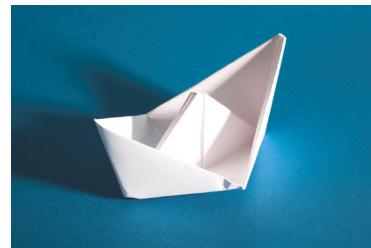




LIGHTHOUSE REPORTS

Hamnen som en energihubb



Ett innovationsprojekt initierat av Lighthouse, publicerad
Juni 2026

Hamnen som en energihubb

Utveckling av ett energiomställningsverktyg för hamnar

Författare

Jessica Wehner, VTI

Gabriella Grenander, VTI

David Daniels, VTI

Sara Rogerson, RISE Research Institutes of Sweden

Anna Skötte, RISE Research Institutes of Sweden

Joanne Ellis, RISE Research Institutes of Sweden

I samarbete med

Sandra Sönerberg, Landskrona Hamn AB

Linus Olsson, Landskrona Hamn AB

Joakim Ströberg, Södertälje Hamn AB

Detta innovationsprojekt har genomförts inom Trafikverkets branschprogram Hållbar sjöfart, som drivs av Lighthouse.

Summary

Ports are important hubs in the transport system. Climate goals and the energy transition drive electrification. The electrification of port operations, ships, and land transport lead to significantly increased electricity demand. However, it is challenging to assess future power and energy needs, which complicates planning for infrastructure upgrades and investments in ports.

This report describes a project in which the analytical planning tool for electrification in ports – HELP –Hamnars ElPlaneringsverktyg (*in Swedish*) – has been developed to function as an overview planning and dialogue support for ports in the transition towards a more electric and fossil-free future. The tool was created in Excel and developed in close collaboration with ports to ensure user-friendliness, practical applicability, and adaptability to local needs.

HELP is intended to support early analyses, comparisons, and discussions regarding future electricity needs and alternative measures, but does not replace detailed investment, planning, or sizing documentation. The tool is freely available for download on the project's website (www.vti.se/help-verktyg). To increase user-friendliness, a user guide has also been developed.

The tool compiles electricity consumption, peak power, and CO₂e emissions. Important components of the tool are equipment, measurement points, and vessels' shore power requirements. There is also a scheduling module, allowing ports to adjust when electricity is needed, which affects peak power. To manage uncertainties in expected electricity demand, the tool provides standard values for calculating energy needs, both for equipment and for vessels' shore power requirements.

The tool does not identify which solutions or courses of action the port should take. However, the port can use the tool to test the outcome of different measures, for example if a specific piece of equipment is replaced with another. By comparing different measures, such as the electrification of various machines, decision support is provided for a transition plan for the port. Thus, the port can use the tool to prioritize between measures as well as to support the planning of when different measures should be implemented

As a result, Swedish ports will have access to a basic analytical structure to support their transition work as electrification increases, including coordination and dialogue between ports and electricity grid companies.

Sammanfattning

Hamnar är viktiga knutpunkter i transportsystemet. Klimatmål och energiomställningen driver på elektrifiering. Elektrifieringen av hamnverksamhet, fartyg och landtransporter innebär ett kraftigt ökat elbehov. Dock är det utmanande att bedöma framtida effekt- och energibehov, vilket försvårar för hamnar i sin planering av infrastruktur-uppgraderingar och investeringar.

I detta projekt har det analytiska verktyget HELP – Hamnars ElPlaneringsverktyg utvecklats för att fungera som ett översiktligt planerings- och dialogstöd för hamnar i omställningen mot en mer eldriven och fossilfri framtid. Verktyget har tagits fram i Excel och utvecklats i nära samarbete med hamnar för att säkerställa användarvänlighet och praktisk tillämpbarhet och möjlighet att anpassa till lokala behov.

HELP är avsett att stödja tidiga analyser, jämförelser och diskussioner kring framtida elbehov och åtgärdsalternativ, men ska inte användas som eller ersätta detaljerade investerings-, projekterings- eller dimensioneringsunderlag. Verktyget finns tillgängligt fritt nedladdningsbart på projekthemsidan (www.vti.se/help-verktyg). En användarguide har också tagits fram för att öka användarvänligheten.

Verktyget sammanställer elförbrukning, effekttoppar och CO₂e-utsläpp. Viktiga komponenter i verktyget är utrustning (maskiner), mätpunkter och landströmsbehov från fartyg. Det finns också en schemalägningsmodul vilket gör att hamnar kan justera när el behövs vilket påverkar effekttoppar. För att hantera osäkerheter i förväntad elbehov tillhandahåller verktyget schablonvärden för beräkningar av energibehov, dels för utrustning, dels för fartygs behov av landström.

Verktyget identifierar inte vilka lösningar eller vägval som hamnen bör ta. Däremot kan hamnen använda verktyget till att testa utfallet av olika åtgärder, t.ex. om en specifik utrustning byts ut jämfört med en annan. Genom att jämföra olika åtgärder, såsom elektrifiering av olika maskiner, ges beslutsunderlag för en omställningsplan för hamnen. Därmed kan hamnen använda verktyget för att prioritera mellan åtgärder samt som ett stöd i planering av när olika åtgärder ska genomföras.

Verktyget ger därmed alla svenska hamnar tillgång till en grundläggande analytisk struktur som stöd i sitt omställningsarbete och samordning och dialog mellan hamnar och elnätsföretag i takt med ökad elektrifiering.

Förord

Detta projekt har finansierats av Trafikverkets branschprogram Hållbar sjöfart och leds av VTI i samverkan med RISE. Författarna till rapporten vill rikta ett varmt tack till Trafikverket samt till Lighthouse, som driver branschprogrammet, för finansiellt stöd och värdefullt engagemang under projektets genomförande.

Vidare vill författarna tacka de hamnar som har bidragit genom datainsamling och genomgångar inom ramen för projektet. Ett särskilt tack riktas till projektets partnerhamnar, Landskrona Hamn AB och Södertälje Hamn AB, för ett nära och konstruktivt samarbete.

Slutligen vill författarna tacka samtliga aktörer som deltagit i projektets avslutande spridningsinsatser och i testningen av verktyget HELP. Det stora engagemanget och de värdefulla diskussionerna har varit mycket uppskattade.

Göteborg, april 2026

Jessica Wehner, projektledare
Senior forskare, VTI

Rapporten har kvalitetsgranskats enligt VTIs kvalitetssäkringssystem.

Granskare/Examiner

Petter Huddén, Intuizio.

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTIs uppfattning./The conclusions and recommendations in the report are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of VTI as a government agency.

Publikationen godkänd för publicering/Publication approved for publication

Magnus Berglund, VTI.

Innehåll

1	Inledning.....	6
1.1	Bakgrund.....	6
1.2	Syfte och mål	7
2	Genomförande.....	9
2.1	Utvecklingsprocess.....	9
2.2	Schablonvärden för energianvändning och CO ₂ e-utsläpp.....	10
2.2.1	Energianvändning per energipost.....	10
2.2.2	Emissionsfaktorer och beräkning av växthusgasutsläpp	13
2.3	Elproduktion.....	14
3	Hamnars elplaneringsverktyg.....	15
3.1	Verktygets struktur och innehåll	15
3.2	Verktygets användning.....	17
3.2.1	Tidsupplösning och val av analysperiod	18
3.2.2	Användare.....	19
3.2.3	Nulägesanalys (basscenario)	19
3.2.4	Prognoser (framtidsscenarier)	21
3.2.5	Versionshantering och dokumentation	23
3.3	Nyttiggörande	23
3.4	Användarguide och HELP version 1.0.....	23
4	Diskussion och slutsatser	25
4.1	Diskussion av verktyget.....	25
4.2	Fortsatt användning och utveckling.....	27
4.2.1	Stöd för hamnars omställning för emissionsminskning.....	27
4.2.2	Stöd i dialog mellan hamnar och elnätsföretag.....	28
4.2.3	Fortsatt utveckling av verktyget.....	28
4.3	Slutsatser	30
5	Referenser.....	32
	Appendix I – Resultatspridning.....	35
	Appendix II – Användarguide.....	36

1 Inledning

Detta kapitel ger en bakgrund till det arbete som har genomförts inom projektet ”Hamnen som en energihubb: Utveckling av ett energiomställningsverktyg för hamnar”, samt redogör för projektets syfte och mål.

1.1 Bakgrund

Klimatmålen och energiomställningen driver på en snabb elektrifiering av transportsystemet. Sveriges utsläppsmål innebär att de inhemska utsläppen från sjöfart ska nå nettonoll senast 2045, vilket ställer nya krav på landets hamnar att stödja denna omställning (t.ex. Färdplan Hållbar Hamn, 2023). Hamnarna behöver inte bara elektrifiera sina egna verksamheter, såsom kranar, utrustning eller fordon, utan också kunna erbjuda landström till fartyg vid kaj.

EU-förordning 2023/1804 om utbyggnad av infrastruktur för alternativa bränslen trädde i kraft 2024. Denna förordning inkluderar bindande nationella mål för utbyggnad av infrastruktur för vägfordon, fartyg och flygplan. Målet för 2030 är att TEN-T hamnar, både *core* och *comprehensive*, ska kunna erbjuda landström till containerfartyg och passagerarfartyg över 5000 GT (Europaparlamentet, 2023). På längre sikt kommer hamnar även behöva tillhandahålla koldioxidfria bränslen, oavsett om de baseras på elektricitet, biogent material eller en kombination av dessa (se t.ex. EU-projekten “Ports towards energy self-sufficiency” (Europeiska kommissionen, 2022) och “The Sustainability Educational Programme for Greener Fuels and Energy on ports” (SEANERGY, 2023)). Dessutom kan även laddning av lastbilar som hämtar och lämnar gods i hamnen behöva erbjudas.

Denna utveckling innebär att hamnarnas elförbrukning väntas öka kraftigt i framtiden. En studie av Transportföretagen (2023) uppskattar att hamnarnas elbehov kan stiga med minst 230 % till 2030, exklusive energiförbrukning för elektrifierade lastbilar som trafikerar hamnarna. En kartläggning från Sveriges Hamnar (2025) visar att 24 strategiska hamnar står inför investeringsbehov på 1,4–1,9 miljarder kronor för att möta den kraftigt ökande effektbehoven fram till 2030, med stor osäkerhet och finansiella hinder för genomförande. Det ökade effektbehovet riskerar också att skapa flaskhalsar i elnäten och ökad sårbarhet vid effekttoppar eller störningar.

Samtidigt medför omställningen att hamnar kan utvecklas till energihubbar och därigenom bidra aktivt till energiförsörjningen för den egna verksamheter samt för externa besökare. Med *hamn som energihubb* avses att hamnen, utöver sin roll som transportnav, fungerar som en central nod för mottagning, lagring och distribution av flera energibärare till hamnverksamhet, vägtransporter och fartyg. I en fossilfri framtid förutsätts dessa energibärare i huvudsak vara fossilfria, vilket stärker hamnarnas roll som aktiva energihubbar i lokala energisystem. Egenproducerade elöverskott kan på sikt avyttras till elleverantör eller på elmarknad, vilket både ökar stabiliteten i det lokala energisystemet och förbättra hamnarna ekonomiska konkurrenskraft. Det finns potential för lokal produktion av förnybar energi, exempelvis genom vind- och solkraft, samt energilagring. Den långsiktiga omställningen mot att bli energinoder (Bach et al., 2022) är en logisk utveckling av hamnarnas etablerade roller som logistiknoder (Von Wieding et al., 2023) och digitala noder (Lind et al., 2021) inom det maritima transportsystemet.

Digitala tvillingar visar dessutom hur energianvändningen kan effektiviseras genom att bättre nyttjande av hamnens resurser, anläggningar och verksamheter (Klar et al., 2023a; b).

Även hamnar som följer upp inköp av olika bränsletyper (t.ex. diesel) och el kan sakna en samlad bild över sina energibehov. Osäkerheter råder särskilt kring hur framtida utrustnings- och bränsleutbyten kommer att påverka befintliga verksamheten och energiförbrukningen. Ökad kunskap om framtida elbehov är därför avgörande för planering av infrastruktur, nätanslutningar och investeringar.

I förstudien "Hamn som energihubb: Uppskattning av efterfrågan på el" (Wehner et al., 2024) sammanställdes befintlig kunskap genom litteratursökning och diskussioner med en svensk hamn. I förstudien utvecklades en analytisk datataxonomi för att kategorisera energiförbrukning i hamnar utifrån aktivitet. Utgångspunkten var arbetet av Bach et al. (2022), där en mognadsmodell för hamnar samt en översikt över ekosystemet utvecklades. Taxonomi omfattade energikrävande aktiviteter inom:

- a) hamnområdet,
- b) verksamheter utanför hamnen men kopplade till den, samt
- c) energiproduktion och energilagring i hamnen.

Förstudien visade att trots vissa svenska hamnar har tydliga planer på att ställa om sina egna verksamheter och stödja omställningen för sjöfarten till minskade fossila utsläpp, saknar många hamnar tillräckliga resurser och dedikerad personal för att undersöka konsekvenserna av omställningen på ett mer detaljerat sätt. Trots möjligheten för hamnar att fungera som energihubbar och samordna energiförbrukning hos olika aktörer i och omkring hamnen, begränsas ofta sådana långsiktiga strategiska insatser av dagliga operativa krav. Detta skapar en möjlighet att utveckla stöd som kan underlätta hamnars strategiska planering och därigenom frigöra tid för mer värdeskapande samarbete.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att stödja svenska hamnar i att minska sina egna utsläpp och att bidra till minskade utsläpp från sjötransporter, genom att stärka deras förmåga att analysera och planera omställningen till fossilfrihet. Projektets mål är att utveckla ett analytiskt planeringsverktyg för energiomställning i hamnar som ger tillgång till en grundläggande analytisk kapacitet och förbättrar de individuella omställningsplanerna. Särskilt små och medelstora hamnar, med begränsade analytiska resurser, tid och kapacitet, får därmed ett stöd i arbetet med att minska utsläppen.

Verktyget underlättar också samverkan mellan hamnarna när de koordinerar sitt stöd till sjötransporternas omställning. Den kunskap som generas med hjälp av verktyget (t.ex. hamnens elförbrukningsprofiler) fungera i sig som beslutsunderlag och kan användas i dialoger med energileverantörer och -distributörer samt andra aktörer knutna till hamnen.

Många hamnar använda sig av liknande utrustning, varför ett generisk beräkningsverktyg utvecklas som kan användas av flera hamnar. Trots verktygets generiska struktur och inlagda schablonvärden beror resultaten mycket på indata, vilken kan anpassas och justeras efter hamnens eget behov och faktiska värden. Verktyget fångar energianvändning per process och aktivitet och uppskattar hur planerade åtgärder

påverkar energianvändning och utsläpp. Projektet ”Hamnen som en energihubb: Utveckling av ett energiomställningsverktyg för hamnar (IP14_2024)” bygger vidare på förstudien inom Lighthouse, ”Hamn som energihubb: Uppskattning av efterfrågan på el”, som identifierade behovet av ett sådant verktyg.

2 Genomförande

Verktyget **HELP – Hamnars EIPlaneringsverktyg** (som beskrivs närmare i avsnitt 3) utvecklades i nära, iterativt samarbete med svenska hamnar för att fånga deras behov och säkerställa användarvänlighet och praktisk tillämpbarhet. Processen, baserad på studiebesök, intervjuer och workshoppar, beskrivs i avsnitt 2.1 *Utvecklingsprocess*. En viktig del i verktygets utveckling var datainmatningen. Schablonvärden togs fram för att ge hamnarna en första indikation och har integrerats i verktyget enligt avsnitt 2.2 *Schablonvärden för energianvändning och CO₂e-utsläpp*.

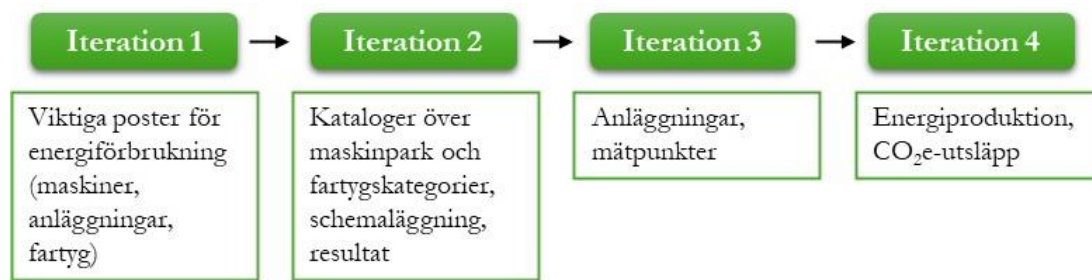
2.1 Utvecklingsprocess

Användarvänlighet och tillgänglighet var viktiga parametrar i utvecklingen av energiomställningsverktyget. Tidigt beslutades att bygga verktyget i Excel, en programvara som de flesta har tillgång till, för att sänka tröskeln för användning samt möjliggöra anpassning till lokala förutsättningar. Samtidigt innebär Excel-formatet vissa begränsningar för verktygets utformning. Exempelvis behöver olika scenarioversioner sparas i separata filer, och spårbarheten av hamnarnas individuella indata kan vara svår att upprätthålla om inte noggrann dokumentation förs.

För att förenkla arbetet för användaren byggdes en tydlig filstruktur. Utformningen skedde i nära samarbete med hamnar och potentiella slutanvändare för att säkerställa praktisk nytta. Processen bestod av fyra iterationer:

1. **Första iterationen** av verktyget byggde vidare på förstudien (Wehner et al., 2024) med ett initialt Excel-verktyg som inkluderade centrala poster för energiförbrukning: maskiner, byggnader och fartyg. Verktyget testades i två hamnar, vilket gav återkoppling om förbättringsmöjligheter. Ett utpekad problem redan i förstudien var datatillgång (Wehner et al., 2024) vilket ledde till vidareutveckling för att bättre stödja hamnarna (se nästa punkt).
2. I **andra iterationen** av verktyget skapades nya Excel-blad för översikt av maskinparken och ankommande fartyg. Detta fylldes på med exempelmaskiner samt fartygskategorier och erbjuder kataloger av schablonvärden. Två blad lades till för schemaläggning, dels av maskiner, dels av fartygsanlöp, för att kunna kartlägga energianvändning över dygnet under en utvalda vecka. Dessutom skapades flera resultatblad med grafer och tabeller. Denna version av verktyget testades vid flera tillfällen de deltagande hamnarna och förfinades utifrån återkopplingen. Versionen presenterades även för internationella hamnar, vilket möjliggjorde ytterligare inspel.
3. I **tredje iterationen** av verktyget låg fokus på anläggningars energiförbrukning och det faktum att det är vanligt att hamnar har flera mätpunkter med olika avtal. Verktyget anpassades för att kunna redovisa resultat per mätpunkt. Denna utveckling av verktyget avstämde fortlöpande med en av de deltagande hamnarna och presenterades vid VTI:s Transportforum 2026 vilket gav ytterligare input.
4. I **fjärde iterationen** av verktyget lades ett blad för energiproduktion till. Verktyget byggdes också ut till att inkludera CO₂e-utsläpp baserat på inmatad

energianvändning. Denna version presenterades för flera hamnar och finjusterades.



