

Strateginen energianhallintasuunnitelma

Ohjeistus 2022

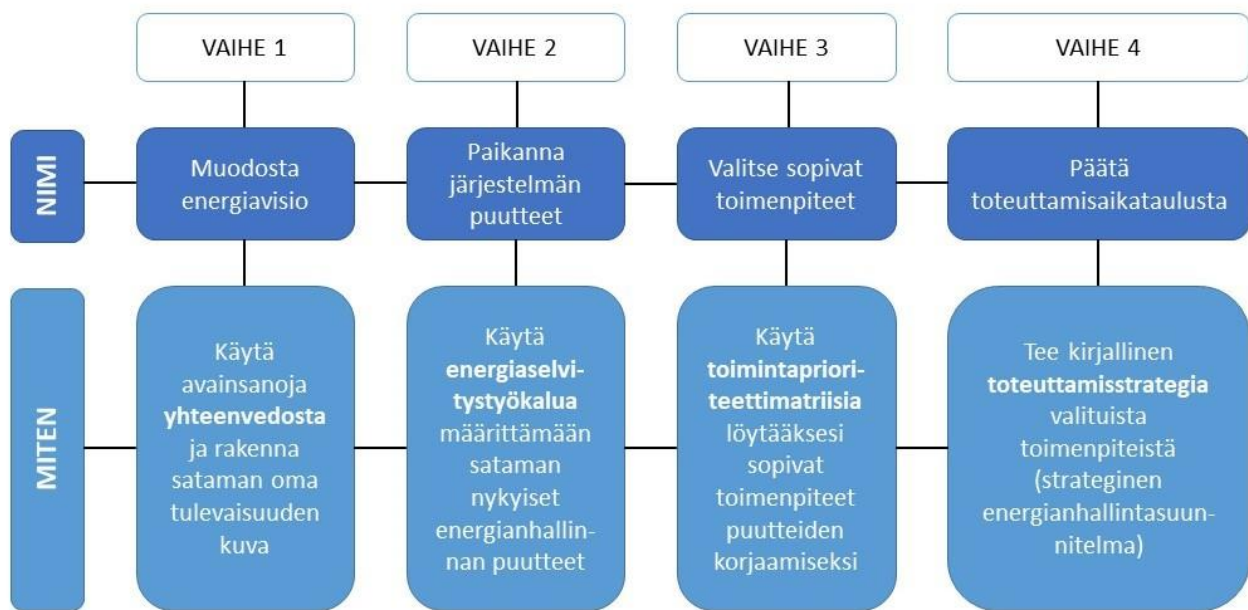
Sisällysluettelo

Johdanto.....	1
Lyhyen aikavälin tulevaisuuden visio satamalle.....	3
Kuinka voidaan löytää nykyiset sataman energianhallinnan puutteet?	5
Toimenpiteet havaittujen puutteiden korjaamiseksi	7
Toimenpiteiden tarkempi kuvaus	10
Satamassa sovellettavien toimenpiteiden arviointi	20
Toimenpiteiden valinta sataman energianhallintasuunnitelmaan	31
Alustava aikajana valittujen toimenpiteiden toteuttamiseen.....	33
Päätelmät	34

Johdanto

Tervetuloa oppimaan, kuinka voit laatia satamallesi energianhallintasuunnitelman! Ensiksi on syytä tarkentaa, mitä tarkoitamme strategisella energianhallintasuunnitelmalla. Yleensä sillä tarkoitetaan pitkän tähtäimen suunnitelmaa, jonka tavoitteena on parantaa organisaation energiatehokkuutta ja optimoida organisaation energiankäyttöä. Kun puhumme pitkän tähtäimen suunnitelmista, katsomme asioita jopa noin 10–15 vuoden perspektiivillä. Energiatehokkuuden parantaminen voi johtaa konkreettisiin hyötyihin organisaatiossa: omien energialähteidensä käyttö tehostuu ja energiankulutus vähenee, mikä johtanee myös alempiin energiakustannuksiin. Näiden seurauksena hiilijalanjälki – päästöt ympäristöön – pienenevät, kilpailukyky markkinoilla parantuu ja organisaatio hyötyy myös vihreämmästä imagostaan. Tämän ohjekirjan avulla satamalaitokset voivat laatia itselleen energiastrategian ja suunnitella konkreettisia toimenpiteitä, joiden avulla riippuvuutta fossiilista polttoaineista voidaan vähentää ja tehostaa sataman energiahallintaa. Tehtävän haasteellisuuden vuoksi tämän selvityksen tekeminen on syytä antaa sellaisen henkilön tehtäväksi, jolla on tietämystä niin sataman päivittäisistä toiminnoista kuin hallinnollisista asioista. Alla olevasta prosessisuunnitelmasta käy ilmi vaihe vaiheelta tämän strategisen energiahallintasuunnitelman laatiminen.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Kuvio 1 – Suunnitelma strategisen energianhallintasuunnitelman rakentamiseen

Selvitys jakautuu neljään vaiheeseen, joissa kussakin on yksi keskeinen päätoimenpide. Jokaisen vaiheen alla on lyhyesti kerrottu, miten tähän päätavoitteeseen päästään.

Tässä julkaisu koostuu seuraavista osakokonaisuuksista:

- **tiivistelmä** tulevaisuuden visiosta eurooppalaisille satamille
- manuaali sataman energianhallinnassa olevien **puutteiden** löytämiseen
- lista mahdollisista **toimenpiteistä** näiden puutteiden korjaamiseksi ja kuvaus niiden hyödyistä
- arviointi korjaustoimenpiteiden **sovellettavuudesta** satamassa: positiiviset vaikutukset verrattuna käytettäviin resursseihin
- **kriteerit** sataman energianhallintasuunnitelmaan sisällytettävien toimenpiteiden valitsemiseksi
- alustava **aikajana** valittujen toimenpiteiden toteuttamiseen

Ennen kuin ryhdymme tarkastelemaan ohjeistusta yksityiskohtaisemmin, varmistathan, että olet tehnyt EVISA-työkalujen avulla satamallesi jo **esiselvityksen, energiaselvityksen, uusiutuvan energian potentiaalın arvioinnin** ja laskenut sataman päästöt **hiilijalanjälkilaskurilla**. Kun nämä on jo tehty, ei sataman energiahallintasuunnitelman laatiminenkaan tule olemaan vaikeaa.

Lyhyen aikavälin tulevaisuuden visio satamalle

Viimeisen kolmen vuoden aikana on laadittu monia uusia energia- ja ympäristöasioita käsitteleviä EU-säädöksiä, jotka on huomioitava myös satamien toiminnassa. Tulevaisuuden satamia on visioitu monissa dokumenteissa, joita ovat muun muassa [EU Green Deal](#), [EU's Fit for 55 package](#) ja [ESPO Green Guide 2021](#). Näissä julkaisuissa käsitellään satamia lähes sadan sivun verran, joten satamia koskeviin kohtiin perehtyminen vaatii aikaa ja viitseliäisyyttä, varisinkin, kun kaksi edellämainttua julkaisua eivät käsittele ainoastaan satamia. Olemmekin keränneet keskeiset satamia koskevat näkökohdat näistä julkaisuista ja jakaneet ne 12 kohdan luetteloon, jotka käydään alempana tarkemmin läpi. Julkaisuista nousee esiin kolme keskeistä satamiin liittyvää kysymystä:

Millainen on satamalaitoksen lähitulevaisuus?

- se on logistinen keskus, keskeinen osa teollisuuden toimitusketjuja (tuotanto, jakelu), jolla on tärkeä rooli tarpeettoman kuljetuksen välttämiseksi;
- sillä on vihreä imago:
 - valvoo melunmuodostusta, on hiljainen yöllä, siirtyy sähkökäyttöisiin koneisiin ja laitteisiin, käytössä alemmat satamamaksut hiljaisemmille aluksille;
 - huolehtii omista jätteistään asianmukaisesti ja vastaanottaa alusten jätteen, käytössä epäsuorat jätemaksut aluksille;
 - valmistautunut tuleviin muutoksiin ilmastossa, rakenteet tulva- ja myrskykestävät;
 - hiilineutraali, seuraa päästöjään – satamalle on laadittu päästöinventaariorio, tietää hiilijalanjälkensä, tavoittelee päästöttömyyttä ja saasteettomuutta;
 - omaksuu aiemmin tuntemattomia ja uusia menetelmiä pyrkiessään kohti vihreään tulevaisuutta, Euroopan kestävän siirtymisen edelläkävijä, tukee sinistä taloutta (suojelee merta ja maata ruoan, energian, raaka-aineiden ja turismin käyttöä varten; hiilensidontaa ja -varastointi) sekä kiertotaloutta (jätteestä raaka-aineeksi, kierrätys, uudelleenkäyttö):
- puhtaan uusiutuvan energian keskus (merituuli- ja aaltoenergia sekä aurinko-, tuuli- ja bioenergia maalla), tarjoaa maasähköä aluksille ja LNG-bunkrausta vaihtoehtoisena polttoaineena (päästöjen välttämiseksi), tuottaa vetyä ja/tai vedystä johdettuja polttoaineita (ammoniakkia), soveltaa Power-to-X-ratkaisuja sähkön käyttämiseksi vedyn, metaanin ja ammoniakkin tuotannossa;
- Innovatiivisten ja digitaalisten teknologioiden keskus; sensorit, mittarit, älykkäät liikennevalot, tehokkaat rakennukset, digitalisaation kautta saavutettu toiminnallinen ja ympäristöllinen tehokkuus.

Miten satamalaitokset edistävät vihreää siirtymää sataman toimijoiden kanssa ja suhteessa muihin satamiin?

- toimimalla vähähiilisyyden ja vihreyden koordinaattorina, käynnistäjänä ja edistäjänä muita satamatoimijoita kohtaan;
- tarjoamalla vihreitä alennuksia ja eriytettyjä satamamaksuja edistyksellisille toimijoille;
- laatimalla ohjeet satamassa toteutettavia (kestäviä) infrastruktuuri-investointeja varten, palkitsemalla ympäristösuojelusta, järjestämällä webinaareja ja konferensseja;
- tekemällä yhteistyötä muiden satamien ja sidosryhmien kanssa kestävyteen liittyvissä asioissa.

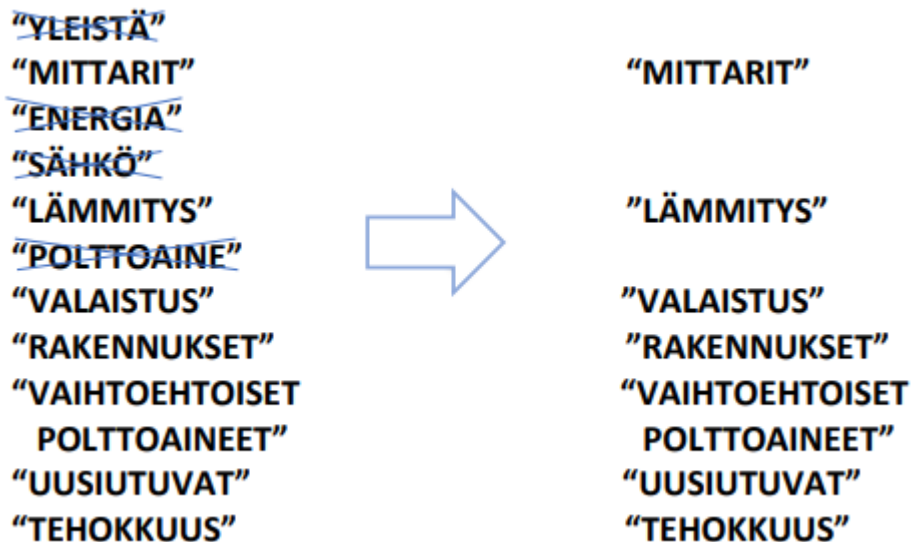
Kuinka satamalaitos toimii suhteessa ympäröivään yhteiskuntaan?

- ottaa aktiivisesti osaa projekteihin, joita tehdään yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa strategisiin vihreisiin investointeihin liittyen ja edistää innovaatioita satamassa;
- tukee vihreitä yrityksiä ja antaa näille mahdollisuuksia toteuttaa vihreitä ratkaisujaan satama-alueella, hakee synergiaetujen teollisuuden ja sataman välisestä yhteistyöstä;
- toimii vastuullisesti ympäristönäkökohdat huomioiden, pitää rannat puhtaana ja suojelee luontoa, tukee uhanalaisten lajien kantojen vahvistamista (biodiversiteetti) esim. huomioimalla vedenalaisen infran rakentamisessa kalat, simpukat ja kasvit;
- on toiminnassaan läpinäkyvä. Ei piilotele toimintojaan, vaan jakaa tietoa esim. energian käytöstään ja sataman ympäristötavoitteet ja suunnitelmat ovat kaikkien nähtävissä sataman nettisivuilla. Levittää hyviä ympäristökäytäntöjä. On aktiivinen toimija sosiaalisessa mediassa ja sen ulkopuolella ja tavoittaa viestinnällään niin tavalliset kansalaiset, sataman työntekijöitä ja muut toimijat.

