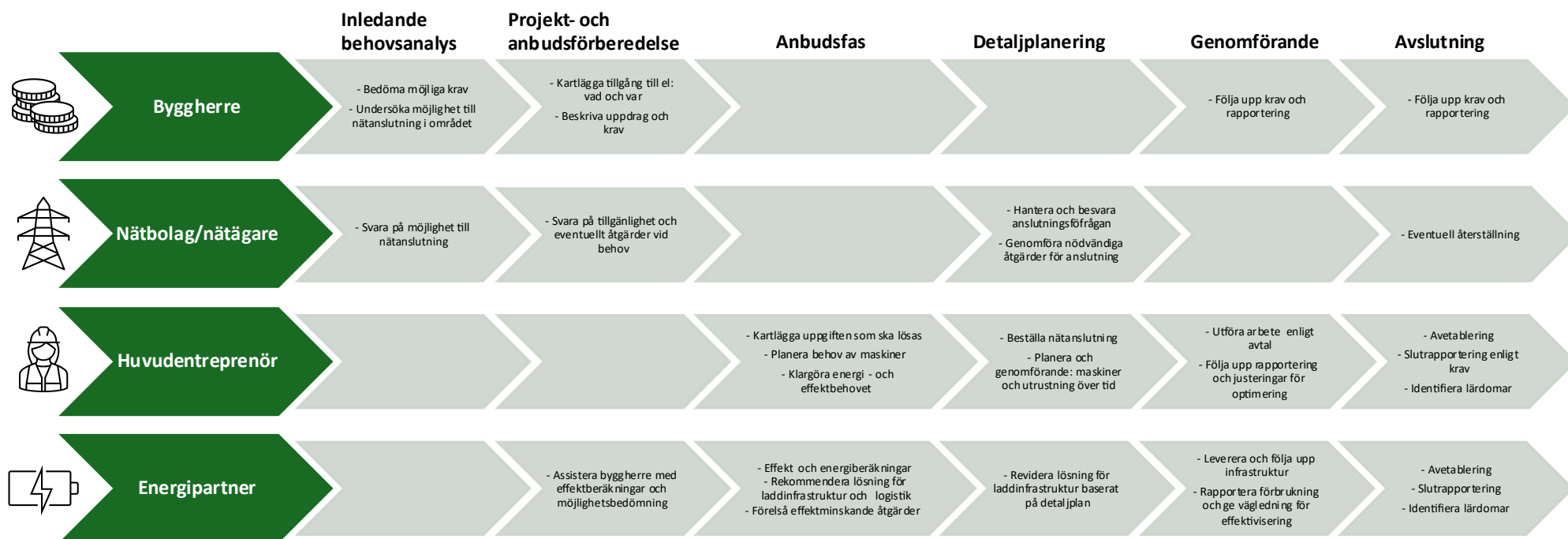
- Kartlägga energibehov för olika maskiner och arbetsmoment.
- Identifiera var el respektive vätgas är mest lämpligt.
- Säkerställa tillgång till ladd- och tankinfrastruktur.
- Integrera energilagring och styrning för att undvika driftstörningar.

2.6 Vem bör ta ansvar för energiförsörjningen i ett byggprojekt- och varför?

I Tabell 1 redovisas involverade aktörer som har en roll i energiförsörjningen på bygg- och anläggningsplatser. I Figur 4 redovisas ansvarsfördelning mellan de olika aktörerna för energiförsörjning före, under och efter bygg- och anläggningsprojekt, från den norska standarden *SN/TS 3770:2023 Utsläppsfria bygg- och anläggningsplatser*. En motsvarande standard finns inte i Sverige.

Tabell 1 - Olika aktörers roller på bygg- och anläggningsplatser

Begrepp	Förklaring
 Byggherre	Den som beställer och finansierar byggprojektet. Byggherren har det övergripande ansvaret för att projektet uppfyller lagar, regler och krav, inklusive arbetsmiljö och säkerhet.
 Nätbolag/ Nätägare	Företaget som äger och förvaltar elnätet i området. Ansvarar för att leverera el fram till anslutningspunkten, samt för drift, underhåll och utbyggnad av nätet.
 Huvudentreprenör	Det företag som har huvudansvaret för att genomföra byggprojektet enligt avtal med byggherren. Koordinerar underentreprenörer och ser till att arbetet utförs enligt tidplan, budget och kvalitetskrav.
 Energipartner	En aktör som hjälper till med energilösningar i projektet, till exempel optimering av energiförbrukning, val av energikällor, installation av laddinfrastruktur eller solceller. Kan vara en konsult eller leverantör.