Figur 1: Process i verktygsutvecklingen med fyra iterationer

Upplägget med flera iterationer och kontinuerlig dialog med hamnar möjliggjorde löpande testning och förbättring av verktygets användbarhet. Vid flera workshoppar och presentationer i slutet av projektet, spreds verktyget brett (se *Appendix I – Resultatspridning*).

2.2 Schablonvärden för energianvändning och CO₂e-utsläpp

HELP är utformat för att möjliggöra energiplanering i hamnar även i situationer där detaljerad operativ data saknas. Verktyget kombinerar därför användarinmatad aktivitetsdata (t.ex. drifttider, anlop, effektbehov) med schablonvärden för energianvändning och emissionsfaktorer för olika energibärare.

I detta avsnitt beskrivs först hur energianvändning uppskattas för olika energianvändande poster i hamnen, därefter hur växthusgasutsläpp beräknas från olika energibärare. Syftet är att tydliggöra vilka schabloner och antaganden som tillämpas i verktyget samt deras datakällor och begränsningar

2.2.1 Energianvändning per energipost

2.2.1.1 Anläggningar

För elförbrukning från icke-mobila konsumenter, såsom kontorsbyggnader, lager, verkstäder, kajbelysning och annan fysisk infrastruktur, kan faktisk förbrukningsdata som tillhandahålls av elnätsföretaget för hamnområdet matas in direkt av användaren. Tim- eller kvartsvärden som erhålls från hamnens elnätsföretag kan föras in i Excel-bladet på timnivå och kopplas till respektive mätpunkt.

Energiförbrukningen per kvadratmeter varierar avsevärt mellan olika byggnadstyper och påverkas av flera faktorer, såsom byggnadens ålder, verksamhetstyp, belysningsteknik samt behov av värme och kyla. Därför är det att föredra att använda faktisk förbrukningsdata framför schabloner, eftersom de flesta användare har god tillgång till aggregerade förbrukningsdata från sitt elnätsföretag.

Enligt ellagen (1997:857¹), 6 kap. 5 § har kunder – däribland hamnar – rätt att utan extra kostnad få ut sina mätvärden på tim- eller kvartsbasis från sitt elnätsföretag.

¹ https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/ellag-1997857_sfs-1997-857/#K6

2.2.1.2 Fartyg vid kaj

Energibehovet för fartyg vid kaj varierar avsevärt beroende på fartygsstorlek, typ, motoregenskaper och vilken utrustning ombord som används vid hamnuppehåll. Eftersom hamnoperatörer generellt inte har tillgång till detaljerad information om anlöpande fartygs faktiska energianvändning tillhandahåller verktyget genomsnittliga schablonvärden för huvudfartygstyper för olika storleksklasser (se Excel-blad *Fartyg – Katalog*).

De schablonvärden som används i HELP baseras på hjälpmotorernas genomsnittliga effektbehov i driftsläget "vid kaj", enligt Internationella sjöfartsorganisationens (IMO) fjärde växthusgasstudie (Faber et al., 2021). Effektvärdena anges i kilowatt (kW) och redovisas per fartygstyp och storleksklass, med samma kategorisering som angavs i IMO-studien (Faber et al., 2021).

Även om fartyg vid kaj kan använda både hjälpmotorer och pannor när huvudmotorerna är avstängda, inkluderades i verktyget endast det genomsnittliga energibehovet från hjälpmotorerna i fartygskatalogen. Hjälpmotorer genererar elektricitet för ombordbruk, medan pannor vanligtvis används för uppvärmning genom ångproduktion. Tankfartyg kan också använda ångan för att driva lastpumpar (EMSA, 2022). Det är tekniskt möjligt att elektrifiera eller eftermontera fartygspannor för att använda el från land (Osipova och Carraro, 2023), men det kräver ytterligare investeringar på fartyget och ligger utanför verktygets generella tillämpningsområde. Vidare omfattas inte gas- eller oljeeldade av kraven på avstängning vid kaj enligt förordning (EU) 2023/1805 om användning av förnybara och lågkoldioxidbränslen i sjöfart (Europeiska kommissionen, o.å.). Mot denna bakgrund har endast hjälpmotorns effektbehov valts som grund för schablonvärdena i HELP. Det är viktigt att notera att fartyg ofta byggs i mindre serier eller som unika konstruktioner och kan genomgå betydande eftermonteringar och modifieringar under en livslängd som kan överstiga 30 år. Därför kan avvikelser från ett genomsnittligt energianvändningsvärde vara betydande för enskilda fartyg. De schablonvärden som tillhandahålls i verktyget ska därför betraktas som indikativa uppskattningar av energibehovet vid kaj.

Behovet av landbaserad elförsörjning för fartyg bedöms vara en av verktygets mest osäkra delar. Resultaten bör därför tolkas som indikativa planeringssignaler snarare än exakta dimensioneringsunderlag. För specifika fartyg som identifierats som kandidater för anslutning till landström bör energidata i möjligaste mån inhämtas direkt från fartygsoperatörer för att öka tillförlitligheten i analyserna.

2.2.1.3 Maskiner och fordon

I så stor mån som möjligt bör användarna fylla i hamnens egen utrustnings effektbehov och förbrukning, om dessa värden är kända för den aktuella hamnen. Om hamnen däremot inte har tillgång till sådan information är schablonvärdena framtagna för olika typer av fordon och utrustning och storleksklasser som typiskt förekommer i en svensk medelstor hamn i dagsläget (se Excel-blad *Maskiner – Katalog*).

Urvalet av kategorier och utrustning för vilka schablonvärdena beräknats har inspirerats från tidigare studier, såsom *Hamnen som Energibubb* (Wehner et al., 2024), och *Hamnen som Energinod* (Bach et al, 2022), samt andra energikartläggningsstudier (Edström, 2024;

Nilsson & Hedberg, 2014; Iris & Lam, 2019). Även utrustning som beskrivs som hamnspecifik i tillverkarens produktblad och broschyrer har inkluderats.

För varje katalogiserad produkt i *Maskiner* Katalog anges ett uppskattat medeleffektbehov i kW. För dieseldrivna motorer redovisas även genomsnittlig dieselförbrukning, och för batterielektriska maskiner anges deras batterikapacitet. Underlaget har hämtats från tillverkarnas datablad och tekniska specifikationer, exempelvis Liebherr, Volvo, Kalmar, Caterpillar och Volkswagen. I de fall där fullständig information saknats har rimliga uppskattningar gjorts baserat på produktens storleksklass och jämförbara produkter inom samma kategori. I de flesta av dessa fall har det specifikt varit dieselförbrukningen som behövt estimeras.

För att kunna beräkna hur mycket energi varje maskin eller fordon använder i hamnen krävs ett värde på dess genomsnittliga ingångseffekt, vilket i katalogen anges som medeleffektbehov. Genom att kombinera detta värde med information om hur länge utrustningen används kan energiförbrukningen beräknas i kilowattimmar (kWh). Denna metod är tillämpbar oavsett om energin tillförts via flytande bränsle (t.ex. diesel), elnät, eller andra källor.

Medeleffektbehovet (kW) kan fastställas på olika sätt beroende på vilken information som finns tillgänglig. För dieseldrivna maskiner kan det härledas genom att utgå från motorns nominella utgångseffekt tillsammans med dess bränsleförbrukning i liter per timme (l/h). För elektriskt drivna maskiner uppskattas motsvarande ingångseffekt genom antaganden om motorns verkningsgrad och utnyttjandegrad.

I dessa beräkningar har ett antal förenklade antagande och schabloner varit nödvändiga. För elektriskt drivna produkter antas kapacitetsfaktorn motsvara den hos en jämförbar dieseldriven modell, medan elmotorns verkningsgrad antas ligga omkring 0,9.

Kapacitetsfaktorn för de dieseldrivna motorerna har i sin tur beräknats utifrån deras bränsleförbrukning och utgångseffekt, där den genomsnittliga verkningsgraden antagits vara typisk för förbränningsmotorer i denna storleksklass.

För många arbetsmaskiner och dieseldrivna drivlinor anses en mekanisk verkningsgrad omkring en tredjedel vara ett rimligt, om än förenklat, antagande. Detta ligger i linje med typiska prestanda för förbränningsmotorer i liknande tillämpningar och ger en praktiskt användbar approximation av motorns utnyttjandegrad. I schablonberäkningarna har därför en detta värde använts som representativt riktvärde för att härleda kapacitetsfaktorn när detaljerade mätdata saknas.

Det är viktigt att betona att dessa schablonvärden inte utgör universella tekniska värden, utan ska betraktas som översiktliga och vägledande uppskattningar av rimliga effektbehov och därmed energiförbrukning för respektive typ av utrustning. Resultaten är avsedda för planerings- och jämförelseändamål och bör inte användas som underlag för detaljerad dimensionering eller investeringsbeslut utan kompletterande, objektspecifika data.

2.2.2 Emissionsfaktorer och beräkning av växthusgasutsläpp

HELP beräknar växthusgasutsläpp dynamiskt genom att kombinera beräknad energianvändning eller bränsleförbrukning med emissionsfaktorer för respektive energibärare. Verktuget innehåller inga förberäknade utsläppsvärden per energipost. I stället appliceras emissionsfaktorer för TTW² och WTW³ konsekvent på den faktiska eller schabloniserade energianvändning som beräknas för fartyg, fordon och anläggningar (se avsnitt 2.2.1 *Energianvändning per energipost*). De energibärare som omfattas i HELP i dagsläget är marin dieselloolja (MDO), diesel (MK1 och HVO100) och el.

2.2.2.1 Marina destillatbränslen

Marina destillatbränslen är ett övergripande begrepp för flytande marina bränslen som framställs genom destillation av råolja. För fartyg vid kaj beräknas växthusgasutsläppen baserat på användning av marin dieselloolja (MDO), som normalt används i hjälpmotorer. Bränsleförbrukningen beräknas i HELP utifrån hjälpmotorens uppskattade effektbehov (kW), i kombination med liggetid vid kaj och antal anlöp, samt den specifika bränsleförbrukningen (SFC) i g/kWh för hjälpmotorer byggda 2001 eller senare (Faber et al., 2021).

TTW-utsläppen uppskattades med bränslebaserade emissionsfaktorer för MDO avseende CO₂, CH₄ och N₂O hämtade från FuelEU Maritime-förordningen (Förordning (EU) 2023/1805). Dessa omvandlas till koldioxidekvivalenter (CO₂e) med hjälp av multiplikationsfaktorer för global uppvärmningspotential över 100 år, enligt IPCC:s femte utvärderingsrapport.

WTW-utsläppen beräknas genom att till TTW-utsläppen addera ett standardiserat WTT⁴-värde för MDO, även detta från FuelEU Maritime. På så sätt representerar WTW-värdet de samlade utsläppen från bränslets produktion, distribution och användning.

2.2.2.2 Diesel

För arbetsmaskiner och fordon som drivs med diesel beräknas växthusgasutsläppen genom att kombinera uppskattad bränsleförbrukning med emissionsfaktorer för diesel.

TTW-utsläppen bestäms med hjälp av bränslebaserade emissionsfaktorer från Drivkraft Sveriges rapport Beräkningsfaktorer 2025 (Drivkraft Sverige, 2025). Dessa omfattar utsläpp av CO₂, CH₄ och N₂O och redovisas i CO₂e.

WTW-utsläppen beräknas med hjälp av kompletterande emissionsfaktorer för bränslets uppströmsled, hämtade från Energimyndighetens rapport Drivmedel 2024 (Energimyndigheten, 2024). Samma emissionsfaktorer tillämpas oberoende av var i hamnen maskinen eller fordonet används.

2.2.2.3 Elektricitet

För elanvändning i hamnen, oavsett om den avser anläggningar, maskiner eller landanslutna fartyg, har HELP valt att tillämpa en egen beräknad WTW-emissionsfaktor

² Tank-to-Wheel (TTW) omfattar utsläppen som uppstår när drivmedlet används i fartyget/fordonet, det vill säga utsläppen från själva driftfasen.

³ Well-to-Wheel (WTW) omfattar den totala klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv, från det att råvaran utvinns tills fartyget/fordonet kört sin sträcka.

⁴ Well-to-Tank (WTT) omfattar utsläpp från utvinning och produktion av råvara, raffinering, transport och distribution av drivmedlet fram till att det finns i fartygets/fordonets tank.

för el. Skälet är att befintliga riktlinjer och datakällor skiljer sig åt vad gäller systemgränser och geografisk avgränsning.

Naturvårdsverket anger i sina riktlinjer för Klimatklivet att beräkningar av utsläppsminskning ska använda en emissionsfaktor på 59 g CO₂e/kWh för el (Naturvårdsverket, 2026). Detta värde bygger på en rapport framtagen av IVL Svenska Miljöinstitutet, där man beräknar utsläpp för den nordiska elmixen för åren 2021-2023. IVL:s metodik representerar en fullständig livscykelanalys (LCA), inklusive utsläpp från bränsleproduktion, nätförluster och infrastruktur. Rapporten visar bl.a. att den nordiska elmixens produktionsmix år 2023 uppgick till 35 g CO₂e/kWh, medan användningsmixen (med import/export) samma år var 45 g CO₂e/kWh (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2021).

En nordisk elmix är dock inte representativ för svenska hamnars elförbrukning, eftersom Sveriges elproduktion domineras av vattenkraft och kärnkraft, vilket ger en av Europas lägsta utsläppsintensiteter. Enligt Europeiska miljöbyrån (EEA) är Sveriges utsläppsintensitet för producerad el endast 7 CO₂e/kWh (European Environment Agency, 2025). Detta värde inkluderar dock enbart utsläpp från produktionsfasen och inte hela livscykeln, till skillnad från IVL:s rapport.

För att kombinera styrkorna från båda källorna har vi tagit fram ett värde som bättre speglar svensk användningsmix men även bibehåller LCA perspektivet. I IVL:s rapport motsvarar Sveriges produktionsutsläpp (7 g CO₂e/kWh) 20 % av den nordiska produktionsmixen (35 g CO₂e/kWh). Om vi antar att denna fördelning är proportionell även när IVL beräknar användningsmixen (45 g CO₂e/kWh år 2023), kan Sveriges andel uppskattas till:

$$0,20 \times 45 \text{ g CO}_2\text{e/kWh} = 9 \text{ g CO}_2\text{e/kWh}$$

Mot denna bakgrund inkluderar verktyget ett svenskt WTW-värde på 9 g CO₂e/kWh som standard. Samtidigt vill vi betona att i fallet att verktyget ska användas inför ansökan till Klimatklivet måste Naturvårdsverkets föreskrivna värde 59 g CO₂e/kWh tillämpas för att uppfylla myndighetens krav (Naturvårdsverket, 2026).

2.3 Elproduktion

Egen elproduktion i hamnen kan inkluderas vid behov, antingen genom användning av uppmätta värden eller genom estimerade värden. Uppmätt produktion kan anges på motsvarande sätt som elanvändning, medan estimerad produktion används i de fall där anläggningen ännu inte är i drift eller där mätdata saknas.

För användare som önskar uppskatta framtida elproduktion från exempelvis solcellsanläggningar tillhandahåller verktyget länkar till två etablerade och allmänt använda beräkningsverktyg: PVWatts Calculator (National Lab of the Rockies, n.å.) och PVGIS (Huld, Müller & Gambardella, 2012). Dessa verktyg kan användas för att ta fram timvisa produktionsprofiler som sedan matas in i HELP.

Produktion av el i hamnen påverkar den totala energibalansen genom att minska behovet av inköpt el, men ändrar inte de emissionsfaktorer som tillämpas för elanvändning i verktyget, vilka beskrivs i avsnitt 2.2.2.3 *Elektricitet*.

3 Hamnars elplaneringsverktyg

I projektet utvecklades ett analytiskt planeringsverktyg för energiomställning i hamnar, som döptes till **HELP⁵ – Hamnars ElPlaneringsverktyg**. HELP är utformat som ett struktur- och scenariorstöd för att möjliggöra systematiska analyser och jämförelser av olika omställningsalternativ i hamnars energisystem. Verktöget är därmed inte avsett att automatiskt identifiera eller rekommendera den bästa tekniska lösningen. Resultaten är avsedda att fungera som underlag för planering, dialog och scenariedömningar.

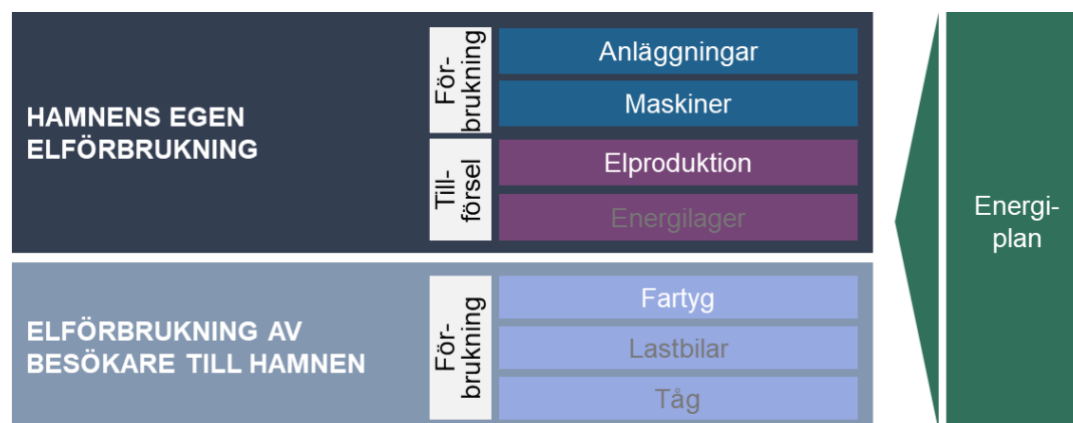
I följande avsnitt beskrivs verktygets struktur, innehåll, användning samt hur resultaten kan nyttiggöras i hamnars fortsatta planering av elektrifiering och framtida effektbehov.