Valitse yllä olevasta tekstistä satamasi vision kannalta kaikkein tärkeimmät asiasanat ja alleviivaa tai lihavoivat ne. Käytä näitä asiasanoja satamasi vision laatimisessa, asetta alustava aikataulu satamassa toteutettaville toimenpiteille. Tämä asiakirja tukee ja ohjeistaa satamaasi matkalla kohti kestävyttä ja sataman energianhallintastrategian muodostamisessa. Jos tarvitset lisäinspiraatiota tai syventää omaa ymmärrystäsi, perehdy alkuperäisiin dokumentteihin ([EU Green Deal](#), [EU's Fit for 55 package](#) ja [ESPO Green Guide 2021](#)). Voit myös katsoa, miten eräät edelläkävijäsatamat ovat hahmottaneet omaa lyheyn ja pitkän aikavälin visiotaan. Näitä ovat laatineet esimerkiksi [Helsingin](#), [Bergenin](#) (Norja) tai [Göteborgin](#) (Ruotsi) satamat.

Kuinka voidaan löytää nykyiset sataman energianhallinnan puutteet?

Lähtökohtatilanteen selvittäminen on usein aivan yhtä tärkeää kuin lopullisen päämäärän asettaminenkin, mikä pitää paikkansa myös sataman energianhallintasuunnitelmaa laadittaessa. Lähtötilanteen selvittämistä helpottaa kuitenkin se, että olet jo aiemmin laatinut sataman energiaselvityksen. Tätä varten hankittujen tietojen avulla voidaan selvittää sataman energiahallinnan puutteet.



Kuvio 2 - Energiaselvityksen sovellettavat osa-alueet

Energiaselvitys kattoi 11 eri sivua, joista voidaan jättää pois tässä yhteydessä pois "yleistä", "energia", "sähkö" ja "polttoaineet" -osiot. Kolmen viimeksi mainitun sivun tiedot on koottu "mittarit" sivulle ja osaksi "vaihtoehtoisiin polttoaineisiin" -osion. Tarkastelun kohteeksi otetaan siis ne seitsemän osiota, joita ei ole kuviossa 2 yliviivattu.

Koska kyseessä on itsearviointityökalu, ainoastaan satamalaitos voi selvittää oman energianhallintansa puutteet. Alle on kerätty esimerkkejä mahdollisista eri osioiden puutteista, joita satamassa voi tulla vastaan. Kohtaan "muu" voi lisätä myös omia puutteita, jota ei listalta löydy.

- **"MITTARIT"**
 - sähkön kulutustietojen puuttuminen alueilta/rakennuksilta
 - erillistietojen puuttuminen: lämmitys / kylmä- ja kuumavesi / valaistus / ilmanvaihto / polttoaine / kaasu
 - reaaliaikaisten tietojen puuttuminen

Muu: Click or tap here to enter text.

● ”LÄMMITYS”

- huoneen lämpötilasäätimien puuttuminen
- lämmittimien toimintahäiriö
- nykyisten lämmittimien riittämättömyys
- ikääntyneet/vanhentuneet lämmityslaitteet
- puutteellinen lämmitysteknologia
- korkeat energialaskut

Muu: [Click or tap here to enter text.](#)

● ”VALAISTUS”

- matala energiatehokkuus
- lämmöntuotanto
- elohopeahehkulamput
- voimakkuussäätimien, liikkeentunnistimien, kello-ohjauksen, yms. puuttuminen
- kohtuuton sähkölasku
- alhainen käyttöikä
- vilkkuvat valot
- pitkä syttymisaika täyteen valaistuskapasiteettiin
- vanhanaikaiset mallit

Muu: [Click or tap here to enter text.](#)

● ”RAKENNUKSET”

- matala energialuokka
- korkea kuukausittainen energiankäyttö
- kohtuuttomat energialaskut (lämmitys, sähkö)
- alhainen sisäilman laatu
- säännöllisiä tai satunnaisia esim. infrapunakuvin todennettuja lämpöhäviöitä
- vanhentuneet materiaalit: seinät, ikkunat, katto
- paikallisia vikoja: seinät, ikkunat, katto

Muu: [Click or tap here to enter text.](#)

● ”VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET”

- ei tarpeeksi latureita ladattaville ajoneuvoille
- ei tarpeeksi pyöräparkkeja (jos pyöräily sallittu)
- LNG-bunkrausinfrastruktuurin puutteet
- ei maasähköä laiturissa oleville aluksille
- vaihtoehtoisten lämmitys- ja ajoneuvopolttoaineiden puuttuminen: esimerkiksi, ei puhtaampia nestemäisiä (esim., biodiesel, bioetanoli), kiinteitä (esim., puupelletit) tai kaasumaisia (esim., biokaasu, LNG, synteettinen kaasu) polttoaineita

Muu: [Click or tap here to enter text.](#)

● ”UUSIUTUVAT”

- ei omia tai ulkopuolelta sopimusteitse hankittuja vihreitä energiaratkaisuja
- hyödyntämätöntä aurinko- / tuuli- / biomassa- / aalto- / maalämpöenergiapotentiaalia

Muu: [Click or tap here to enter text.](#)

● ”TEHOKKUUS”

- henkilöstön alhainen tietämys energiansäästökäytännöistä
- energia-auditointeja ei suoriteta vuosittain
- ei mukautuvia ja älykkäitä valaistusjärjestelmiä
- puutteet lämmityksen lämpötilasäätimissä
- satamarakennuksia ei ole lämpökuvattu infrapunakameralla
- satamalla ei käytössä hybridiajoneuvoja
- vuodot putkistoissa tai muissa järjestelmissä
- ei tehokkaaseen energianhallintaan soveltuvia moderneja digitaalisia ratkaisuja
- energiaohjelmien ja -strategioiden puutteellisuus
- ympäristöohjelmien ja -strategioiden puutteellisuus

Muu: [Click or tap here to enter text.](#)

Voit valita havaitsemasi puutteet tai lisätä nämä kenttään ”muu”, mikäli näitä ei ole listattu edelle. EVISA:n liitteissä on myös oma dokumenttipohja, johon voi myös kerätä nämä puutteet.

Toimenpiteet havaittujen puutteiden korjaamiseksi

Mikäli yllä oleviin listauksiin tuli runsaasti ”rasteja ruutuun”, ei ole syytä hätäntyä, tilanne on korjattavissa. Kaikkiin näihin tapauksiin on ratkaisuja olemassa, jotka esitellään alla:

● “MITTARIT”:

- ympäristöseurantajärjestelmä aluksille
- satama-alueen ja rakennusten lisämittarit
- kulutusmittarit: lämmitys (sähkö ja muut) / vesi kuuma ja kylmä) / valaistus / sähköinen ilmanvaihto / polttoaine (benssiini, diesel, kaasu)
- verkkomittausjärjestelmän asentaminen

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

● “LÄMMITYS”:

- Kaukolämpö / -jäähdytys
- merivesilämpöpumput

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

● “VALAISTUS”:

- LED-valaistus
- mukautuva valaistusjärjestelmä
- LED-valonheittimet ja kävelytievalot

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

● “RAKENNUKSET”:

- seinien maalaaminen valkoiseksi/ikkunoiden lisääminen
- ilmaverhon asentaminen
- lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän optimointi (HVAC)
- eristyksen
- lähes nollaenergiarakennus
- tarveohjattu ilmanvaihtojärjestelmä
- ilmalämpötilan säätäminen
- viherkatto

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

● “VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET”:

- maasähkö
- LNG-PowerPac

- LNG-proomu
- LNG-bunkraus: tankkiautosta alukseen
- LNG-bunkraus: maalta alukseen
- LNG-bunkraus: aluksesta alukseen
- LNG-bunkraus: paikallinen nesteytyslaitos
- vaihtoehtoiset polttoaineet
- automatisoidut kiinnitysjärjestelmät
- hybridivoimansiirto
- hybridivoimansiirto (ladattava hybridi)
- voimansiirron sähköistys

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

● “UUSIUTUVAT”:

- osta “vihreää” energiaa
- aurinkosähköjärjestelmä
- tuulivoima
- vesivoima
- biokaasu
- maalämpö
- mikroturbiini

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

● “TEHOKKUUS”:

- energia- / päästötavoitteet
- energianhallintajärjestelmä
- energia-auditoinnit
- älykkään sähköverkon käyttöönotto
- työntekijöiden aloitejärjestelmä
- työntekijöiden ympäristökoulutus
- työntekijöiden bussikuljetukset
- työsuhdepolkupyörien tarjoaminen työntekijöille
- energian niputus
- yritysten välisen hukkalämmön käyttö

- Raskaiden ajoneuvojen päästöjen hallintavyöhyke
- vaihtoehtoinen raskaiden ajoneuvojen jäähdytys: DTRU
- vaihtoehtoinen raskaiden ajoneuvojen jäähdytys: sähkön syöttö
- vihreän sataman maksut
- hidas höyrytys
- voimansiirron sähköistys
- energiaa säästävät renkaat
- rengaspaineen valvonta
- regeneratiivinen käyttövoima
- päästöjen hallintateknologiat
- ympäristöystävällisen ajamisen ajotunnit

Oma vaihtoehto: [Click or tap here to enter text.](#)

Toimenpiteiden tarkempi kuvaus

Mikäli edellä oleva listaus näyttää tutulta, olet saattanut nähdä ne jo toimintaprioriteettimatriisissa. Nämä toimenpiteet esitellään yksityiskohtaisemmin alla, joten lue nämä tarkemmat esittelyt läpi ennen kuin ryhdyt tekemään omia valintoja. Joidenkin toimenpiteiden kohdalla löydät myös tiedon siitä, miten nämä voivat vaikuttaa hiilijalanjäljen vähentämiseen satamassa. Nämä on tarkoitettu tukimateriaaliksi jatkotoimenpiteitä varten.

● “MITTARIT”:

- ympäristöseurantajärjestelmä aluksille:** kyseessä on järjestelmä, johon on kerätty saatavilla olevat tärkeimmät ympäristöparametrit, kuten polttoaineenkulutus ja yksittäisten alusten ilmanpäästöt. Järjestelmä auttaa keskittämään ympäristötietojen keräämisen ja määrittämään energian tai päästöjen vähentämistavoitteet satama-alueella oleville aluksille sekä seuraa asetettujen tavoitteiden kehittymistä. Järjestelmän avulla voidaan myös arvioida sataman ympäristövaikutuksia. Saatuja tietoja voidaan hyödyntää myös sertifiointiohjelmissa ja niiden avulla voidaan laatia vihreiden alennusten järjestelmä vierailleville aluksille.
- satama-alueen ja rakennusten lisämittarit:** tässä toimenpiteessä on kyse lisämittareiden asentamisesta, jotka tarkentavat tiettyjä kulutusvirtoja (sähkö, kuumavesi, muut energianlähteet) erillisille satama-alueille ja/tai yksittäisille rakennuksille. Tällä pyritään parantamaan energiatietojen saatavuutta ja niiden tarkkuutta. Näiden avulla voidaan kehittää entisestään sataman energianhallintaa.
- kulutusmittarit: lämmitys (sähkö ja muut) / vesi kuuma ja kylmä) / valaistus / sähköinen ilmanvaihto / polttoaine (benssiini, diesel, kaasu):** tässä toimenpiteessä

on kyse mittareiden asentamisesta seuraaville yksittäisille energiavirroille: lämmitys (sähkö ja muut) / vesi (kuuma ja kylmä) / valaistus / sähköinen ilmanvaihto / polttoaine (benssiini, diesel, kaasu). Aiemmin mainitut toimenpiteet ovat tähänneet energiatietojen saamiseen eri kohteista, kun taas nyt kohteena ovat erilliset energiavirrat, joista saatavia tietoja voidaan käyttää sataman energianhallinnan jatkokehittämisessä. Esimerkiksi, jos sataman valaistuksen voidaan todeta kuluttavan liikaa energiaa, tämä voidaan korjata. Jos valaistus pohjautuu vanhaan teknologiaan, voidaan pohtia uuteen LED-teknologiaan siirtymistä. Nykyisen kulutuksen vertaaminen uuden teknologian vastaavaan voi auttaa investointipäätöksen tekemisessä. Samalla tavalla voidaan tarkastella myös mukautuvaan valaistusjärjestelmään siirtymistä.

verkkomittausjärjestelmän asentaminen: tässä on kyse verkkojärjestelmästä, joka näyttää reaaliaikaisen sähkönkulutuksen satama-alueittain ja rakennuksittain sekä erittelee sähkövirrat kuten valaistuksen, lämmityksen ja muun sähkön käytön. Tällainen järjestelmä on käytössä esimerkiksi Oulun satamassa.