Figur 4 - Ansvarsfördelning för energiförsörjning före, under och efter bygg- och anläggningsprojekt³

³ [Standard Norge | standard.no. SN/TS 3770:2023](https://www.standard.no/standard.no/SN/TS%203770:2023)

3 Vilka skyldigheter har nätleverantören?

Det svenska och norska elnätet är uppbyggt i tre olika nivåer, transmissionsnät, regionnät och lokalnät (distributionsnät). I Sverige ägs transmissionsnätet av staten och förvaltas av Svenska kraftnät, liksom transmissionsnätet i Norge som förvaltas av det statliga bolaget Statnett. I Sverige och Norge fungerar lokalnätet som ett naturligt monopol. Det betyder att inom varje geografiskt område finns det bara ett elnätsföretag som har tillstånd att driva nätet och leverera el. Detta tillstånd kallas nätkoncession. Med andra ord: du som kund kan välja din elhandlare (vem du köper elen av), men själva elnätet ägs och sköts av ett enda företag i ditt område, eftersom det vore ineffektivt och dyrt att bygga flera parallella nät ⁴.

Sammantaget är skillnaderna mellan Sverige och Norge få när vi ser till elnätets uppbyggnad och nätleverantörernas skyldigheter. I Tabell 2 presenteras en jämförelse mellan Sverige och Norge.

Tabell 2. Jämförelse mellan Sverige och Norge

	Sverige	Norge
Nätkoncession – grundprincip 	Nätkoncession för område ger rätt och plikt att bygga och förvalta nät inom området utan separat linjekoncession för varje ledning. Nätkoncession beslutas av Energimarknadsinspektionen (Ei) ⁵ .	Områdeskonsesjon ger nätägaren rätt och plikt att bygga och förvalta distributionsnät upp till och med 22 kV utan att varje enskild åtgärd förhandsprövas av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) ⁶ .
När separat prövning krävs 	Krävs för ledningar utanför områdeskoncessionen eller när andra regelverk kräver prövning, exempelvis miljöbalken eller plan- och bygglagen ⁷ .	Krävs för anläggningar över 22 kV samt när NVE bedömer att ärendet ska lyftas, exempelvis vid väsentliga invändningar ⁸ .
Anslutningsavgifter 	Elnätsföretagen får ta ut skälig anslutningsavgift. Ei kan pröva om avgiften och villkoren är skäliga, där kostnadsprincipen och lokala förutsättningar styr ⁹ .	Avgifter och metoder är reglerade av NVEs regelverk. Principen är kostnadsriktighet och standardiserade modeller per nätbolag. Detaljer varierar mellan bolag men ramen är nationellt reglerad ¹⁰ .
Handläggningstider 	Anslutning ska ske inom skälig tid, normalt högst två år för typiska kundanslutningar. Anslutningstid kan bli längre vid kapacitetsbrist eller större projekt ¹¹ .	NVE tillämpar köhantering och prioriteringskriterier (t.ex. försörjningstrygghet, stora produktionsanslutningar, akuta behov). Ledtiderna kan bli långa vid större investeringar ¹² .

3.1 Anslutningsavgifter

Elnätsföretagen tar vanligtvis ut en engångskostnad från kunden som täcker de kostnader som uppkommer vid installation av en anläggning. Kostnadens storlek beror på hur omfattande installationen är¹³.

⁴ [Koncessioner - Energimarknadsinspektionen](#)

⁵ [Koncessioner - Energimarknadsinspektionen](#)

⁶ [Søke om områdekonsesjon - NVE](#)

⁷ [Tillstånd för elnät](#)

⁸ [Konsesjonsbehandling av nettanlegg - NVE](#)

⁹ [Nyanslutning](#)

¹⁰ [RME Fakta 4/2025: Kostnadsnormen – lokalt distribusjonsnett](#)

¹¹ [Nyanslutning](#)

¹² [Saksbehandlingstid og prioritering - NVE](#)

¹³ [Elnätsavgiften och elnätsreglering - Energimarknadsinspektionen](#)

- Exempel på kostnader för tillfälliga anslutningar i Sverige under ett år ses i Tabell 3. För långvariga tillfälliga anslutningar tillkommer en kostnad (kr/månad), dessa kostnader ses i Tabell 4. Kostnader är tagna från det svenska elnätetsföretaget Vattenfall¹⁴.
- En tillfällig anslutning görs inom elnätets befintliga kapacitet. Huvudentreprenören behöver tillhandahålla ett byggsåp och kabel från såpet till anslutningsplatsen. Byggsåpet kan oftast hyras från elinstallatören.

Tabell 3. Kostnad för tillfällig anslutning under ett år, priser inklusive moms (Vattenfall, 2026).

Intervall för huvudsäkring	Avgift
16 - 63 A	8 750 kr
80 - 250 A	13 250 kr
> 250 A	Verklig kostnad
Högspänning	Verklig kostnad

Tabell 4. Tillkommande kostnad för tillfällig anslutning över ett år (Vattenfall, 2026)

Intervall för huvudsäkring	Anslutningssäkring	Kostnad för tillfällig anslutning över ett år
16 - 25 A	25 A	1 375 kr/månad
35 A	35 A	2 125 kr/månad
50 - 63 A	63 A	3 375 kr/månad
80 - 125 A	125 A	6 375 kr/månad
160 A	160 A	7 375 kr/månad
200 - 250 A	250 A	11 250 kr/månad
315 - 500 A	500 A	18 500 kr/månad
600 - 750 A	750 A	26 625 kr/månad
800 - 1000 A	1000 A	32 625 kr/månad
1250 A	1250 A	39 875 kr/månad
1500 A	1500 A	43 375 kr/månad
Högspänning		600 kr/kW, månad