3.1 Verktögets struktur och innehåll

Verktöget tar utgångspunkt i den strukturella indelning som identifierades i Wehner et al (2024) och omfattar:

- Hamnens egen elförbrukning*, där de största interna förbrukningsposterna är anläggningar och maskiner. Egen elproduktion kan också förekomma och minska behovet av inköpt el. Energilager kan vara en möjlighet att lagra energi och hantera variationer i effektbehov, men ingår i nuläget inte i verktöget.
- Elförbrukning från besökare i hamnen*, exempelvis fartyg, lastbilar och tåg. I HELP version 1.0 ligger fokus uteslutande på fartygens behov av landström. Detta innebär att elbelastning från elektrifierade lastbilar och järnvägstransporter ännu inte inkluderas. För hamnar där sådana transporter förväntas bidra till betydande framtida elförbrukning och effekttoppar kan denna avgränsning innebära att viktiga belastningssituationer inte fångas fullt ut i analyserna. I dessa fall behöver resultaten kompletteras eller utökas med ytterligare antaganden eller data för att ge en mer heltäckande bild av framtida effektbehov.
- Hamnars energiplaner*, vilka kan ge information om deras omställningsarbete med avseende på elektrifiering och bör beaktas vid framtagandet av framtidsscenarioer.

Strukturen sammanfattas i *Figur 2*.

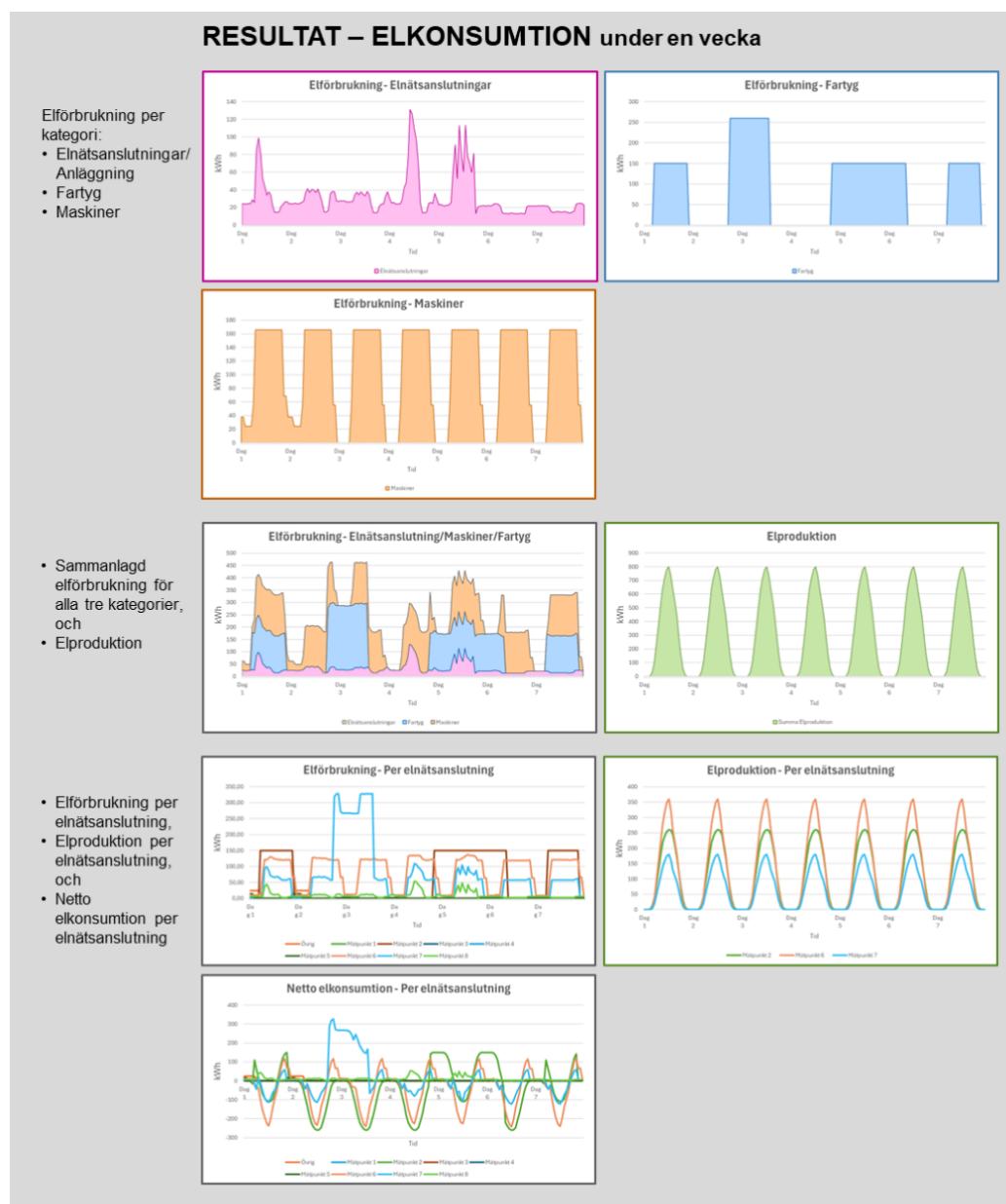


Figur 2: HELP:s struktur

⁵ Verktöget HELP kan laddas på projektets hemsida: <https://www.vti.se/help-verktyg>

Verktøget är byggt i Excel och består av flera blad som kan fyllas i beroende på vad användaren vill analysera, bland annat:

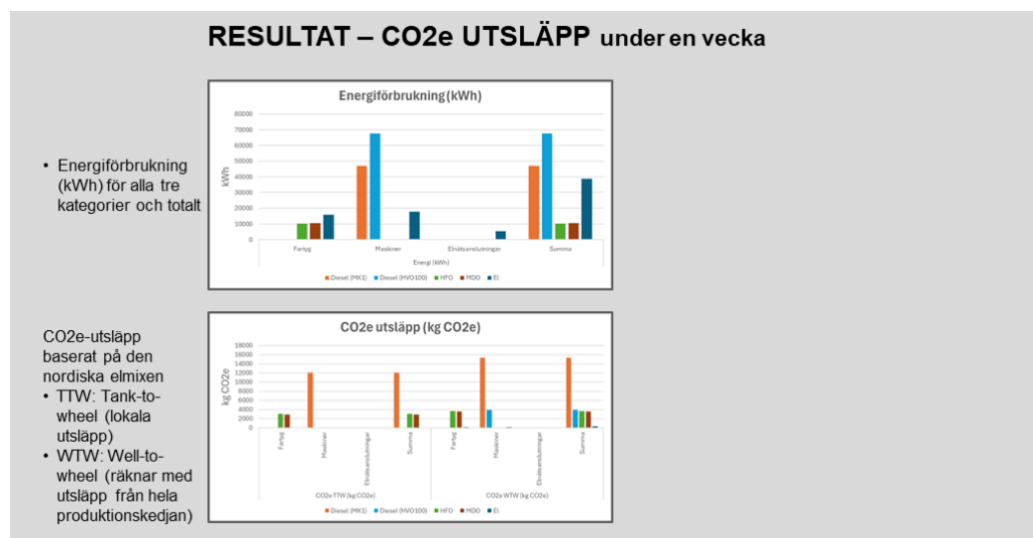
- *Elnätsanslutning* – förbrukning per anläggning eller mätpunkt med separat abonnemang. Förbrukningsdata per elnätsanslutning som läggs in i verktøget utgörs av den faktiska förbrukning som erhålls från elnätsägaren.
- *Fartyg* – omfattar en katalog över fartygskategorier samt ett blad för schemaläggning av när fartyg ligger vid kaj och om de behöver anslutning till landström. I verktøget placeras fartygsbladet före maskinbladet eftersom lastning och lossning av fartyg avgör vilka maskiner som behöver användas i valt scenario.
- *Maskiner* – omfattar motsvarande katalog över maskiner i hamnar, samt ett blad för schemaläggning av maskinernas användning respektive eventuell laddning.



Figur 3: HELPs sammanställning av Resultat – Elkonsumtion

Därutöver finns flera resultatblad (se *Figur 3*) som visar elförbrukning per kategori – elnätsanslutning, maskiner och fartyg – samt total elförbrukning och elproduktion över en vald vecka. Verktøget presenterar även elförbrukning, elproduktion och nettokonsumtion per elnätsanslutning.

Den totala energiförbrukningen för samtliga elanslutningar, maskiner och fartyg redovisas också, liksom beräknade CO₂e-utsläpp, baserat på den data som användaren matar in i verktøget (se *Figur 4*).



Figur 4: HELPs sammanställning av Resultat – CO₂e-utsläpp

3.2 Verktøgets användning

HELP kan användas för flera olika typer av analyser, beroende på vilken frågeställning och vilket beslutsstöd som är relevant för den enskilda hamnen. Verktøget är därmed inte knutet till ett specifikt användningsfall, utan syftar till att ge en översiktlig och flexibel analysram som kan anpassas efter hamnens behov. Följande övergripande användningsområden har identifierats:

Nuläges- och kunskapsuppbyggnad

- att få en uppskattning av nuvarande elförbrukning och hur den är fördelad mellan olika verksamheter och utrustning
- att få en uppskattning av nuvarande CO₂e-utsläpp (TTW, WTW)
- att öka förståelsen för energianvändningens drivkrafter och variation över tid

Framtidsscenarioer och omställningsanalys

- att analysera hur elförbrukningen kan komma att förändras över tid till följd av elektrifiering av utrustning och införande av landström
- att få en uppskattning av framtida CO₂e-utsläpp (TTW, WTW) samt i vilken utsträckning åtgärder kan leda till utsläppsminskningar
- att få ökad kunskap om framtida effektbehov, exempelvis kopplat till fartygens behov av landbaserad elförsörjning

Planering och dialog

- att skapa underlag för bedömning av om befintligt elabonnemang är tillräckligt, exempelvis vid ökad elanvändning
- att stödja dialog med nätägare och andra aktörer kring framtida effektbehov och möjliga åtgärder
- att få förståelse för hur laddning av maskiner kan schemaläggas i relation till deras användning
- att jämföra olika åtgärder (t.ex. elektrifiering av olika typer av utrustning, anslutning av landström vid olika antal kajer samt tillägg av solelproduktion kopplad till ett specifikt elabonnemang) och analysera vilka konsekvenser dessa har för effektbehovet

Denna gruppering ska ses som ett sätt att tydliggöra bredden i verktygets användningsmöjligheter, snarare än en rangordning av vad som är mest relevant. Vilka analyser som genomförs, och hur resultaten används, avgörs av hamnens specifika behov.

Beroende på vad som ska analyseras väljs vilken elförbrukning och eventuell elproduktion som inkluderas. Det går att analysera genomsnittlig förbrukning eller förbrukning under en intensiv period för att klarlägga effekttoppar.

3.2.1 Tidsupplösning och val av analysperiod

Tidsupplösningen i verktyget är en vecka, uppdelad i timvisa tidssteg. Detta innebär att analyserna genomförs för en representativ eller särskilt vald vecka, exempelvis en genomsnittlig driftvecka, i syfte att analysera typiska belastningsmönster, eller den mest intensiva veckan på året med flest anlöp, i syfte att stresstesta systemet för hög elanvändning och effekttuttag.

Valet av veckobaserad analys kombinerad med timvis upplösning är en medveten avvägning mellan användarvänlighet och analytisk detaljnivå. En veckobaserad tidsupplösning möjliggör en hanterbar indataprocess, samtidigt som den fångar variationer i verksamhet, energianvändning och effektbehov mellan olika dagar, tid på dygnet och typer av drift. Upplösningen lämpar sig för att analysera återkommande mönster, samvariation mellan fartyg, maskiner och anläggningar samt generella effekttoppar kopplade till hamnens verksamhet.

I praktiken har många hamnar tillgång till elanvändningsdata med högre tidsupplösning, ofta på kvartsnivå. Att använda timvis upplösning i HELP har dock bedömts vara en rimlig förenkling för att säkerställa att verktyget är lätt att använda och tillämpa i planeringssammanhang, samtidigt som de övergripande belastningsmönstren fångas på ett tillräckligt tillförlitligt sätt för strategisk analys.

Samtidigt innebär valet av timvis upplösning vissa begränsningar. Mycket kortvariga effekttoppar som uppstår inom delar av en timme fångas inte, och verktyget är därför mindre lämpat för mer finmaskig analys av snabba lastvariationer; för analyser där sådana aspekter är centrala kan mer specialiserade verktyg vara motiverade.

Energianvändning och effektbehov varierar över året till följd av säsongsmässiga förändringar i trafikmönster, verksamhetsintensitet och eventuell egen elproduktion. Det

är därför viktigt att användaren vet vilken typ av vecka den har vald som indata. Om egen solproduktion inkluderas rekommenderas att minst en sommar- och en vintervecka analyseras för att tydliggöra skillnaderna i produktion mellan årstiderna.

3.2.2 Användare

Det är viktigt att verktyget kan integreras i hamnarnas ordinarie planerings- och uppföljningsarbete. För att nyttan ska bli så stor som möjligt behöver användningen vara tydligt förankrad inom hamnorganisationen, med klar ansvarsfördelning avseende indata, uppbyggnad av scenarier, dokumentation samt uppdatering över tid.

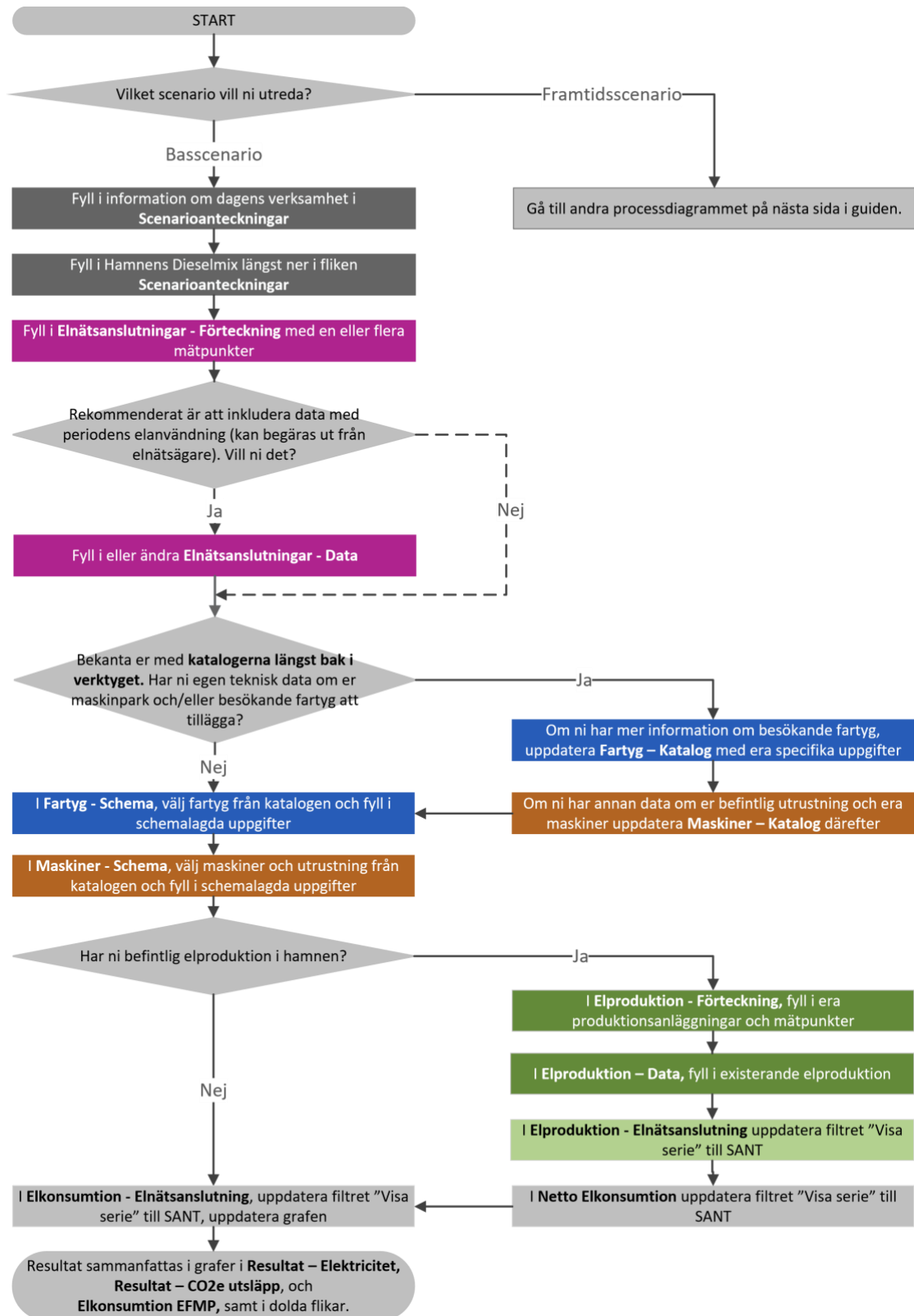
Beroende på hamnens storlek och organisatoriska struktur kan användningen av HELP vara placerad hos olika funktioner. Det rekommenderas att det övergripande ansvaret för verktyget exempelvis ligger hos funktioner såsom hållbarhetschef, operativ verksamhet eller verksamhetsstöd, medan arbetet med framtagning av indata och löpande datainmatning kan fördelas på andra relevanta roller inom organisationen.

3.2.3 Nulägesanalys (basscenario)

Verktyget kan användas för att kartlägga hamnars nuläge avseende elförbrukning. En sådan nulägesanalys är central, dels som basscenario, dels som referenspunkt för jämförelser med framtida utvecklings- och omställningsplaner. För nulägesanalysen finns det i regel relevant och detaljerad information tillgänglig inom hamnorganisationerna, och verktyget möjliggör även enkel komplettering med ytterligare utrustning för att anpassa analysen till en specifik hamns förutsättningar.