● “LÄMMITYS”:

kaukolämpö / -jäähdytys: lämmitysjärjestelmä, jossa rakennuskohtaisten ratkaisujen sijaan energia toimitetaan keskusvoimalaitokselta useampaan rakennukseen/suuremmalle alueelle. Siirtyminen omasta fossiilipolttoaineella toimivasta järjestelmästä uusiutuvia ja kestäviä energialähteitä käyttävään kaukolämmitykseen voi vähentää hiilijalanjälkeä merkittävästi. Esimerkiksi Tukholman satamassa voitaisiin vähentää CO₂-päästöjä 5 500 tonnista 0,7 tonniin pääasiassa vaihtamalla öljypohjainen generaattori kaukolämpöön. Yleensä kaukolämmitys on tehokkaampi johtuen sen yhtäaikaisesta lämmön ja sähkön talteenotosta lämpö- ja energiavoimalaitoksissa. Vaihtoehtoja kaukolämmölle (ja -jäähdytykselle) ovat kaasu, biomassa, keskusaurinkolämmitys, lämpöpumput ja maalämpö. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, %: 5:stä 16: teen.*

merivesilämpöpumput: lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, jossa hyödynnetään merivesilämpöpumppuja. Järjestelmä on erittäin tehokas, mutta kallis verrattuna kaukolämpöön ja -jäähdytykseen. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, %: 7:stä 20: teen.*

● “VALAISTUS”:

LED-valaistus: perinteisten hehkulamppujen korvaaminen LED-valoilla. Investoinnin alkusijoitus on yleensä korkeampi perinteisiin valaistusvaihtoehtoihin verrattuna, mutta energiasäästöt ja vähentynyt huolto tekevät tästä kilpailukykyisen vaihtoehdon, sillä saadut energiasäästöt voivat olla 55–60 prosentin luokkaa.

Uudempia valaistusteknologioita käyttöön ottaneet satamat raportoivat usein myös muista toiminnallisista hyödyistä. Esimerkiksi parempi valaistus lisää turvallisuutta ja johtaa käyttäjien vähentyneeseen väsymykseen. Käyttäjät voivat säätää paremmin LED-valoja ja vaikuttaa siten niin energiankulutukseen ja vähentää valopäästöjä. Tämä ratkaisu on yleisesti käytössä suomalaisissa satamissa. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, % vähemmän kuin 1.*

mukautuva valaistusjärjestelmä: valaistusjärjestelmä, joka automaattisesti mukauttaa ulostulevan valon ja toiminnan. Mukauttaminen on tehty huomioimalla tarvittu valomäärä ympäristöolosuhteiden, käyttäjän aikataulujen tai muiden sovelluskohtaisten kriteerien pohjalta. Tällainen järjestelmä saattaa sisältää monenlaisia sovelluksia, kuten himmentyviä lamppeja ja valaisimia, liiketunnistimia, valaistuksen ohjaimia, ajastimia, kommunikaatiopaneeleja ja langattomia viestintäsolmuja.

LED-valonheittimet ja kävelytievalaistus: kohdennetut valaistusratkaisut kävelyteille ja sataman nostureille. Tämä voi vähentää energiankäyttöä, nostureiden huoltokustannuksia ja lisätä käyttäjäturvallisuutta. LED-tekniikan pitkäikäisyys pienentää merkittävästi huoltokustannuksia tavallisiin valoihin verrattuna. Tämä vaikuttaa myös sataman turvallisuuteen, kestävyYTEEN ja tuottavuuteen.

● “RAKENNUKSET”:

seinien valkoiseksi maalaaminen / ikkunoiden ja kattoikkunoiden lisääminen: Valkoiset seinät heijastavat valoa, joten maalamalla seinät valkoiseksi voidaan helposti ja edullisesti lisätä varistorakennuksen ja/tai työpajojen valoisuutta. Lisäikkunoiden asentaminen seinille tai katolle mahdollistaa luonnonvalon pääsyn rakennuksiin, mikä vähentää hieman sähkövalaistuksen tarvetta. Valaistus, lämmitys ja viilennys kuluttavat eniten energiaa varistorakennuksissa ja työpajoissa. Energiatavaraan valaistusjärjestelmän käyttöönotolla, kun järjestelmässä optimoidaan myös luonnonvalon käyttö (esim. automaattisesti päivänvalon intensiteetin mukaan mukautuvat LED-valot), voidaan saada jopa 80 prosentin energiasäästö. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, %: vähemmän kuin 1.*

ilmaverhon asentaminen: hyvin eristettyjen nopeatempoisten ovien asentaminen, jotka estävät energiapaot. Varistorakennusten lämpöpaot johtuvat yleensä avoimista ovista. Sama idea on sovellettavissa myös kylmiin varastoihin, jotka kuluttavat huomattavan määrän energiaa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että jokaisella oven avauksella menetetään merkittävä määrä kylmävaraston jäädytyksestä. Tämä kasvattaa jäädytyskoneistoyksikön energiankulutusta ja toimintakustannuksia.

Yksinkertaisin toimenpide on asentaa oviin läpinäkyvät PVC-verhonauhat, mikä voi laskea keskimääräistä energiankulutusta melkein 20 prosenttia, kun muut tekijät (oven avauksien määrä, aika ja kesto) pysyvät muuttumattomina.

lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän optimointi (HVAC): HVAC-järjestelmän komponentit voivat kulua ajan kanssa ja sen energiatehokkuus laskea 30 prosentista 60 prosenttiin. Hyvin huollettu HVAC-järjestelmä voi merkittävästi vähentää energiakustannuksia ja pidentää laitteen elinikää. Lämpömittareiden asentaminen vanhan HVAC-järjestelmän yhteyteen voi johtaa lämmityksen ja jäädytyksen osalta jopa 10 prosentin suuruisiin lisäenergiansäästöihin. *Hiilijalanjäljen vähenemisen potentiaali, 1–2 prosenttia.*

eristykset: rakennuksen eristys on keskeisimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat rakennuksen energiankulutukseen. Eristyksen parantaminen on yksinkertainen tapa vähentää lämmityksen ja jäädytyksen kustannuksia. Kunnolliset tiiviisteet ovat myös hyvä keino parantaa varistorakennuksen energiatehokkuutta. Suuri osa rakennusten energiankulutuksesta, liike- ja asuinrakennusten kohdalla noin 35 prosenttia, käytetään myös mukavan ja turvallisen sisälämpötilan varmistamiseen.

lähes nollaenergiarakennus: energiatehokas ja uusiutuvaa energiaa hyödyntävä rakennus, joka on rakennettu parhaimpien rakentamiskäytäntöjen mukaisesti. Rakennuksen sisäilmaa, talousvedenlämmitystä sekä sähkölaitteiden ja -järjestelmien käyttöä valvotaan tarkasti, mikä säästää energiaa. Huomattavista energiansäästöistä johtuen tällaisten rakennusten takaisinmaksuaika on yleensä melko lyhyt. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, jopa 21 prosenttia.*

Tarveohjattu ilmanvaihtojärjestelmä: rakennus jaetaan lämpövyöhykkeisiin, joiden lämpötilaa voidaan erikseen säätää tilojen käyttötarkoitusten mukaan. Esimerkiksi lämmittimiä hallitaan ajastimilla tai läsnäolotunnistimilla eli tiloja lämmitetään vähemmän silloin kun niitä ei käytetä.

ilmanlämpötilan säätäminen: ulkolämpötilassa tapahtuvien muutoksien huomioiminen sisälämpötilassa. Olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään voidaan lisätä lämpömittarit ja ulkoilmasensorit, joiden avulla voidaan säästää merkittävästi energiankulutuksesta. Varsinkin kesäisin on mahdollista saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, jopa 8 prosenttia.*

viherkatto: Monihyötyinen tasakatoille ja kuisteille perustettu viherkatto. Toimii eristeenä, estää pölyä, puhdistaa ilmaa, tuottaa happea, toimii hiilinieluna ja lisää biodiversiteettiä. On esteettisesti miellyttävä, mutta lisää energiatehokkuutta ja minimoi lämpöhäviöitä talvella. Lisäksi vähentävät ”kaupunkisaarekeilmiötä” imeyttämällä UV-säteilyä (ei heijastusta). Viherkatto voi vähentää myös hulevesien valumaa jopa 50 prosentilla.

● **“VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET”:**

maasähkö: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen maasähköllä. Laivojen apukoneiden käyttö aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä ja melua, sekä heikentää ilman laatua satama-alueella ja sen ympäristössä. Maasähkön avulla apumoottoreiden käytöstä johtuvat haittatekijät satama-alueella pienenevät (mm. meluvaikutus voi olla jopa noin 10 desibeliä), mutta teknologian hiilijalanjälki riippuu siitä, minkälaista sähköä verkkoon on syötetty. Maasähkön asennus on myös kallis investointi, sillä tätä varten tulee rakentaa niin muuntaja-asemat, taajuusmuuntimet, kaapelinhallintajärjestelmät ja laajentaa sataman sähköverkkoa. Myös alusten tulee olla oikein varustettuja, jotta ne voidaan kytkeä järjestelmään satamassa. Tästä huolimatta trendit ovat selvät ja merkittävä osa satamista tulee tarjoamaan maasähköä 2030-luvun alkuun mennessä. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, 30–70 prosenttia.*

LNG PowerPac: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen LNG PowerPackilla. Ei tarvetta apukoneiden käytölle, energia tuotetaan joko alukselle tai maalle sijoitetulla LNG PowerPacilla, jonka melutasot ovat matalampia kuin dieselpohjaisissa generaattoreissa. Oletettu virransyöttö on max 30 MW.

Yleistä LNG:stä, koskevat myös muita sovelluksia: Edut samat kuin maasähköjärjestelmässä, päästöjen ja melun vähentyminen. Hiilidioksidipäästöt ovat 20 prosenttia matalampia verrattuna apukoneiden käyttöön, joten päästövähennys on varsin pieni. LNG:tä pidetäänkin epäkestävänä polttoaineena, jota voidaan hyödyntää kuitenkin siirtymävaiheessa kohti synteettisiä polttoaineita. Pitkäaikaisia investointeja sataman infrastruktuuriin ei kuitenkaan suositella.

LNG-proomu: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen LNG-proomulla. LNG-proomut muistuttavat kelluvia voimalaitoksilta, jotka tuottavat sähköä laiturissa oleville aluksille. Energiaa tuotetaan polttamalla LNG:tä ja proomu voi tuottaa virtaa useammalle alukselle samanaikaisesti.

LNG-bunkraus, tankkiautosta alukseen: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen kuorma-autosta syötetyllä LNG:llä. Yksinkertaisin LNG-ratkaisu, alusten tankkaus rekoista, joissa on LNG:tä. Kuorma-autoja voidaan myös käyttää LNG:n jakeluun muihin tarkoituksiin. Suurin haittapuoli kuorma-autosta laivaan bunkrauksesta on auton rajallinen kaasun kantokapasiteetti ja suhteellisen alhainen kaasuvirran syöttönopeus. Toisaalta, LNG-tankkiauto on varsin edullinen investointi, vain 200 000 euroa per auto.

LNG-bunkraus, maalta alukseen: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen maalta syötetyllä LNG:llä. Vaatii enemmän panostuksia sataman

infrastruktuuriin kuin edellä mainitut, esimerkiksi nostureita, jotka voivat käsitellä kaasuletkuja. Päähyötynä suuri bunkrauskapasiteetti ja kaasuvirran suuri nopeus. Liikkuva bunkrausasema voidaan kustomoida automaattiseen täyttämiseen. Korkeat investointikustannukset ja vaatii paljon tilaa (esim. kaasusäiliöt ja bunkrausasemat).

LNG-bunkraus, aluksesta alukseen: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen toisesta laivasta syötetyllä LNG:llä. Ei tarvitse tilaa maalta vaan merialueelta, kaasulaiva voidaan siirtää haluttuun paikkaan, muita hyötyjä suuri bunkrauskapasiteetti ja korkeat virtausmäärät. Huonoina puolina ovat liikkumiseen tarvittava alue sataman vesialueella ja korkeat alkuinvestoinnit.

