Foto © Sandvik Mining and Rock Solutions

SIX Sustainable Industry X | MOBILE WORK MACHINES

BUSINESS FINLAND

pspa | We drive e-mobility!

Elektromobilność specjalistyczna i pozadrogowa

Polsko-fińskie zalecenia dotyczące wdrażania bezemisyjnych maszyn pozadrogowych

Współpraca:

F5A New Mobility Research & Consulting

Wstęp – Polska

Foto © Kramer

Wstęp – Polska
Aleksander Rajch, PSPA

Szanowni Państwo,

według World Health Organization ponad 13% mieszkańców Unii Europejskiej regularnie narażona jest na oddychanie powietrzem z przekroczonymi normami dotyczącymi zawartości pyłu PM_{10}. Dla $PM_{2.5}$ – o wiele groźniejszych dla zdrowia i życia – wynik ten przekracza 6%. Ten niebezpieczny trend postępuje i już dzisiaj wpływa na m.in. skrócenie życia średnio od 6 do 12 miesięcy przeciętnego mieszkańca wspólnoty.

Sytuacja ta wiąże się z szeregiem przyczyn jednak jednym z głównych jest wykorzystywanie emisyjnych jednostek napędowych emitujących szkodliwe substancje toksyczne, które mimo postępu w zakresie stosowanych materiałów, nadal podczas jego pracy emitowane są do atmosfery liczne związki toksyczne. Należą do nich: tlenek węgla (CO), węglowodory (HC), tlenki azotu (NO_X) oraz cząstki stałe (PM) również w zakresie liczby (PN). Dwa ostatnie związki są szczególnie problematyczne w silnikach o zapłonie samoczynnym (ZS), które dominują w maszynach pozadrogowych.

Analizując średnie zanieczyszczenie powietrza pyłami PM_{10} i $PM_{2.5}$ (pyły zawieszone o wielkości cząstki o mniejszych lub równych odpowiednio 10 i 2,5 mikrometra), Polska zajmuje przedostatnie miejsce spośród krajów UE.

Wstęp – Polska

Aleksander Rajch, PSPA

Zmiana negatywnego trendu oraz pozycji Polski w unijnym zestawieniu zanieczyszczenia powietrza konieczne są konkretne działania. Wśród nich dominującym jest zmiana rodzaju napędu pojazdów specjalistycznych. Ich wykorzystanie zwłaszcza w miastach, podczas robót drogowych, remontowych czy budowlanych, jak też porządkowych oraz innych, znacząco przyczynia się zwiększonej emisji substancji szkodliwych, w tym również pyłów zawieszonych.

Niniejszy raport stanowi kwintesencję potrzeb, zaleceń oraz rekomendacji dla branży oraz legislacji, aby w jak najszybszym tempie wdrożyć niezbędne zmiany w sektorze maszyn specjalistycznych i dostosować je do koncepcji zeroemisyjnych miast, a tym samym w realny sposób przyczynić się do poprawy jakości powietrza i życia jego mieszkańców.

Za 23% światowej emisji zanieczyszczeń odpowiada globalny przemysł budowlany. Z tego każdego roku bezpośrednio na placach budowy maszyny napędzane silnikami spalinowymi generują 1,84 mld ton CO_2, czyli 6% światowej emisji. Równie znaczące emisje dotyczą składników toksycznych w tym tlenków azotu (NO_x) czy cząstek stałych PM (PM_{10} i $PM_{2.5}$). Negatywny wpływ NRMM (non-road mobile machinery) stanowi znaczący problem, którego rozwiązaniem będzie elektryfikacja, która powinna postępować w jak najszybszym tempie.

Aleksander Rajch
Członek Zarządu, Dyrektor ds. Zewnętrznych, PSPA

Wstęp – Finlandia

Foto: Opa Latvala, Business Tampere

Szanowni Państwo,

produkcja mobilnych maszyn roboczych nieporuszających się po drogach jest czwartą co do wielkości branżą eksportową Finlandii, a 50-80% jej obrotów pochodzi z eksportu. To jedna z przyczyn podejmowanych przez Finlandię działań na rzecz elektryfikacji maszyn mobilnych, które obejmują dekarbonizację całych branż oraz łańcuchów wartości.

Znacząca grupa znanych producentów maszyn mobilnych pochodzi właśnie z Finlandii. Ponad 20 fińskich producentów OEM działa w sektorach rolnictwa, budownictwa, leśnictwa, transportu materiałów i maszyn górniczych.

W celu przyspieszenia postępu w tych branżach, fińscy producenci maszyn mobilnych połączyli siły w klastrze SIX Mobile Work Machines, w którym SIX oznacza Zrównoważony Przemysł X (Sustainable Industry X). Dzięki współpracy w ramach klastra, firmy prowadzą największą transformację w historii – na rzecz cyfryzacji i zrównoważonego rozwoju. Celem klastra jest rozwijanie najnowocześniejszej sieci badawczej, rozwój kompetencji oraz kształtowanie przyszłych talentów, a także zwiększenie globalnej widoczności i wpływu producentów mobilnych maszyn roboczych poprzez przywództwo merytoryczne.

Wstęp – Finlandia
Harri Nieminen, VTT

Wstęp – Finlandia

Harri Nieminen, VTT

Członkowie klastra przyjmują szeroką perspektywę, koncentrując się nie tylko na elektryfikacji maszyn w celu osiągnięcia zerowej emisji, ale także na odkrywaniu zupełnie nowych możliwości biznesowych w całym łańcuchu wartości, w którym maszyny odgrywają kluczową rolę. Osiągnięcie tego wymaga aktywnego zaangażowania wszystkich członków oraz współpracy Finlandii z innymi krajami, które są liderami w dziedzinie nowych technologii.

Fiński przemysł nie tylko słowami, ale także poprzez konkretne działania i rosnącą listę osiągnięć w dziedzinie elektryfikacji i dekarbonizacji ciężkich maszyn mobilnych potwierdza swoje zobowiązania. Sandvik jest obecnie liderem rynku elektryfikacji, automatyzacji i cyfryzacji podziemnych maszyn górniczych. Ponsse i Epec wprowadzają pierwszą w swoim rodzaju technologię elektrycznych maszyn leśnych. Ciągniki terminalowe Kalmar przechodzą na napęd elektryczny. W przygotowaniu jest również wiele innych projektów koncentrujących się na zielonej transformacji.

Wprowadzając elektryfikację, autonomiczną pracę i cyfryzację, fińscy producenci mobilnych maszyn roboczych dążą do zwiększenia swojej konkurencyjności na arenie międzynarodowej oraz dekarbonizacji środowiska. Jako pionierzy transformacji, fińscy eksperci chcą dzielić się swoim doświadczeniem i wiedzą ze wszystkimi, którzy dążą do osiągnięcia neutralności klimatycznej na rynkach maszyn mobilnych.

> **Osiągnięcie neutralności węglowej także w maszynach mobilnych nieporuszających się po drogach (NRMM) wymaga wyeliminowania emisji gazów cieplarnianych pochodzących z paliw kopalnych. Ale poza tym – jak na to patrzymy – maszyna mobilna przyszłości jest zrównoważona nie tylko sama w sobie. Umożliwia tworzenie zupełnie nowej, dotychczas niewidocznej wartości i zrównoważonego rozwoju w całym środowisku, w którym działa. Finlandia przyjęła aktywną rolę w tym rozwoju, aby pomóc w budowaniu lepszego i bardziej zrównoważonego jutra.**
>
> **Harri Nieminen**
> Co-Creation Manager, Head of SIX Mobile Work Machines Cluster, VTT Technical Research Center of Finland

Spis treści

Streszczenie menadżerskie 7

CZĘŚĆ 1
Fińska wizja “zero”

1)	Trendy elektryfikacji w Finlandii	11
2)	W jaki sposób elektryfikacja wkracza do nowych segmentów pojazdów	14
3)	Unikalność fińskich doświadczeń	17
4)	Fiński ekosystem współpracy - SIX Mobile Work Machines	19
5)	Wiodące przykłady z fińskiego rynku - Sandvik, Ponsse i Kalmar	21
6)	Kluczowe korzyści z elektryfikacji maszyn mobilnych	27

CZĘŚĆ 2
Polski potencjał sektora NRMM

7)	Polski potencjał sektora NRMM	29
8)	Maszyny robocze - definicje	31
9)	Od obniżenia emisji do napędów elektrycznych	34
10)	Oferta rynkowa	37
11)	Możliwości popularyzacji maszyn zeroemisyjnych	44
12)	Kto ma się tym zająć?	45

Podsumowanie 48

Streszczenie menadżerskie

Osiągnięcie neutralności węglowej wymaga poważnej transformacji, a liczne podmioty, w tym Unia Europejska, wyznaczyły już konkretne i ambitne cele. Emisja gazów cieplarnianych z pojazdów, w tym także użytkowych, spowodowana wykorzystaniem paliw kopalnych, jest kluczowym czynnikiem zmian klimatycznych. Tę zależność dostrzegają m.in. władze Finlandii, dlatego kładą nacisk na dekarbonizację transportu kołowego, z uwzględnieniem wszystkich branż i łańcuchów wartości. Surowe warunki północnej Europy i zamiłowanie Finów do innowacji przyczyniły się do tego, że Finlandia stała się światowym liderem w rozwoju ciężkich maszyn mobilnych. Tamtejsi eksperci chcą dzielić się swoim doświadczeniem w transformacji z partnerami dążącymi do neutralności klimatycznej na rynku maszyn mobilnych.

Neutralność węglowa do 2035 r.

Finlandia osiągnęła rezultaty, które przyciągają uwagę całego świata dzięki elektryfikacji maszyn mobilnych i dekarbonizacji przemysłowych klastrów. Jako niewielki kraj, zamieszkały przez 5,5 mln osób, Finlandia dąży do ambitnego celu osiągnięcia neutralności klimatycznej poprzez zastąpienie paliw kopalnych bezemisyjną energią elektryczną w przemyśle, transporcie i ogrzewaniu. Finowie planują również osiągnięcie ujemnych emisji dwutlenku węgla. Produkcja mobilnych maszyn roboczych jest ważną branżą eksportową w Finlandii, a wprowadzane innowacje, takie jak elektryfikacja i cyfryzacja, zwiększają konkurencyjność producentów na rynku międzynarodowym.

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną

Badanie Sitra (Fińskiego Funduszu Innowacji i niezależnej fundacji publicznej nadzorowanej przez fiński parlament), wskazuje, że Finlandia jest na dobrej drodze do osiągnięcia swoich celów klimatycznych. Szacuje się, że szeroko zakrojona elektryfikacja fińskiej gospodarki spowoduje wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną o ponad 20% do 2035 roku. Aby sprostać temu wyzwaniu, fińska moc wytwórcza energii elektrycznej musi wzrosnąć ponad trzykrotnie z obecnych 20 GW do ponad 70 GW do 2050 roku, ale Finlandia jest na to przygotowana.

W ostatnich latach udział samochodów elektrycznych w Finlandii dynamicznie rośnie, a kraj jest jednym z liderów w Europie w rozwoju elektromobilności. Według badania Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) z 2021 roku, Finlandia zajęła piąte miejsce pod względem odsetka nowo zarejestrowanych samochodów elektrycznych w Europie, ustępując tylko Norwegii, Islandii, Szwecji i Danii.