I basscenariot inkluderas elförbrukning från anläggningar, där underlag kan erhållas från respektive elnätsföretag. Det rekommenderas även att schemalägga maskiner och fartyg som i nuläget inte är eldrivna, så att dessa inkluderas i sammanställningen av CO₂e-utsläpp. Detta underlättar arbetet med framtidsscenarioer, eftersom redan kartlagda enheter då enkelt kan ersättas med eldrivna alternativ i analysen.

I *Figur 5* visas en schematisk illustration av hur ett basscenario kan genomföras.



Figur 5: Schematisk bild av framtagning av ett basscenario

3.2.4 Prognoser (framtidsscenarioer)

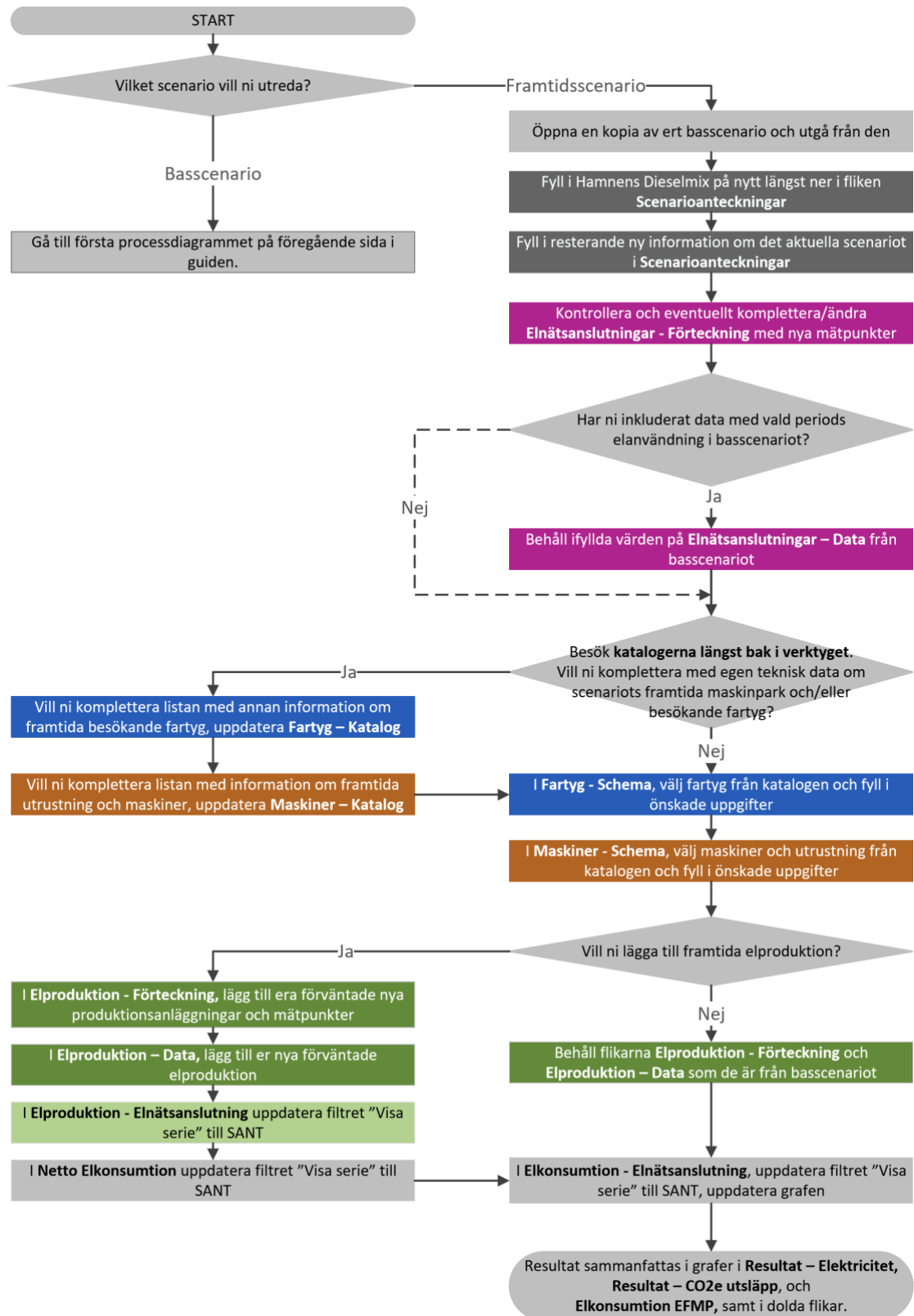
Verktyget kan användas för att ta fram framtidsscenarioer och prognoser som uppskattar elförbrukningen i takt med att hamnens utrustning elektrifieras. Sådana prognoser kan utgöra ett viktigt beslutsstöd för planering och prioritering av elektrifieringsåtgärder, inklusive val av utrustning, tidplan för utbyte samt bedömning av framtida effektbehov för landströmsanslutning vid fartygsanlöp.

Vid prognosanalys utgår användaren från en genomförd nulägesanalys, varefter utrustning successivt ersätts eller anpassas utifrån ett valt mållår, exempelvis genom övergång från dieseldrift till eldrift. Scenarion sparas manuellt av användaren som enskilda filer, och jämförelser innebär därmed visst arbete för användaren. Användaren behöver också notera en beskrivning av varje scenario.

Det rekommenderas att framtidsscenarioer tas fram i överensstämmelse med hamnarnas energiplaner samt andra relevanta verksamhets- och investeringsplaner. Detta inkluderar exempelvis planerad tidpunkt för utbyte av specifik utrustning, såsom när dieseldrivna kranar ersätts med eldrivna alternativ, när landström planeras att erbjudas samt vid vilka kajer sådan infrastruktur ska etableras. En sådan samordning bidrar till att säkerställa att scenarierna är realistiska och väl förankrade i hamnens långsiktiga strategier.

Vidare rekommenderas att flera framtidsscenarioer tas fram, både för olika mållår och för samma mållår med varierande antaganden. Även för ett givet år kan det finnas flera möjliga utvecklingsvägar beroende på val av åtgärder och elektrifieringstakt. Verktyget möjliggör därmed att användaren kan testa och jämföra olika kombinationer av åtgärder för att analysera deras relativa betydelse för framtida effektbehov och CO₂e-utsläpp. Flera alternativa scenarier kan tas fram, sparas och jämföras med varandra. Det är viktigt att användaren dokumenterar respektive scenario, inklusive vad det utgörs av, antaganden och varför scenariot valts, exempelvis i fliken *Scenarioanteckningar*, detta för att undvika att resultat blir svåra att följa upp eller reproducera.

I *Figur 6* visas en schematisk illustration av hur ett framtidsscenario kan genomföras.



Figur 6: Schematisk bild av framtagning av ett framtidsscenario

3.2.5 Versionshantering och dokumentation

Versionshantering är relevant både för verktyget som helhet och för användningen av enskilda scenarier. Vid lanseringen kommer HELP att släppas som version 1.0. Mindre uppdateringar efter lanseringen kommer att införas inom versionsserien 1.x.

Version 2.0 är reserverad för ett eventuellt uppföljningsprojekt, där ett nytt budgetutrymme möjliggör mer omfattande förändringar och funktionella uppgraderingar av verktyget.

Versionshantering av enskilda scenarier behöver hanteras av användaren. Det rekommenderas att olika scenarier sparas som separata filer med tydliga och beskrivande filnamn, exempelvis:

- HELP_Bassscenario_2026
- HELP_Framtidsscenario_2035_enligt energiplan
- HELP_Framtidsscenario_2035_med ökat landström
- HELP_Framtidsscenario_2035_med ökat landström_elkran

Vidare bör användaren eller den som ansvarar för modelleringen tydligt dokumentera vad som har analyserats i respektive scenario, exempelvis i filen *Scenarioanteckningar*, för att säkerställa spårbarhet och underlätta jämförelser över tid.

3.3 Nyttiggörande

Nyttiggörandet av projektets resultat säkerställs genom att planeringsverktyget HELP görs fritt tillgängligt för hela hamnsektorn, med särskilt fokus på små och medelstora hamnar som ofta har begränsade resurser för att använda mer avancerade analysverktyg. Verktyget tillhandahålls i Excelformat, vilket innebär att det kan laddas ned och användas utan krav på särskilda licenser eller tekniska förkunskaper utöver standardiserade kontorsverktyg.

HELP görs tillgängligt via projektets webbplats⁶ i samband med projektets avslut i april 2026 och är fritt nedladdningsbart. Utöver själva tillgängliggörandet genom nedladdning har även flera spridningsinsatser genomförts i syfte att nå en bred målgrupp och öka sannolikheten för faktisk användning av verktyget. Spridningsinsatserna syftar både till att informera om verktygets existens och till att visa hur det kan användas som stöd i hamnarnas planering av elektrifiering, framtida effektbehov och prioritering av åtgärder. Spridningen har skett vid flera tillfällen och i olika forum för att nå så många hamnar och relevanta aktörer som möjligt. En sammanställning av genomförda spridningsaktiviteter redovisas i *Appendix I – Resultatspridning*.

3.4 Användarguide och HELP version 1.0

För att säkerställa hög användbarhet och en konsekvent tillämpning av verktyget lanseras HELP version 1.0 tillsammans med ett tydligt och strukturerat användarstöd. Detta omfattar både inbyggda hjälpfunktioner i verktyget och en separat användarguide som

⁶ Projektets webbplats: <https://www.vti.se/help-verktyg>

stegvis beskriver hur indata samlas in, hur verktyget används samt hur resultaten kan tolkas och jämföras mellan nuläges- och framtidsscenarier.

Användarguiden tillgängliggörs både via projektets webbplats och i *Appendix II – Användarguide*, för att säkerställa enkel åtkomst och stödja långsiktig användning av verktyget.

Användarguiden syftar till att vägleda användningen av verktyget HELP och är anpassad till HELP version 1.0. Guiden är även avsedd att kunna användas för eventuella uppdaterade versioner inom versionsserien 1.x, under förutsättning att inga grundläggande förändringar av verktygets struktur eller funktionalitet genomförs.

4 Diskussion och slutsatser

I detta kapitel diskuteras vägval, avgränsningar och utvecklingsmöjligheter för verktyget. Vidare lyfts slutsatser från projektet och framtagningen av elplaneringsverktyget fram. Två centrala bidrag med verktyget betonas särskilt: dess användning i omställningsarbete till elektrifiering för emissionsminskning samt dess roll som stöd i dialog mellan hamnar och elnätsföretag. Avslutningsvis pekas ett antal möjliga vägar för vidareutveckling av verktyget ut.

4.1 Diskussion av verktyget

Det bör betonas att det utvecklade verktyget HELP är ett elplaneringsverktyg med fokus på el och effekt, samt på översiktliga sammanställningar av energiförbrukning och CO₂e-utsläpp. Verktyget är därmed avgränsat till tekniska och energirelaterade frågor och omfattar inte ekonomiska aspekter, såsom variationer i eltariffer över tid, elnätskostnader, elnätsanslutning eller alternativkostnader.

Verktyget erbjuder ett planeringsstöd för hamnar som vill analysera scenarier och behov kopplade till framtida elförbrukning. Det är inte utformat som ett optimeringsverktyg som automatiskt föreslår lämpliga elektrifieringsåtgärder eller när utrustning ska laddas. Däremot kan det användas för att pröva konsekvenserna av olika vägval i hamnars elektrifieringsplaner, exempelvis vid utbyte av viss utrustning. Verktyget fungerar därmed som ett stöd i analysarbetet, medan hamnarna själva behöver formulera och bedöma möjliga åtgärder.

Det är också viktigt att se HELP som en del av ett större analys- och beslutsunderlag. Verktyget kan bidra med struktur, överblick och jämförbarhet mellan olika framtidsbilder, men det ersätter inte mer fördjupade analyser i situationer där hamnen behöver fatta beslut om exempelvis investeringar, nätanslutning, ekonomiska vägval eller flexibilitetslösningar. I sådana fall kan HELP utgöra ett första steg som synliggör behov, belastningsmönster och möjliga utvecklingsriktningar, men resultaten bör normalt kompletteras med andra underlag, såsom tekniska nätstudier, ekonomiska kalkyler eller mer detaljerade effektanalyser.

Denna avgränsning är särskilt viktig eftersom verktyget i sin nuvarande form är byggt för att vara tillgängligt och användarvänligt för många olika hamnar. Det innebär att vissa förenklingar har behövt göras. Verktygets styrka ligger därför främst i att fungera som ett strukturerat scenario- och dialogstöd, snarare än i att ge ett fullständigt svar på alla frågor som kan uppstå i hamnars energiomställning.

En viktig förutsättning för användning av verktyget är att hamnarna själva sparar scenarier i olika filversioner och jämför dessa. Det innebär att arbetssättet ställer krav på tydlig dokumentation och versionshantering. Om scenarier inte sparas innan ny information förs in, eller om skillnader mellan scenarier inte dokumenteras, kan jämförelser försvåras. Liksom i många analysverktyg är resultatens kvalitet också beroende av kvaliteten på den information som användaren lägger in. Exempelvis rekommenderas att användare baserat på sin egen kunskap grundar beslut kring vilken typ av scenario som används. I vissa fall kan det vara viktigt att studera både sommar- och vinterlast för att få en mer representativ bild av lastprofilen.

Verktyget har utvecklats med användarvänlighet i fokus, vilket har påverkat flera vägval under framtagningen. Ambitionen att verktyget ska kunna användas av många olika hamnar har också präglat utformningen. Detta har bland annat inneburit att verktyget gjorts flexibelt och att det innehåller flera olika blad som kan användas beroende på hamnens behov. Denna bredd innebär att verktyget kan anpassas till olika typer av analyser, samtidigt som vissa blad ger möjlighet till ytterligare fördjupning genom åtkomst till underliggande data. Exempelvis lyfts visualisering av effekttoppar genom grafer fram, men det är också möjligt att ta fram underliggande värden för effekt i kW vid olika klockslag.

I verktyget finns schablonvärden, vilket är en styrka i den meningen att det möjliggör analyser även när detaljerad lokal data ännu inte finns tillgänglig. Samtidigt finns en risk att sådana värden över tid blir mindre representativa, i takt med att teknikutvecklingen förändrar exempelvis olika maskiners energieffektivitet. I utformningen av verktyget har detta delvis hanterats genom att användaren själv kan lägga in nya värden, ny utrustning eller mer specifika fartyg. Det är dock viktigt att vara medveten om att de schablonvärden som lagts in speglar kunskapsläget vid en viss tidpunkt.

När det gäller schablonvärden för fartygs behov av landström är osäkerheten särskilt stor, eftersom framtida teknikval är svåra att förutse. Fartyg över 5 000 bruttoton måste uppfylla EU:s förordning 2023/1805 om användning av förnybara och lågutsläppande bränslen i sjöfart, vilket innebär krav på gradvis minskning av växthusgasutsläpp från den energi som används ombord. Regelverket innebär också att fartyg över 5 000 bruttoton som anlöper EU:s hamnar ska ansluta till landström eller använda annan teknik med nollutsläpp när de ligger vid kaj. Införandet sker stegvis, där containerskepp och passagerarfartyg senast 2030 ska uppfylla kraven i större europeiska TEN-T-hamnar. Samtidigt är det osäkert vilka tekniklösningar fartyg faktiskt kommer att välja. Exempelvis kan utvecklingen gå mot utsläppsfria tekniker såsom batterier, bränsleceller eller koldioxidfria bränslen i hjälpmotorer. I sådana fall kan både behovet av och nyttan med landström för utsläppsminskning vid kaj förändras. Detta gör att framtida behov av landström är svåra för hamnar att bedöma med hög precision.

Det bör också noteras att de schablonvärden som finns i verktyget främst bör ses som indikativa. De är baserade på internationella källor, men variationerna kan vara stora även inom den minsta fartygskategori som anges i verktygets fartygskatalog. En mer träffsäker bedömning skulle därför ofta kräva dialog med berörda rederier. Samtidigt visar erfarenheter från en hamn som infört landström för flera fartygstyper att det även i dialog med rederier kan vara svårt att få fram säkra prognoser. I det fallet hade hamnen initialt fått indikationer om högre behov än vad som senare realiserades, eftersom rederierna i praktiken hade angett maximala snarare än faktiska behov i drift. Detta illustrerar att osäkerheten inte enbart är kopplad till verktygets schablonvärden, utan också till de underlag som finns tillgängliga i planeringsskedet.

Ett schablonvärde som används i verktyget är emissionsfaktorn för elmixen. I verktyget har ett svenskt WTW-värde på 9 g CO₂e/kWh lagts in som standard. Om verktyget används som underlag för en ansökan till Klimatklivet behöver detta värde ersättas med emissionsfaktorn för nordisk elmix (se avsnitt 2.2.2.3 *Elektricitet*).

I sin nuvarande form saknar verktyget funktion för energilager och andra smarta teknikfunktioner, såsom fasbalansering. För hamnar som vill analysera sådana lösningar kan det därför vara värdefullt att komplettera scenarioanalyserna i HELP med ytterligare analyser eller andra verktyg, som en del av ett mer heltäckande planeringsarbete.

Avslutningsvis ger verktyget en strukturerad bild av möjliga framtida utvecklingsvägar, samtidigt som det är viktigt att komma ihåg att framtiden alltid innebär osäkerheter. Resultaten bör därför tolkas med viss försiktighet och ses som underlag för planering och dialog, snarare än som exakta prognoser. Resultatets träffsäkerhet är beroende av kvaliteten på de data och antaganden som förs in i verktyget. Beräkningar av elbehov för olika kategorier och totalt, energianvändning samt CO₂e-utsläpp bygger i stor utsträckning på schablonvärden och uppskattningar utifrån dagens bästa tillgängliga kunskap. I takt med att tidshorizonten förlängs ökar också osäkerheten i bedömningarna. Samtidigt kan verktyget, trots dessa osäkerheter, bidra med ett värdefullt beslutsunderlag genom att synliggöra möjliga utvecklingsriktningar, skapa jämförbarhet mellan alternativ och skapa en gemensam grund för fortsatt analys, planering och dialog mellan berörda aktörer.

4.2 Fortsatt användning och utveckling

Som beskrivet under avsnitt 3.2 *Verktygets användning* är verktyget utformat för att kunna anpassas efter en specifik hamns behov. Användaren kan därmed välja både analysens omfattning, exempelvis vilka blad som ska användas, och vilken typ av analys som ska genomföras. För en närmare genomgång av verktygets olika användningsmöjligheter hänvisas till användarguiden (se *Appendix II – Användarguide*).