LNG-bunkraus, paikallinen nesteytyslaitos: satamassa olevien alusten sähköntarpeen kattaminen nesteytetyllä LNG:llä. LNG:n nesteytyslaitos satama-alueella, minkä ansiosta varastointisäiliöiden tarvitsema tila on pienempi. Toimintavarmuus paranee ja satama voi saada lisätuloja nesteytetyn kaasun myynnistä sataman ulkopuolelle. Korkeat investointikustannukset.

vaihtoehtoiset polttoaineet: lastinkäsittelylaitteiden käyttämien perinteisten polttoaineiden korvaaminen (esim. Diesel) vaihtoehtoisilla ja matalapäästöisillä polttoaineilla. Etuna matalampi hiilikuormitus verrattuna dieseliin, mutta kustannusvaikutus kalliimpi, minkä lisäksi vaativat erityisinfrastruktuurin (esim. LNG, LPG, CNG) järjestämistä satama-alueella.

automatoitu ankkurointijärjestelmä: saapuvan aluksen automatoitu ankkurointi. Nopeampi ankkurointi vähentää päästöjä, sillä laivan koneet voidaan sammuttaa aikaisemmin. Kokonaispäästöt vähentyvät kuitenkin vain vähän tämän toimenpiteen myötä.

hybridivoimansiirto: satamassa käytettävien työkoneiden päivittäminen hybridikäyttöisiksi. Työkoneet voivat käyttää niin sähköä kuin perinteisiäkin polttoaineita, akku latautuu käytön aikana. Päästöt vähenevät, mutta moottorin "stop & go" asetuksen ansiosta myös työkoneiden polttoainetalous voi parantua jopa 15 prosentilla. Markkinoilla ei ole kuitenkaan vielä hybridiratkaisuja kaikille satama-ajoneuvoille.

hybridivoimansiirto (ladattava): satamassa käytettävien työkoneiden päivittäminen ladattaviksi hybridikoneiksi. Kuten yllä, tosin latauksen ansiosta toiminatammatka pitempi sähköllä. Mittava ilmanpäästöjen väheneminen ja dieselin käyttöä, mutta markkinoilla ei ole vielä tarjolla laitteita kaikkiin satamien tarpeisiin.

voimansiirron sähköistäminen: työkoneiston sähköistäminen. Akkuja käyttäviä sähköajoneuvoja varten täytyy pystyttää kattava latausverkko satamaan. Polttokennoteknologiaa hyödyntävät ajoneuvot eivät tarvitse akkua, vaan ne tuottavat itse tarvitsemansa sähköenergian esimerkiksi vedystä. Polttokennoon pohjautuva

ajoneuvo voi kuluttaa kaksi kertaa enemmän energiaa kuin akulla toimiva ajoneuvo. Alentuneiden päästöjen ja melun lisäksi mahdollistavat myös käytön sisätiloissa, mutta kyseessä on kallis ratkaistu. Latausajat voivat vaikuttaa myös ajoneuvojen käytettävyyteen. Vetyyn pohjautuvat polttokennoratkaisut vaativat vielä läiskehittämistä varsinkin vedyn turvalliseen käyttöön liittyen. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, 11–20 prosenttia.*

● “UUSIUTUVAT”:

osta “vihreää” energiaa: sisällytä sataman sähkösopimukseen vihreää energiaa. Yksinkertainen ja nopea tapa vähentää hiilijalanjälkeä satamassa (alle 5 %), joka sopii kaikille satamille. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, 0,8 prosentista 3,5 prosenttiin.*

aurinkosähköjärjestelmä: aurinkosähkön tuotanto satama-alueella. Yleinen, myös satamissa toteutettu tapa tuottaa uusiutuvaa energiaa. Aurinkopaneelit sijoitetaan yleensä esimerkiksi varastorakennusten katoille ja seinille. EVISA-hankkeessa on kehitetty helppokäyttöinen työkalu, jonka avulla voi selvittää satama-alueen aurinkoenergiapotentiaali ja investoinnin kannattavuus. Investointi voi maksaa itsensä takaisin jopa viidessä vuodessa. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali alle prosentti.*

tuulivoima: tuulisähkön tuotanto satama-alueella. Parhaimmat tuuliolosuhteet löytyvät yleensä rannikoilta ja ylänköalueilta, joten sopii myös satamille. Haittapuolia ovat turbiinien vaatima tila, niiden synnyttämä melusaaste ja lintukuolemat. Toisaalta kyseessä päästötön energiantuotanto, joka voi pienentää hiilijalanjälkeä joissain määrin (jopa 5 % saakka). *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, alle prosentti.*

vesivoima: sähkön tuotanto vesivoimalla. Voimanlähteenä voidaan käyttää virtaavaa jokea, vuorovettä ja aaltovoimaa. Näistä kaksi viimeisintä vaativat toteutukseen suuren alueen, joka voi häiritä sataman muita toimintoja. Päästövapaa energiantuotantotapa. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, 0–4 prosenttia.*

biokaasu: energian tuottaminen mädättämällä orgaanista jätettä. Voi olla potentiaalinen energiantuotantotapa, mikäli saatavilla on syötettä (jätevettä, ruokajätettä tai muuta orgaanista jätettä) tätä tarkoitusta varten. Haittapuolia ovat hajuhaitat, tila- ja varsinkin lämpötilavaatimukset, sillä prosessin lämpötila tulee pitää 37 asteessa ympäri vuoden. Tämä vaatii paljon energiaa talvella. Lisäksi fermentaation jäännökset tulee kuljettaa pois prosessin päätyttyä. Hyötynä on päästövapaa energia, jonka lopputuotokselle voi löytyä jälkimarkkinoita. *Hiilijalanjäljen vähenemisen potentiaali, 0–4 prosenttia.*

□ **maalämpö:** maanalaisen lämpöenergian muuntaminen sähkö- tai lämpöenergiaksi. Etuna muihin uusiutuviin energianlähteisiin on jatkuva energian saanti. Esimerkiksi Tukholman satama maalämpöenergiaa. *Hiilijalanjäljen vähenemisen potentiaali, 7–20 prosenttia.*

□ **mikroturbiini:** energiantuotanto biokaasulla (myös maakaasu mahdollinen, tällöin ei kyseessä kuitenkaan uusitutuva energia) satama-alueella. Konttikokoiset mikroturbiinit, joiden sähköntuotantoteho vaihtelee 30 kW:sta 10 MW:n. Mikroturbiinit voivat tuottaa sähkön lisäksi myös lämpöä, muita etuja ovat energiavarmuus, energiatehokkuus, ilmanpäästöjen väheneminen, kompakti koko ja liikuteltavuus. Vaativat kuitenkin kaasulähteen toimiakseen. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, alle prosentti.*

● “TEHOKKUUS”:

□ **energia- / päästötavoitteet:** omien energia- ja päästötavoitteiden asettaminen. EVISA-hankkeessa kehitettyjen energianselvityksen sekä hiilijalanjälkilaskurin avulla voidaan määrittää sataman energiankäytön ja päästöjen lähtötilanne, jonka pohjalta voidaan asettaa tavoitteet päästöjen vähentämiseksi energiankäytön parantamiseksi. Vähennystavoitteet ilmoitetaan prosentteina lähtötilanteeseen verrattuna, joiden toteutumista seurataan säännöllisesti.

□ **energianhallintajärjestelmä:** sataman energiavirtojen (sähkö, valaistus, lämmitys) kokonaisvaltainen hallinta. toimenpide on energiavirtojen järjestämisestä, kontrolloimisesta ja hallitsemisesta satamassa. EVISA:n energiaselvitys luo pohjan tämän laatimiseksi vaihe vaiheelta, joita ovat: 1) sataman energiavision rakentaminen, 2) energianhallinnan puutteiden määrittäminen, 3) puutteet korjaavien toimenpiteiden valinta ja 4) toimenpiteiden aikataulutus. Energianhallintajärjestelmän avulla sataman kokonaisenergiankulutusta voidaan tarkemmin seurata ja tehdä tehostavia toimenpiteitä, mitkä vähentävät sataman hiilijalanjälkeä.

□ **energia-auditoinnit:** sataman energiankulutuksen arviointi. EVISA-hankkeessa kehitetyn energiaselvitystyökalun avulla voidaan laatia kokonaisvaltainen arviointi sataman energiankulutuksesta. Työkalussa huomioidaan seuraavat energiavirrat: vuosittainen sataman sähkön-, lämmön-, polttoaineen- ja vedenkulutus; sataman ajoneuvot ja niiden polttoaineenkulutus; sisätilojen ja ulkotilojen valaistusinventario; rakennusten energiatehokkuus; biopolttoaineiden ja muiden vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttäminen; hyödynnetyt uusiutuvat energianlähteet; ja sovelletut energiatehokkuuden toimenpiteet. Näiden tietojen pohjalta voidaan määrittää olemassa olevat energiahallinnan epäkohdat ja laatia satamalle energiatavoitteet sekä pitkántähtäimen energiastrategia.

- **älykkään sähköverkon käyttöönotto:** sataman energianjakelujärjestelmän päivittäminen kehittyneellä järjestelmällä, jonka osat kommunikoivat keskenään. Älykkääseen sähköverkkojärjestelmään kuuluvat energiantuotanto paikan päällä (esim. aurinkopaneelit tai tuuliturbiinit), sähköön käytönhallintajärjestelmät (esim. älykkäät mittarit, kommunikaatiolaitteet, automaatio algoritmit) ja energian varastointi (sisältäen ladattavat hybridiajoneuvot). Älykäs sähköverkko voi toimia suljettuna verkkona, mutta voi ottaa vastaan myös energiaa ulkopuolelta, kun oma tuotanto ei kata tarvetta. Älykkään sähköverkkojärjestelmän etuna on sen tehokkuus, luotettavuus ja energiaverkon turvallisuus. Haittapuolena ovat suuret investointikustannukset.
- **työntekijöiden aloitejärjestelmä:** energia- ja ympäristöasioihin liittyvien ehdotusten kerääminen työntekijöiltä. Työntekijöiden osallistaminen sataman energia- ja ympäristötyöhön, parhaimpien esitysten palkitseminen ja käyttöön ottaminen.
- **työntekijöiden ympäristökoulutus:** työntekijöille suunnattu ympäristökoulutus ja osallistuttaminen sataman energia- ja ympäristötyöhön. Ei vain koulutusta uusien käyttöön otettujen ratkaisujen yhteydessä, vaan laajemminkin ympäristöasioihin liittyen.
- **työntekijöiden bussikuljetukset:** satama-alueen sisäisen liikkumisen järjestäminen bussikuljetuksin. Sopii esimerkiksi pinta-alaltaan suuriin satamiin, joissa välimatkat kohteiden välillä ovat pitkät. Vähentää liikennettä ja parantaa sataman turvallisuutta, esimerkiksi Tornion Röyttän teollisuussatamassa siirtymiset satamasta tehdasruokalaan on järjestetty näin.
- **työsuhdepolkupyörien tarjoaminen työntekijöille:** polkupyörien hankinta työntekijöille sataman sisäisiä matkoja ja työmatkoja varten. Positiivinen vaikutus työntekijöiden hyvinvointiin, minkä lisäksi päästöt vähenevät.
- **energian niputus:** sähköön hankkiminen kaikille sataman käyttäjille samalta toimittajalta. Vihreän energian yhteishankinta yhdeltä toimittajalta alennettuun hintaan.
- **yriyten välisen hukkalämmön hyödyntäminen:** yhden toimijan tuottaman hukkalämmön hyödyntäminen toisen alueella sijaitsevan tahon toimesta. Varsinkin suuremmissa (tai teollisuussatamissa) satamissa voi olla toimijoita, joiden prosesseissa syntyy suuria määriä hukkalämpöä, mikä voitaisiin kerätä ja hyödyntää muualla satama-alueella. Järkevä toimenpide niin ympäristön kannalta kuin taloudellisestikin. *Hiilijalanjäljen vähentämisen potentiaali, 7–20 prosenttia.*
- **raskaiden ajoneuvojen päästöjen hallintavyöhyke:** satama-aloite raskaiden ajoneuvojen tuottamien ilmanpäästöjen vähentämiseksi. Raskaiden ajoneuvojen päästöjen tulisi vähentyä merkittävästi 2020-luvulla ja satamassa toimivien

ajoneuvojen muuttaminen näiden standardien mukaisiksi auttaa sataman hiilijalanjäljen vähentämisessä.

vaihtoehtoinen raskaiden ajoneuvojen jäähdytys, DTRU: kylmäkuljetuksiin käytettävien raskaiden ajoneuvojen DTRU-jäähdytys (Dearman Transport Refrigeration Unit). Nestemäisellä tyypellä toimivat raskaiden ajoneuvojen jäähdytysyksiköt. Alentaa päästöjä, kun jäähdytys ei toimi ajoneuvon polttomoottorilla, mutta kyseessä on kallis investointi.

vaihtoehtoinen raskaanajoneuvon jäähdytys, verkkoon yhdistetty: kylmäkuljetuksiin käytettävien raskaiden ajoneuvojen jäähdytys verkkovirralla. Kuten yllä, mutta energia saadaan sähköverkosta ja menetelmän ympäristöystävällisyys riippuu verkkoon syötetystä energiasta.

vihreän sataman maksut: ympäristöystävällisten valintojen palkitseminen alemmilla satamamaksuilla. Mitä ympäristöystävällisempi ja vähäpäästöinen alus on, sitä vähemmän alus joutuu maksamaan käyttämistään palveluista (luotsausmaksu, turvallisuusmaksu, satamamaksu, laiturimaksu ja muut). Kannustetaan haluttuun ympäristökäyttäytymiseen, jonka ansiosta ilmanpäästöt vähenevät. Satamalla on aloite käsissään tässä, mutta järjestelmän tulisi olla läpinäkyvä. Maksualennuksen suuruuden tulisi olla myös riittävä, jotta varustamot ottaisivat nämä huomioivat ja hankkisivat ympäristöystävällisimpiä aluksia.

hidas höyrytys: palkitsemisjärjestelmä aluksille, jotka vapaaehtoisesti vähentävät nopeutta satama-aluetta lähestyttäessä. Vähentää ilmanpäästöjä ja parantaa alusten polttoainetaloutta. Hidas höyrytys voidaan huomioida esimerkiksi alennettuina satamamaksuina. Esimerkiksi hidassvauhti voisi olla 12 solmua ja etäisyys satamasta 20–40 mpk.

voimansiirron sähköistäminen: siirtyminen sähkökäyttöisiin ajoneuvoihin. Akkuja käyttäviä sähköajoneuvoja varten täytyy pystyttää kattava latausverkko satamaan. Polttokennoteknologiaa hyödyntävät ajoneuvot eivät tarvitse akkua, vaan ne tuottavat itse tarvitsemansa sähköenergian esimerkiksi vedystä. Polttokennoon pohjautuva ajoneuvo voi kuitenkin kuluttaa kaksi kertaa enemmän energiaa kuin akulla toimiva ajoneuvo. Alentuneiden päästöjen ja melun lisäksi mahdollistavat myös käytön sisätiloissa, mutta kyseessä on kallis ratkaistu. Latausajat voivat vaikuttaa myös ajoneuvojen käytettävyyteen. Vetyyn pohjautuvat polttokennoratkaisut vaativat vielä lisäkehittämistä varsinkin vedyn turvalliseen käyttöön liittyen.

energiaa säästävät renkaat: sataman ajoneuvojen varustaminen alhaisen vierintävastuun omaavilla renkailla. Yksinkertainen, mutta tehokas toimenpide, joka voi parantaa polttoainetaloutta jopa kymmenellä prosentilla. Haittapuolena renkaiden korkea hinta.