Elektryfikacja maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach (NRMM)

Elektryfikacja maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach (NRMM) nabiera znaczenia w walce z emisją gazów cieplarnianych. Wprowadzone w maszynach olejowe i benzynowe silniki spalinowe generują emisję CO, CO_2, HC, NO_x i PM, co przyczynia się do zmian klimatycznych i niekorzystnych skutków zdrowotnych.

Badania opublikowane w 2022 roku wskazują, że emisje CO lub HC w sektorze NRMM są 2,5-6 razy wyższe niż w przypadku pojazdów drogowych, a emisje PM są 5,8 razy wyższe, toteż Finlandia, Szwecja i Niemcy wprowadziły system rejestracji emisji NRMM.

Maszyny budowlane, rolnicze i leśne są głównymi źródłami emisji NO_x i PM. Producentom zależy na przyspieszeniu elektryfikacji, dlatego oferują szkolenia dla pracowników, specjalistów i klientów, aby promować korzyści środowiskowe wynikające z napędów elektrycznych.

Przewiduje się, że producenci maszyn mobilnych w ciągu najbliższych 2-4 lat rozszerzą działania badawczo-rozwojowe w zakresie alternatywnych układów napędowych, koncentrując się na elektryfikacji. Hybrydowe układy napędowe stanowią technologie przejściowe do wykorzystania wodoru i energii elektrycznej jako głównych źródeł zasilania w NRMM.

W jaki sposób inne kraje mogą skorzystać z doświadczeń Finlandii?

Pilna potrzeba dekarbonizacji ma duży wpływ na strategie producentów maszyn, w tym ciężkich pojazdów nieporuszających się po drogach. Fińskie firmy i instytucje badawcze przodują w opracowywaniu technologii elektryfikacji i cyfryzacji dla dekarbonizacji maszyn mobilnych, co otwiera możliwości współpracy dla globalnych partnerów.

Dzięki tradycji dzielenia się wiedzą, doskonałemu systemowi edukacji i rozbudowanym klastrom, takim jak SIX Mobile Work Machines, firmy z innych krajów mogą rozwijać swój potencjał w badaniach i innowacjach. Wpływowe firmy, np. Mitsubishi Logisnext, przenoszą działania badawczo-rozwojowe do Finlandii, by skorzystać z lokalnych kompetencji.

Fińskie programy promujące dekarbonizację, jak system cen emisji dwutlenku węgla, inspirują inne kraje do przyspieszenia działań redukujących emisje. Firmy, które stawiają na dekarbonizację, mogą zyskać przewagę konkurencyjną i kreować innowacyjne i dochodowe szanse biznesowe.

Polski potencjał sektora NRMM

Rząd polski wprowadził Ustawę o Elektromobilności i paliwach alternatywnych, nakładającą obowiązek stosowania pojazdów nisko- lub zeroemisyjnych we flotach komunikacji miejskiej w większych gminach. Jednak dostępność i ceny pojazdów spełniających te wymagania były wyzwaniem.

W Polsce około 21% energii pochodzi z odnawialnych źródeł, ale istnieją plany rozbudowy mocy OZE. Jednak dopiero około 2030 r. większe ilości „zielonej" energii będą dostępne w sieci.

Elektryczne autobusy miejskie są popularne w Polsce dzięki wsparciu funduszy unijnych i krajowych oraz lokalnej produkcji elektrobusów, np. marek: Solaris czy MAN. Liczba autobusów elektrycznych w polskich miastach sięga tysiąca, co sprzyja elektryfikacji innych środków transportu.

W Polsce dostępne są programy dofinansowania zakupu elektrycznych samochodów osobowych i dostawczych, ale brak wsparcia dla zakupu zeroemisyjnych pojazdów ciężarowych dużej ładowności ani maszyn.

Możliwości popularyzacji maszyn zeroemisyjnych

Obecnie oferta maszyn elektrycznych jest ograniczona, brakuje danych dotyczących parametrów ekonomicznych, a ładowanie dłużej trwa niż tankowanie paliwa. Istotny jest także system dopłat, który będzie kluczowy dla ich popularyzacji, zwłaszcza przy wynajmie, gdzie klient musi ponieść większe koszty. Dodatkowe preferencje przetargowe mogą zachęcić użytkowników do wyboru maszyn zeroemisyjnych, pod warunkiem korzystnych zmian w prawie. Zmiany w przepisach powinny przełożyć się na wzrost udziału maszyn i urządzeń zeroemisyjnych w pracach komunalnych, co z kolei wiązać się będzie z większą akceptacją społeczną i ich popularność w innych obszarach.

Kto ma się tym zająć?

Racjonalne zwiększenie udziału maszyn bezemisyjnych w budownictwie i służbach komunalnych wymaga współpracy między rządem a samorządami. Na poziomie rządowym, konieczna jest spójna polityka wsparcia i mapowanie wprowadzenia maszyn zeroemisyjnych. Lokalnie, samorządy powinny podejmować kroki premiujące rozwiązania bezemisyjne, takie jak wymóg maszyn zgodnych z normą Stage V przy realizacji zleceń publicznych oraz szkolenie operatorów w oszczędnym zużyciu paliwa. Należy także określić zasady przetargów, które faworyzują obniżenie emisji, uwzględniając całościowe spojrzenie na zadanie i oceniając maszyny elektryczne jako najbardziej korzystne rozwiązanie.

Fińska wizja „zero”

Foto: Opa Latvala, Business Tampere

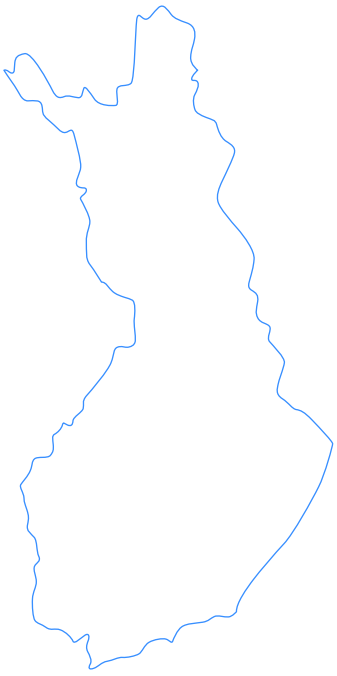
1. Trendy elektryfikacji w Finlandii

Osiągnięcie neutralności węglowej wymaga poważnej transformacji. Unia Europejska, liczne kraje, miasta, a nawet poszczególne firmy wyznaczyły ambitne średnio- i długoterminowe cele w zakresie neutralności klimatycznej. Jednym z najbardziej znaczących czynników przyczyniających się do zmian klimatycznych jest emisja gazów cieplarnianych spowodowana wykorzystaniem paliw kopalnych w pojazdach. Zastąpienie w pojazdach silników spalinowych elektrycznymi układami napędowymi jest jednym ze sposobów ograniczenia emisji i osiągnięcia naszych celów klimatycznych. Transformacja transportu obejmuje również ciężkie maszyny nieporuszające się po drogach i procesy, w których są wykorzystywane.

W Finlandii elektryfikacja maszyn mobilnych to nie tylko trend przyszłości. To realne działania już dzisiaj.

Ich zakres obejmuje zarówno dekarbonizację samej maszyny, jak również jej środowiska pracy, w tym place budowy, kopalnie, porty, pola uprawne i lasy. Elektryfikacja mobilnych maszyn roboczych przyspiesza dekarbonizację całych branż i łańcuchów wartości.

Finlandia nie byłaby prawdopodobnie światowym liderem w rozwoju ciężkich maszyn mobilnych, gdyby nie surowe warunki środowiska północnej Europy. Także zamiłowanie Finów do innowacji i pracy zespołowej jest kluczem do przełomowej elektryfikacji i dekarbonizacji w tej branży. Jako pionierzy transformacji, fińscy eksperci chcą dzielić się swoim doświadczeniem i wiedzą ze wszystkimi partnerami, dla których celem jest neutralność klimatyczna na rynkach maszyn mobilnych.



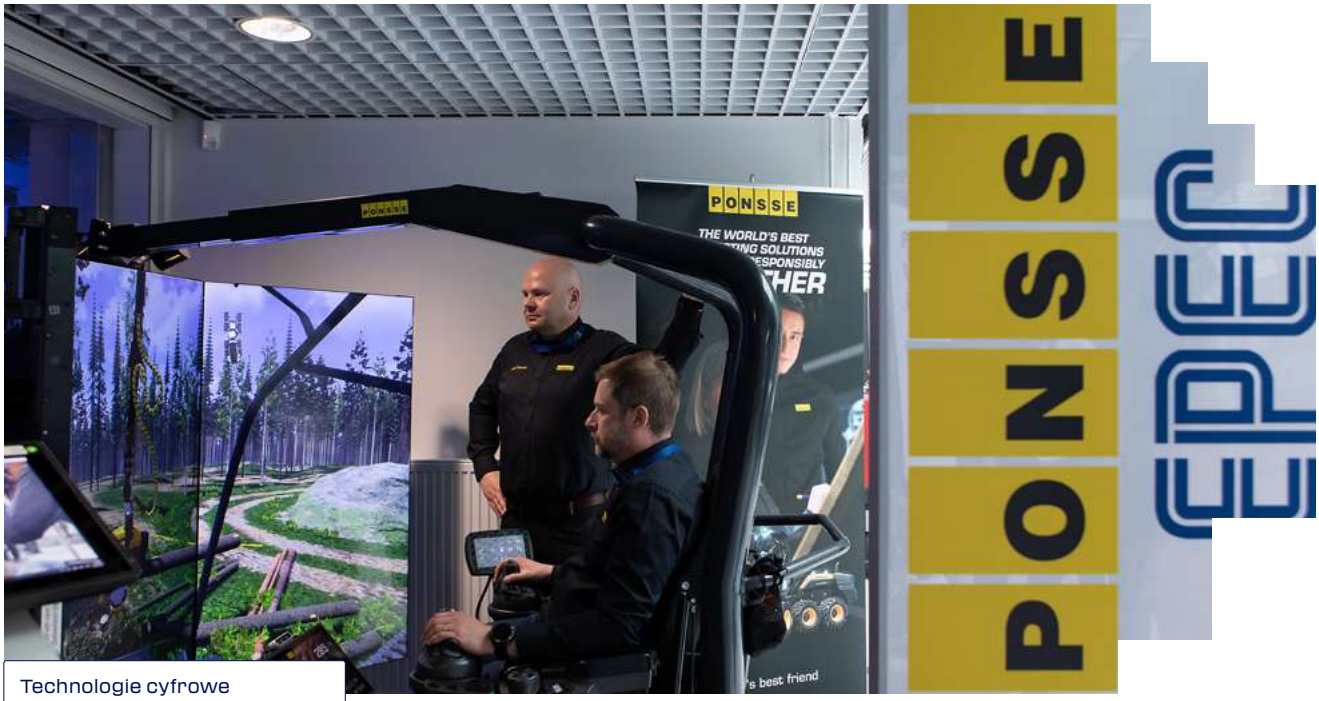
Neutralność węglowa do 2035 r.