4.2.1 Stöd för hamnars omställning för emissionsminskning

Verktyget har tagits fram för att stödja hamnar i omställningen mot fossilfrihet. Det är inte utformat som ett optimeringsverktyg och identifierar därför inte automatiskt vilka lösningar eller vägval som är mest lämpliga för en enskild hamn. Däremot ger det möjlighet att analysera utfallet av olika åtgärder, exempelvis genom att jämföra konsekvenserna av att ersätta en viss utrustning med en annan maskin.

Användningsområden som identifierades är (1) nuläges- och kunskapsuppbyggnad, (2) framtidsscenarioer och omställningsanalys, samt (3) planering och dialog (avsnitt 3.2 *Verktygets användning*).

På så sätt kan verktyget bidra till att synliggöra vilka områden, utrustningar eller aktiviteter som är förknippade med höga utsläpp, samt var det finns potential för förbättringsåtgärder och utsläppsminskningar. Genom att jämföra olika handlingsalternativ, såsom elektrifiering av olika maskiner, kan verktyget skapa ett underlag för hamnens omställningsplanering. Det kan därmed användas som stöd både för prioritering mellan åtgärder och för planering av när olika insatser bör genomföras.

Verktyget adresserar även hamnars utveckling mot att i ökad utsträckning fungera som energihubbar, genom att inkludera potentiella framtida behov av fartygsanslutning till landström. Landström är en aktuell fråga för många hamnar, men samtidigt ett område präglad av osäkerhet, inte minst eftersom det fortfarande är relativt få fartyg som ansluter och eftersom behoven kan vara svåra att överblicka, särskilt när anlöpande fartyg inte är

återkommande. En mer detaljerad kartläggning skulle ofta kräva dialog med rederier, som i vissa fall ännu inte har fattat beslut om hur deras fartyg ska anpassas. I detta sammanhang kan verktyget bidra med en första indikation på energibehovets omfattning och därmed ge stöd i det fortsatta planeringsarbetet.

4.2.2 Stöd i dialog mellan hamnar och elnätsföretag

Ett viktigt användningsområde för verktyget är att stärka kunskapen om framtida effektbehov. Verktyget kan bidra till att identifiera framtida effekttoppar och belysa vid vilka tidpunkter belastningen på elnätet förväntas vara som högst. Detta skapar ett värdefullt underlag för diskussioner om omfattning och eventuella behov av utbyggnad av elnätsanslutningar i takt med att elförbrukningen förväntas öka under kommande år.

Hamnar rekommenderas därför att föra en tidig och kontinuerlig dialog med elnätsföretag. I en sådan dialog kan analyserna från verktyget fungera som ett konkret underlag för gemensamma bedömningar. En första fråga kan gälla om befintligt elabonnemang är tillräckligt dimensionerat, det vill säga om tillgänglig kapacitet motsvarar det framtida effektbehovet även i mer belastande scenarier. En andra fråga kan röra hur elanvändningen varierar över tid, exempelvis mellan dag och natt, förmiddag och eftermiddag eller sommar och vinter. Sådan information kan vara av intresse för elnätsföretaget för att skapa en bredare förståelse av belastningen i området, samtidigt som den ger hamnen ett bättre underlag för att bedöma hur laddning och elanvändning med fördel kan planeras.

En tredje möjlig diskussionspunkt gäller mätpunkter och den nuvarande strukturen för elanvändning och elproduktion inom hamnområdet. Här kan verktyget bidra till att synliggöra om det finns skäl att se över befintliga upplägg, exempelvis i situationer där lokal elproduktion, såsom solel, finns i områden där den samtidiga elförbrukningen är relativt låg. Verktyget kan därmed fungera som ett stöd för en mer strategisk dialog om både kapacitet, användningsmönster och teknisk struktur.

4.2.3 Fortsatt utveckling av verktyget

Det finns fortsatt flera utvecklingsmöjligheter för verktyget. Utöver de funktionella utvecklingsspår som beskrivs nedan finns också ett behov av att vidareutveckla de strukturer som omger verktygets användning i praktiken. För att HELP ska få långsiktigt värde i sektorn är det inte enbart innehållet i själva Excelverktyget som är avgörande, utan även hur verktyget förvaltas, uppdateras, kvalitetssäkras och stöds över tid. Fortsatt utveckling kan därför behöva omfatta både verktygets funktionalitet och de organisatoriska former som krävs för att verktyget ska vara relevant, tillgängligt och tillförlitligt även efter projektets slut.

Några av de funktionella utvecklingsspåren beskrivs nedan.

- **Schablonvärden för landström:** De schablonvärden för landström som i nuläget används i verktyget bygger på internationella källor. För svenska förhållanden, där många hamnar tar emot relativt små fartyg, skulle verktyget kunna stärkas genom kompletterande exempel från fartyg som trafikerar svenska hamnar. Det skulle även vara värdefullt att stämma av vissa värden med rederier, för att på sikt få mer relevanta och användbara schabloner.

- **Tidsupplösning i data:** Verktöget använder i dag elförbrukningsdata på timbasis, medan motsvarande information i praktiken ofta finns tillgänglig på kvartsbasis. Detta medför ett visst behov av manuell hantering, något som skulle kunna minskas i en vidareutvecklad version. Samtidigt skulle data med högre tidsupplösning kunna ge ett bättre underlag för analys av effekttoppar. Verktöget fungerar dock redan i sin nuvarande form väl för analyser på timbasis, och vid behov kan mer detaljerade fördjupningar genomföras för specifika toppar.
- **Energilager och flexibilitetslösningar:** Energilager ingår i nuläget inte som en komponent i verktöget, eftersom detta skulle kräva en mer omfattande vidareutveckling. Samtidigt är energilager en relevant fråga för hamnar som planerar framtida elanvändning och effektbalansering. I en framtida version skulle det därför vara värdefullt att undersöka hur batterilagring kan inkluderas i scenarier, exempelvis i samspel med lokal energiproduktion såsom solpaneler. Även andra smarta funktioner kopplade till flexibilitet och laststyrning skulle kunna vara relevanta att utveckla vidare.
- **Vidareutveckling av elproduktionsprofiler:** När det gäller lokal elproduktion finns möjligheter att vidareutveckla verktögets hantering av olika produktionsslag. I nuläget länkas till två externa verktyg som kan användas för att ta fram produktionsprofiler för solel, men ytterligare utveckling skulle kunna läggas på vindkraft och hur en sådan produktionsprofil kan modelleras i relation till hamnens varierande energibehov.
- **Transportflöden kopplade till lastbilar och tåg:** Lastbilar och tåg ingår i nuläget inte i verktöget. Bakgrunden är att hamnrepresentanter har beskrivit att laddning av lastbilar i stor utsträckning förväntas ske utanför hamnområdet, då fokus i hamnen är på att lämna och hämta gods snabbt. Detta är dock ett område som skulle kunna undersökas vidare tillsammans med fler hamnar för att ge en tydligare bild av framtida behov och förväntningar.
- **Kompletterande energibärare och alternativa lösningar:** Även om verktöget har fokus på elektrifiering finns det skäl att på sikt överväga hur andra energibärare och alternativa lösningar kan beaktas i analysramen. I vissa hamnar kan elektrifiering komma att kombineras med exempelvis alternativa bränslen eller andra tekniska lösningar. En sådan breddning skulle kunna bidra till ett mer heltäckande planeringsunderlag.

Det finns även utvecklingsmöjligheter kopplade till hur verktöget tillämpas i praktiken.

- **Flera aktörer i hamnområdet:** Verktöget fokuserar i dag främst på hamnens egen verksamhet. Svenska hamnar är dock organiserade på olika sätt, och det är inte alltid hamnmyndigheten som äger eller driver all utrustning, exempelvis när terminaloperatörer eller andra aktörer är verksamma inom området. En fortsatt utveckling skulle därför kunna omfatta hur information från flera aktörer kan samordnas inom ramen för verktögets tillämpning. Detta gäller såväl olika operatörer som företag lokaliserade i hamnområdet. I detta sammanhang är även frågor om ansvar för indata och datakvalitet centrala. När flera aktörer är

verksamma inom samma hamnområde kan energibilden påverkas av verksamheter som ligger utanför hamnmyndighetens direkta kontroll.

- **Erfarenhetsbaserad vidareutveckling:** Även om stor vikt har lagts vid användarvänlighet och stöd till framtida användare genom användarguiden, finns sannolikt ytterligare förbättringsmöjligheter i takt med att verktyget används i praktiken. Det vore också värdefullt att komplettera fortsatt utveckling med en mer strukturerad modell för kvalitetssäkring och validering i praktisk användning. När verktyget börjar användas av fler hamnar kan nya erfarenheter samlas in om datatillgång, användbarhet, rimlighet i schablonvärden och hur väl olika scenarier speglar faktiska behov. Sådan återkoppling kan utgöra ett viktigt underlag för framtida justeringar och bidra till att verktyget successivt blir mer robust och användbart i olika typer av hamnar.

4.3 Slutsatser

Ett analytiskt verktyg har utvecklats för att stödja hamnars energiomställning. Genom det framtagna verktyget får svenska hamnar tillgång till en grundläggande analytisk kapacitet som kan stärka omställningsarbetet och underlätta samordning samt dialog mellan hamnar i arbetet med att stödja sjötransportsektorns elektrifiering. Verktyget är utformat för att möjliggöra strukturerade analyser och jämförelser av olika omställningsalternativ och framtida utvecklingsvägar, snarare än att ge färdiga rekommendationer om den bästa tekniska lösningen. Särskilt för mindre hamnar med begränsade resurser kan verktyget utgöra ett värdefullt stöd i planeringen av långsiktiga effekt- och energibehov, exempelvis i samband med utbyte av utrustning.

Centrala delar i verktyget är utrustning (maskiner), mätpunkter (anläggningar) och fartygs behov av landström. Verktyget sammanställer elförbrukning, identifierar effekttoppar och beräknar tillhörande CO₂e-utsläpp baserat på användarens indata. Därutöver finns en schemalägningsmodul som gör det möjligt att justera när elbehov uppstår, vilket i sin tur kan påverka effekttopparnas storlek och tidsmässiga fördelning

Verktyget har flera användningsområden och kan anpassas efter olika hamnars behov. Det är möjligt att använda samtliga blad för en bredare analys, men också att fokusera på enskilda delar, exempelvis analys av den egna maskinparken eller schemaläggning i syfte att bättre förstå hur effekttoppar uppstår. Detta gör verktyget flexibelt och användbart i olika typer av planeringssituationer.

Genom att verktyget kan bidra till att identifiera framtida effekttoppar och visa vid vilka tidpunkter hög belastning på elnätet kan förväntas, skapas bättre förutsättningar för att synliggöra behov av infrastrukturuppgraderingar. De analyser som tas fram kan därmed utgöra ett viktigt underlag i diskussioner om eventuell utbyggnad av elnätsanslutningar. På så sätt kan verktyget även fungera som ett stöd i kommunikationen mellan hamnar och elnätsföretag.

Verktyget innehåller schablonvärden som stöd för beräkningar av energianvändning. Ju mer specifik och kvalitetssäkrad information som används som indata, desto mer träffsäkra kan resultaten bli. Samtidigt har verktyget utformats med hänsyn till att osäkerheter i indata ofta är betydande och att det i praktiken kan vara resurskrävande att ta fram detaljerade underlag för energiberäkningar. För att hantera detta har

schablonvärden sammanställts, både för utrustning och för fartygs behov av landström. Därigenom möjliggörs analyser även i situationer där detaljerad information ännu inte finns tillgänglig.

5 Referenser

Bach, A., Forsström, E., Haraldson, S., Holmgren, K., Lind, K., Lind, M., Piehl, H. & Raza, Z. (2022), Hamnen som energinod – ett koncept för hamnens roll i omställningen mot ett hållbart transportsystem. RISE Report 2022:125.

Bjørn, A. & Skjølsvold, T.M. (2020), Actors in energy transitions: Transformative potentials at the intersection between Norwegian port and transport systems. *Energy Research & Social Science*, 68, 101640.

Drivkraft Sverige. (2025). Beräkningsfaktorer 2025. Online: <https://drivkraftsverige.se/wp-content/uploads/2025/08/Berakningsfaktorer-2025.pdf>.

Energimyndigheten. (2024). Drivmedel 2024 [Interaktiv Power BI-rapport]. Online: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODhlN2IyNmUtMmQ4OC00MzFmLTlkZTUtMWNhZGNhZmFjNzkwIiwidCI6IjVjMTk0OGIzLWE5ODYtNDg1MC04M2YyLTQ2NTk2NWZmNmNhMSIsImMiOiJh9>.

EMSA (2022), Shore-Side Electricity -Guidance to Port Authorities and Administration. Part 2 – Planning, Operations, and Safety.

Edström, H. (2024), Koldioxidbesparingar, effektbehov och energianvändning i framtidens hamnar. Examensarbete, KTH, Stockholm.

European Commission. (n.d.) Questions and answers on Regulation (EU) 2023/1805 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. Online: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueeu-maritime/questions-and-answers-regulation-eu-20231805-use-renewable-and-low-carbon-fuels-maritime-transport_en. Hämtad: 2026-02-04.

European Commission (2022), PORTS PROJECT - Ports towards energy self-sufficiency. Online: <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/projects/ports-towards-energy-self-sufficiency>.

European Environment Agency. (2025). Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe. Online: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>.

Europaparlamentet (2023), Fit for 55: deal on new EU rules for cleaner maritime fuels. Online: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230320IPR77909/fit-for-55-deal-on-new-eu-rules-for-cleaner-maritime-fuels>.

DNV (2021), Fit for 55 – New EU GHG regulations for ships coming soon. Online: <https://www.dnv.com/news/fit-for-55-new-eu-ghg-regulations-for-ships-coming-soon-208746>.

Faber, J., Hanayama, S., Zhang, S., Pereda, P., Comer, B., Hauerhof, E., Schim van der Loeff, W., Smith, T., Zhang, Y., Kosaka, H., Adachi, M., Bonello, J.-M., Galbraith, C., Gong, Z., Hirata, K., Hummels, D., Kleijn, A., Lee, D., Liu, Y., ... Xing, H. (2021), Fourth IMO GHG Study. International Maritime Organization.

- Färdplan Hållbar Hamn (2023). Färdplan Hållbara Hamn: 2025-2050. Online: <https://prezi.com/view/1Q9bq2SGHu2C3Ogdt3PT/>.
- Godemel, F. (2023). How electrification can decarbonize ports. Schneider Electric Blog. Online: <https://blog.se.com/infrastructure-and-grid/transportation/2023/10/10/how-electrification-candecarbonize-ports/>.
- Huang, Y., Wang, Y., Zhang, Y., Li, Y. & Liu, J. (2023), Digitalization of power systems: A comprehensive review of technologies, applications, and challenges. *Energy*, 284, 129338.
- Huld, T., Müller, R. and Gambardella, A. (2012), A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. *Solar Energy*, 86, 1803-1815. Online: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html.
- IVL Svenska Miljöinstitutet. (2021). Emissionsfaktorer för nordisk elmix med hänsyn till import och export (Rapport C619). Online: <https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1606369/FULLTEXT01.pdf>.
- Klar, R., Fredriksson, A., & Angelakis, V. (2023a). Digital twins for ports: Derived from smart city and supply chain twinning experience. *IEEE Access*, 11, 71777-71799.
- Klar, R., Arvidsson, N., & Angelakis, V. (2023b). Digital 'Twins' Maturity: The Need for Interoperability. *IEEE Systems Journal*, 18(1), 713-724.
- Lind M., Haraldsson S., Lind K., Lundman J., Karlsson M., Olsson E., Bach A. (2021), *Hamnen som digital nod – förstudie*, TRV 2050/50902.
- Naturvårdsverket. (2026). Klimatklivet – Värden för att beräkna utsläppsminskning. Online: <https://www.naturvardsverket.se/48f8b7/globalassets/amnen/klimatomställning/klimatklivet/dokument/klimatklivet-varden-for-att-berakna-utslappsminskning.pdf>
- Nilsson, A., & Hedberg, F. (2014), Energikartläggning enligt ISO 50001: En kartläggning av en industrianläggning för betong. Online: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A725692&dswid=1934>.
- Iris, Ç., & Lam, J. S. L. (2019), A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 170-182.
- Li, H. & Chen, J. (2024), Collaborative planning of regional integrated energy systems in the context of electric vehicles. *Energy Reports*, 10, 456–468.
- National Lab of the Rockies (n.d.). PVWatts Calculator. Online: <https://pvwatts.nlr.gov/>.
- Olivari, E., Gurri, S., Caballini, C., Carotta, T. & Dalla Chiara, B. (2024), Ports go green: A cost-energy analysis applied to a case study on evaluating the electrification of yard tractors. *The Open Transportation Journal*, 18, e26671212308027.
- Osipova, L., & Carraro, C. (2023). Shore power need and CO2 emissions reductions of ship in European Union ports: Meeting the ambitions of the FuelEU Maritime and AFIR. Working paper 2023-24. International Council on Clean Transportation. Online:

<https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/10/Shore-power-ships-EU-Fit-for-55-working-paper-24-v3.pdf>.

Panteli, M., Mancarella, P., Trakas, D., Kyriakides, E. & Hatziargyriou, N. (2021), Energy system resilience: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111027.

DHV, 2022. *The new energy landscape: Impact on and implications for European ports*.

ESPO and EFIP (European Sea Ports Organisation and European Federation of Inland Ports (n.d.), *The new energy landscape: Impact on and implications for European ports*. Online:

<https://www.inlandports.eu/media/The%20new%20energy%20landscape%20v20221018.pdf>.

SEANERGY (2023), SEANERGY – The Sustainability Educational Programme for Greener Fuels and Energy on ports. Online: <https://seanergyproject.eu/>.

Sjöstrand, H., & Ek, K. (2023), Utbyggnad av landström för trampsjöfarten: Kostnader och nyttor vid olika former av prissättning. Triple F.

Transportföretagen (2023). Eleffektbehoven för Sveriges hamnar år 2030: En uppskattning från Transportföretagen våren 2023. Online:

<https://www.transportforetagen.se/globalassets/rapporter/hamn/eleffektbehov-sverigeshamnar-2030.pdf>.