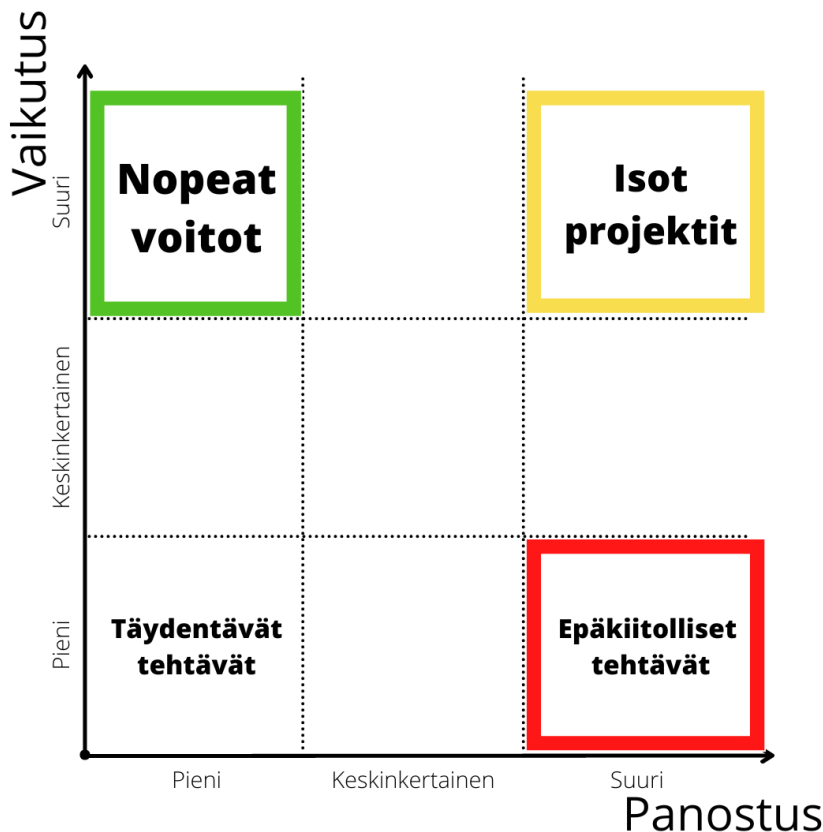
- **rengaspaineen valvonta:** ajoneuvojen rengaspaineiden säännöllinen valvonta. Oikea rengaspaine parantaa ajoneuvon polttoainetaloutta, vähentää jarrutusmatkaa, parantavat ajoneuvon hallintaa ja lisäävät renkaan palvelusikää. Uusimmissa ajoneuvoissa jo vakioratkaisu, mutta manuaaliset, säännölliset paineen tarkastukset myös mahdollisia vanhemman kaluston kohdalla.
- **regeneratiivinen käyttövoima:** regeneratiivisen käyttövoiman hyödyntäminen sataman työkoneissa. Sähköiset ajoneuvot, kuten nosturit, (myös hybridit) keräävät regeneratiivisen käyttövoiman hidastamis- ja jarruttamisliikkeistä. Energia kerätään akkuun myöhempään käyttöä varten, energiatehokas ratkaisu.
- **päästöjen hallintateknologiat:** satamanosturien varustaminen paremmilla ilmansuodattamilla ja vastaavilla varusteilla. Työkoneet voidaan varustaa esim. dieselin hapetus katalysaattoreilla, dieselin hiukkassuodattimilla; pakokaasun uudelleen kierrätyksellä, pakokaasun jälkihoitojärjestelmällä, jne.
- **eco-ajotunnit:** ympäristöystävällisten ajotapojen koulutus henkilöstölle. Ideana on mahdollistaa ajoneuvon tai laitteen käyttö optimaalisella (hitaimmalla mahdollisella) nopeudella, ilman että tämä hidastaisi kohtuuttomasti tai vaikuttaisi muuten negatiivisesti työskentelyyn. Pelkästään nopeutta rajoittamalla voidaan vähentää energiankulutusta huomattavasti, mutta myös nostotekniikat on syytä huomioida. Koulutus voidaan järjestää tietokonesimulaatioharjoituksina tai ajoharjoituksina. On sovellettavissa niin lastin käsittelylaitteille, nostureille kuin muillekin satamassa toimiville ajoneuvoille. Etuna ovat alentuneet melu- ja ilmanpäästöt.

Satamassa sovellettavien toimenpiteiden arviointi

Toimintaprioriteettimatriisin avulla voidaan arvioida eri toimenpiteiden soveltuvuutta tutkittaviin olosuhteisiin. Matriisin avulla voidaan valita sopivimmat toiminnot lukuisten vaihtoehtojen joukosta. Matriisissa olevat neljä pääkenttää auttavat päätöksenteossa:

1. **Nopeat voitot:** nämä ovat tehtäviä, jotka vaativat vähän työtä, mutta joilla on suuri vaikutus. Sellaisinaan ne ovat erittäin houkuttelevia, sillä niiden avulla voidaan saada paljon aikaiseksi vähällä vaivalla. Nopeiden voittojen tulisi olla sinun *suurin prioriteettisi* ja sinun tulisi kohdistaa näihin eniten aikaa ja vaivaa.
2. **Isot projektit:** nämä ovat tehtäviä, joilla voi olla merkittäviä vaikutuksia, mutta nopeiden voittojen sijaan ne vaativat paljon aikaa. Tämän tyyppisten tehtävien tulisi olla sinun *seuraava prioriteettisi* nopeiden voittojen jälkeen. Sinun tulee investoida paljon aikaa näihin projekteihin saadaksesi ne tehtyä, mutta ole varovainen, etteivät nämä tehtävät kuluta kaikkea aikaasi.

- Täydentävät tehtävät:** nämä ovat tehtäviä, jotka vaativat vähän työtä ja vastaavasti antavat vain vähän. Kuten nimestäkin käy ilmi, nämä täydentävät päätehtäviäsi. Jos nopeiden voittojen ja isojen projektien jälkeen sinulla on aikaa, ota nämä listallesi, mutta voit harkita näiden tehtävien delegoimista, jos se on sinulle vaihtoehto. Vaihtoehtoisesti voit pohtia näiden tehtävien tekemättä jättämistäkin.
- Epäkiitolliset tehtävät:** nämä ovat tehtäviä, jotka vaativat paljon aikaa, mutta antavat vain vähän. Nämä tulisi jättää kokonaan huomiotta.

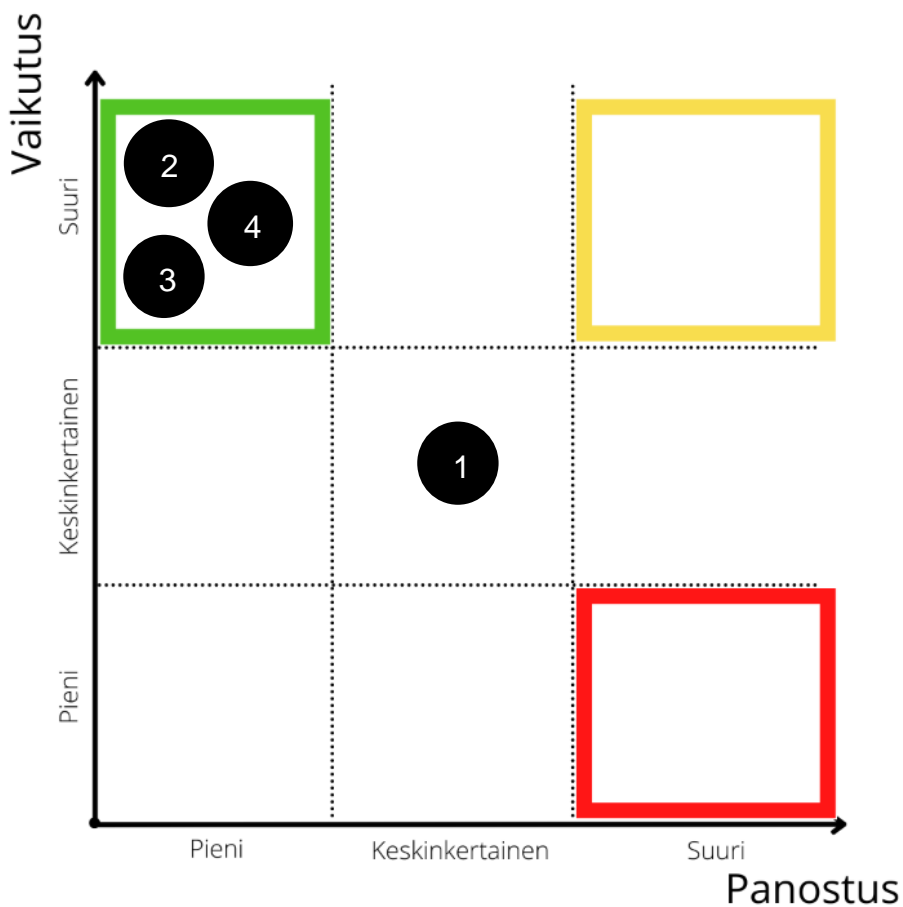


Kuvio 3 - Toimintaprioriteettimatriisi

Akselistolla **vaikutus** tarkoittaa valittavilla toimenpiteillä saavutettavia energiasäästöjä ja päästövähennysten potentiaalia. **Panostus**-akselilla mitataan toimenpiteisiin liittyviä taloudellisia tekijöitä, kuten kustannuksia ja toimenpiteiden takaisinmaksuaikaa sekä esimerkiksi toteutukseen tarvittavaa aikaa ja muita resursseja. Kaikki nämä näkökulmat on huomioitu, kun nämä reilut 50 yksittäistä edellä esiteltyä toimenpidettä on sijoitettu tälle akselistolle (toimintaprioriteettimatriisit). Nämä arvioinnit perustuvat eurooppalaisissa satamissa aiemmin toteutettujen projektien tuloksiin, joita voit hyödyntää oman satamasi kohdalla. Toimintaprioriteettimatriisi voi auttaa päättämään, mitä toimenpiteitä sinun tulisi sisällyttää strategiseen energianhallintasuunnitelmaan. Toimintaprioriteettimatriisi löytyy omana tiedostonaan, mutta asiakirjan keskeiset osiot löytyvät myös alta.

● “MITTARIT”:

- ① aluksen ympäristöseurantajärjestelmä
- ② satama-alueen ja rakennusten lisämittarit
- ③ mittarit sataman kulutuksiin: lämmitys (sähkö ja muut) / vesi kuuma ja kylmä) / valaistus / sähköinen ilmanvaihto / polttoaine (benssiini, diesel, kaasua)
- ④ verkkomittausjärjestelmän asentaminen
- Oma toimenpide:** Click or tap here to enter text.