Finlandia stała się pionierem elektryfikacji maszyn mobilnych, osiągając rezultaty, które przyciągają uwagę całego świata. Dzięki unikalnemu połączeniu zasobów naturalnych kraju, otwartości na inwestycje w innowacje oraz synergii wspólnego działania, elektryfikacja ciężkich maszyn i dekarbonizacja całych klastrów przemysłowych stają się dziś rzeczywistością.

Finlandia jest niewielkim krajem nordyckim zamieszkałym przez zaledwie 5,5 miliona osób, który postanowił już teraz dążyć do ambitnego celu osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2035 roku.

W praktyce oznacza to konieczność zastąpienia paliw kopalnych bezemisyjną energią elektryczną w przemyśle, transporcie i ogrzewaniu. Finlandia planuje również osiągnąć ujemne emisje dwutlenku węgla w niedalekiej przyszłości.

Produkcja mobilnych maszyn roboczych nieporuszających się po drogach jest czwartą co do wielkości branżą eksportową w Finlandii, a 50-80% jej obrotów pochodzi z przychodów z eksportu. Wprowadzając elektryfikację, autonomiczną pracę i cyfryzację, fińscy producenci mobilnych maszyn roboczych dążą do zwiększenia swojej konkurencyjności na arenie międzynarodowej. W rezultacie, wielu producentów rozszerza swoją ofertę o maszyny wyposażone w linie zasilania elektrycznego oraz nowe funkcje cyfrowe, zdając sobie sprawę, że zrównoważony rozwój stanowi nową, istotną szansę biznesową.



Technologie cyfrowe w leśnictwie przyszłości

Foto: Opa Latvala, Business Tampere

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną

Obszerne badanie opublikowane przez Sitra, Fiński Fundusz Innowacji i niezależną fundację publiczną nadzorowaną przez fiński parlament, ocenia, że Finlandia jest na dobrej drodze do osiągnięcia swoich celów klimatycznych w wyznaczonych ramach czasowych.

Sitra szacuje, że szeroko zakrojona elektryfikacja fińskiej gospodarki zwiększy zapotrzebowanie na energię elektryczną o ponad 20% do 2035 roku. Do 2050 r. fińska moc wytwórcza energii elektrycznej musi wzrosnąć ponad trzykrotnie z obecnych 20 GW do ponad 70 GW, ale Finlandia jest na to przygotowana.

Aby osiągnąć sukces, kluczowe będzie zapewnienie branży stabilnego środowiska operacyjnego, odpowiednich zachęt do elektryfikacji procesów oraz wsparcia dla rozwoju nowych rozwiązań.

Rozwój cyfryzacji

Kolejnym istotnym trendem jest cyfryzacja, która ma znaczny potencjał wsparcia procesu elektryfikacji. Cyfryzacja i elektryfikacja stanowią nieodzowne elementy trwającej transformacji, której celem jest budowanie bardziej zrównoważonych i efektywnych maszyn. Finlandia zyskuje dziś miano jednego z liderów w dziedzinie cyfryzacji, Internetu rzeczy (IoT), wykorzystywania danych i tworzenia z nich wartości dzięki sile sztucznej inteligencji (AI).

Cyfryzacja oraz Internet rzeczy umożliwiają producentom mobilnych maszyn roboczych generowanie dodatkowej wartości dla klientów. Tworzą one duże, globalne ekosystemy, do których można podłączać komponenty, produkty i procesy. Następnie inteligentne obiekty stają się częścią tychże większych ekosystemów, tworząc rozległe sieci wartości zautomatyzowanych systemów produkcyjnych i robotów.

Cyfryzacja ułatwia gromadzenie, przechowywanie i przetwarzanie danych, co zaowocowało rozwojem sektora analizy dużych zbiorów danych. **Rozwijanie umiejętności analizy danych i wykorzystanie potencjału sztucznej inteligencji stanowią narodową strategię Finlandii.** Można je wykorzystać, na przykład, do maksymalizacji żywotności maszyny lub sprzętu i poprawy

Technologie cyfrowe w logistyce przyszłości

Foto: Opa Latvala, Business Tampere

przewidywalności działania, zaplanowania skutecznych działań konserwacyjnych i wprowadzenia usług zdalnych. Dane stwarzają również nowe możliwości tworzenia usług o wartości dodanej, które towarzyszą produktom fizycznym.

Fińskie firmy nie tylko przodują w gromadzeniu danych, ale także wiedzą, jak je wizualizować i przedstawiać w formie spełniającej potrzeby klientów. Co więcej, wiedzą, jak stworzyć synergię wartości dodanej w zakresie budowy maszyn, elektryfikacji i cyfryzacji.

2. W jaki sposób elektryfikacja wkracza do nowych segmentów pojazdów

Od samochodów osobowych do segmentów nowych pojazdów ciężarowych

W ostatnich latach udział samochodów elektrycznych w Finlandii dynamicznie rośnie i kraj jest jednym z liderów w Europie pod względem rozwoju elektromobilności. Według badania przeprowadzonego w 2021 roku przez Europejską Agencję Środowiska (EEA), **Finlandia zajęła piąte miejsce w Europie pod względem odsetka nowo zarejestrowanych samochodów elektrycznych:**

1. Norwegia
2. Islandia
3. Szwecja
4. Dania
5. Finlandia

Ze względu na brak odpowiednich rozwiązań w zakresie baterii i magazynowania wystarczająco wysokiej gęstości energii, proces elektryfikacji transportu ciężkiego, wodnego i lotniczego postępuje wolniej niż w przypadku samochodów osobowych. Mimo to przy trudniejszej transformacji do pełnej elektryfikacji, wciąż można czerpać w tych sektorach korzyści z pośredniej elektryfikacji napędów.

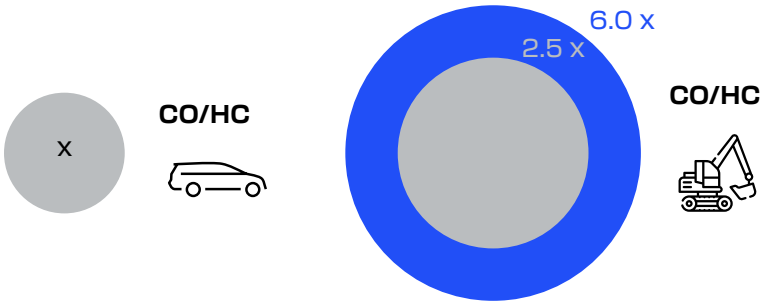
Paliwa Power-to-X oraz biopaliwa pozwalają na dekarbonizację trudniejszych do zelektryfikowania segmentów transportu, takich jak samochody ciężarowe. Przykładowo, wykorzystanie wodoru i e-paliw może w przyszłości zwiększyć zasięg operacyjny w zelektryfikowanym transporcie ciężkim. Podobnie, wodór wytwarzany z amoniaku lub metanolu może stanowić alternatywę dla paliw kopalnych w transporcie wodnym.

Elektryfikacja maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach (NRMM)

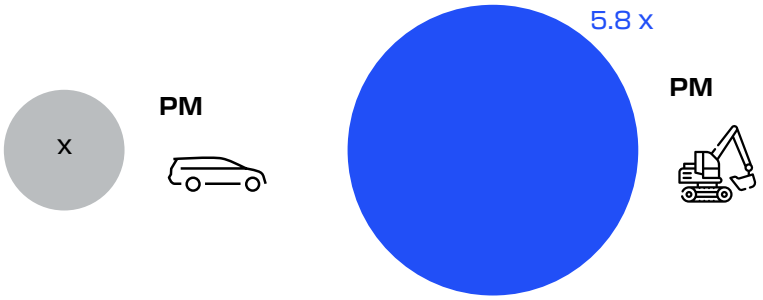
Elektryfikacja rynku maszyn mobilnych nabiera coraz większego znaczenia. Emisje gazów cieplarnianych z silników spalinowych – napędzanych olejem napędowym lub benzyną – zainstalowanych w maszynach nieporuszających się po drogach w dużym stopniu przyczyniają się do zmian klimatycznych i niekorzystnych skutków zdrowotnych poprzez emisję tlenku węgla (CO), dwutlenku węgla (CO_2), węglowodorów (HC), tlenków azotu (NO_x) i cząstek stałych (PM).

Bez znaczącego postępu technologicznego w celu ograniczenia zużycia paliw kopalnych, maszyny nieporuszające się po drogach (NRMM) ostatecznie mogą wyprzedzić pojazdy drogowe jako główne źródło emisji gazów cieplarnianych. Ze względu na dużą różnorodność jednostek NRMM oraz trudności w dokładnym pomiarze ich emisji, brakuje precyzyjnych danych liczbowych dotyczących zarówno emisji, jak i związanego z nimi zużycia paliwa. Wiadomo jednak, że udział NRMM w ogólnych emisjach jest pokaźny.

Według badań opublikowanych w 2022 roku (DOI:10.3390/su14063471), **emisje CO lub HC z sektora NRMM są od 2,5 do 6 razy wyższe niż w przypadku pojazdów drogowych**:



Szczególnie niekorzystna sytuacja dotyczy **emisji cząstek PM, które w sektorze NRMM są średnio 5,8 razy wyższe niż w przypadku pojazdów drogowych:**



Te same badania wskazują, że Finlandia jest jednym z trzech krajów, obok Szwecji i Niemiec, które już wprowadziły pewien system rejestracji emisji z sektora NRMM.

Maszyny budowlane, rolnicze i leśne należą do głównych grup urządzeń odpowiedzialnych za większość emisji NO_x i PM.

W ostatnich latach producenci sprzętu nieporuszającego się po drogach zaczęli opracowywać mapy drogowe, które wdrażają strategie zrównoważonego rozwoju. W celu przyspieszenia przejścia na maszyny z napędem elektrycznym, producenci oferują pracownikom, specjalistom i klientom, w tym firmom wynajmującym i wykonawcom, szkolenia dotyczące wartości rynkowej, produktywności w miejscu pracy oraz korzyści dla środowiska wynikających z elektryfikacji.

Szacuje się, że w ciągu najbliższych 2 do 4 lat producenci maszyn mobilnych rozszerzą swoje działania badawczo-rozwojowe w zakresie alternatywnych technologii układów napędowych, koncentrując się na elektryfikacji. Na rynku pojawiają się także nowi gracze, którzy aktywnie wprowadzają elektryfikację i technologie cyfrowe. Już dziś hybrydowe układy napędowe są wykorzystywane jako technologie przejściowe, które mają stymulować wykorzystanie wodoru i energii elektrycznej jako głównych źródeł zasilania w maszynach nieporuszających się po drogach.

3. Unikalność fińskich doświadczeń

Finlandia posiada długą historię produkcji mobilnych maszyn roboczych, które są wykorzystywane w trudnych warunkach. Dzięki tym doświadczeniom udało się wypracować solidne kompetencje w produkcji maszyn mobilnych, a także zgromadzić bogatą wiedzę badawczo-rozwojową. Warto zaznaczyć, że Finlandia aktywnie dzieli się swoim know-how z innymi podmiotami działającymi w tej branży.