4 Säkerhet

Ordlista – Säkerhet kring el och vätgas

Begrepp	Förklaring
Automatisk fränkoppling	Säkerhet som bryter ström vid fel, överspänning eller kortslutning.
Brandbeständiga installationer	Material och placering som minskar brandspridning och möjliggör utrymning.
Elsäkerhetsverket	Nationell tillsynsmyndighet i Sverige för elsäkerhet; installation av laddare kräver behörig elektriker. Motsvarande myndighet i Norge heter Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), de har ett övergripande elsäkerhetsansvar och övervakar företag som äger, bygger och driver elektriska landbaserade och maritima anläggningar.
EU LVD	Lågspänningsdirektivet: EU-krav för säkerhet på elutrustning inom angivna spänningsnivåer.
Hänsynszon	Särskild klassning av områden där explosiv gas kan förekomma (tillämpas vid vätgashantering).

¹⁴ [Tillfällig anslutning | Vattenfall Eldistribution](#)

Nödplan	Rutiner för evakuering, släckinsats, kommunikation och samordning med räddningstjänst.
Termisk rusning	Okontrollerad temperaturökning i litiumjonbatteri som kan orsaka brand och gasutsläpp.
Återantändning	Risk att ett brandskadat litiumbatteri tänds igen efter initial släckning om det inte kyls tillräckligt.
Överströmsskydd och jordning	Skyddsfunktioner/installationer för elsäkerhet och personsäkerhet.

4.1 Elsäkerhet

I Cleancon I lyftes viktiga aspekter fram kring elsäkerhet vid laddning av elektriska arbetsmaskiner. Det konstaterades att elektrisk ström innebär stora risker och att all utrustning måste vara säker även vid felanvändning. Laddstationer och deras elförsörjning behöver skyddas mot byggtrafik, och standarder för laddstationer säkerställer att EU:s lågspänningsdirektiv (LVD) uppfylls. Slutligen framhölls att utbildning, regelbundet underhåll och beredskap är avgörande för en trygg laddmiljö.

Tillverkare måste följa gällande elsäkerhetsnormer för både AC- och DC-laddning, samtidigt som standardisering för eldrivna arbetsmaskiner i Sverige pågår via kommittén SIS/TK-517. I Norge arbetar den nationella standardiseringskommittén SN/K 615, som har tittat på universell utformning av laddinfrastruktur för elfordon i flera år, för närvarande med utarbetandet av prNS 11044 universell utformning - laddinfrastruktur för elfordon.

4.1.1 Elsäkerhet på byggarbetsplatser

Med en ökad användning av elfordon och laddstationer blir elsäkerheten allt viktigare. Den vanligaste typen av batterier som används i elfordon är litiumjonbatterier. Ett litiumjonbatteri är ett elektrokemiskt batteri som med hjälp av litiumjoner förflyttar elektroner för att generera spänning. De risker som finns med litiumjonbatterier, även om dessa är ovanliga, är främst termisk rusning, farliga gaser samt återantändning.

- **Termisk rusning** uppstår när en litiumjonbattericell blir så varm att den själv börjar generera mer värme än den kan avleda. Detta leder till en snabb temperaturökning och kemisk instabilitet, vilket kan orsaka brand och utsläpp av brandfarliga gaser som vätgas och syre. Under processen sker ofta en intern kortslutning som omvandlar elektrisk energi till ännu mer värme, vilket förvärrar situationen.
- **Farliga gaser** bildas när ett litiumjonbatteri går in i termisk rusning, beroende på om de antänds eller bara ryker. Vid rykande rusning frigörs främst vätgas, koldioxid, kolmonoxid, korta kolväten samt giftiga och frätande gaser som vätefluorid. Om gaserna antänds förbränns de och bildar i stället förbränningsprodukter som koldioxid och vatten. Gasernas sammansättning beror på faktorer som batteriets kemi, laddningsnivå och temperatur, och vissa gaser kan orsaka obehag eller vara farliga även vid mycket låga koncentrationer.
- **Återantändning** kan ske på grund av kombinationen av hög värme och gaser, vilket gör att branden blir explosiv och batteriet kan återantändas även efter att det släckts. Det är därför viktigt att ett batteri som brunnit kyls ner under lång tid för att undvika att det antänds igen ¹⁵.

På en anläggningsplats är det avgörande att implementera riskreducerande åtgärder. Exempel på viktiga åtgärder är:

- **Effektiv jordning och överströmsskydd** för att minimera elektriska risker.

¹⁵ [Vägledning Räddningsinsats där litiumjonbatterier förekommer](#)

- **Användning av brandbeständiga material** för att begränsa spridning vid eventuell brand.
- **Automatiska säkerhetsavstängningar** som snabbt kan bryta ström vid fel.
- **Kontinuerlig övervakning och felsökning** för att upptäcka problem i tid.
- **Fysiska barriärer framför laddstationer** för att minska risken för påkörning.