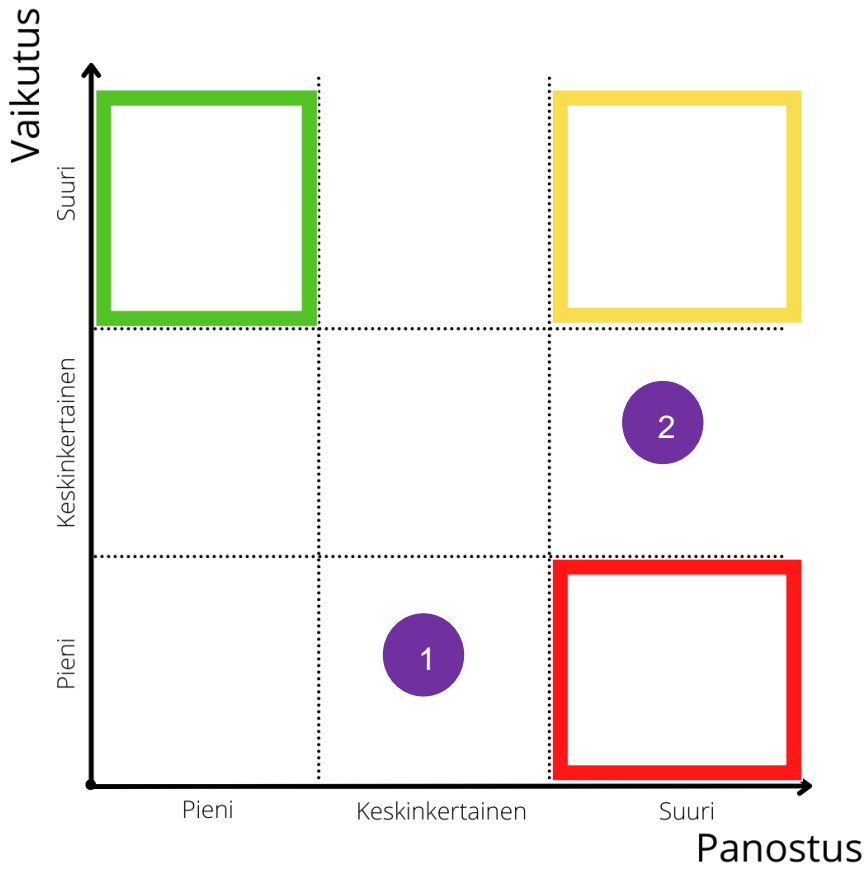


Kuvio 4 - Mittarit: toimenpiteiden arviointi

● “LÄMMITYS”:

- ① Kaukolämpö / -jäähdytys
- ② Merivesilämpöpumput

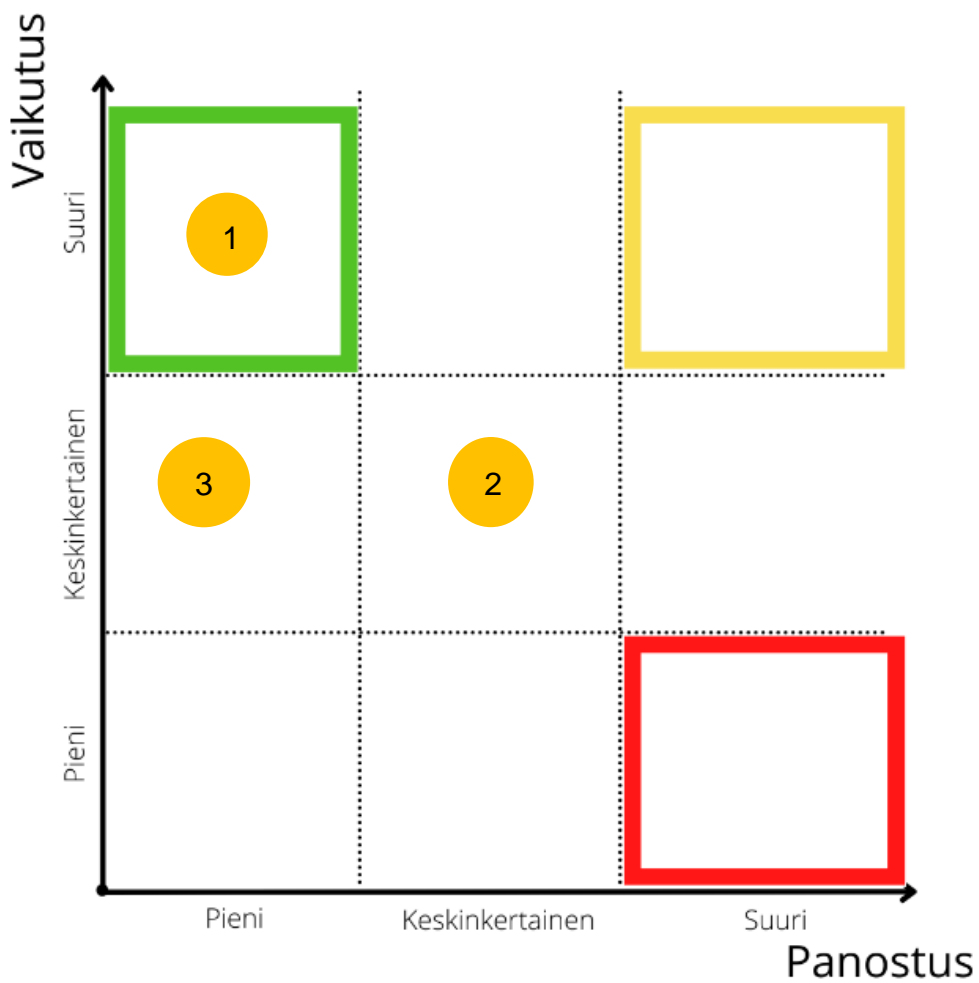
Oma toimenpide: Click or tap here to enter text.



Kuvio 5 - Lämmitys: toimenpiteiden arviointi

● “VALAISTUS”:

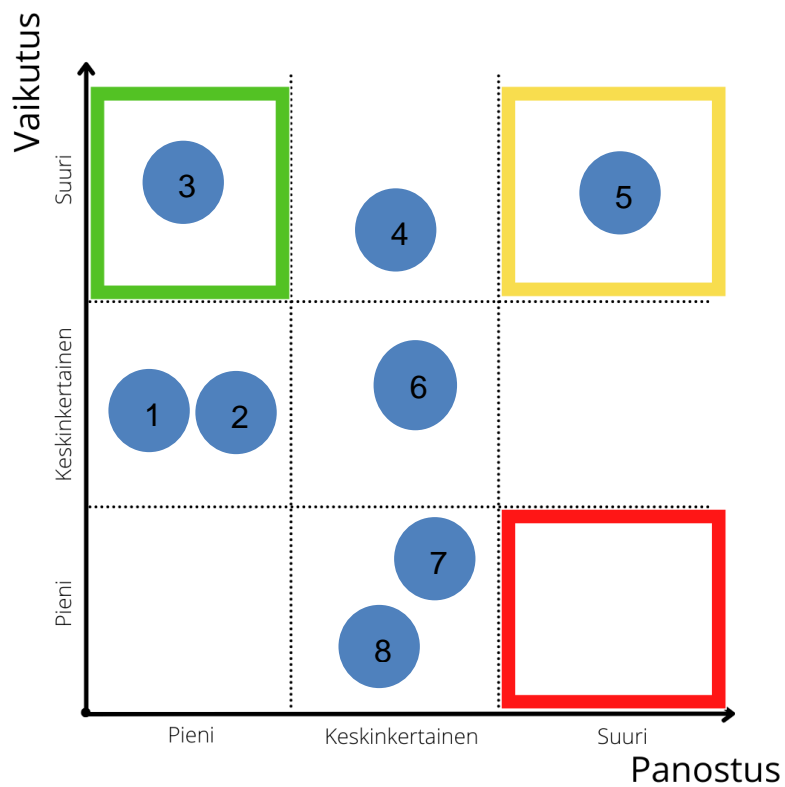
- ① LED-valaistus
- ② mukautuva valaistusjärjestelmä
- ③ LED-valonheittimet ja kävelytievalot
- Oma toimenpide:** Click or tap here to enter text.



Kuvio 6 - Valaistus: toimenpiteiden arviointi

● “RAKENNUKSET”:

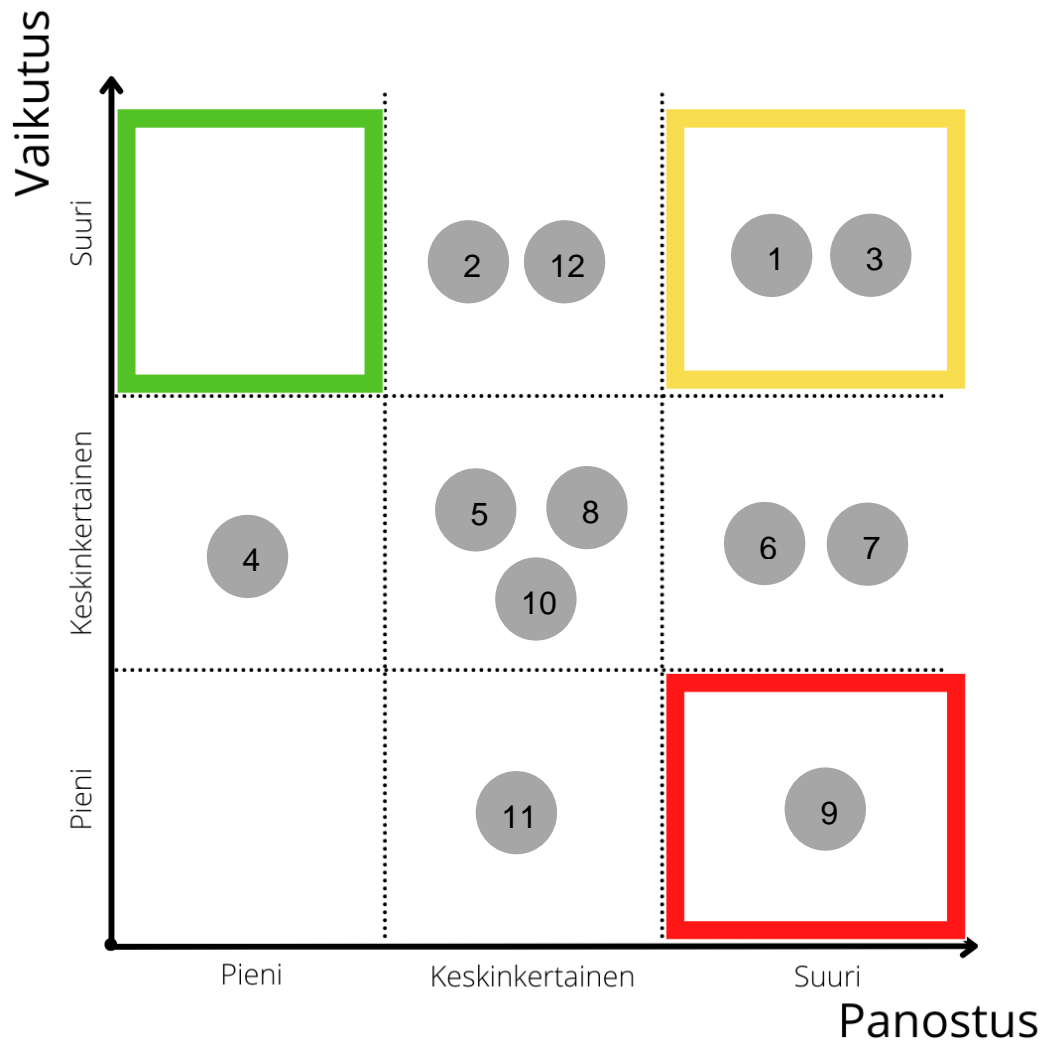
- ① seinien maalaaminen valkoiseksi/ikkunoiden lisääminen
- ② ilmaverhon asentaminen
- ③ HVAC-järjestelmän optimointi
- ④ eristyksen
- ⑤ lähes nollaenergiarakennus
- ⑥ tarveohjattu ilmanvaihtojärjestelmä
- ⑦ ilmalämpötilan säätäminen
- ⑧ viherkatto
- Oma toimenpide:** Click or tap here to enter text.



Kuvio 7 - Rakennukset: toimenpiteiden arviointi

“VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET”:

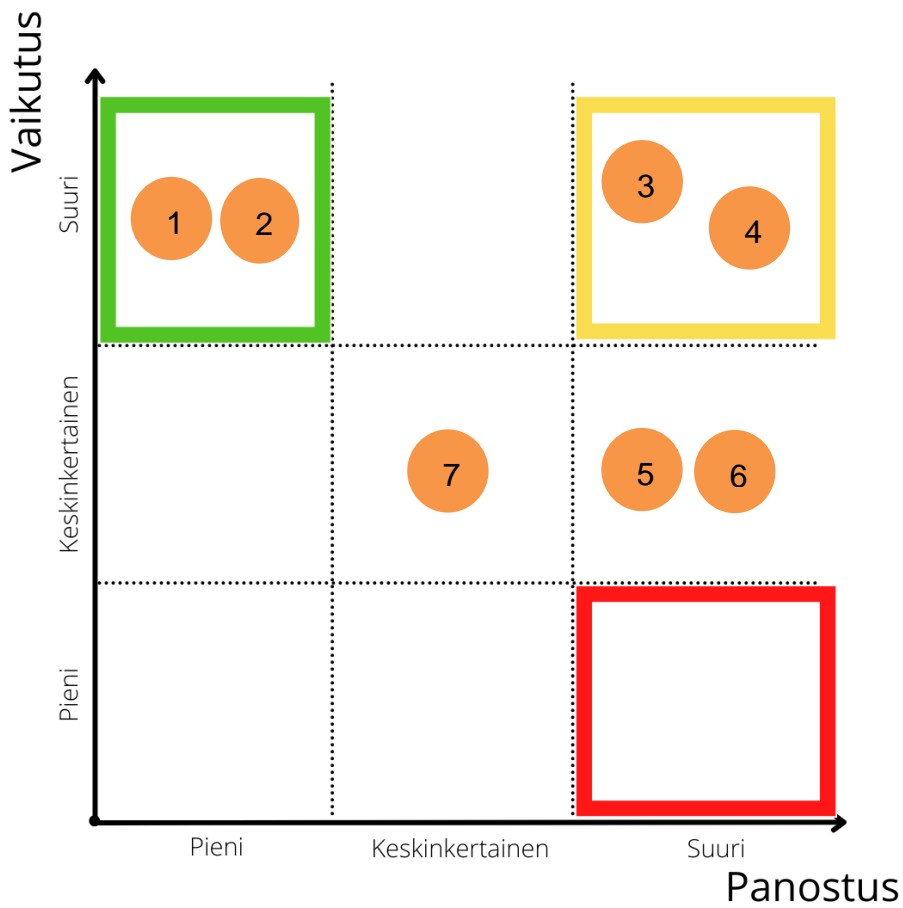
- 1 maasähkö
- 2 LNG PowerPac
- 3 mobiili LNG-proomu
- 4 LNG-bunkraus: kuorma-autosta alukseen
- 5 LNG-bunkraus: rannikolta alukseen
- 6 LNG-bunkraus: aluksesta alukseen
- 7 LNG-bunkraus: paikallinen nesteytyslaitos
- 8 vaihtoehtoiset polttoaineet
- 9 automatisoidut kiinnitysjärjestelmät
- 10 hybridivoimansiirto
- 11 hybridivoimansiirto (ladattava hybridi)
- 12 voimansiirron sähköistäminen
- Oma toimenpide:** Click or tap here to enter text.