Światowej klasy producenci sprzętu mobilnego

Z Finlandii pochodzi szeroka gama producentów maszyn mobilnych, a niektórzy z nich działają nawet w tych samych segmentach, co stymuluje konkurencję i rozwój branży.

Tylko w sektorach rolnictwa, budownictwa, leśnictwa, transportu materiałów i maszyn górniczych **działa ponad 20 aktywnych fińskich producentów**. Do największych z nich należą:

- **AGCO Power**
- **Avant**
- **Bronto Skylift**
- **Cargotec/ Kalmar**
- **Dinolift**
- **John Deere**
- **Junttan**
- **Konecranes**
- **LMCE Group**
- **Logset**
- **Mantsinen**
- **Metso: Outotec**
- **Normet**
- **Ponsse**
- **Rocla/ Mitsubishi**
- **Logisnext**
- **Sampo**
- **Rosenlew**
- **Sandvik**
- **Tana**
- **Valtra**

Finlandia może pochwalić się pełnym łańcuchem wartości w produkcji maszyn mobilnych, reprezentowanym przez liczne firmy działające na każdym etapie tego procesu, co umożliwia dostarczanie klientom na całym świecie niezawodnych i wysokiej jakości maszyn mobilnych.

Szeroka baza wyspecjalizowanych firm wspierających

Fiński łańcuch wartości w obszarze maszyn mobilnych obejmuje także liczne małe i średnie przedsiębiorstwa, które wspierają dużych producentów, tworząc sprawną i doświadczoną sieć partnerską, posiadającą niezbędne kompetencje do wdrażania wymagających i zaawansowanych technologicznie rozwiązań.

To właśnie małe i średnie przedsiębiorstwa zapewniają zaawansowaną technologię, integrację systemów oraz biznesowe know-how w zakresie usług, a dodatkowo doskonale rozumieją procesy i potrzeby użytkowników końcowych. Niektóre z tych firm specjalizują się w dostarczaniu zaawansowanych, ale niszowych części, komponentów i akcesoriów. Jeszcze inne działają jako producenci kontraktowi.

Fiński ekosystem maszyn mobilnych współpracuje, aby Finlandia mogła odgrywać wiodącą rolę w osiąganiu następujących celów:

- ↗ **Cyfryzacja w celu tworzenia nowych możliwości biznesowych i zdobycia przewagi konkurencyjnej.**
- ↗ **Autonomiczna i bezzałogowa obsługa w celu zwiększenia wygody użytkowania i za-pewnienia większego poziomu bezpieczeństwa.**
- ↗ **Zrównoważony rozwój poprzez efektywne gospodarowanie zasobami oraz wdrażanie gospodarki o obiegu zamkniętym.**
- ↗ **Zwiększenie poziomu produkcji poprzez monitorowanie i śledzenie w czasie rzeczywistym**

Wyjątkowa kultura współpracy

Finlandia słynie ze swojej silnej kultury współpracy, która rozwinęła się pomiędzy środowiskiem akademickim, firmami i instytutami badawczymi. Fiński system edukacji, kompetencje inżynieryjne oraz wiedza technologiczna cieszą się powszechnym uznaniem, co przyczynia się do wysokiego miejsca Finlandii w światowym rankingu innowacyjności (**w European Innovation Scoreboard 2022 Finlandia zajęła drugie miejsce na świecie**). Wspomniana kultura współpracy jest siłą napędowego rozwoju nowatorskich rozwiązań, gdzie wszystkie strony mają możliwość wymiany doświadczeń, dzielenia się pomysłami i rozwijania ich w inspirującym środowisku.

Współpraca przychodzi Finom naturalnie i stanowi fundament ich rozwoju gospodarczego. Dzięki partnerskiemu podejściu fińskie firmy i ich inżynierowie doskonale rozumieją pełen łańcuch wartości - począwszy od badań i rozwoju, poprzez produkcję, aż do sprawnych łańcuchów dostaw. To właśnie ta synergia pozwala Finlandii zajmować pozycję lidera w wielu dziedzinach.

Rząd Finlandii od dziesięcioleci wspiera kluczowe klastry przedsiębiorstw, zapewniając im finansowanie i międzynarodową promocję ich osiągnięć.

W sumie, Finlandia inwestuje rocznie ponad

1 miliard Euro

w programy badawczo-rozwojowe, które są przekrojowe i komercyjne, a dodatkowo mają na celu utrzymywanie i rozwój konkurencyjności w różnych branżach.

Celem nadrzędnym jest zatem rozwijanie długoterminowych i innowacyjnych projektów badawczo-rozwojowych, które w przeciwnym razie mogłyby nigdy nie zostać uruchomione. Działania te przyciągają również globalne marki, które chętnie uczestniczą w tych atrakcyjnych programach – najświeższym przykładem może być Mitsubishi Logisnext.

4. Fiński ekosystem współpracy – SIX Mobile Work Machines

Dzięki wdrażaniu strategii budowania nowatorskich urządzeń mobilnych powstał w Finlandii klaster mobilnych maszyn roboczych **SIX Mobile Work Machines**, gdzie SIX oznacza Zrównoważony Przemysł X (Sustainable Industry X). Klaster podejmuje starania, dzięki którym w 2025 roku Finlandia ma być postrzegana jako światowe centrum rozwoju mobilnych maszyn roboczych, kluczowych technologii i usług. Klaster tworzą cenione marki producentów i ich partnerów ekosystemowych jak **Cargotec/ Kalmar, EPEC, Hevtec, Junttan, Nokia, Normet, Ponsse, Sandvik, Tana, Valmet Automotive, Valtra oraz VTT**. Wszystkie te firmy posiadają długą tradycję budowania niezawodnych maszyn, które sprawdzają się w trudnych warunkach atmosferycznych Finlandii oraz w innych wymagających środowiskach na całym świecie. Ich międzynarodowy sukces wynika z niezrównanej wydajności, niebywałej trwałości oraz niskich kosztów operacyjnych przez cały okres eksploatacji.

Fińskie firmy z branży ciężkich maszyn mobilnych połączyły siły, by stawić czoła trwającej obecnie na świecie największej transformacji w historii – podwójnej transformacji w zakresie cyfryzacji i zrównoważonego rozwoju. Członkowie klastra SIX Mobile Work Machines postrzegają tą sytuację jako niepowtarzalną okazję biznesową, która przekracza zwykłą elektryfikację maszyn w celu osiągnięcia zerowej emisji. Widzą w tym możliwość odkrycia zupełnie nowej wartości w całym cyklu użytkowania maszyn, wpisując się w ideę zrównoważonego rozwoju w znacznie szerszym kontekście.

SIX Sustainable Industry X | MOBILE WORK MACHINES

Oprócz wspólnej wizji, firmy należące do klastra SIX Mobile Work Machines mają trzy wspólne cele:

1. **Stworzenie efektywnego i skutecznego programu wspólnego rozwoju innowacyjności,** opartego na tworzeniu najnowocześniejszej sieci badawczej. Ta ambitna inicjatywa pozwala członkom klastra przyspieszyć trudne i czasochłonne prace badawczo-rozwojowe poprzez wspólne udostępnianie wyników badań, które mogą być wykorzystane przez pozostałych członków do realizacji własnych zadań.

2. **Rozwój kompetencji i zapewnienie dostępu do przyszłych talentów.** Członkowie klastra koncentrują się na zwiększaniu atrakcyjności branży poprzez identyfikację kluczowych umiejętności niezbędnych do wykonywania nowych zadań, a następnie opracowują odpowiednie programy edukacyjne. Zapewnienie przyszłych talentów dla branży jest wyzwaniem globalnym, które dotyka nie tylko Finlandię, ale i cały świat. Wysoko wykwalifikowani pracownicy są niezbędni zarówno na stanowiskach fizycznych, jak i umysłowych. Osoby posiadające zdolności badawcze odgrywają decydującą rolę w innowacyjnym rozwoju.

3. **Zwiększenie widoczności i wpływu producentów mobilnych maszyn roboczych w Finlandii i na całym świecie poprzez przywództwo merytoryczne.** Ma to przyciągnąć do branży inwestycje i najlepszych ekspertów. Członkowie klastra dążą do tego, aby mieć realny wpływ na rozwój globalnych standardów i regulacji, które mają istotne znaczenie dla ich obszaru działalności.

Wspólna mapa drogowa wytycza cel

Klaster SIX Mobile Work Machines opracował wspólną mapę drogową, która służy jako drogowskaz dla wszystkich jego członków. Plan działań obejmuje obszerne portfolio projektów, które są wzajemnie powiązane, a jego celem jest określenie niezbędnych kroków do zbudowania inteligentnej mobilnej maszyny roboczej do roku 2030.

Powiązane ze sobą w ramach mapy drogowej programy obejmują szereg obszarów, w tym: autonomiczną pracę i jazdę, systemy sterowania pojazdów autonomicznych, łączność i komunikację, inteligentną elektryfikację, usługi w zakresie danych z cyklu użytkowania, które umożliwiają tworzenie nowych i bardziej wartościowych informacji z surowych danych nie pomijając udziału człowieka.

Działania, które się opłacają

Klaster SIX Mobile Work Machines wyróżnia się na wielu płaszczyznach. Skupia firmy, które stawiają sobie te same cele, a każda z nich musi wykazać wysoki poziom zaangażowania, aby je osiągnąć. Przyłączając się do klastra, każda firma musi wnieść coś wartościowego, jednocześnie korzystając z możliwości i zasobów oferowanych przez pozostałe przedsiębiorstwa wewnątrz klastra. Przede wszystkim jednak, kluczową rolę odgrywa aktywność każdej firmy i organizacji członkowskiej.

Współpraca odgrywa fundamentalną rolę w osiąganiu wspólnej wizji. Realizacja celów związanych z digitalizacją i zrównoważonym rozwojem w obrębie klastra wymaga współpracy wielu interesariuszy z sektora prywatnego, publicznego i akademickiego.

Finlandia przez wiele lat skupiała się na licznych małych obszarach inżynierii mechanicznej. Obecnie jednak przyjęła podejście systemowe, łącząc mechanikę z mechatroniką. Aby utrzymać pozycję lidera w dziedzinie maszyn mobilnych, Finlandia będzie musiała kontynuować długoletnią współpracę z innymi krajami, które są pionierami w nowych obszarach technologicznych.

Klaster SIX Mobile Work Machines otwiera nowe możliwości współpracy zarówno wewnątrz klastra, jak i z partnerami zewnętrznymi, co stanowi szerokie pole dla rozwoju nowych, obiecujących szans biznesowych.

5. Wiodące przykłady z fińskiego rynku - Sandvik, Ponsse, Kalmar

Fińskie firmy w istocie potwierdzają swoje deklaracje konkretnymi działaniami, a już dziś mogą się pochwalić rosnącą listą osiągnięć w zakresie elektryfikacji i dekarbonizacji ciężkich maszyn mobilnych.

Elektryczne wózki akumulatorowe firmy Normet optymalizują zużycie energii i wydajność w górnictwie podziemnym i tunelach. Ponsse i Epec wprowadzają pierwszą w swoim rodzaju technologię elektrycznych maszyn leśnych. Bezemisyjne wózki widłowe Konecranes minimalizują ślad węglowy i poprawiają korzystny wpływ na środowisko sprzętu w terminalach i w ciężkich zastosowaniach przemysłowych. Ciągniki terminalowe Kalmar przechodzą na napęd elektryczny, a w fińskich firmach realizowane są obecnie liczne projekty zorientowane na sukces w zakresie ochrony środowiska.