För att säkerställa en trygg och korrekt installation av laddstationer och användning av elfordon är det viktigt att följa etablerade standarder, ha rätt kompetens och planera för nödsituationer. Nedan listas centrala aspekter att beakta:

- **Elsäkerhetsstandarder:** Följ nationella och internationella standarder, exempelvis SN-EN 61851 och IEC 61851.
- **Utbildning och medvetenhet:** Säkerställ att personal som hanterar eller installerar laddstationer har utbildning och förståelse för riskerna vid fordonsladdning.
- **Beredskap vid nödsituation:** Upprätta nödplaner vid laddstationer, inklusive evakueringsrutiner och kommunikationssystem för snabb hantering av incidenter.
- **Nationella skillnader och tillsyn:** EU har gemensamma standarder, men tillsyn sker nationellt, t.ex. Elsäkerhetsverket i Sverige och DSB i Norge.
- **Tillstånd och bygglov:** Installation av laddstationer kräver ofta bygglov och elektriska tillstånd. Stationerna ska godkännas av certifierad elektriker och följa nationella brand- och elsäkerhetsföreskrifter.

4.2 Vätgassäkerhet

Vätgas har under lång tid använts på ett säkert sätt inom industrin, men dess höga brandfarlighet kräver strikta säkerhetsåtgärder. Den klassas som ADR 2.1, tillsammans med bland annat metan, biogas, propan, butan, propylen och acetylen. Många av dessa gaser förekommer redan inom bygg- och anläggningssektorn, vilket innebär att det bör finnas grundläggande säkerhetskunskap att utgå ifrån när vätgas introduceras i branschen.

I Cleancon I diskuterades de särskilda utmaningar som uppstår när denna kunskap ska överföras till byggarbetsplatser, miljöer som ofta är tillfälliga, föränderliga och komplexa, där många aktörer arbetar parallellt. Projektet identifierade behovet av anpassade säkerhetsåtgärder för att möjliggöra en trygg användning av vätgas under sådana förhållanden.

Cleancon II har därefter bidragit med praktisk erfarenhet av vätgasanvändning i byggmiljöer. Detta har lett till värdefulla insikter och lärdomar som nu kan spridas vidare och ligga till grund för fortsatt utveckling av säker och effektiv vätgasanvändning inom byggsektorn.

4.2.1 Vätgassäkerhet på byggarbetsplatser

- **Vätgasinstallationer på bygg- och anläggningsplatser måste uppfylla både nationella krav och EU direktiv:** Som brann- og eksplojonsvernloven i Norge samt skydd mot olyckor (LSO) och lag om brandfarliga och explosiva varor (LBE) i Sverige. Även EU-direktiv ska följas, exempelvis: ATEX, Seveso III, CLP och PED. Dessa regelverk är generella och gäller all användning av vätgas.
- **Komplexa regelverk:** Regelverkens komplexitet kan skapa stora utmaningar om varje entreprenör eller byggherre ska hantera dem på egen hand.
- **Utveckling av samverkansplan:** NAPOP har utvecklat en samverkansplan för säker användning av vätgas på bygg- och anläggningsplatser. Planen är ett generiskt och praktiskt verktyg som täcker de flesta relevanta vätgasscenarier och kopplar dem till rätt regelkrav.

- **Beredskapsplan och utbildning för alla involverade aktörer:** En tydlig beredskapsplan måste finnas på plats, inklusive utbildning för entreprenörer, beställare och räddningstjänst. Ett nätverk för vätgassäkerhet bör etableras.
- **Ventilation, läckagekontroll och eliminering av antändningskällor:** Grundläggande säkerhetsåtgärder som god ventilation, tät systemdesign och kontroll av antändningskällor är avgörande för att undvika olyckor.
- **Säkerhetsledning och rutiner:** Säkerhetsarbetet måste vara systematiskt och anpassat till vätgasens egenskaper. Tydliga och lättillgängliga rutiner krävs. Certifiering kan vara aktuell i vissa moment, men fokus ligger främst på att säkerställa att personalen följer fastställda arbetsrutiner.
- **Regelverk och myndighetskrav:** Norsk lagstiftning ställer inga krav på tillstånd för etablering av vätgascontainrar under 5 ton, vilket är mer än tillräcklig lagringsmängd på bygg- och anläggningsplatser. Däremot krävs tillstånd för att etablera tillfällig tankstation på en bygg- eller anläggningsplats, regelverket är detsamma som att etablera en permanent tankstation, förenkling av detta regelverk förväntas dock framöver. I Sverige är lagring av större mängder tillståndspliktig ¹⁶.
- **Kunskapsspridning och acceptans hos allmänheten:** Informationsinsatser och utbildning behövs för att öka acceptansen.
- **Skillnad mellan mobil och stationär lagring:** Lagring av vätgas på bygg- och anläggningsplatser omfattas av befintligt regelverk för brandfarlig gas och arbetsmiljö, oavsett om lösningen är mobil eller stationär. Regelverken i Sverige gör i regel ingen tydlig åtskillnad mellan kort- och långtidslagring, utan kraven baseras främst på mängd, risknivå och placering. Även tillfälliga uppställningar kan därför omfattas av tillstånds- och säkerhetskrav under den tid lagringen pågår. I Norge ser detta lite annorlunda ut för tillfällig lagring av vätgas där det inte finns samma typ av krav som vid permanent lagring. Detta ämne är för tillfället under revidering i Norge.
- **Fysiska säkerhetsåtgärder på plats:** Detektionssystem (för läckage), fysiska barriärer, placering av lager och skydd mot kollisioner är viktiga för att undvika tillbud och olyckor.
- **Behov av harmonisering av regler och standarder i EU:** Det finns stora skillnader mellan länder (till exempel Sverige och Norge), vilket försvårar gränsöverskridande projekt. ISO-standarder bör användas vid upphandling där de finns.
- **Utveckling av samverkansplan:** NAPOP har utvecklat en samverkansplan för säker användning av vätgas på bygg- och anläggningsplatser. Planen är ett generiskt och praktiskt verktyg som täcker de flesta relevanta vätgasscenarier och kopplar dem till rätt regelkrav.