Kuvio 8 - Vaihtoehtoiset polttoaineet: toimenpiteiden arviointi

● **“UUSIUTUVAT”:**

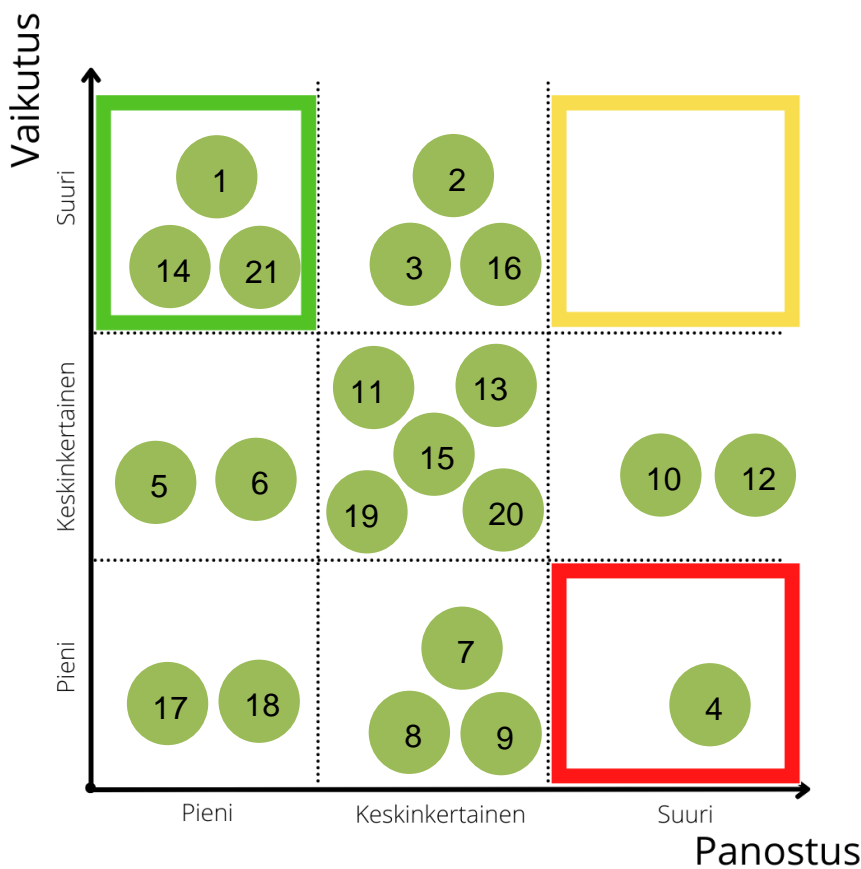
- 1 osta “vihreää” energiaa
- 2 aurinkosähköjärjestelmä
- 3 tuulivoima
- 4 vesivoima
- 5 biokaasu
- 6 maalämpö
- 7 mikroturbiini
- Oma toimenpide:** Click or tap here to enter text.



Kuvio 9 - Uusiutuvat: toimenpiteiden arviointi

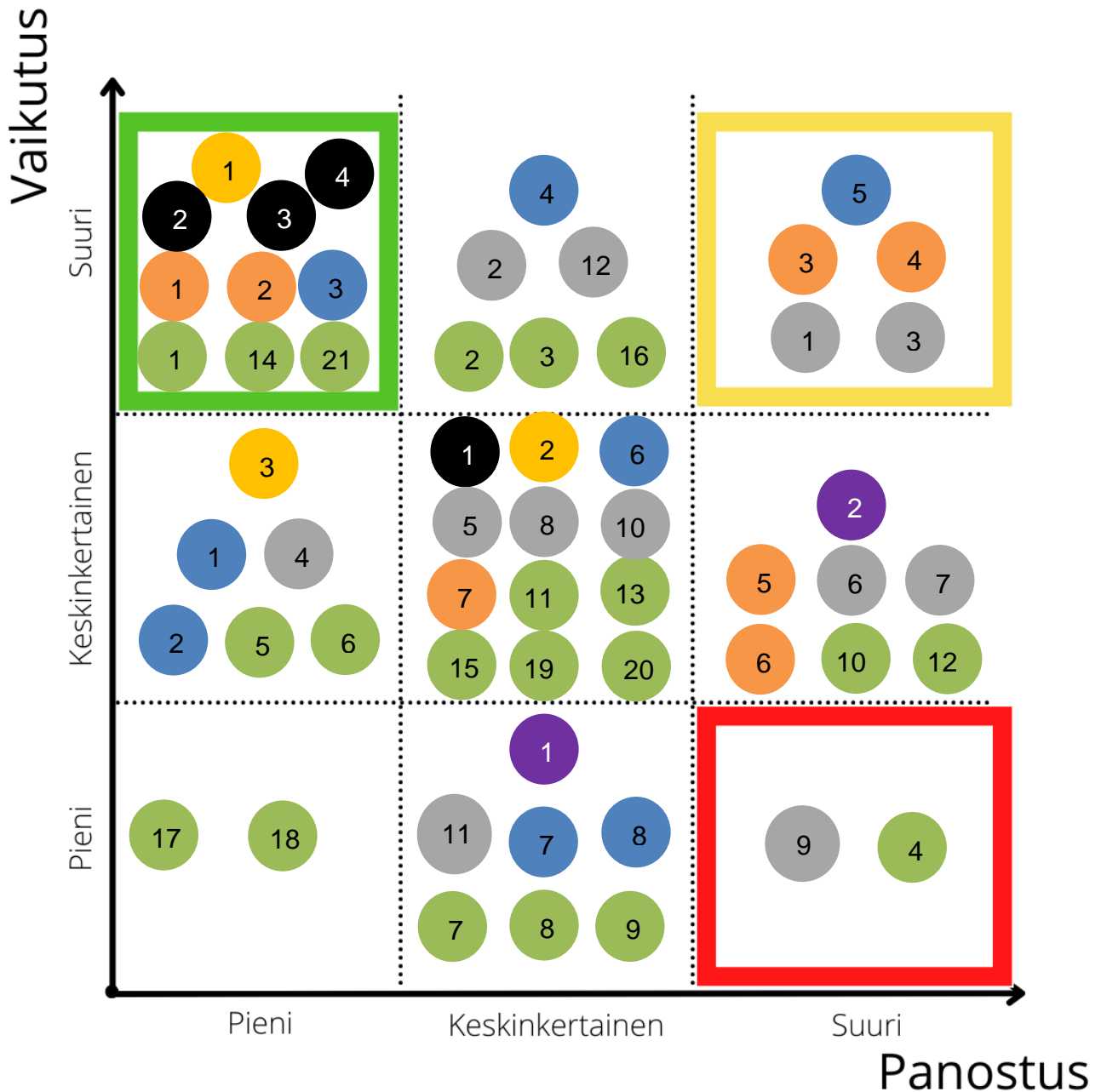
● “TEHOKKUUS”:

- 1 energia- / päästötavoitteet
- 2 energianhallintajärjestelmä
- 3 energia-auditoinnit
- 4 älykkään sähköverkon käyttöönotto
- 5 työntekijöiden aloitejärjestelmä
- 6 työntekijöiden ympäristökoulutus
- 7 työntekijöiden bussikuljetukset
- 8 työsuuhdepolkupyörien tarjoaminen työntekijöille
- 9 energian niputus
- 10 yritysten välisen hukkalämmön hyödyntäminen
- 11 Raskaiden ajoneuvojen päästöjen hallintavyöhyke
- 12 vaihtoehtoinen raskaiden ajoneuvojen jäähdytys: DTRU
- 13 vaihtoehtoinen raskaiden ajoneuvojen jäähdytys: sähkön syöttö
- 14 vihreän sataman maksut
- 15 hidas höyrytys
- 16 voimansiirron sähköistys
- 17 energiaa säästävät renkaat
- 18 rengaspaineen valvonta
- 19 regeneratiivinen käyttövoima
- 20 päästöjen hallintateknologiat
- 21 eco-ajotunnit
- Oma toimenpide:** Click or tap here to enter text.



Kuvio 10 - Tehokkuus: toimenpiteiden arviointi

Seuraavassa kuviossa on esitelty samassa matriisissa kaikki toimenpiteet edellä yksittäin esitellyistä seitsemästä kategoriasta.



Kuvio 11 - Kaikkien sataman toimenpiteiden käyttökelpoisuus toimintaprioriteettimatriisissa

Ne toimenpiteet, jotka voidaan selkeästi lukea neljään pääkenttään kuuluviksi - "nopeat voitot", "suuret projektit", "täydentävät tehtävät" ja "epäkiitolliset tehtävät", on eritelty alla olevaan

taulukoon. Näiden kohdalla voi selkeästi todeta, ovatko toimenpiteet ajan ja vaivan arvoisia niiden tulokset huomioiden.

Taulukko 1 - Nopeat voitot, isot projektit, täydentävät ja kiittämättömät tehtävät: toimenpiteiden selkeä erottelu

SELKEÄT NOPEAT VOITOT	SELKEÄT ISOT PROJEKTIT
<input type="checkbox"/> 2 satama-alueen ja rakennusten lisämittarit <input type="checkbox"/> 3 mittarit sataman kulutuksiin: lämmitys (sähkö ja muut) / vesi kuuma ja kylmä) / valaistus / sähköinen ilmanvaihto / polttoaine (benssiini, diesel, kaasu) <input type="checkbox"/> 4 verkkomittausjärjestelmän asentaminen <input type="checkbox"/> 1 LED-valaistus <input type="checkbox"/> 3 HVAC-järjestelmän optimointi <input type="checkbox"/> 1 osta "vihreää" energiaa <input type="checkbox"/> 2 uusiutuva energia: aurinkosähköjärjestelmä <input type="checkbox"/> 1 energia- /päästötavoitteet <input type="checkbox"/> 14 vihreän sataman maksut <input type="checkbox"/> 21 eco-ajotunnit	<input type="checkbox"/> 5 lähes nollaenergiarakennus <input type="checkbox"/> 3 uusiutuva energia: tuulivoima <input type="checkbox"/> 4 uusiutuva energia: vesivoima <input type="checkbox"/> 1 maasähkö <input type="checkbox"/> 3 mobiili LNG-proomu
SELKEÄT TÄYDENTÄVÄT TEHTÄVÄT	SELKEÄT KIITTÄMÄTTÖMÄT TEHTÄVÄT
<input type="checkbox"/> 17 energiaa säästävät renkaat <input type="checkbox"/> 18 rengaspaineiden valvonta	<input type="checkbox"/> 9 automatisoidut ankkurointijärjestelmät <input type="checkbox"/> 4 älykkään sähköverkon käyttöönotto

Esimerkiksi kategoriassa "nopeat voitot" on toimenpiteiden kokonaisuus, jotka toteuttamalla voidaan parantaa merkittävästi sataman ympäristö- ja energia-asioita varsin vähällä vaivalla. Toisaalta on myös selkeästi "epäkiitollisia tehtäviä", joka edellyttäisivät paljon taloudellisia resursseja ja aikaa, mutta tuottaisivat vain vähän hyötyjä. "Nopeat voitot" tulisi asettaa ensisijaisesti toteutettavaksi, tämän jälkeen "suuret projektit" ja kolmanneksi "täydentävät tehtävät". "Kiittämättömät tehtävät" on syytä jättää tekemättä. Rastita siis ne toimenpiteet, jotka haluat toteuttaa satamassanne.

Joidenkin toimenpiteiden kohdalla joudut tarkemmin pohtimaan niiden toteuttamiskelpoisuutta satamassanne, koska ne sijoittuvat matriisin harmaalle vyöhykkeelle edellä mainittujen neljän pääkentän väliin. Nämä toimenpiteet on kerätty taulukoon 2.