Studium przypadku

1980s Zainteresowanie firmy Sandvik Mining and Rock Solutions rozwiązaniami elektrycznymi sięga lat 80. XX wieku, kiedy to rozpoczęto produkcję przewodowych ładowarek i samochodów ciężarowych.

2005-2010 Firma rozpoczęła badania nad wykorzystaniem zasilania akumulatorowego w swoim sprzęcie, a w 2009 r. opracowała pierwszą koncepcję maszyny z napędem elektrycznym.

2014 Firma Sandvik stworzyła pierwszą akumulatorową wiertarkę podziemną, która została wprowadzona na rynek w 2016 r.

2019 Fabryka Sandvik zajmująca się załadunkiem i transportem dokonała akwizycji amerykańskiej firmy Artisan, co przyspieszyło proces elektryfikacji w zakresie załadunku i transportu.

Obecnie Sandvik wprowadza na rynek coraz więcej maszyn elektrycznych – równolegle oferując zarówno maszyny akumulatorowe, jak i spalinowe w tej samej klasie sprzętu. Nadal większość sprzedaży przypada na maszyny spalinowe, ale rynek coraz mocniej domaga się elektryfikacji, zwłaszcza w górnictwie podziemnym.

Elektryfikacja przynosi liczne korzyści, nie tylko eliminację emisji dwutlenku węgla. Dzięki elektryfikacji wzrasta produktywność, niezawodność i bezpieczeństwo. Elektryczne maszyny górnicze wymagają mniejszej wentylacji. W pełni autonomiczny lub zdalnie sterowany sprzęt górniczy minimalizuje ryzyko w niebezpiecznych warunkach, takich jak kopalnie podziemne. Kierowanie takimi maszynami jest również bardziej precyzyjne w porównaniu do tradycyjnego sprzętu spalinowego, a jednocześnie pozwalają one szybciej wykonywać zadania robocze.

W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na autonomiczne maszyny w górnictwie podziemnym w Australii, Sandvik wprowadził **innowacyjne rozwiązanie AutoMine służące do załadunku i transportu**. Obecnie oferta obejmuje zarówno w pełni autonomiczne, jak i zdalnie sterowane urządzenia, przeznaczone zarówno do pracy na powierzchni, jak i pod ziemią. Wdrożenie tego rozwiązania pozwala usunąć operatorów z niebezpiecznego środowiska pracy, a jednocześnie przyciąga wykwalifikowanych operatorów do sektora górniczego. Niedługo potem Kanada wprowadziła własne przepisy dotyczące elektryfikacji, co pokazuje, że zmiany na globalnym rynku determinują dziś potrzebę elektryfikacji, automatyzacji i cyfryzacji.

Sandvik planuje, że do roku 2030-2035 wszystkie ich maszyny będą oferowane w wersjach zarówno elektrycznych, jak i spalinowych, oraz będzie dostarczać więcej bezemisyjnych rozwiązań elektrycznych dla górnictwa odkrywkowego, aby sprostać ograniczeniom wprowadzanym przez miasta dotyczącym pojazdów napędzanych silnikami Diesla. Już dziś Sandvik rozwija koncepcyjne maszyny przeznaczone do zastosowania w górnictwie podziemnym, odwiertach i załadunku.

Kopalnia Testowa firmy Sandvik w Tampere uznawana jest na całym świecie za najnowocześniejsze środowisko badawcze – posiada 6-kilometrowy tunel do testowania nowych technologii, demonstrowania koncepcji klientom i weryfikowania jakości każdego urządzenia wiertniczego przed dostawą. Wykorzystywana jest także jako centrum praktycznego szkolenia z obsługi sprzętu. Firma Sandvik jest otwarta na współpracę z partnerami z innych branż, którzy chcieliby przetestować swoje rozwiązania w rzeczywistych warunkach kopalnianych.

Obecnie Sandvik jest liderem rynku elektryfikacji, automatyzacji i cyfryzacji podziemnych maszyn górniczych. Kolejnym celem firmy jest fotel lidera na rynku górnictwa odkrywkowego, angażując się jednocześnie w transformację technologiczną i umacnianie pozycji #1 na wybranych rynkach.

Konferencja Future Mobile Work Machine w Tampere, skupiająca światowych liderów elektryfikacji i cyfryzacji w sektorze maszynowym

Foto: Opa Latvala, Business Tampere

Studium przypadku

Elektryfikacja wydaje się być oczywistym rozwiązaniem także dla firm leśnych, jednak w rzeczywistości branża ta pozostaje w tyle za wieloma innymi sektorami. Pomimo tego, że maszyny leśne obsługują i przetwarzają odnawialny i zrównoważony surowiec jakim jest drewno, sprzęt wykorzystywany do pozyskiwania drewna zazwyczaj operuje w odległych miejscach, z dala od infrastruktury lub sieci energetycznych, co utrudnia lub wręcz uniemożliwia ładowanie akumulatorów tych maszyn – nawet w przyszłości.

Prawie 10 lat temu firma Ponsse podjęła działania mające na celu rozwiązanie problemu wysokiego zużycia oleju napędowego przez maszyny używane do pozyskiwania i zrywki drewna. Rozpoczęto wówczas wstępne badania nad elektryfikacją i prowadzono pierwsze prace koncepcyjne. Firma na początek przeanalizowała koncepcję kombajnu zrębowego. Jednakże, ze względu na to, że platforma napędowa kombajnu jest głównie nieruchoma, podczas gdy większość pracy wykonywana jest przez wysięgnik i głowicę, ogólna emisja dwutlenku węgla nie została istotnie zmniejszona.

W odpowiedzi na dynamiczne zmiany w branży motoryzacyjnej, firma Ponsse podjęła około 4 lata temu decyzję o elektryfikacji napędu forwardera, widząc w tym potencjał większych korzyści i większej opłacalności. Zanim projekt został wdrożony, przeprowadzono studia wykonalności oraz analizę całkowitego kosztu posiadania, aby ocenić wartość dodaną, jaką może przynieść zelektryfikowany napęd. **W sierpniu 2022 roku Ponsse wprowadziła na rynek koncepcję technologii EV1 wraz z firmą technologiczną Epec Oy.**

Koncepcja pełnowymiarowej maszyny jest obecnie testowana w warunkach leśnych, budząc uznanie klientów. Chociaż z zewnątrz wygląda tak samo, wszystkie elementy pod maską są nowe. Układ napędowy jest teraz gotowy na bardziej zrównoważone źródła energii, które wyprą olej napędowy i inne paliwa kopalne.

Ponsse kontynuuje również prace nad poprawą efektywności energetycznej kombajnów. Ze względu na zupełnie różne topologie forwardera i kombajnu, Ponsse poszukuje rozwiązań modułowych, które mogą być zastosowane w obu przypadkach.

Przejście z napędów hydrostatycznych i mechanicznych na elektryczne mocno angażuje zespół badawczo-rozwojowy firmy, ale wiąże się z licznymi trudnościami. Jednym z największych wyzwań dla Ponsse jest fakt, że cała technologia komponentów i systemów w przypadku maszyn nieporuszających się po drogach jest zupełnie nowa. Najprościej mówiąc, nie da się zaprojektować zelektryfikowanej maszyny w tradycyjny sposób. Kluczowe komponenty dla ciężkich maszyn nieporuszających się po drogach nie są dostępne jako gotowe produkty.

Ponad 90% wszystkich emisji maszyn leśnych w trakcie ich eksploatacji pochodzi ze zużycia oleju napędowego. Elektryfikacja napędu jest niewątpliwie jedną z istotnych technologii i czynników umożliwiających osiągnięcie neutralności węglowej.

Aby sprostać szczytowym obciążeniom w pracy ciężkiego sprzętu nieporuszającego się po drogach, zwłaszcza maszyn leśnych, konwencjonalne silniki wysokoprężne są zazwyczaj przewymiarowane trzykrotnie lub więcej w porównaniu do ich średniego zapotrzebowania na moc. Elektryfikacja pozwala na zmniejszenie rozmiaru głównego napędu, co samo w sobie jest ogromną korzyścią.

Ponsse jest obecnie liderem na rynku elektryfikacji maszyn leśnych. Firma jako pierwsza przedstawiła realną koncepcję pełnowymiarowego forwardera hybrydowo-elektrycznego i dąży do spełnienia oczekiwań klientów, które sprowadzają się do celów niższej emisji, mniejszego zużycia paliwa oraz możliwości wykorzystania innych zrównoważonych, odnawialnych źródeł energii już w najbliższej przyszłości.

KALMAR

Studium przypadku

Kalmar, spółka będąca częścią Cargotec, jest światowym liderem w zakresie zrównoważonej obsługi ładunków w portach, terminalach lotniczych, centrach dystrybucyjnych i w przemyśle ciężkim. Firma jest pionierem elektryfikacji i usprawnia działania swoich klientów w zakresie mobilności.

Na początku Kalmar zastąpił silniki spalinowe w pełni elektrycznymi napędami w swoich wózkach do transportu towarów w magazynach. Zainteresowanie elektryfikacją szybko przeniosło się na wiele innych rodzajów maszyn do obsługi ładunków i kontenerów.

- **1980s** — Firma rozpoczęła swoją przygodę z elektryfikacją, wprowadzając elektryczne wózki widłowe do obsługi lekkich ładunków.
- **2016** — Kalmar jako pierwsza firma na świecie zelektryfikowała swoje wozy bramowe, w odpowiedzi na rosnącą presję związaną ze środowiskiem ze strony portów, zwłaszcza tych w Kalifornii, które dążą do redukcji emisji CO_2.

Obecnie firma Kalmar **sprzedała już ponad 500 hybrydowych wozów bramowych z napędem spalinowo- elektrycznym**, w których energia elektryczna generowana przez silnik dieslowy może być magazynowana wźakumulatorach. Proces transformacji nadal trwa, a klienci są gotowi testować i kupować maszyny w pełni elektryczne. Kalmar angażuje się również w badania nad opcjami alternatywnych źródeł paliw, w tym wykorzystaniem wodoru w połączeniu z olejem napędowym.

Aktualnie wszystkie modele maszyn firmy Kalmar posiadają swoje odpowiedniki w wersji elektrycznej, a firma nieustannie rozwija się i poszukuje nowych rozwiązań związanych z technologią akumulatorów. Niezmiennie największym wyzwaniem w elektryfikacji dużych maszyn pracujących przy intensywnych obciążeniach jest dostępna pojemność akumulatorów. W związku z tym, trwają badania nad zwiększeniem czasu pracy maszyny na jednym naładowaniu.

Kalmar eksperymentuje z technologią „ładowania okazjonalnego" (opportunity charging), aby zintegrować ładowanie z procesem załadunku towarów i normalnymi cyklami pracy. Oznacza to możliwość chwilowego ładowania akumulatorów, gdy maszyna wykonuje przez kilka minut zadania stacjonarne, na przykład, podczas podnoszenia kontenera.