5 Framgångshistorier och lärdomar från Norge och Sverige

5.1 Electric worksite II i Göteborg

I projektet Electric worksite har flera aktörer samverkat för att demonstrera elektrifierade grävmaskiner och hjullastare inom vikterna 3,5–30 ton där både batteridrivna och kabelanslutna tekniker använts. Projektet pågick mellan augusti 2021 och september 2023.

Viktiga lärdomar från projektet¹⁷:

- Elektriska bygg- och anläggningsmaskiner kan utföra samma arbete som fossildrivna i urbana byggprojekt.

¹⁶ [Tillståndsprovning av vätgasanläggningar - vägledning för verksamhetsutövare](#)

¹⁷ <https://www.electricitygoteborg.se/sites/default/files/2024-04/electric-worksite-ii-slutrapport-med-bilagor.pdf>

- Personal som arbetar med elektriska maskiner upplever flera positiva effekter i hanteringen av maskiner och arbetsmiljö.
- Nya förutsättningar på grund av elförsörjning av maskiner. Dock är det lösbart beroende på maskintyp och ansluten byggström.
- Framförhållning, planering och flexibilitet är viktigt för ett lyckat elektrifierat projekt.
- Beställare behöver uppdateras på nya möjligheter, de behöver bygga kunskap och se över kravställning gentemot entreprenörer och underentreprenörer.

5.2 NAPOP - Vätgasbaserad drift av anläggningsplats Miljøgate Gran

Om demoprojektet

Projektet Miljøgate Gran omfattar etablering av 650 m ny länsväg och 200 m ny kommunal väg, inklusive etablering av en gång- och cykelväg och djupstabilisering, ett nytt vatten- och avloppssystem och annan infrastruktur i marken genom Gran centrum i Hadeland, Norge. Projektet inleddes i januari 2024 och slutfördes i november 2024.

En del av syftet med projektet var att planera och demonstrera användningen av en vätgasbränslecell som en alternativ nätoberoende energilösning till utsläppsfria byggprojekt, samt samla erfarenheter och göra bedömningar kring detta.

Sammanfattning av utmaningar och lärdomar i projektet

- **Tillfällig transformatorstation:** Krävs för större utsläppsfria byggprojekt (fler än 2–3 större eldrivna arbetsmaskiner som ska snabbbladdas). Tillstånd krävs från NVE i Norge (Norges motsvarighet till Energimyndigheten).
- **Tillståndsprocess:** Tillstånd från NVE kan ta 3–6 månader. Tillståndsprocess bör påbörjas minst 6 månader innan byggstart.
- **Alternativ:** Vätgasbaserad elproduktion som inte kräver tillstånd och kan sättas upp snabbt, i väntan på elnätsanslutning eller som permanent lösning.
- **Problem i kallt väder:** Eldrivna arbetsmaskiner hade driftproblem vid temperaturer nere på -20 grader.
- **Förvärmning och laddning:** Viktigt att förvärma batterier, ha AC-laddning över natten och undvika att maskiner står stilla och blir kalla under dagen för att undvika driftstopp.
- **Rekommendation:** Initiera projekt med eldrivna arbetsmaskiner utanför vintersäsongen för att undvika förseningar.
- **Maskiner:** Flera olika eldrivna arbetsmaskiner användes i projektet. Större problem upplevdes med bandgrävarna som var ombyggda från diesel till el. Endast mindre driftproblem med arbetsmaskiner som var byggda som eldrivna från början.
- **Laddansvarig:** En dedikerad laddansvarig rekommenderas för att hantera mobila batterier och säkerställa att maskiner kan laddas optimalt under arbetsdagen.

Vätgaslösningen

Utrustningen som använts i projektet har inkluderat en bränslecell, samt den nödvändiga infrastrukturen för dess drift, inklusive tankanläggning och tryckregleringsenhet. Vätgasanläggningen i projektet syns i Figur 5.