Transportföretagen (2024). El i hamn – nyckel i den gröna omställningen eller ett fiasko?

Online: <https://www.transportforetagen.se/om-oss/transportforetagen-hamn/el-i-hamn--nyckel-i-dengrona-omstallningen-eller-ett-fiasko/>.

Transportföretagen (2025). Kartläggning av framtida effektbehov i Sveriges hamnar.

Online: <https://www.transportforetagen.se/globalassets/rapport-kartlaggning-av-framtida-effektbehov-i-sveriges-hamnar.pdf>

Wehner, J., Daniels, D., Santén, V., Rogerson, S., Bach, A. (2024), Port as an energy hub. A pre-study on estimating electricity demand. Lighthouse report. Online:

[https://lighthouse.nu/images/Rapporter/Port as an energy hub.pdf](https://lighthouse.nu/images/Rapporter/Port%20as%20an%20energy%20hub.pdf).

Von Wieding, S., Rogerson, S., Santén, V., Svanberg, M. & Wide, P. (2023), Framtidens moderna intermodala logistiknoder - kunskaps- och utvecklingsbehov, RISE Rapport: 2023:49.

VTI (2026), Nytt elplaneringsverktyg stöttar svenska hamnar i elektrifieringen. Online:

<https://www.vti.se/help-verktyg>.

WSP (2023), Port electrification for container operations and vessels. Online:

<https://www.wsp.com/-/media/insights/global/documents/gl-mk-ti-port-electrification-digital.pdf>.

Zhang, Y., Smith, J. & Lee, M. (2025), Resilience analysis of seaports: A critical review of development and application. *Maritime Policy & Management*, 52(3), 345–367.

Appendix I – Resultatspridning

Datum	Event, organisator, ort	Varaktighet	Deltagande organisationer
10 dec 2025	Projektmöte Interreg-projekt “Green Supply Chains”, i Oslo, Norge	15 min	Flera europeiska hamnar
13-14 jan 2026	VTI:s Transportforum, i Linköping	två presentationer á 15 min	Forskare, myndigheter, kommuner, hamnar
3 mars 2026	Test och spridning av HELP med intresserad hamn, online	1 tim	Vänerhamn Hamn
3 mars 2026	Test och scenariogenomgång I, online	2 tim	Landskrona Hamn
10 mars 2026	Test och scenariogenomgång II samt spridning, online	2 tim	Landskrona Hamn
12 mars 2026	Hållbar sjöfart årskonferens, organiserat av Lighthouse, i Göteborg	15 min	Upp till 90 deltagare
12 mars 2026	Projektmöte Interreg-projekt “Green Supply Chains”, i Ghent, Belgien	10 min	Flera europeiska hamnar
23 mars 2026	Resultatwebbinarium om HELP, i samarbete med Förnybart 2030, Förnybart 2030 Västerbotten, BioFuel Region	1 tim 15 min	Flera svenska hamnar vid norra Östersjökusten, över 25 deltagare
26 mars 2026	Fokusgrupp Hamnar möte nr. 17, av Lighthouse	20 min	Flera svenska hamnar
31 mars 2026	Resultatwebbinarium, av projektgruppen	1 tim 30 min	Flera svenska hamnar, över 20 deltagare
13 april 2026	Test och spridning av HELP med intresserad hamn, online	1 tim 30 min	Södertälje Hamn

Appendix II – Användarguide

HELP Användarguide version 1.0

Hamnars EIPlaneringsverktyg

Denna användarguide syftar till att vägleda användningen av verktyget HELP och är anpassad till HELP version 1.0. Guiden ska användas för eventuellt nya versioner av verktyget upp till version HELP 1.9.

Innehåll

HELP - Användarguide	2
PROCESS - Start och Tillvägagångssätt	4
KOM IGÅNG - Scenarier	5
BASSCENARIO - Tillvägagångssätt	6
FRAMTIDSSCENARIO - Tillvägagångssätt	7
ELNÄTSANSLUTNING - Fyll i Datablad	8
KATALOGER - Lägg till eller kontrollera	10
SCHEMA - Fyll i Datablad	12
ELPRODUKTION - Fyll i Datablad	14
RESULTAT - Tolkning av analysen	16

vti

HELP har utvecklats i innovationsprojektet **”Hamnen som en energihubb: Utveckling av ett energiomställningsverktyg för hamnar”**, genomfört av VTI och RISE och finansierat av Trafikverkets branschprogram *Hållbar sjöfart* via Lighthouse.

**RI
SE**

HELP - Användarguide

Elektrifieringen av hamnar kräver god planering - både för dagens behov och för framtidens. HELP ger er möjlighet att förstå hur er energianvändning utvecklas, vilka effektkrav som kan uppstå och hur olika elektrifieringsscenarier påverkar verksamheten. Verktöget hjälper er att fatta väl underbyggda beslut genom att kombinera data, scenarier och visualiseringar av resultat.

Med HELP kan ni bland annat:

- uppskatta hamnens nuvarande och framtida elanvändning,
- analysera kommande effektbehov, inklusive behov av landström (OPS),
- bedöma om befintliga elnätsabonnemang räcker även vid ökad elektrifiering,
- förstå hur laddning av maskiner kan planeras i relation till deras drift, och
- stärka beslutsunderlag inför investeringar, nätförstärkningar och elektrifieringsplaner.

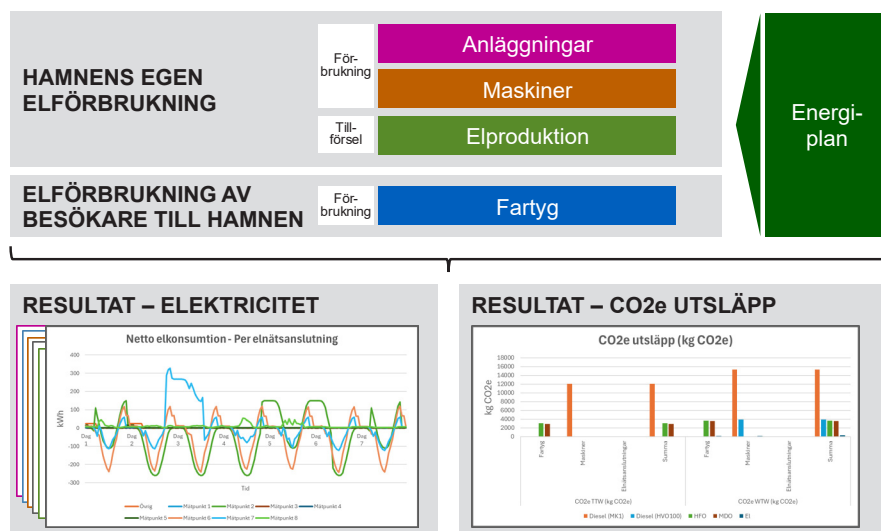
Vad är HELP?

HELP är ett Excelbaserat verktyg framtaget för att stödja hamnar i övergången till en mer eldriven och fossilfri verksamhet. Verktöget beräknar nuvarande och framtida effektbehov, energianvändning och CO₂e-utsläpp kopplade till hamnens verksamhet. Det består av flera blad för datainmatning, analys och visualisering, och kan användas för nulägeskartläggning och framtidsscenarioer.

KLICKA HÄR för att komma till projektets hemsida där ni hittar verktöget som en nedladdningsbar Excelarbetsbok, samt allt annat material från projektet.
Hemsidan utskriven: <https://www.vti.se/help-verktyg>

Verktöget HELP omfattar:

- a. Hamnens egen elförbrukning, där de största posterna för interna processer är anläggningar och maskiner. Egen elproduktion kan också förekomma och minska elbehovet. Energilager kan vara en möjlighet att lagra energi, men är i nuläget inte inkluderat i verktöget.
- b. Elförbrukning från besökare i hamnen, exempelvis fartyg, lastbilar och tåg. I den nuvarande versionen fokuserar verktöget på fartygens behov av landström.
- c. Hamnars energiplaner kan ge information om deras omställningsarbete med avseende på elektrifiering och bör beaktas vid framtagandet av framtidsscenarioer.



Ramverk för HELP

Hur används HELP?

Kärnan i HELP är scenarioanalys. Verktøget är utformat för att ni ska kunna utforska hur hamnens energianvändning och effektbehov förändras över tid och under olika förutsättningar.

Arbetet börjar alltid med ett basscenario som beskriver nuläget utifrån en representativ historisk vecka. Detta scenario fungerar som jämförelsepunkt och utgångsläge. Därefter kan ni skapa ett eller flera framtidsscenarioer som visar hur energianvändning, effektbehov och utsläpp förändras när verksamheten utvecklas eller elektrifieras.

Framtidsscenarioerna kan spegla exempelvis:

- verksamheten förändras men inga elektrifieringsåtgärder införs (ett "framtid-baseline"),
- maskiner eller fordon ersätts med eldrivna alternativ,
- installation av landström på en eller flera kajer,
- ny solexproduktion eller andra åtgärder, och
- olika veckor på året - t.ex. en genomsnittlig vecka, en belastande "värsta fall vecka", eller olika säsonger.

Genom att jämföra scenarioerna kan ni se hur olika beslut påverkar elanvändning, effekttoppar och CO₂e utsläpp - och använda resultaten som underlag för planering och investeringar av utrustning, nätkapacitet och laddinfrastruktur.



Uppstart HELP

I denna användarguide beskrivs hur ni utnyttjar verktyget, vilka inställningar som behöver göras och hur ni anpassar det utifrån era behov och scenarioer. Verktøget kan användas i flera omgångar genom att spara separata kopior för olika analyser.

TIPS: Tänk på

Att påbörja arbetet med verktyget kan vara tidskrävande och kräver tillgång till personal med relevant kompetens. Involvera gärna flera delar av organisationen och roller med operativ, strategisk och verksamhetsutvecklande kompetens redan från början.

Vid de första genomgångarna kan det krävas mer ingående diskussion och gemensamma antaganden. När en grundstruktur och ett första scenario väl är etablerat blir det enklare att återanvända HELP för framtida analyser och uppföljningar av energianvändning och energiplanering.

PROCESS - Start och Tillvägagångssätt

På bladet **START** får ni en översikt över kategorier, färgkoder och direktlänkar till verktygets övriga blad. Här finner ni även en snabbguide som mycket enkelt introducerar steg-för-steg hur ni arbetar er igenom modellen, och kan ses som en översikt av materialet i denna guide.

Kategori	Indata	Resultat
Allmän information	Indata	
Resultat (sammanställt)		Resultat
Elnätsanslutning	Indata	Resultat
Fartyg	Indata	Resultat
Maskiner	Indata	Resultat
Elproduktion	Indata	Resultat

Skärmlapp på HELPs startsida.

Under uppslaget på sidorna 6 & 7 i denna användarguide visualiseras dessutom de steg som behöver genomföras för vtt skapa ett sammanhållet och analyserbart resultat i HELP genom en processliknande struktur. Processen är uppdelad i två parallella flöden: en för basscenarier och en för framtidsscenarier.

- **Basscenario - Tillvägagångssätt** följs när ni beskriver nuläget och fyller i historiska eller aktuella data.
- **Framtidsscenario - Tillvägagångssätt** följs när ni vill bygga vidare på ert basscenario och undersöka hur förändringar (exempelvis ny utrustning, nya fartygstyper eller förändrad elproduktion) påverkar energi- och effektbehov.

Rekommendationen är att genomföra stegen i den ordning som anges i processflödena, eftersom resultat och beräkningar ofta bygger på tidigare inmatning. Samtidigt är verktyget flexibelt, det går bra att justera uppgifter i efterhand om nya antaganden uppstår under arbetets gång.

Processflödena fungerar som ett stöd genom hela analysen, både vid första genomgången av verktyget och vid senare uppdateringar eller kompletteringar av era scenarier.

TIPS & TRICKS

Fastnar ni i ett processflöde? Kom ihåg att verktyget är flexibelt, ni måste inte använda alla delar för varje analys. Det går att använda delar av verktyget för att fokusera på utvalda sektioner av er verksamhets energianvändning. Så, även om rekommendationen är att inkludera alla steg i processflödena, så kan HELP ge värdefulla insikter även för mer avgränsade analyser.

Oavsett hur ni väljer att använda verktyget bör ni alltid dokumentera vilka delar som ingår och inte ingår i det scenario ni arbetar med. Detta görs med fördel i bladet **Scenarioanteckningar**. Det gör det lättare att följa upp analyserna och möjliggör komplettering av uppgifter i efterhand om behov uppstår.

KOM IGÅNG - Scenarier

Scenarioanteckningar: Första stegen i verktyget

När ni valt ert basscenario, eller om ni redan har ett befintligt basscenario och nu ska skapa ett framtidsscenario, börjar arbetet i bladet Scenarioanteckningar.

i. Fyll i namn och datum

Ange scenariotitel och datum under den grå informationsrutan för spårbarhet.

ii. Välj scenariotyp och vecka

Markera vilken typ av scenario som kommer skapas samt vilken vecka som analyseras (historisk eller framtida beroende bas- eller framtidsscenario).

iii. Beskriv periodtyp

Ange om scenariot representerar en intensiv vecka, en genomsnittlig vecka, eller något annat. Vid behov kan en alternativ period skrivas in under "Övrigt".

iv. Formulera scenariots syfte

Beskriv kort vad ni vill analysera eller undersöka i just detta scenario.

v. Fyll i hamnens dieselmix

I ett basscenario använder ni andelarna från vald historisk period, medan i framtidsscenarioet kan mixen justeras för att spegla framtida förändringar. Dieselmixen påverkar beräkningen av CO₂e-utsläpp och ska alltid summera till 100%.

vi. (Valfritt) Ändra inställningar veckodagar

Slutligen kan inställningar för veckodagar också justeras vid behov. Grundinställningen är en kalendervecka som börjar med Måndag på Dag 1.

Efter att ni fyllt i alla uppgifter i bladet kan ni gå vidare till **Elnätsanslutning - Förteckning** och **Elnätsanslutning - Data**, följ stegen under kapitlet **ELNÄTSANSLUTNING - Fyll i Datablad**. Men ta en titt på nästa uppslag först, där tillvägagångssätt är visualiserade i processflödena.

Namn på hamn:	Testhamn	
Datum för framtagande:	2026-03-23	
Namn på modellerare:	Gabriella	
För vilken vecka gör ni uppskattningen av elförbrukningen?		
<input checked="" type="checkbox"/>	Baselinescenario	Vecka: 2026, v.12
<input type="checkbox"/>	Framtidsscenario	Vecka:
Vad vill ni undersöka med scenariot?		
<input type="checkbox"/>	Den mest hektiska veckan om året	
<input checked="" type="checkbox"/>	En genomsnittlig vecka om året	
<input type="checkbox"/>	Övrigt	Kommentar:
Varför vill ni titta på elförbrukning?		
<input type="checkbox"/>	För att få ett förståelse om elabonnemang räcker i sina omfång/kapacitet	
<input checked="" type="checkbox"/>	För att få en uppskattning av hur mycket el förbrukas i framtiden på den ovan valda veckan	
<input type="checkbox"/>	För att få ett förståelse av hur maskiner borde användas samt laddas nu och i framtiden	
<input type="checkbox"/>	För att få ett förståelse hur mycket landström kan förbrukas i framtiden	

Hamnens dieselmix	
Drivmedel	Andel
Standarddiesel	100%
HVO	0%
	100,00%

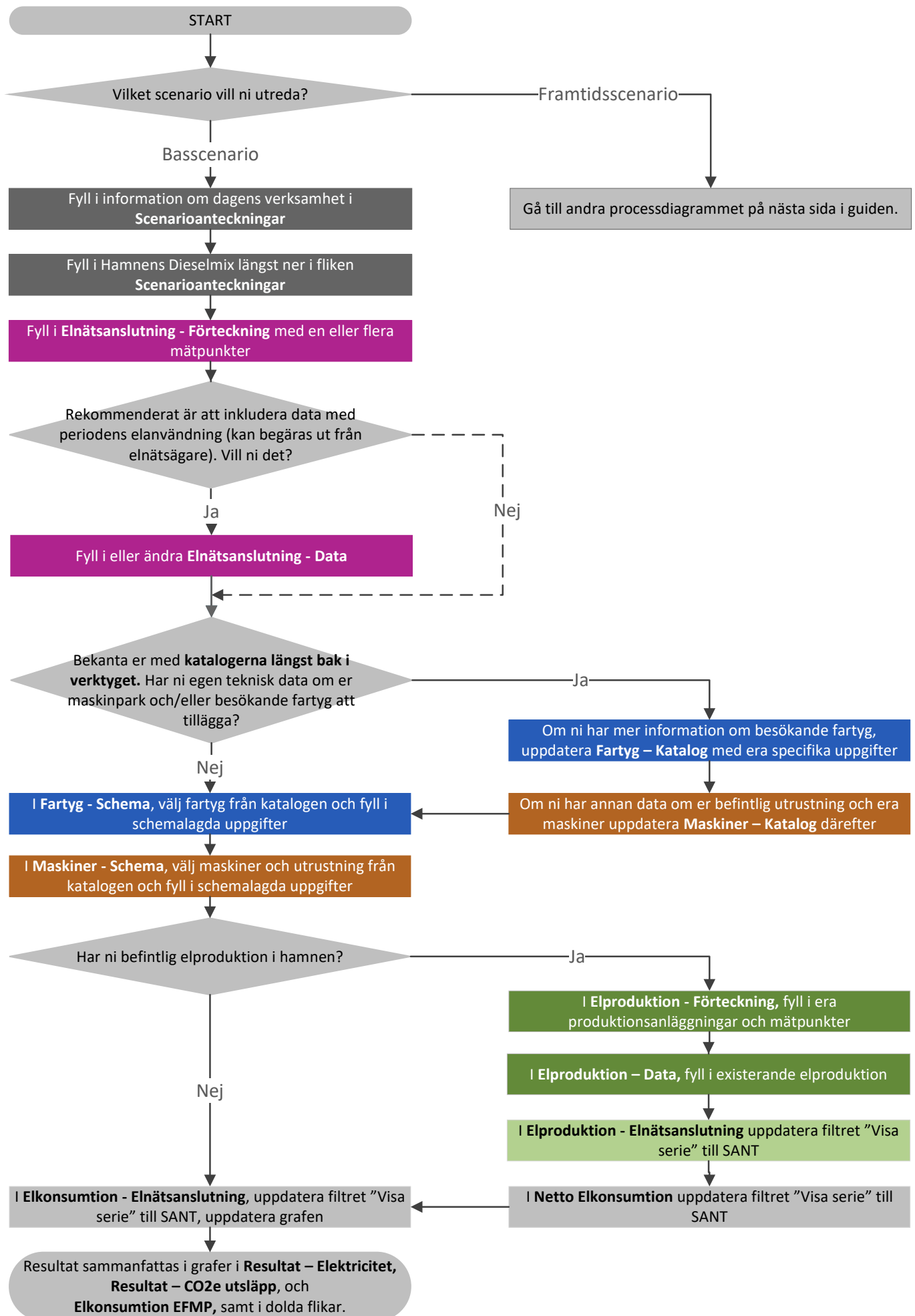
Vertygsdagar	Veckodagar
Dag 1	Måndag
Dag 2	Tisdag
Dag 3	Onsdag
Dag 4	Torsdag
Dag 5	Fredag
Dag 6	Lördag
Dag 7	Söndag

Demo: exempeluppgifter i blad Scenarioanteckningar.