Zautomatyzowane urządzenia Kalmar otrzymują zadania i wytyczne z centralnego serwera, który zarządza trasami w celu uniknięcia zatorów w portach morskich lub terminalach. **Pierwszy zautomatyzowany wóz bramowy Kalmar AutoStrad został dostarczony do Brisbane w Australii, a następnie zautomatyzowane żurawie trafiły do Hamburga**. Obecnie rozwiązania te są wykorzystywane w wielu portach na całym świecie.

Firma Kalmar przeszkoliła swoich pracowników w zakresie projektowania i konserwacji maszyn elektrycznych. Nie ulega wątpliwości, że specjaliści zajmujący się serwisem pojazdów elektrycznych muszą posiadać unikalne umiejętności, które różnią się od tych, które są wymagane przy obsłudze silników spalinowych. Globalna sieć serwisowa firmy dysponuje również ekspertami, którzy są w stanie pomóc klientom w zrozumieniu i wykorzystaniu nowych technologii związanych z elektryfikacją i automatyzacją.

Od wielu lat Kalmar prowadzi badania w ścisłej współpracy z europejskimi uniwersytetami. To podejście odegrało kluczową rolę w przyspieszeniu rozwoju firmy i pozwoliło Kalmar wprowadzić wiele pionierskich maszyn i urządzeń.

6. Kluczowe korzyści z elektryfikacji maszyn mobilnych

Elektryfikacja mobilnych maszyn roboczych ma na celu nie tylko osiągnięcie zerowej emisji netto i dekarbonizacji, lecz także odpowiada na pilne potrzeby krajów, miast i użytkowników końcowych, którzy zdają sobie sprawę, że przynosi to korzyści zarówno dla środowiska, jak i dla biznesu.

W sektorze górnictwa firma Sandvik udowodniła, że **elektryfikacja przyczynia się do zwiększenia produktywności, niezawodności i bezpieczeństwa.** Dzięki zastosowaniu automatyzacji i cyfryzacji zwiększyła się atrakcyjność operacji górniczych, eliminując ryzyko związane z niebezpiecznym środowiskiem pracy.

Ponsse postrzega elektryfikację jako s**posób na wyeliminowanie strat w układzie napędowym i uzyskanie radykalnej poprawy wydajności systemu**. Ponadto, elektryfikacja jest kluczowa w rozwiązaniu problemu wysokiego zużycia paliwa podczas długich godzin pracy w ciągu roku. Misją i wizją firmy Ponsse jest pozycja preferowanego partnera dla odpowiedzialnego przemysłu leśnego.

Firma Kalmar zauważyła, że **maszyny z napędem elektrycznym charakteryzują się wyjątkową łatwością manewrowania, komfortową obsługą i intuicyjnym sterowaniem**. Obniżenie zużycia energii i lepsze rozwiązania dla zrównoważonego rozwoju stają się coraz bardziej istotne dla klientów, którzy dążą do realizacji własnych celów biznesowych.

W przypadku wszystkich typów pojazdów elektryfikacja wykazała, że wykorzystanie akumulatorów do zasilania operacji zamiast spalania drogiego paliwa prowadzi w dłuższej perspektywie do obniżenia całkowitych kosztów posiadania.

Podsumowując, elektryfikacja przyczynia się do ochrony środowiska, poprawy jakości powietrza, redukcji hałasu oraz polepszenia zdrowia i samopoczucia ludzi. Wykorzystanie potencjału elektryfikacji to szansa dla firm na długofalowy sukces w szybko zmieniającym się krajobrazie energetycznym.

Polski potencjał sektora NRMM

Foto © Kramer

7. The Polish potential of the NRMM sector

Polska jest krajem o ponad 37 mln mieszkańców, z czego ok. 22,5 mln żyje w miastach. Udział ludności miejskiej nie przekracza zatem 60% utrzymując się od kilku dziesięcioleci na podobnym poziomie (z lekką tendencją spadkową). Wskazuje to na stosunkowo powolną urbanizację, w ujęciu ilościowym. Jednocześnie co roku wzrasta liczba miejscowości uzyskujących prawa miejskie, co wg obowiązujących kryteriów oznacza przekroczenie liczby dwóch tysięcy mieszkańców, z których co najmniej 2/3 nie jest zatrudnionych w rolnictwie. W 37 polskich miastach liczba mieszkańców przewyższa 100 tysięcy. Przemiany można nazwać jakościowymi, polegają na szybkiej rozbudowie oraz gruntownej modernizacji infrastruktury miejskiej. Dotyczy to m. in. ciągów komunikacji publicznej, w tym metro i linii tramwajowych, ostatnio także instalowania stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Jest dokonywana renowacja starej i budowa nowej sieci kanalizacyjno-wodociągowej, w tym obszarze są obecnie realizowane miejskie i przemysłowe inwestycje na niespotykaną wcześniej skalę.

Oznacza to, że w najbliższej przyszłości w polskich miastach będą prowadzone intensywne prace budowlane w bezpośredniej bliskości mieszkańców.

MECALAC e12

Foto © Mecalac

Uwzględniając wytyczne Unii Europejskiej dotyczące transformacji energetycznej oraz dążąc do poprawy warunków życia na terenach gęsto zaludnionych, rząd polski wprowadził w styczniu 2018 r. Ustawę o Elektromobilności i paliwach alternatywnych zakładającą m.in. obowiązek stosowania określonego udziału pojazdów nisko- lub zeroemisyjnych we flotach własnych oraz podmiotów odpowiedzialnych za komunikację miejską i usługi komunalne w gminach zamieszkałych przez ponad 50 tys. osób. Termin obowiązywania tych rygorów był kilkakrotnie przesuwany ze względu na słabą dostępność rynkową pojazdów odpowiadających wymogom ustawy, a także ich wysokie ceny, często nie uzasadniające inwestycji.

Trzeba wziąć w tym pod uwagę tzw. miks energetyczny w Polsce. **Obecnie ok. 21% energii jest wytwarzane w źródłach odnawialnych, choć moc zainstalowana OZE sięga 38%.** Wiąże się to z małą sprawnością paneli fotowoltaicznych w skali roku i umiarkowanie korzystnymi warunkami dla lądowych turbin wiatrowych. Inne źródła, jak energia wodna, mają minimalny udział w produkcji. Trwają prace nad rozbudową instalacji OZE oraz uzupełnieniem jej o reaktory jądrowe, ale dopiero ok. 2030 r. sieć energetyczna będzie w stanie zapewnić większe ilości „zielonej" energii. Tym samym obecnie prowadzone Analizy Kosztów i Korzyści nie sprzyjały zakupom pojazdów zeroemisyjnych, a sprzedaż pojazdów zasilanych CNG/LNG wyhamowała na skutek drastycznego wzrostu cen gazu ziemnego. Dlatego inicjatywy oddolne zmierzające do obniżenia emisji są nieliczne i wiążą się ściśle z lokalnymi możliwościami ładowania dużymi mocami przy niskiej cenie energii, np. posiadaniem własnych OZE.

Powyższa uwaga nie dotyczy zakupów elektrycznych autobusów miejskich, które były wspomagane z różnych funduszy unijnych i krajowych. **Duże znaczenie miał także fakt lokalnej produkcji elektrobusów m.in. przez firmy Solaris i MAN.** Zwłaszcza ta pierwsza ma bardzo duże doświadczenie w dziedzinie napędów zeroemisyjnych, a poza sprawdzonymi pojazdami elektrycznymi wszystkich klas oferuje kompleksowe usługi analizy tras i ładowania, aż do realizacji „pod klucz". **Liczba autobusów elektrycznych w polskich miastach sięga tysiąca**, a wypracowane dzięki temu doświadczenia oraz istniejąca infrastruktura ładowania sprzyjają elektryfikacji innych środków transportu.

W Polsce działają rządowe programy dofinansowania zakupu elektrycznych samochodów osobowych i dostawczych kat. N1, nie ma natomiast wsparcia zakupu zeroemisyjnych pojazdów ciężarowych dużej ładowności ani maszyn.

8. Maszyny robocze – definicje

Celowe jest skrótowe zdefiniowanie urządzeń, jakie można objąć procesami obniżania emisji i elektryfikacji. Występuje ważna różnica pojęć: wg polskiego kodeksu drogowego istnieje „pojazd wolnobieżny", rozwijający prędkość do 25 km/h i nie będący pojazdem rolniczym. Jeśli w analizie ograniczyć się do tylko dwóch grup tj. pojazdów wolnobieżnych i rolniczych, zostanie ona znacznie spłycona w porównaniu z kierowaniem się pojęciem „maszyny mobilnej nieporuszającej się po drogach" wprowadzonym przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1628 z 14 września 2016 r.

Według tego zapisu jest to „maszyna ruchoma, przewoźne urządzenie lub pojazd z nadwoziem lub kołami lub bez nadwozia lub kół, nieprzeznaczone do przewozu pasażerów lub towarów po drogach oraz obejmuje maszyny montowane na podwoziach pojazdów przeznaczonych do przewozu pasażerów lub towarów po drogach". W terminologii angielskiej określa się je jako NRMM (ang. Non-Road Mobile Machinery) i ten skrót będzie pojawiał się w opracowaniu. Definicja unijna obejmuje bardzo szerokie spektrum maszyn wykorzystywanych m.in. w budownictwie, rolnictwie, ogrodnictwie, leśnictwie, transporcie materiałów i pracach komunalnych. Są to urządzenia zróżnicowane pod względem wielkości, masy, mocy silników. Do NRMM zalicza się zarówno pilarki łańcuchowe, jak i najcięższe wozidła budowlane. Ich udział w globalnej emisji jest nieporównywalny, ale z kolei możliwość lokalnej redukcji trzeba rozpatrywać indywidualnie dla każdego przypadku.

Rozporządzenie (UE) 2016/1628 ustala limity zanieczyszczeń zawartych w spalinach, określane jako norma Stage V, z podziałem na 10 kategorii oraz liczne podkategorie w powiązaniu ze sposobem wykorzystania silników i ich mocą. Do naszych rozważań najważniejsze będą kategorie:

- **NRE:** obejmuje większość urządzeń potocznie uważanych za maszyny pozadrogowe, głównie budowlane
- **NRG:** silniki zespołów prądotwórczych
- **NRSh:** silniki do ręcznych urządzeń
- **NRS:** silniki z zapłonem iskrowym inne niż w kategorii NRSh.

Norma Stage V stopniowo od 1.01.2019 r. obejmowała wszystkie silniki. Drugą normę emisyjną ważną dla światowego przemysłu maszynowego wprowadziła amerykańska agencja EPA, obecna US Final Tier 4 jest niemal całkowicie zbieżna z EU Stage V pod względem poziomów emisji. W innych krajach produkujących i stosujących na dużą skalę NRMM (Chiny, Indie) również obowiązują limity wzorowane na amerykańskich, z opóźnionym okresem wdrażania. Można spotkać się z opinią, że ustawodawstwo dotyczące emisji NRMM ustępuje normom narzuconym transportowi drogowemu i nie wymusza stosowania nowatorskich rozwiązań. Rzeczywiście przepisy limitujące

zawartość podstawowych składników szkodliwych w spalinach (NO_x, HC, CO oraz cząstek stałych) datują się w Europie na sam koniec ub. wieku. Na pewno jest to związane z polityką: pojazdy drogowe są znacznie liczniejsze i bardziej zauważalne, toteż na nich skupiła się uwaga. Z drugiej strony, trzeba wziąć pod uwagę wspomniany zakres zastosowań. Silniki NRMM pracują w zupełnie odmiennych warunkach nawet w obrębie tej samej kategorii. Testy stosowane w procedurach homologacyjnych są syntetyczne i mogą przynieść dane służące tylko do porównań, natomiast rzeczywiste emisje będą wypadkową obciążeń i umiejętności operatora w dużo większym stopniu, niż ma to miejsce w pojazdach drogowych.