Figur 5 - NAPOP:s Vätgasanläggning i Granprojektet.¹⁸

- **Vätgasanläggning:** NAPOP:s vätgasbränslecell har fungerat stabilt med 100 % teknisk tillgänglighet och 90% total tillgänglighet (orsakat av leveransförseningar av vätgas) och producerat 18 925 kWh under projektperioden.
- **Användning, förbrukning:** Bränslecellen användes cirka 80 timmar per vecka över 24,5 veckor, totalt 1949 drifttimmar. Bränslecellen förbrukade 1076,5 kg vätgas.
- **Tankningar:** Tankning skedde genom utbyte av komposittankar i containern. Tankning beställdes 8 gånger, men eftersom det bara fanns en container och det inte var helt förbestämt när vätgasgeneratoren skulle användas och inte, var tankarna ofta inte helt tomma vid retur.
- **Leverantörer:** Intermittent otillgänglighet av vätgas från leverantörer. Vätgas har använts från HYDS (Stord och Kaupanes), och reservleverantörerna Nippon Gases (Rjukan) och Asko (Trondheim).
- **Transportproblem:** Få transportörer för fossilfria ADR-transporter (transport av farligt gods), och långa transportsträckor (upp till 1200 km tur och retur).
- **Systembegränsning:** Man planerade för att kunna använda ett tryck på 350 bar i tankarna, men man blev begränsade till att använda 200 bar eftersom den tryckregleringsenhet man hade tillgång till endast tillät 200 bar, vilket ökade behovet av tankningsfrekvens.
- **Ny utveckling:** Ytterligare vätgasproduktionsenheter planeras i Norge vilket kan öka effektiviteten och minska kostnader för vätgasleveranser.
- **Ekonomi:** Hög kostnad för att producera el från vätgas, förväntas sjunka med fler producenter och ökad efterfrågan på utrustning.
- **Erfarenhet:** NAPOP:s vätgasanläggning är stabil och pålitlig, kan etableras med kort varsel och är lämpad för byggarbetsplatser med begränsad elnätsanslutning.

Planering av El- och effektbehov

- **Laddplan:** Utarbetades för att alla arbetsmaskiner skulle vara 100 % laddade i början av arbetsdagen, och så att det mobila batterilagret skulle vara fulladdat under snabbbladdningspauser, exempelvis vid lunch.

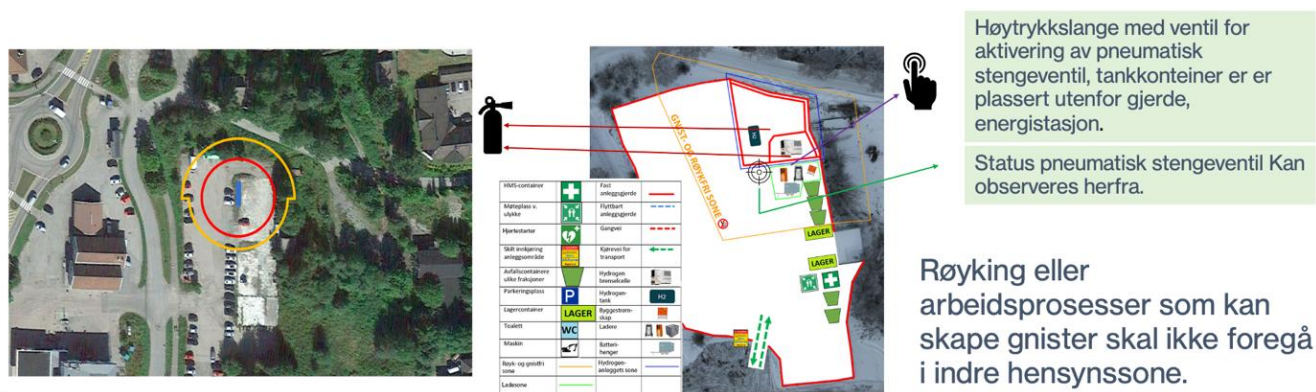
¹⁸ Statens Vegvesen rapport 1050 Læringsrapport Utslippsfritt anlegg (2025)
<https://nva.sikt.no/registration/0199383afbc5-e27a8b2f-e5fc-47b5-b841-be89c4a2c85f>

- **Vintertid:** Mobila batterilagret kopplades till byggström över natten för att hålla batteritemperaturen inom normalt intervall.
- **Arbetstider:** 12-timmars arbetsdagar måndag till onsdag, 7 timmar på torsdagar, ledigt på fredagar. Två arbetspauser per dag för 12-timmarsdagar, en paus för 7-timmarsdagar.
- **Beräkning av effektbehov:** Laddning och förbrukning beräknad i Excel, inkluderade planering för laddning av tunga 25-ton bandgrävare, mobilt batterilager och laddning/urladdning av andra maskiner under arbetsdagen.
- **Maximalt effektbehov:** 800 kW, främst p.g.a. två lastbilers samtidiga laddning på 2x300 kW. Alla arbetsmaskiner laddades med den laddningseffekt de behövde nattetid för att vara fulladdade till morgonen.
- **Transformator:** Behov av 1000 kVA transformator och provisorisk transformatorstation för att ha viss marginal mellan maximala effektbehovet och transformatorns effektkapacitet.
- **Laddansvarig:** Krävs en dedikerad laddansvarig person på byggarbetsplatsen för planering och logistik för el- och effektbehov.