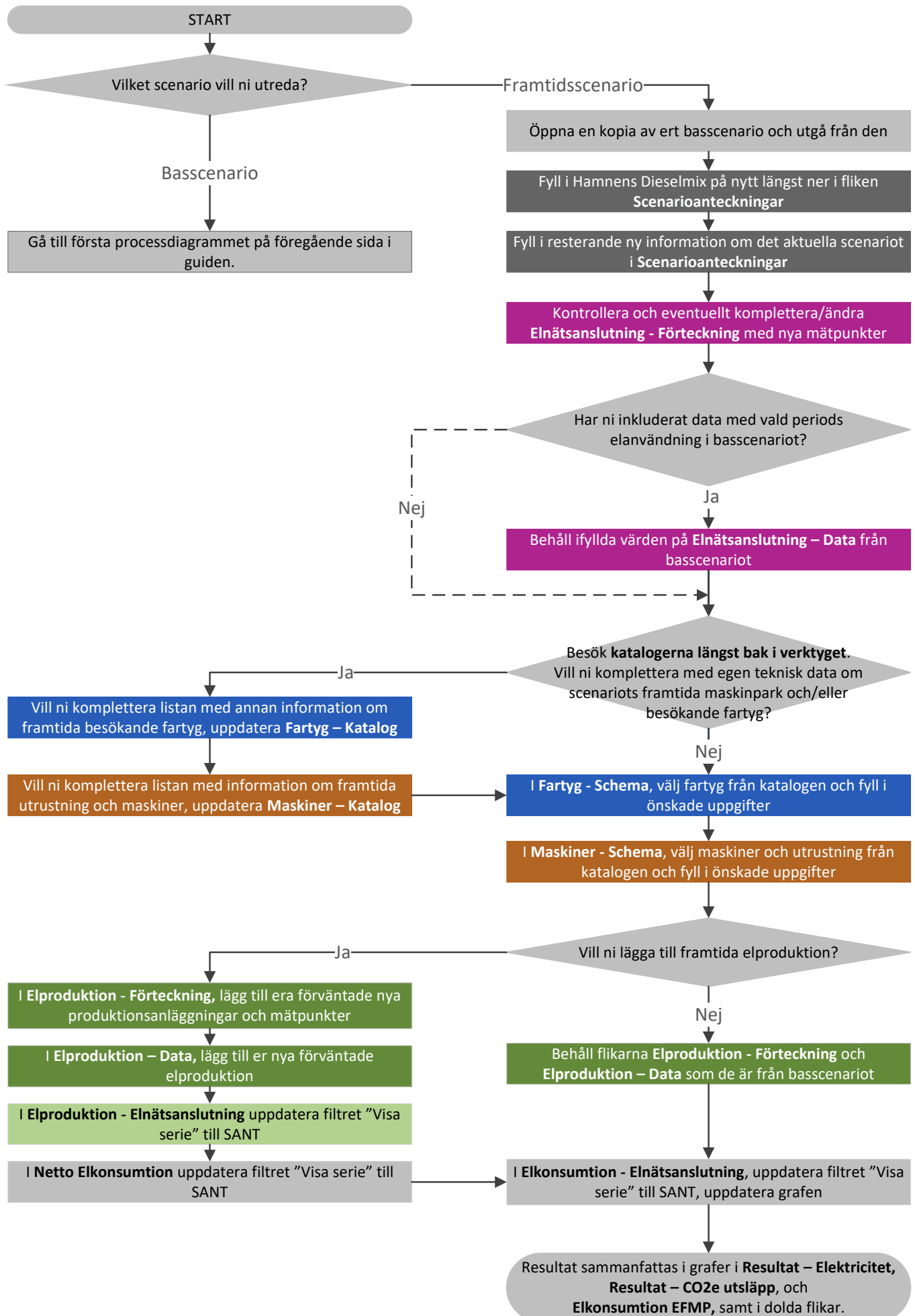
TIPS & TRICKS

Skriv ut sidorna 6-7 i färg om ni har möjlighet, och ha dem som en lathund bredvid er under ert arbete med HELP, samtidigt som ni bläddrar i denna användarguide och får mer detaljerad information kring varje steg i tillvägagångssättet.

BASSCENARIO - Tillvägagångssätt



FRAMTIDSSCENARIO - Tillvägagångssätt



ELNÄTSANSLUTNING - Fyll i Datablad

Detta avsnitt innehåller fördjupade instruktioner rörande elnätsanslutning och elanvändning. Här ska ni fylla i information om hamnens elnätsanslutningar och befintliga elanvändning. Uppgifterna används som underlag i basscenariot och ligger till grund för vidare beräkningar och jämförelser i verktyget.

Steg 1: Gå till bladet **Elnätsanslutning - Förteckning**

Här listar ni samtliga elnätsanslutningar som tillhör verksamheten. Ni kan använda era egna namn eller generiska namn. Det viktigaste är att upplägget speglar hur elnätsägaren tillhandahåller elanvändningsdatan till er.

Hur er elanvändningsdata är strukturerad och hur den kopplas till nätabonnemang kan se olika ut mellan olika hamnar. I många fall motsvarar ett abonnemang en enskild mätpunkt (elmätare), och den timvisa elanvändningen som levereras från elnätsägaren representerar då hela abonnemangets förbrukning.

I andra fall kan samma abonnemang omfatta flera mätpunkter, till exempel om olika delar av anläggningen mäts separat men debiteras gemensamt. Det förekommer också att flera abonnemang finns inom samma verksamhetsområde. HELP kan hantera båda dessa situationer, men det är viktigt att kopplingen mellan mätpunkter och abonnemang blir korrekt. Mätpunkterna används längre fram i analysen för att koppla elanvändning och elproduktion till rätt del av anläggningen.

Elnätsanslutning - Förteckning	
<ul style="list-style-type: none">Fyll i vilka elnätsanslutningar ni har (vilka mätpunkter som har skilda abonnemang hos er elnätsägare).Skriv en kommentar vid behov; vilka byggnader/utrustning som är kopplad till elnätsanslutningen etc.	
Elnätsanslutning	Kommentar
Mätpunkt A	Fyrbelysning
Mätpunkt B	Hamngatan 3, Kaj A
Mätpunkt C	Kaj B

Demo: exempeluppgifter i blad Elnätsanslutning - Förteckning.

Steg 2: Gå till bladet **Elnätsanslutning - Data**

Här klistrar ni in er elanvändning på timnivå för den vecka som basscenariot avser. Datan hämtas från er elnätsägare, antingen via inloggningstjänst eller genom att ni tar kontakt med dem direkt.

När ni för över data till verktyget, säkerställ att:

- Elanvändningen är angiven på timnivå (värden som är hämtade på kvartsnivå kan behöva aggregeras),
- Enheten är kilowatt (kW), och
- Decimaltecken är angivna med kommatecken (om datan inklistrad använder punkt som decimaltecken: ersätt via "Sök och ersätt"),
- Datan är i ett horisontellt format (om datan är i ett vertikalt format, använd "Klistra in - transponera" som inklistringsalternativ).

Dessa uppgifter representerar ett verkligt nuläge och används som jämförelsegrund vid analys av framtidsscenarioer.

Elnätsanslutning - Data

- Fyll i er nuvarande elanvändning med data hämtad från er elnätsägare.

Tips:

Säkerställ att datan är i ett horisontellt format (om datan är i ett vertikalt format, använd "Klistra in - transponera" som inklisteringsalternativ)

		Dag 1 Måndag							
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
Elnätsanslutning	Kommentar								
Mätpunkt A		2,38	2,47	2,38	2,49	2,38	2,45	2,49	2,33
Mätpunkt B		20,5	20,5	20,1	20,5	20,2	20,6	20,8	20,3
Mätpunkt C		6,74	6,73	6,76	6,74	6,72	29	57,3	84,4

Demo: exempeluppgifter i blad Elnätsanslutning - Data.

TIPS & TRICKS

Om ni saknar mer detaljerad eller bättre tillgänglig data för framtiden kan ni alltså använda hamnens nuvarande elförbrukning även i framtidsscenarioet. Eftersom ytterligare elanvändning från landström läggs till via fliken **Fartyg - Schema** och elanvändning från elektrifierade maskiner via fliken **Maskiner - Schema**, utgör den nuvarande elanvändningen ofta en rimlig grund även för framtida analyser.

Om ni däremot förväntar er större förändringar, såsom ombyggnationer, verksamhetsutveckling eller nya anläggningar, bör ni justera upp den inmatade framtida elförbrukningen för att bättre spegla det förväntade nuläget i framtidsscenarioet.

Nästa steg - Kontrollera kataloger och schemalägg

När ni har fyllt i er information om hamnens elnätsanslutningar och befintliga elanvändning är det dags att gå vidare i verktyget. Är det första gången ni använder HELP eller om ni inte har använt det på ett tag rekommenderas det att ni besöker katalogerna **Fartyg - Katalog** och **Maskin - Katalog**. Se tipsrutan nedan innan ni går vidare till nästa sida i användarguiden.

TIPS: Observera

Vid er första användning av HELP rekommenderas att ni lägger till energianvändningsdata från er verksamhets maskiner och utrustning, och information om era besökande fartyg. Hur ni gör det beskrivs i nästa kapitel **KATALOGER - Lägg till eller kontrollera**. Om ni redan har besökt katalogerna och fyllt i eventuella egna värden eller gjort er bekanta med de schablonvärden de erbjuder, kan ni hoppa över nästa uppslag och gå direkt till kapitel **SCHEMA - Fyll i datablad**.



Överblicksbilder från **Maskin - Katalog** och **Fartyg - Katalog**.

KATALOGER - Lägg till eller kontrollera

Katalogerna är stödflikar där alla fartyg och maskiner som används i scenarierna ska vara definierade. I verktyget finns två kataloger: **Katalog - Fartyg** och **Katalog - Maskin**. Dessa återfinns i de sista flikarna i arbetsboken. Katalogerna innehåller schablonvärden för vanliga fartygstyper och maskiner, baserade på datablad och beräkningar.

Ni behöver bara arbeta i katalogerna om:

- Ni saknar en maskin eller fartygstyp
- Ni vill lägga in egna värden för specifika fartyg som anlöper er hamn
- Ni vill uppdatera schablonvärdena

Katalogerna kan användas för att:

- Få en översiktlig uppskattning av energianvändning och koldioxidutsläpp för fartyg och maskiner,
- Skapa scenarier även när exakt verksamhetsdata saknas,
- Identifiera eldrivna alternativ till befintliga dieseldrivna maskiner vid framtagning av framtidsscenarier, och
- Identifiera kommande OPS-krav från fartyg som inte besöker hamnen idag men som skulle kunna göra det i ett framtidsscenario.

Schablonvärdena är inte avsedda att ersätta detaljerad och platsspecifik data som ni redan sitter på, men kan vara till stor hjälp för att genomföra relativt tillförlitliga analyser i ett tidigt skede. Ju mer väl anpassade värdena är till den egna verksamheten, desto mer träffsäkra blir resultaten.

Grundinnehåll Fartyg - Katalog

I fartygskatalogen finns data för fartygs medeleffekt-behov och bränslekonsumtion kategoriserade utifrån fartygstyp och storlekskategori (GT, dwt eller TEU). Nedan listas respektive fartygstyp som listas upp i katalogen.

- Kryssningsfartyg
- Passagerarfärja
- RoPax-färja
- Bulkfartyg
- Servicefartyg
- Styckegods-fartyg
- Kemikalietanker
- Containerfartyg
- Biltransportfartyg
- Fiskefartyg

Grundinnehåll Maskin - Katalog

I maskinkatalogen finns data för fordon, maskiner och övrig tänkbar utrustning i en liten till medelstor svensk hamn som kan gå på antingen diesel eller el. Maskinerna och fordonen är kategoriserade utifrån kapacitet, storlek, och drivlina. Nedan listas respektive typ som finns i katalogen.

- Materialhanterare och kranar
- Truckar och traktorer
- Bilar och laddstationer
- Städ- och sopmaskiner
- Nautisk utrustning - fyrljus

TIPS: Notera

De schablonvärden för landström som i nuläget används i verktyget bygger på internationella källor. För svenska förhållanden, där många hamnar tar emot relativt små fartyg, skulle verktyget kunna stärkas genom kompletterande exempel från fartyg som trafikerar svenska hamnar. Ju mer specifik och kvalitetssäkrad information som används som indata, desto mer träffsäkra kan resultaten bli.

För att fylla i egen fartygsspecifik data går processen till så här:

- Ställ er på raden under nedersta ifyllda raden i tabellen.
- Ange fartygstyp och storlekskategori.
- Fyll därefter i medeleffektbehov och bränslekonsumtion baserat på tillgänglig data eller schablonvärden.

Fyll på egen data genom att börja skriva i första tomma raden i slutet på tabellen.

58	Fiskefartyg	< 5000 (GT)	500	92,5
59	Fiskefartyg	> 5000 (GT)	2000	370,0
60				
61				

Så här går ni till väga för att lägga till egen data om specifik utrustning i maskinkatalogen:

- Ställ er på raden under nedersta ifyllda raden i tabellen.
- Ange huvudområde, delområde, drivmedel och eventuell exempelprodukt. Det går att skriva in ett nytt huvudområde om ingen av de befintliga passar.
- Fyll därefter i tekniska parametrar såsom batterikapacitet, medeleffektbehov, bränsleförbrukning och laddeffekt där det är relevant.

Fyll på egen data genom att börja skriva i första tomma raden i slutet på tabellen.

48	Nautisk utrustning	Farledsutmärkning/boj	Elektrisk, kabel	LED160, Navigationstel
49	Truckar och traktorer	Hjullastare - mini	Diesel	
50				
51				

Lägg gärna till specifika fartyg eller maskiner ni kan även om de inte använder eller förväntas använda landström eller eldrift. Deras energianvändning och CO₂e-utsläpp kan ändå vara relevanta för helhetsbilden som verktyget syftar till att ge.

Katalogerna kan uppdateras och kompletteras under arbetets gång vid behov, exempelvis i samband med framtagning av framtidsscenarioer. Det är fullt möjligt att använda en katalog i sin grundform för basscenariot och därefter uppdatera eller utöka den inför framtida analyser.

SCHEMA - Fyll i Datablad

Schemalaggningen är en av de centrala byggstenarna i scenarioarbetet, det används för att fördela energianvändning och effektbehov över tid under den vecka som scenariot avser. Detta avsnitt innehåller fördjupade instruktioner för hur fartyg och maskiner schemaläggs i verktyget.

Observera att:

Endast fartyg och maskiner som är definierade i katalogerna kan schemaläggas. Om ni har egen data för utrustning eller fartyg, eller vill använda andra maskiner än de som redan finns i katalogerna, ska dessa först läggas till eller uppdateras i respektive katalog innan de används i schemaflikarna (se kapitel KATALOGER - Lägg till och kontrollera).

Schemalaggningen sker på timbasis och gör det möjligt att analysera när på dygnet energibehov uppstår, hur laddning kan planeras samt hur olika verksamhetsdelar samverkar över tiden. Detta är centralt för att identifiera effekttoppar och dimensionerande behov i både bas och framtidsscenarioer.

I schemabladen separeras fartyg och maskiner i olika blad, men logiken för ifyllnad är likartad. I efterföljande avsnitt beskrivs hur respektive schema fylls i och hur dubbelräkning undviks.

TIPS: Tänk på

I basscenarioer kan elnättsdatan redan innehålla elanvändning från delar av verksamheten, till exempel eldrivna maskiner. När ni arbetar med schema flikarna är det därför viktigt att säkerställa att samma elanvändning inte räknas både i elnättsdatan och via schemalaggnings.

Hur detta hanteras i praktiken beskrivs under respektive schemaavsnitt nedan.

Fartyg - Schema

Här listar ni fartyg som anlöper hamnen under er för scenariots valda vecka.

- Välj fartygstyp, storlekskategori och bränsle från katalogen i respektive kolumns rullgardinsmenyer. I fallet då fartyget använder landström, välj även vilken elnätsanslutning som den drar effekt från. Se till att fartygets effektbehov finns inlagt i katalogen för att beräkningar ska fungera i verktyget.
- Markera med ett stort **L** varje timme fartyget ligger vid kaj. Detta ligger till grund för att beräkna fartygets energianvändning och emissioner vid kaj. När ett fartyg använder el och därmed en landströmskoppling kommer detta att läggas som nytt effektbehov på den valda elnätsanslutningen.

					Dag 1	Måndag		
					00:00	01:00	02:00	03:00
Fartygstyp	Storlekskategori (enhet)	Bränsle	Elnätsanslutning	Kommentar				
Bulkfartyg	0 - 9999 (dwt)	El	Mätpunkt C		A	A	A	A
Bulkfartyg	0 - 9999 (dwt)	El	Mätpunkt C				A	A
Bulkfartyg	0 - 9999 (dwt)	El	Mätpunkt C					
Bulkfartyg	0 - 9999 (dwt)	El	Mätpunkt C					

Demo: exempeluppgifter i blad *Fartyg - Schema*

Maskiner - Schema:

Här fyller man i användning av maskiner.