Dotychczasowa legislacja europejska pomija emisję CO_2 z NRMM, nie ma spójnych prób ustalenia limitów. To też można wiązać z szerokim zakresem zastosowań, wobec których nie ma sensu stosowanie kryteriów zapożyczonych z pojazdów drogowych, np. z podziałem wg masy całkowitej. Ze względu na moce silników największy potencjał redukcji emisji CO_2 mają maszyny budowlane i kopalniane oraz maszyny rolnicze. Przy czym trzeba pamiętać, że w obu pierwszych grupach urządzenia elektryczne zasilane z sieci są znane i stosowane od dziesiątków lat. Rozwiązania bateryjne również są szeroko rozpowszechnione m. in. w wózkach widłowych i pojazdach transportu wewnątrzzakładowego. Problemami do rozwiązania są: opracowanie trwałych baterii umożliwiających długą pracę między kolejnymi ładowaniami przy dużym poborze mocy, zapewnienie trwałości takich baterii oraz skrócenie czasu ładowania.

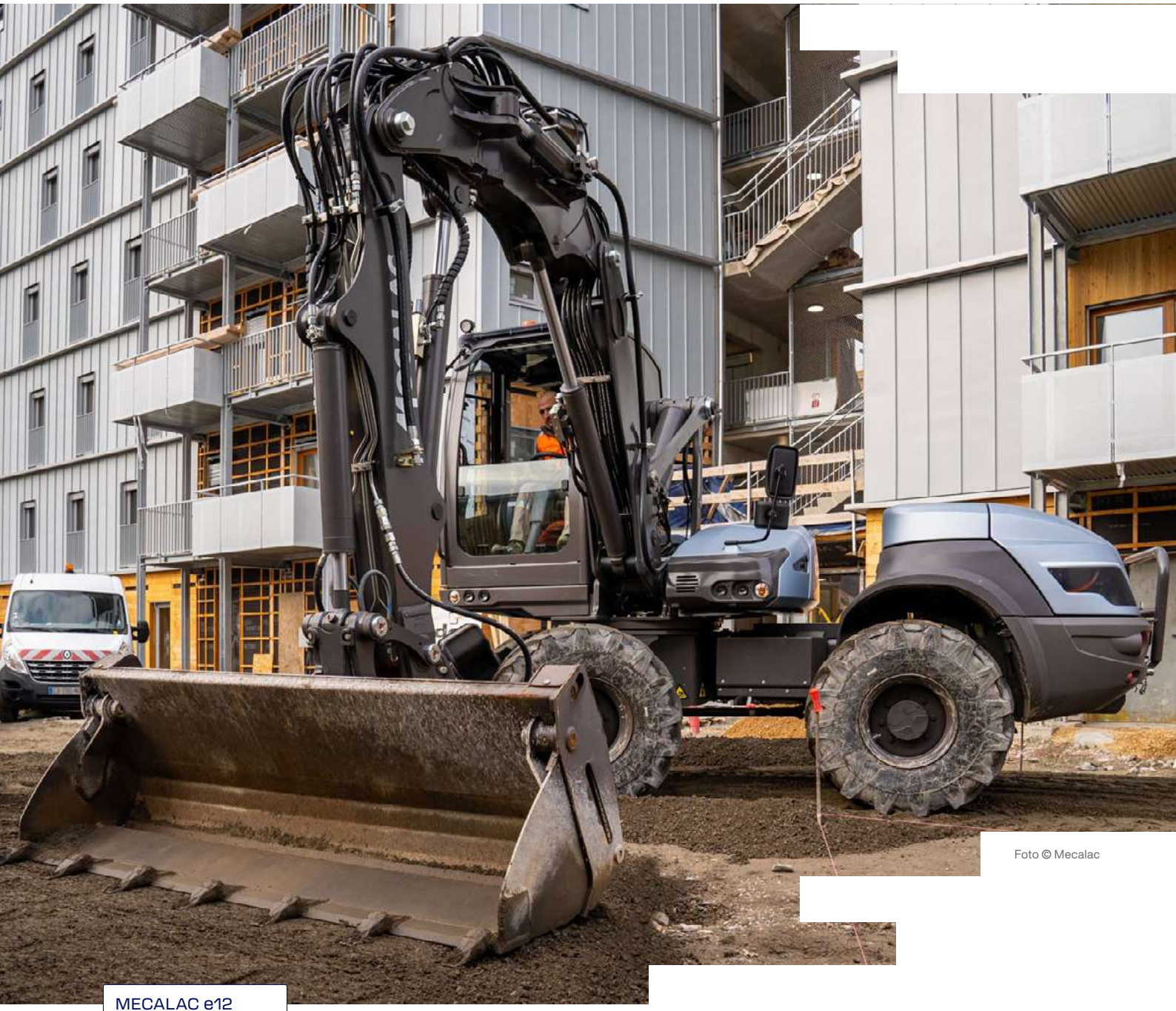


Foto © Mecalac

MECALAC e12

9. Od obniżenia emisji do napędów elektrycznych

Norma EU Stage V zaostrzyła limity emisji wszystkich szkodliwych składników spalin, a co do cząstek stałych wprowadziła nie tylko ich graniczną masę (PM), ale i liczbę (PN) w odniesieniu do kW mocy (nie dotyczy to jedynie silników poniżej 19 kW i powyżej 560 kW). Wymusiło to niemal powszechne zastosowanie systemów oczyszczania spalin obejmujących katalizator selektywny SCR (wymagający wtrysku płynu AdBlue), katalizator utleniający DOC i filtr cząsteczkowy DPF. Po stronie korzyści jest poprawa sprawności spalania, a tym samym wzrost mocy przy mniejszym zużyciu paliwa (a zatem także emisji CO_2). Jest to jednak rozwiązanie kłopotliwe ze względu na wyższą temperaturę pracy wymaganą do sprawnej konwersji spalin oraz konieczność wygospodarowania miejsca na zespół SCR/DOC/DPF w układzie wylotowym.

Uproszczenie konstrukcji i eksploatacji maszyn elektrycznych w porównaniu ze spalinowymi jest kluczowym czynnikiem zachęcającym do ich wdrażania.

Silniki Stage V w zespołach prądotwórczych nie mogą pracować na biegu jałowym, układ oczyszczania spalin nie działa wtedy prawidłowo, więc są uzupełniane o rezystory stwarzające sztuczne obciążenie przy małym zapotrzebowaniu na moc, spalając paliwo i emitując bez pożytku. W racjonalnym zarządzaniu energią np. na placu budowy pomogłoby wprowadzenie magazynów energii ładowanych nadwyżkami mocy agregatów prądotwórczych, a następnie używanych jako źródło bezemisyjne dla baterii maszyn elektrycznych (oraz innych celów, np. oświetlenia).

Pierwsze prototypowe bateryjne maszyny budowlane debiutowały około 2016 r. W 2018 r. firma Volvo CE przeprowadziła próby praktyczne w tzw. Elektrycznym Kamieniołomie, gdzie zbadano potencjał oszczędności energii oraz obniżenia emisji po zastąpieniu maszyn spalinowych elektrycznymi.

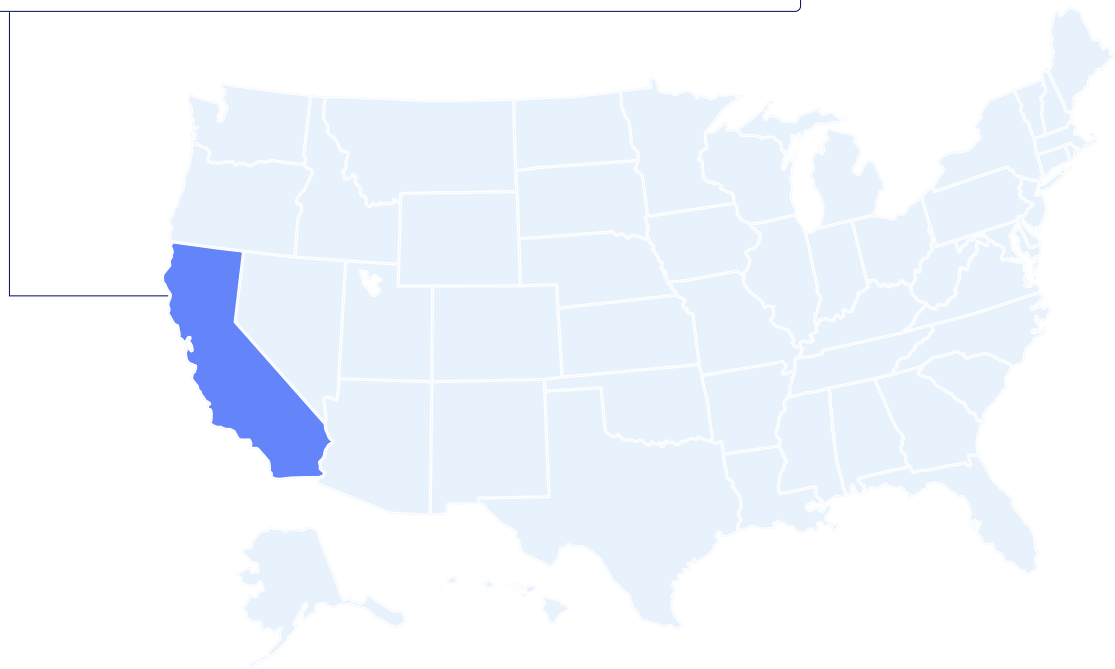
W obowiązujących do dziś wnioskach stwierdzono, że należy kompleksowo promować trzy zasadnicze korzyści stosowania maszyn bateryjnych:

- **cichą pracę** nie zakłócającą spokoju otoczenia,
- **brak szkodliwych emisji** oraz możliwość pracy bez ograniczeń w pomieszczeniach zamkniętych lub słabo wentylowanych,
- **wyższy komfort operatora** wobec zmniejszenia zarówno hałasu, jak drgań powodowanych przez silnik spalinowy.

Na tych trzech filarach są oparte dotychczasowe próby szerszego zastosowania maszyn bateryjnych. Zwraca jednak uwagę, że punktem wyjścia w każdym przypadku jest pełne wykorzystanie najnowszych technologii napędu spalinowego. Podstawę regulacji wprowadzanych w poszczególnych krajach (Szwajcaria – dodatkowe wymagania co do emisji cząstek stałych), regionach czy miastach (Kalifornia, stan Nowy Jork, Londyn, Sztokholm – wymóg stosowania w pracach publicznych jedynie maszyn spełniających najnowsze normy Tier lub Stage) stanowiły normy unijne lub amerykańskie dotyczące silników spalinowych.