Taulukko 2 - Toimenpiteet jotka vaativat tapauskohtaista harkintaa

KESKINKERTAINEN VAIKUTUTUS – KESKINKERTAINEN TYÖ	KESKINKERTAINEN VAIKUTUS – SUURI TYÖ
---	---

<input type="checkbox"/> 1 aluksen ympäristöseurantajärjestelmä <input type="checkbox"/> 2 mukautuva valaistusjärjestelmä <input type="checkbox"/> 6 tarveohjattu ilmanvaihtojärjestelmä <input type="checkbox"/> 5 LNG-bunkraus: maalta alukseen <input type="checkbox"/> 8 vaihtoehtoiset polttoaineet <input type="checkbox"/> 10 hybridi voimansiirto <input type="checkbox"/> 7 uusiutuva energia: mikroturbiini <input type="checkbox"/> 11 raskaiden ajoneuvojen päästöjen hallintavyöhyke <input type="checkbox"/> 13 vaihtoehtoinen raskaidenajoneuvojen jäähdytys: verkkoon liitetty <input type="checkbox"/> 15 hidas höyrytys <input type="checkbox"/> 19 regeneratiivinen käyttövoima <input type="checkbox"/> 20 päästöjen hallintateknologiat	<input type="checkbox"/> 2 merivesilämpöpumput <input type="checkbox"/> 6 LNG-bunkraus: aluksesta alukseen <input type="checkbox"/> 7 LNG-bunkraus: paikallinen nesteytyslaitos <input type="checkbox"/> 5 uusiutuva energia: biokaasu <input type="checkbox"/> 6 uusiutuva energia: maalämpö <input type="checkbox"/> 10 yritysten välisen hukkalämmön käyttö <input type="checkbox"/> 12 vaihtoehtoinen raskaiden ajoneuvojen jäähdytys: Dearman kylmäkuljetusyksikkö
KESKINKERTAINEN VAIKUTUS – PIENI TYÖ	PIENI VAIKUTUS – KESKINKERTAINEN TYÖ
<input type="checkbox"/> 3 LED-valonheittimet ja kävelytievalot <input type="checkbox"/> 1 seinien maalaaminen valkoiseksi/ikkunoiden ja kattoikkunoiden lisääminen <input type="checkbox"/> 2 ilmaverhon asentaminen <input type="checkbox"/> 4 LNG-bunkraus: kuorma-autosta alukseen <input type="checkbox"/> 5 työntekijöiden aloitejärjestelmä <input type="checkbox"/> 6 työntekijöiden ympäristökoulutus	<input type="checkbox"/> 1 kaukolämpö / -jäähdytys <input type="checkbox"/> 8 viherkatto <input type="checkbox"/> 7 ilmanlämpötilan säätäminen <input type="checkbox"/> 11 hybridi voimansiirto (ladattava hybridi) <input type="checkbox"/> 7 työntekijöiden bussikuljetukset <input type="checkbox"/> 8 työsuhdepolkupyörien tarjoaminen työntekijöille <input type="checkbox"/> 9 energian niputus
SUURI VAIKUTUS – KESKINKERTAINEN TYÖ	
<input type="checkbox"/> 4 eristys <input type="checkbox"/> 2 LNG PowerPac <input type="checkbox"/> 12 voimansiirron sähköistäminen <input type="checkbox"/> 2 energianhallintajärjestelmä	

Toimenpiteiden valinta sataman energianhallintasuunnitelmaan

Tarjolla on siis paljon erilaisia vaihtoehtoja sataman energiatehokkuuden parantamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi. Joidenkin toimenpiteiden kohdalla on selvää, kannattaako näihin ryhtyä vai ei, mutta entä ne harmaalle vyöhykkeelle jääneet, joita ei voi lukea mihinkään neljään pääkenttään? Näiden kohdalla on syytä tarkastella myös seuraavien kriteereitä.

Ensisijaiset viisi kriteeriä ovat luotettavuus, saatavuus, joustavuus, tehokkuus ja kestävyys. Nämä määritellään tarkemmin alla.

- **Luotettavuus** tarkoittaa, että energiaa toimitetaan jatkuvasti kaikkina tarvittuina aikoina kaikkiin sataman toimintoihin.
- **Saatavuus** liittyy energian saatavuuteen kaikkiin sataman toimintoihin ja energian kysyntään.
- **Joustavuus** korostaa sataman kykyä jatkaa toimintaa jopa sähkökatkojen aikana.
- **Tehokkuus** tarkoittaa toiminnallisen produktiivisuuden maksimointia samalla kun tämän energiakysyntä pidetään mahdollisimman alhaisena.
- **Kestävyys** sisältää teknologiat, jotka tähtäävät luonnonvarojen ehtymisen minimoimiseen: esim. uusiutuva energiantuotanto.

Muita tärkeitä kriteereitä ovat ajanjakso, hiilidioksidipäästöjen vähentämisen potentiaali, kustannukset, kustannustehokkuus, tekninen toteutettavuus, toteutettavuus, mitattavat tulokset, sivuhyödyt, rahoitus mahdollisuudet ja täytöntöönpanokelpoisuus. Näitä esitellään alla tarkemmin.

- **Ajanjakso (ajoitus, yleisyys, kesto)** pyrkii arvioimaan toteuttavien toimintojen aikataulua ja tehtävien järjestystä. Tarkastelun kohteena on toimintojen ajoitus, niiden yleisyys ja kesto.
- **Hiilidioksidipäästöjen (CO₂) vähentämisen potentiaali** keskittyy tietyn toimenpiteen tekemisestä aiheutuvan CO₂ päästöjen vähentämisen potentiaaliin. Se huomioi päästötasojen erot ennen ja jälkeen toiminnan toteuttamisen, sekä toiminnan kokonaispanoksen.
- **Kustannukset** – toteutettavan toiminnon kaikki kustannukset. Toiminnan alkuinvestointikustannukset, eri vaiheiden toteutuksen kustannusvaikutukset ja toteuttamissuunnitelman kestävyys.
- **Kustannustehokkuus** arvioidaan rahallisten panosten ja halutun lopputuloksen välistä suhdetta (esim., toimeen kohdennetuilla menoilla saavutettavat päästövähennykset) Strategian laatimisessa mukana olevat sidosryhmät asettavat nämä tarkasteltavat arvot preferenssiensä mukaisesti.
- **Tekninen toteutettavuus** huomioi toisaalta toiminnan tekniset näkökulmat ja toisaalta alueesta ja toiminnan toteuttamisessa mukana olevista sidosryhmistä johtuvat tekijät.
- **Toteutettavuus** viittaa toiminnan toteuttamisessa mukana olevien sidosryhmien toimintakykyyn. Tässä huomioidaan mahdolliset vaikeudet, konfliktit ja esteet, joita voi syntyä keskeisimpien toimijoiden ja sidosryhmien, sekä paikallisten yhteisöjen välillä toiminnon toteutuksen ajan.
- **Mitattavat tulokset:** toimen johdonmukaisuuden varmistamiseksi on voitava mitata sen suorituskyky. Tätä varten on huomioitava (a) toteuttamisaikainen kehitys, (b) päästöjen vähennykseen vaikuttavien tulosten tehokkuus ja (c) toimenpiteet, jotka vastaavat sisäiselle

tehokkuudelle asetettuja tavoitteita. Tämä kriteeristö liittyy läheisesti yllä olevaan ”CO2 päästöjen vähentämisen potentiaaliin.”

- **Sivuhyödyt** ovat toiminnan seurauksena syntyvät lisähyödyt. Näitä voivat olla (a) sosiaaliset, jotka liittyvät paikallisten yhteisöiden ja ryhmien sosiaalisiin tekijöihin; (b) taloudelliset, epäsuorat (positiiviset) vaikutukset - esimerkiksi joihinkin tietyille sektoreille; ja (c) ympäristö, epäsuorat vaikutukset ekosysteemeihin, biodiversiteetteihin tai muuhun ympäristödynamiikkaan.
- **Rahoitusmahdollisuudet** tarkastelee rahoitusmahdollisuuksia toiminnan toteuttamiseksi. Tässä tarkastellaan niin ulkoisia (EU, yksityinen) ja sisäisiä (esimerkiksi sidosryhmien osallistuminen toiminnan toteuttamiseen) rahoituslähteitä.
- **Täytäntöönpanokelpoisuus** tarkastelee toiminnan täytäntöönpanokelpoisuuden laillisia perusteita. Tässä arvioidaan (a) salliiiko voimassa oleva lainsäädäntö toiminnan, (b) vastaako joku viranomaisen toiminnan toteuttamisessa ja (c) velvoittaako laki toiminnan toteuttamisesta vastuussa olevat sidosryhmät osallistumaan toiminnan suunnittelu- ja toteuttamisvaiheisiin vai onko tästä sovittava erikseen osapuolten kesken.

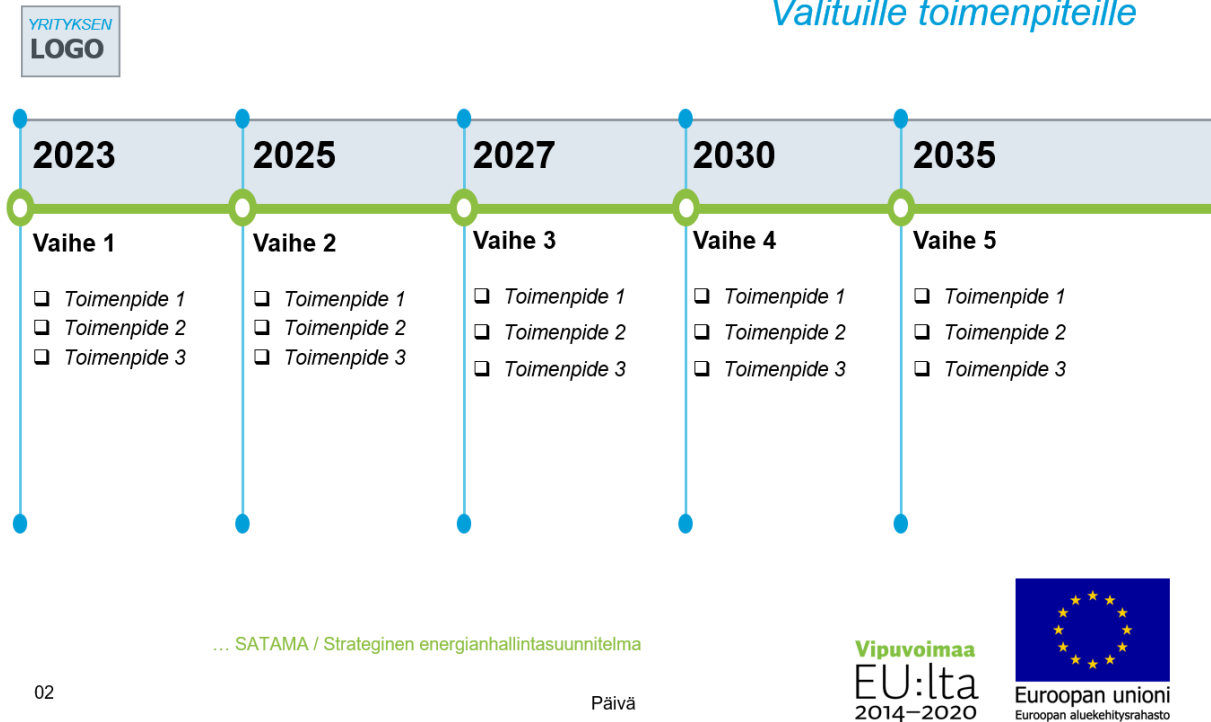
Toivottavasti edellä esitellyt kriteerit auttavat oikeiden toimenpiteiden valinnassa ja strategisen energianhallintasuunnitelman laatimisessa. Jos muiden satamien esimerkit kiinnostavat, oheisen linkin kautta voi tutustua [Helsingin](#) sataman ideoihin.

Alustava aikajana valittujen toimenpiteiden toteuttamiseen

Alustavan aikajanan laatiminen valittujen toimenpiteiden toteuttamista varten on viimeinen vaihe strategisen energiahallintasuunnitelman rakentamisessa. Kun kaikki toimenpiteet on valittu, joilla pyritään korjaamaan havaitut puutteet sataman energianhallinnassa ja energiatehokkuudessa, kuljemme kohti konkreettista toimintasuunnitelmaa. Esimerkki siitä on esitetty kuviossa 11.

Toteutuksen aikajana

Valituille toimenpiteille



Kuvio 12 - strategisen energiahallintasuunnitelman alustava rakenne ja aikajana

Sijoita valitsemasi toimenpiteet aikajanalle. Tätä varten on erillinen muokattava MS Power Point -tiedosto. Tämä yhteenvetotaulukko, jonka olet laatinut tämän selvityksen pohjalta, toimii ensimmäisenä luonnoksena satamasi strategisesta energianhallintasuunnitelmasta. Onneksi olkoon tämän etapin loppuun suorittamisesta!

Päätelmät

Tämä julkaisu on laadittu tukemaan satamia näiden pyrkiessä parantamaan energiatehokkuuttaan ja vähentämään päästöjään. Strategisen energianhallintasuunnitelman laatiminen ei päästä tekijäänsä vähällä, mutta lopputulos on toivottavasti ollut vaivan arvoinen. Matka on ollut pitkä ja ajoittain ehkä haastavakin, mutta toivottavasti olette kokeneet lukuisia ahaa-elämyksiä selvitystä laatiessanne.