- i. Börja med att fylla i den utrustning som finns i hamnen. Lägg in en maskin på varje rad genom att välja huvudområde, delområde och drivmedel, samt elanslutning för maskiner som går på el.
- ii. Efter att ni har skapat en lista över den utrustning som finns i hamnen ska den schemaläggas. Utgå från den period ni bestämt sedan tidigare. För varje rad fyll i aktivitet timme för timme när utrustningen används:
 - a. Markera med ett stort **A** under timmen/timmarna utrustningen används om utrustningen är dieseldriven **och/eller** innebär ny elkonsumtion (framtidsscenario).
 - b. Markera med ett stort **L** när utrustningen laddas om den är batteridriven **och** läggs till under ett framtidsscenario. Om maskinen är batterielektrisk, färgas cellen med drivmedlet "Elektrisk, batteri" orange för att påminna om att batteriet laddning behöver schemaläggas.
 - c. Markera med ett stort **X** under timmen/timmarna utrustningen används eller laddas om utrustningen är elektrifierad **och** redan inkluderad i basscenarioets elnätsdata.
 - d. Låt rutorna vara helt tomma där utrustningen varken används eller laddas.

	Huvudområde	Delområde	Drivmedel	Einätsanslutning	Kommentarer	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
12													
13													
14	Materialhanterare och kranar	Materialhanterare (räckvidd: 23 m)	Elektrisk, kabel	Mätpunkt A									A
15	Truckar och traktorer	Gaffeltruck - Medel last	Dieset										A
16	Truckar och traktorer	Hjullastare - Medelstor	Dieset										A
17	Materialhanterare och kranar	Materialhanterare (räckvidd: 23 m)	Elektrisk, kabel	Mätpunkt B									A
18	Truckar och traktorer	Kompaktlastare	Elektrisk, batteri	Mätpunkt C		L	L						A
19	Materialhanterare och kranar	Materialhanterare (räckvidd: 23 m)	Elektrisk, kabel	Mätpunkt C									A
20	Truckar och traktorer	Hjullastare - Medelstor	Elektrisk, batteri	Mätpunkt B									A
21	Materialhanterare och kranar	Materialhanterare (räckvidd: 23 m)	Elektrisk, kabel	Mätpunkt B									A
22	Truckar och traktorer	Hjullastare - Medelstor	Elektrisk, batteri	Mätpunkt C									A

Demo: exempeluppgifter i blad *Maskiner - Schema*

Mer om dubbelräkning

Markeringarna **A**, **L** och **X** används för att hantera olika typer av användning och laddning. För att resultaten ska bli korrekta är det viktigt att dessa används på rätt sätt och att samma elanvändning inte räknas mer än en gång.

När ni arbetar med schemabladen är det alltså viktigt att undvika att samma elanvändning räknas två gånger. I ett basscenario utgår elnätsdatan ofta från en faktisk mätning av hamnens totala elkonsumtion under veckan. Denna kan redan inkludera elanvändning från eldrivna maskiner och annan fast ansluten utrustning. Om denna elanvändning även schemaläggs som ny förbrukning i schemabladen riskerar den att dubbelräknas i resultaten.

För att undvika detta gäller följande principer:

- Elektrifierad utrustning som redan ingår i basscenarioets elnätsdata ska inte adderas som ny elanvändning. Dessa schemaläggs i stället med ett **X**, vilket markerar användning utan att lägga till ytterligare förbrukning.
- Dieseldrivna maskiner och ny eller förändrad elanvändning i framtidsscenarioer schemaläggs som vanligt med **A** (användning) och **L** (laddning).
- Om ni väljer att ta bort viss elanvändning från fliken **Elnätsanslutning - Data** och i stället representera den fullt ut via schemaläggning, ska detta göras med stor försiktighet och tydligt dokumenteras.

Utgå alltid från **Scenarioanteckningar** för att tydliggöra vilka delar av verksamheten som ingår i elnätsdatan och vilka som hanteras via schema. Det gör resultaten lättare att tolka och minskar risken för missförstånd vid jämförelser mellan scenarier.

ELPRODUKTION - Fyll i Datablad

Elproduktionen används för att beräkna hur stor del av verksamhetens elbehov som kan täckas lokalt, samt för att analysera nettobelastningen mot elnätet. I verktyget finns det tre blad kopplade till elproduktion: **Elproduktion - Förteckning**, **Elproduktion - Data** och **Elproduktion - Elnätsanslutning**.

ALTERNATIV 1: Basscenario - befintlig elproduktion

Under ett basscenario fyller ni endast i elproduktion om hamnen i nuläget har egen elproduktion, till exempel från solceller eller vindkraft.

Elproduktionen ska rapporteras i timvisa effektvärden i kW precis som hos maskinernas och fartygens schemalagda energianvändningar.

- i. Arbetet inleds i genom att klicka på fliken **Elproduktion - Förteckning**, där varje produktionsanläggning läggs in på en egen rad. För varje anläggning, ange:
 - a. Namn
 - b. Koppling till rätt mätpunkt (från **Elnätsanslutning - Förteckning**).
 - c. Saknas en mätpunkt kan den kompletteras även i detta skede genom att uppdatera bladet **Elnätsanslutning - Förteckning** igen.
 - d. Eventuell kommentar (frivilligt).
- ii. Därefter går ni vidare till fliken **Elproduktion - Data** där era produktionsanläggningar och tillhörande elanslutningar automatiskt har lagts till i de högra kolumnerna i tabellen. Där fyller ni i producerad effekt per timme (kW) för den vecka som basscenariot avser. Tidsupplösningen och enheten ska vara densamma som för övriga schemadata i verktyget.
- iii. Slutligen uppdateras resultaten i bladet **Elproduktion - Elnätsanslutning**. För att visa de produktionsserier som ska ingå i analysen markerar ni **SANT** i kolumnen "Visa serie". Detta styr vilka rader som inkluderas i tabeller och diagram.

Produktionsanläggning	Elnätsanslutning	Kommentar
Solceller	Mätpunkt B	

Demo: exempeluppgifter i blad *Elproduktion - Förteckning*

Produktionsanläggning	Elnätsanslutning	Kommentarer	Dag 1	Måndag	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00
Solceller	Mätpunkt B		0	0	0	0	2,93	14,1	52,5	98,2	136	167

Demo: exempeluppgifter i blad *Elproduktion - Data*

ALTERNATIV 2: Framtidsscenario

I framtidsscenarioer kan ni välja att justera befintlig produktion eller lägga till helt nya produktionsanläggningar.

- i. Först kan ni börja med att besöka bladet **Elproduktion - Förteckning** igen. Vill ni inkludera en helt ny elproduktionsanläggning i ert framtidsscenario kan ni lägga den på samma sätt som ni gjort under basscenariot (beskrivs i punkt i ovanför under Basscenario).
- ii. I bladet **Elproduktion - Data** fyller ni därefter i uppskattade värden för framtida elproduktion. I detta skede kan schablonvärden behöva användas, särskilt om anläggningen ännu inte är projekterad eller installerad. Verktöget stödjer sådana antaganden, men det är viktigt att vara medveten om osäkerheterna.
- iii. För vissa typer av elproduktion, såsom solceller, kan externa beräkningsverktyg användas för att ta fram schablonvärden för timvis produktion. Tänk på att anpassa både tidsperiod och enheter innan värden klistras in i verktöget.
- iv. Precis som för basscenariot används bladet **Elproduktion - Elnätsanslutning** för att välja vilka produktionsserier som ska visas och inkluderas i resultaten genom att markera **SANT**.

Notera att sol- och vindkraft varierar kraftigt över året. Använd därför data eller schabloner som motsvarar den faktiska tid på året ni analyserar, inte årsgenomsnitt eller värden som inte överensstämmer med scenarioperioden.

När ni fyllt i era blad kopplade till elproduktion är det dags att kika på resultaten. Hur ni hittar dem och tolkar dem beskrivs i nästa kapitel.

TIPS: Om schablonvärden solceller

Längst upp i arbetsbladet **Elproduktion - Data** finns två länkar inkluderade med externa verktyg som kan generera schablonvärden av solcellsproduktion utifrån historisk väderdata:

- PVWatts (NREL - U.S. Department of Energy) - värdefull om ni vill uppskatta produktionen utan att veta installerad kapacitet. Ni kan rita solcellsanläggning direkt på karta och uppskatta möjlig panyta.
- PVGIS (JRC - Europakommisionen) - kräver en uppskattning av installerad kapacitet.

OBS! TÄNK PÅ

Verktöget vill ha decimalkomma, och värdena som laddas hem från amerikanska PVWatts använder decimalpunkt. Byt till decimalkomma innan ni klistrar in era värden (använd Excels "Sök och ersätt"-funktion).

Värdena ska stå i *kilowatt* i fliken elproduktion-data.

Dokumentera alltid era antaganden kring elproduktion i Scenarioanteckningar, särskilt i framtidsscenarioer. Det underlättar tolkning av resultaten och gör det möjligt att revidera eller fördjupa analysen vid ett senare tillfälle.

RESULTAT - Tolkning av analysen

När all indata har fyllts i sammanställs resultaten automatiskt i resultatflikarna. Dessa visar hur energianvändning, effektbehov, elproduktion och utsläpp fördelar sig i det scenario ni har arbetat med.

HELPS resultat speglar den inmatning som har gjorts i elnätsanslutningar, schemaflikar och elproduktion. Resultaten ska därför alltid tolkas i relation till vilka antaganden som har gjorts, vilka delar av verksamheten som har inkluderats samt hur framtidsscenarioet skiljer sig från basscenarioet. Resultaten är som mest användbara när de jämförs mellan olika scenarier.

Vad resultaten visar

I resultatvyerna kan ni bland annat analysera:

- » hamnens totala elförbrukning över tid (blad **Elkonsumtion - Elnätsanslutning** och **Elkonsumtion - EFMP**),
- » hur elproduktionen påverkar den totala belastningen mot elnätet (blad **Elproduktion Elnätsanslutning** och **Elkonsumtion - EFMP**),
- » hur fartyg och maskiner bidrar till energianvändning och effektbehov (blad **Elkonsumtion - EFMP**), och
- » skillnaden mellan elanvändning och elproduktion (blad **Netto elkonsumtion**).

Resultaten visas uppdelade per mätpunkt när det är relevant, vilket gör det möjligt att analysera både total belastning och belastning på specifika abonnemang.

Alla dessa grafer sammanställs också längst fram i arbetsboken i bladet **Resultat - Elektricitet**.



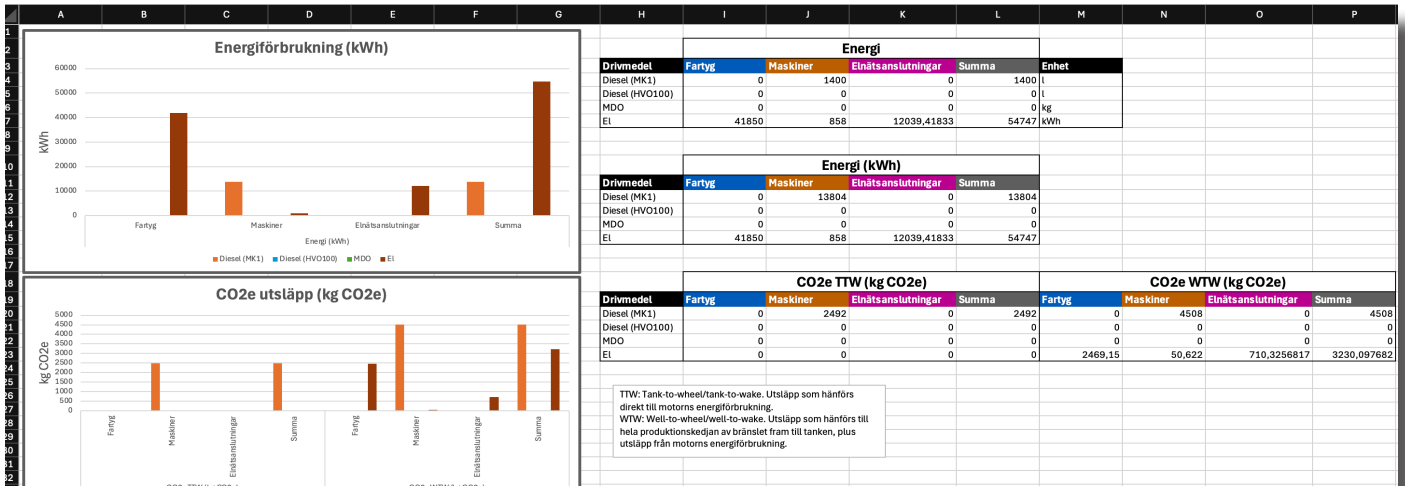
Demo: exempelresultat i blad **Resultat - Elektricitet**.

TIPS: Tänk på

Resultatgraferna visar i huvudsak effekt per timme (kW). Effekten per timme kan summeras till energianvändning (kWh) om ni behöver energimängder för ytterligare analyser.

Koldioxidutsläpp

I bladet **Resultat - CO₂e** utsläpp får ni en samlad bild av hamnens totala energianvändning och hur denna omsätts i utsläpp. Utsläppen presenteras både som TTW (Tank-to-Wake, direkta utsläpp från hamnens drift) och WTW (Well-to-wake, utsläpp i hela energins livscykel, från produktion till användning), vilket gör det möjligt att analysera både operativa och systemövergripande klimatpåverkan.



Demo: exempelresultat i blad **Resultat - CO₂e** utsläpp..

Jämförelse mellan scenarier

När basscenario och framtidsscenario jämförs kan ni identifiera förändringar i:

- » energibehov,
- » effekttoppar,
- » förbrukningsmönster, och
- » utsläpp.

Resultaten kan därmed användas som underlag för strategisk planering, exempelvis vid prioritering av elektrifieringsåtgärder, planering av laddinfrastruktur, dialog med elnätsägare om effekttoppar och abonnemangsbehov, samt verksamhets- och investeringsplanering.

TIPS & TRICKS

För att underlätta jämförelser rekommenderas att ni sparar separata kopior av verktyget för olika scenarier. Nedan listas exempel på filnamn för olika scenariotyper:

- HELP_Basscenario_2026
- HELP_Framtidsscenario_2035_enligt energiplan
- HELP_Framtidsscenario_2035_med ökad landström

För att underlätta jämförelser mellan scenarier som ligger i olika Excelfiler kan ni med fördel exportera resultatgrafer och sammanställa dem i exempelvis PowerPoint. På så sätt blir det enklare att visuellt jämföra hur olika antaganden påverkar resultaten.

Konstanter - Bränsle

De faktorer som används i beräkningarna, såsom energiinnehåll och utsläpp per energienhet, är hämtade från bladet **Konstanter - Bränsle**, där ni också hittar bakomliggande källor och antaganden. Där finns utsläppsparametrar och energiinnehåll för olika bränslen. Dessa värden kan uppdateras vid behov, då emissionsfaktorer är beroende på innevarande års bränslemix. Uppdateringen är valfri och kan göras när som helst innan resultatet analyseras. Uppdatering av värdena påverkar resultaten i fliken **Resultat - CO₂e**.

Dolda flikar

HELP innehåller ett antal dolda flikar med mer avancerade resultat för den nyfikne. Dessa är till för användare som vill djupdyka i resultaten och se exakta tidsserier och underliggande beräkningar. För att visa dolda flikar, högerklicka i fältet där bladen finns, välj alternativet "Ta fram..." och markera de blad ni vill visa. Det finns flera alternativ att välja att lyfta fram, beroende på vilket resultat ni är intresserade av att djupdyka i. Vill ni rensa i verktyget igen efter att ha granskat de dolda resultaten kan ni välja att gömma flikarna igen.

» Elkonsumtion per elnätsanslutning - Fartyg/Maskiner

Dessa flikar sammanställer elkonsumtionen från fartyg respektive maskiner per elnätsanslutning (mät punkt). För varje mät punkt summeras den totala elanvändningen timme för timme under scenarioveckan, baserat på schemalagd användning och effektbehov. Flikarna ligger till grund för grafer som visar hur olika verksamhetsdelar belastar elnätsanslutningarna.

» Elkonsumtion - Fartyg/Maskiner

Dessa flikar visar elkonsumtionen uppdelad per fartyg eller maskin som ingår i scenariot. Den timvisa elkonsumtionen beräknas utifrån respektive objekts effektbehov i katalogen och de timmar då eldrift eller laddning har markerats i schemat. Flikarna gör det möjligt att identifiera vilka fartyg eller maskiner som står för störst andel av elanvändningen.

» CO₂e-utsläpp - Fartyg/Maskiner

Dessa flikar beräknar den totala energianvändningen och tillhörande CO₂e-utsläpp för fartyg respektive maskiner under scenarioveckan. Beroende på om objektet drivs med MDO/ diesel eller el beräknas bränsle- eller elförbrukning baserat på driftstid och bränsle- eller effektbehov. Den totala energianvändningen multipliceras därefter med emissionsfaktorer (TTW och WTW) för att beräkna utsläppen.

» FartygKatalogSorterad och MaskinKatalogSorterad

Dessa flikar används som tekniskt stöd för att möjliggöra rullgardinsmenyerna i schemalägningsflikarna. De uppdateras automatiskt baserat på innehållet i fartygs- och maskinkatalogerna och ska inte redigeras manuellt. Om innehållet i dessa flikar ändras riskerar verktygets funktionalitet, inklusive schemaläggning och beräkningar, att påverkas negativt.

TIPS: Observera

Om ni använder schablonvärden (exempelvis för fartyg, maskiner eller solcellsproduktion) är resultaten en förenklad representation av verkligheten. De ger en bra indikation, men inte exakta värden. Därför är det viktigt att dokumentera vilka värden som är schabloner, notera vilken osäkerhet som finns och vid behov testa flera scenarier med olika antaganden.

FÖR MER VÄGLEDNING

För en mer detaljerad beskrivning av metodik, antaganden och beräkningslogik hänvisas till projektets slutrapport "Hamnen som en energihubb: Utveckling av ett energiomställningsverktyg för hamnar". Den hittas, tillsammans med allt material kopplat till HELP, på [projektets hemsida](#).

Författare till HELP användarguide version 1.0:

Jessica Wehner, Gabriella Grenander, David Daniels (VTI)

Sara Rogerson, Anna Skötte, Joanne Ellis (RISE Research Institutes of Sweden)

vti

**RI.
SE**

HELP har utvecklats i innovationsprojektet "**Hamnen som en energihubb: Utveckling av ett energiomställningsverktyg för hamnar**", genomfört av VTI och RISE och finansierat av Trafikverkets branschprogram *Hållbar sjöfart* via Lighthouse.