Säkerhet och risker

NAPOP har ansvarat för att de krav som gäller för användning och lagring av trycksatt vätgas uppfylls (ref.: Fire and Explosion Protection Act) samt för anmälan om lagring av explosiv gas under tryck i enlighet med kraven. Inom projektet har NAPOP upprättat en beredskapsplan. Krav på detta har bland annat varit tillgänglighet under hela dagen under hela projektperioden med en svarstid på 30 minuter (telefonsupport) och 4 timmar (support på plats). En webbaserad övervakning upprättades och NAPOP har kontinuerligt övervakat driftförhållandena kring driften av bränslecellen, inklusive infrastrukturen.

Figur 6 nedan illustrerar resultatet av säkerhetsarbetet, vilket innefattar upprättande av hänsynszoner samt driftinstruktioner/beredskapsplaner. Innan anläggningen togs i drift genomfördes en inspektion av riggområdet där även den lokala brandkåren deltog.



Risikoanalyse identifiserer anbefalte hensynssoner:

- **Rød: Indre hensynssone** – Virksomhetens eget område – tredjeparter har ikke permanent opphold eller hyppig tilstedeværelse. For de som ikke tilhører virksomheten (tredjeperson) er kun kortvarig forbi passering tillatt (f.eks. tursti).
- **Orange: Midtre hensynssone** – Her kan offentlige veier og arbeidsplasser som kontorvirksomhet ligge. Overnatting, eller boligfelt kan ikke ligge her. I enkelte tilfeller kan spredt bebyggelse aksepteres.
- **Grønn: Ytre hensynssone** – sammenfaller med midtre hensynssone. Her kan boliger, butikker og generell bruk av den «allmenne befolkningen» inngå. Sårbare objekter, som f.eks. sykehus og barnehage skal ikke ligge her.

Figur 6 - Riskanalyse i Granprosjektet. ¹⁹

¹⁹ Statens Vegvesen rapport 1050 Læringsrapport Utslippsfritt anlegg (2025)
<https://nva.sikt.no/registration/0199383afbc5-e27a8b2f-e5fc-47b5-b841-be89c4a2c85f>

5.3 Aneo Build (fd. Eviny Mobile Energy)

Eviny Mobile Energy genomförde fem pilotprojekt under 2023 - 2024. Syftet var att testa mobila batterilösningar som ett hållbart alternativ till fossildrivna aggregat för att säkerställa strömförsörjning vid exempelvis strömbrott, kabelarbeten och annan kritisk infrastruktur.

I projekten användes batterier från Northvolt och Ayond, tillsammans med den digitala plattformen Powersite för realtidsstyrning och datainsamling. Detta gav värdefulla insikter i hur fysisk utrustning och digitala lösningar samverkar under verkliga förhållanden, vilket ledde till förbättringar både i teknik och arbetsmetodik.

Viktiga lärdomar från projektet:

- **Bullerminskning:** Betydande minskning av buller för personer som arbetade i närheten av batteriet
- **Renare arbetsmiljö:** Genom reducerade koldioxidutsläpp
- **Teknikintegration:** Att införa batterier i etablerade, driftkritiska arbetsprocesser visade sig vara utmanande. Omogna värdekedjor och omfattande leverantörsuppföljning orsakade förseningar.
- **IT-kommunikation:** Kommunikationslösningar mellan batteriernas IoT-enheter och uppföljningssystem behövde utvecklas under projektets gång, vilket krävde expertstöd i tidspressade situationer.
- **Logistik och fysiska krav:** Batterierna krävde jämnt underlag för placering, och transporten var både logistiskt komplex och dyrare än förväntat, vilket begränsade antalet lämpliga pilotplatser.
- **Arbetsmiljö och kostnader:** Transporten medförde särskilda arbetsmiljökrav och högre kostnader än beräknat.

Sammanfattningsvis visar projektet att batterier är ett effektivt och miljövänligt alternativ till dieselaggregat. För att möjliggöra bredare användning krävs dock fortsatt utveckling inom logistik, platsanpassning och datakommunikation²⁰.

Genom sammanslagningen mellan Eviny Mobile Energy och Aneo Build har övriga erfarenheter och kompetens från pilotperioden 2023–2024 samlats. Under den här perioden har även mobila laddsläp och mobila laddcontainrar använts. Batterierna och laddinfrastrukturen är placerade på en släpvagn med hjul, vilket ökar mobiliteten och flexibiliteten i projekten, ett exempel visas i Figur 7.

²⁰ [Innovasjon i skarp drift med batteri og sanntidsdata | Eviny.no](https://www.eviny.no)



Figur 7 - Exempel på mobilt laddsläp²¹

Viktiga lärdomar från projektet med laddsläp:

- **Laddsläp är billigare att transportera** till byggarbetsplatsen.
- **Transport av laddsläp kräver ADR-godkännande**, men endast vid transport på allmän väg - inte inom byggstängsel eller anläggningsområde.
- **Batterier är kostnadsdrivande**. Det är viktigt att dimensionera laddinfrastrukturen efter energibehovet för att uppnå lönsam elektrifiering.
- **Hög laddeffekt är kostnadsdrivande**. Det är viktigt att matcha laddinfrastrukturen med de maskiner som ska användas i projektet, så att man inte levererar laddlösningar med mycket hög effekt till maskiner som inte kan ta emot den.
- **Mobila laddstationer (utan batterier) är mer kostnadseffektiva** om tillräcklig och hög effekt finns tillgänglig från elnätet.
- **Kompetens kring laddkurvor för olika maskiner bör ingå i planeringen**. Detta gör det möjligt att beräkna laddtider under arbetsdagen med hänsyn till maskinernas uteffekt, där laddeffekten reduceras när batteriets State of Charge (SOC) närmar sig 80 %. Olika maskiner har olika uteffekter, så denna kompetens är därför viktig.
- **Avstånd inom projektet bör beaktas i planeringen**, så att förluster i elkablar och maskinernas förflyttning till laddare kan beräknas och laddarna placeras korrekt.
- **Datainsamling måste planeras** innan projektet startar.
- **Utsläppsfria byggarbetsplatser är tekniskt möjliga, även med begränsad effekt från elnätet**, men då blir kostnadseffektiviteten en avgörande fråga.

6 Tillgängliga verktyg för att planera en utsläppsfri byggarbetsplats

- **Aneo Build (f.d. Eviny)** har tagit fram en effektkalkylator där effektbehovet för den aktuella byggarbetsplatsen kan beräknas på några minuter genom att fylla i fyra enkla steg.
Länk till Aneo Builds verktyg: [Beregn effektbehovet på byggeplassen](https://www.aneobuild.com/no/produkter/ladehenger)
- **Volvo Construction Equipment** har tagit fram ett verktyg för att beräkna laddnings- och drifttidsbehovet för större elektriska arbetsmaskiner. En begränsning med detta verktyg är att endast Volvos egna arbetsmaskiner och laddare kan väljas för beräkningar. En annan begränsning är att det inte går att aggregera el- och effektbehovet för flera maskiner som ska laddas samtidigt. En fördel

²¹ <https://www.aneobuild.com/no/produkter/ladehenger>

med verktyget är att man kan se hur arbetsdagen kan planeras utifrån laddschemat och få tips för att se till att maskinerna är fulladdade och redo att köras i början av arbetsdagen. Man kan till exempel använda verktyget för att se hur lång laddningstid som krävs under dagen och natten för att klara av ett visst antal arbetstimmar under en dag.

Input:

Användaren väljer en specifik eldriven arbetsmaskin utifrån Volvo CE:s produktlista. Sedan väljs laddare, arbetsbelastning, längd på arbetsdag, planerade dagliga stopp och tomgångskörning. Även hyttvärmare och AC kan väljas som tillägg.

Output:

Uppskattade laddningstider och drifttid på full batteriladdning för den valda arbetsmaskinen presenteras som en översikt med generella tips. Om arbetsmaskinen behöver laddas under dagens drifttimmar presenteras detta, samt hur många minuters laddning som krävs för att klara resten av arbetsdagen.

Länk till Volvo CE:s verktyg: [Kalkylator för laddning och drifttid](#)

- **Sweco** har inom Cleancon II tagit fram ett verktyg för planering av en utsläppsfri byggarbetsplats med begränsad tillgänglig effekt. Inom delprojektet har flera relevanta aktörer intervjuats, både sådana som deltar i Cleancon II och utanför, för att fånga upp vad verktyget ska uppnå för att vara användbart i planerings- och projektfas. Utgångspunkten för framtagande av verktyget har bland annat varit att det ska kunna komplettera befintliga, offentliga verktyg. [Verktyget är ett excelverktyg som presenteras på Cleancons hemsida våren 2026.](#)

Input:

Krav på utsläppsreduktion (%), typ av arbetsmaskin, antal maskiner, arbetsintensitet för de olika maskinerna, om projektet sker i en urban, landsbygdsmiljö eller off-grid, tillgänglig nätkapacitet (kW) årstid, arbetstid varje dag och total projekttid i antal dagar.

Output:

Resultaten från inputen ger en ekonomisk analys av vilka maskiner som bör elektrifieras till lägst kostnad sett till eventuella utsläppskrav. Totala besparade utsläpp redovisas, likaså kostnad per sparade utsläpp (kr/ton CO₂eq). Outputen visar också total merkostnad för 6 olika scenarier (Scenario A-F) jämfört ett nollscenario där dieseldrivna maskiner används. Scenarierna innefattar:

- Scenario A: Nätanslutning + elmaskiner
- Scenario B: Nätanslutning + batterilager + elmaskiner
- Scenario C: Vätgasgenerator + elmaskiner
- Scenario D: Vätgasgenerator + batterilager + elmaskiner
- Scenario E: Vätgasgenerator + vätgasmaskiner
- Scenario F: Nätanslutning + elmaskiner + vätgasmaskiner

Även andra användbara nyckeltal så som maximalt dimensionerande effektbehov [kW], antal normalladdare, antal snabbaddare och total energiförbrukning [kWh].

7 Checklista

För denna vägledare har en checklista tagits fram, som kan användas som ett beslutsträd för planering och genomförande av utsläppsfria byggarbetsplatser.

Checklista

Hur är tillgången till elnätet på byggarbetsplatsen?