Kalifornia

zmierza do całkowitego wyeliminowania NRMM z silnikami wysokoprężnymi do 2035 r., na podstawie aktu gubernatorskiego z 2021 r. Transformacja energetyczna jest tam wspomagana przez kilka funduszy wspierających ten proces w różnych sektorach, łącznie z rolnictwem.



W Europie...

dążenie do stosowania większej liczby (i docelowo wyłącznie) maszyn bezemisyjnych wiąże się z inicjatywami stolic skandynawskich, do których dołączyły Londyn i Amsterdam.

Oslo jest w tej kwestii najbardziej zaawansowane. Władze miejskie kontrolują emisję szkodliwych składników spalin i hałasu w czasie prac municypalnych, wprowadzając od 2019 r. premiowanie firm startujących w przetargach. W warunkach przetargowych pojawiło się wymaganie „środowisko", w którym uwzględniono zarówno stosowanie maszyn zero- lub niskoemisyjnych, jak i obniżenie emisji z transportu związanego z wykonywanymi pracami. Również w 2019 r. rozpoczęto pilotażową przebudowę ulic z wykorzystaniem wyłącznie maszyn elektrycznych. Trwające przez rok prace potwierdziły możliwość użycia maszyn bateryjnych bez szkody dla wydajności.

W 2020, w **Kopenhadze** ruszył pierwszy plac budowy o zerowej emisji w Kopenhadze, z użyciem bateryjnej koparki i wozidła, a także zagęszczarki i ubijaka akumulatorowego firmy Wacker Neuson. Urządzenia były wykorzystywane także w godzinach nocnych.

Londyn przymierza się do rozszerzenia zasad strefy Low Emission Zone na NRMM, ale ostrożnie, oczekując na legislację i wparcie rządowe.

Helsinki przeprowadziły podobny projekt w 2021 r., dopuszczając jednak stosowanie maszyn spalinowych zasilanych paliwem niekopalnym HVO.

10. Oferta rynkowa

Bateryjne maszyny budowane i przeładunkowe są produkowane seryjnie, ale w zakresie ograniczonym co do udźwigu. Przyczyną jest z jednej strony stosunkowo niewielkie zapotrzebowanie na energię, które łatwo zaspokoić za pomocą dostępnych baterii i ładowarek małej mocy, a z drugiej fakt, że małe maszyny najczęściej pracują w bezpośredniej bliskości ludzi, np. przy remontach w miastach lub przeładunkach w halach magazynowych, toteż najłatwiej uzyskać wspomniane korzyści.

W pewnych przypadkach wiążą się one z pozytywnymi efektami finansowymi, np. przy stosowaniu maszyny tam, gdzie wcześniej można było wykonać pracę wyłącznie ręcznie. Przykładem mogą być remonty w bezpośredniej bliskości szpitali lub we wnętrzu kolektorów kanalizacyjnych.

Małe bateryjne maszyny elektryczne na polskim rynku oferują obecnie m.in. firmy **Bobcat, JCB, Kramer, Mecalac, Volvo CE and Wacker Neuson** .

JCB 525-60E

Foto © JCB

↘ JCB

Foto © JCB

Na uwagę zasługuje program JCB, która stworzyła całą gamę maszyn E-TECH obejmującą 2-tonową minikoparkę 19C-1E, wozidło kolebkowe 1TE o ładowności 1 t, wozidło gąsienicowe HTD-5E o ładowności 500 kg, ładowarki teleskopowe i podnośniki nożycowe. Większość z nich ma akumulatory litowo-jonowe o pojemności umożliwiającej pracę całozmianową, od 10 do 20 kWh zależnie od modelu. JCB proponuje także przewoźną bateryjną stację ładowania do uzupełniania energii w miejscach pozbawionych zasilania sieciowego, w dwóch wariantach: 23 lub 46 kWh.

Firma Interhandler, polski dealer JCB, wystąpiła z pionierską inicjatywą stworzenia Zielonych Placów Budowy. Tym terminem określono przedsięwzięcia zorganizowane tak, by zastosować maszyny elektryczne, ale także oszczędnie zużywać energię, wodę i surowce. Pięciopunktowy plan tworzenia warunków dla takich inwestycji rozpoczynał się od propozycji wpisania do Ustawy o Elektromobilności nisko- i zeroemisyjnych pojazdów wolnobieżnych, by wchodziły one w skład minimum określonego dla firm wykonujących prace na rzecz dużych gmin. Słabym punktem tego pomysłu było pominięcie maszyn gąsienicowych, które z punktu widzenia prawa nie są pojazdami. Sugerowano również ograniczenia dostępu do stref nisko- i zeroemisyjnych dla maszyn niespełniających wymagań Stage V lub elektrycznych, przy objęciu obu tych grup subsydiami.

Do projektu wciągnięto Polski Związek Pracodawców Budownictwa oraz wypożyczalnię maszyn Ramirent, ostatecznie jednak nie doszło do podjęcia prób praktycznych. Jako przyczyny wymienia się wysoką cenę maszyn elektrycznych, brak korzyści finansowych dla użytkownika nawet w dłuższej perspektywie oraz ograniczenie oferty do małych maszyn. Firma JCB nie spodziewa się szybkiej elektryfikacji maszyn średnich i dużych.

↘ Volvo CE

Foto © Volvo CE

Drugą firmą zaangażowaną w transformację energetyczną polskich budów jest **Volvo CE**, która rozpoczęła jesienią ub. roku cykl pokazów maszyn elektrycznych. Na jej program składają się: minikoparki EC18 i ECR18 Electric oraz cięższa ECR25 Electric, a także kompaktowe ładowarki kołowe L20 Electric i L25 Electric. Wszystkie mają nowoczesne baterie litowo-jonowe umożliwiające nieprzerwaną pracę przez 4-5 h w przypadku koparek i nawet 8 h w ładowarkach.

Producent podkreśla przy tym, że mowa o pracy nieprzerwanej, podczas gdy w rzeczywistości niemal zawsze występują przestoje, zwłaszcza w małych maszynach pełniących zadania pomocnicze. Maszyna z silnikiem spalinowym pracuje wtedy na biegu jałowym i zużywa paliwo, a elektryczna wyłącza się, więc w praktyce można przepracować całą zmianę, zwłaszcza, jeśli wyszkolony operator wykorzysta każdą przerwę na doładowanie baterii.

Foto © Bobcat

Mamy wielu klientów, którzy są gotowi zapłacić nieco więcej, aby posługiwać się narzędziami najwyższej jakości oraz najnowszej technologii, ale ostatecznie ich działalność musi przynosić profit. Maszyny elektryczne bez wsparcia rządu centralnego czy lokalnych władz w standardowych aplikacjach niestety nie są ekonomicznie konkurencyjne, dlatego ich zastosowania w Polsce są bardzo ograniczone do aplikacji, gdzie niemożliwe lub mocno utrudnione jest użycie maszyn z silnikiem spalinowym. Mogą to być np. prace w małych pomieszczeniach ze słabą wentylacją, wyburzenia i remonty wewnątrz budynków

Adrian Winnicki, District Manager w Bobcat Doosan

Dodatkową korzyścią jest naliczanie mniejszej liczby motogodzin, czyli wydłużenie okresów między przeglądami technicznymi.

Volvo CE będzie szczególnie promowało u nas formę wynajmu maszyn elektrycznych, ma także propozycję **„Try and Buy": wynajmuje maszynę na 6 miesięcy, po których klient może ją zwrócić lub kupić na korzystnych warunkach.**

↘ Bobcat

Foto © Bobcat

Firma **Bobcat** ma w programie dwie elektryczne minikoparki. Jako pierwszy do sprzedaży trafił model E10e, producent reklamował go jako pierwszą na świecie koparkę 1-tonową. Jesienią ub. roku na targach Bauma debiutowała większa koparka E19e, w klasie 2 t, która jest znacznie bardziej popularna dna polskim rynku. Jako główna zaleta elektrycznych minikoparek jest wymieniany niski poziom hałasu: 72 dB w stosunku do 80 dB w modelu z dieslem.

↘ Mecalac

Foto © Mecalac

Firma Mecalac opracowała zestaw maszyn bateryjnych o nazwie **Mecalec Zero Emission Ecosystem**. Składają się na niego koparka kołowa e12 o masie 11,3 t, wozidło o ładowności 6 t, ładowarka z łyżką o pojemności 1 m³ oraz przewoźny powerbank umożliwiający ładowanie maszyn w miejscach pozbawionych zasilania. Są to parametry znacznie wyższe niż w przedstawianych wcześniej maszynach, toteż większe są także wymagania co do zasilania: w koparce jest stosowana bateria o pojemności 150 kWh, w pozostałych 75 kWh, co ma starczyć na 8 h pracy. Stacja ładowania przechowuje 150 kWh energii i umożliwia przekazanie jej do baterii w maszynach również w 8 h. System jest znany polskim klientom, ale duże pojemności energetyczne wiążą się z wysokimi cenami zakupu.

↘ Wacker Neuson

Foto © Wacker Neuson

Niemiecka firma **Wacker Neuson** ma w programie bateryjne ładowarki kołowe, wozidła i koparki. Ładowarka kołowa WL20e z łyżką 0,19 m³ jest zasilana z akumulatora litowo-jonowego o pojemności 14,1, 18,7 kWh lub 23,4 kWh, ładowanego za pomocą ładowarki pokładowej 3 kW lub zdwojonej do 6 kW. Wozidła kołowe DW15e i gąsienicowe DT10e mają ładowność odpowiednio 1500 i 1000 kg, zastosowano w nich baterie 14,1 i 7,3 kWh. Ofertę zamyka koparka gąsienicowa Zero Tail EZ17e z baterią 23,4 kWh. Wszystkie maszyny są przystosowanie do ładowania napięciem 230 lub 400 V, w tym pierwszym przypadku wymagają całonocnego ładowania do pełna, natomiast w drugim można wykorzystać 4-godzinne przerwy. Wacker Neuson opracowała także system bateryjnych urządzeń do zagęszczania gruntu zasilanych identycznym, łatwo wymiennym akumulatorem Battery One.

↘ Kramer

Foto © Kramer

Firma **Kramer** oferuje elektryczną ładowarkę kołową napędzaną na wszystkie koła KL25.5e z łyżką o pojemności 0,65 m³, ale w tej maszynie są jeszcze wykorzystywane klasyczne akumulatory w wykonaniu odpornym na wstrząsy AGM.

Warto dodać, że ze względu na ograniczenia energii i mocy baterii firmy **Hyundai, JCB i Liebherr** prowadzą zaawansowane próby maszyn zasilanych wodorem, przy czym pierwsza stosuje napęd elektryczny z ogniwa paliwowego, a pozostałe wodorowy silnik spalinowy. Na targach budowlanych Bauma 2022 były prezentowane także maszyny bateryjne Caterpillar średniej klasy oraz baterie o pojemności umożliwiającej pracę całozmianową w trybie 4 h pracy/przerwa na szybkie doładowanie/4 h pracy/nocne ładowanie do pełna. Realność takiego scenariusza oraz same rozwiązania techniczne wymagają jednak weryfikacji, jako termin wdrożenia podaje się 2024 r.

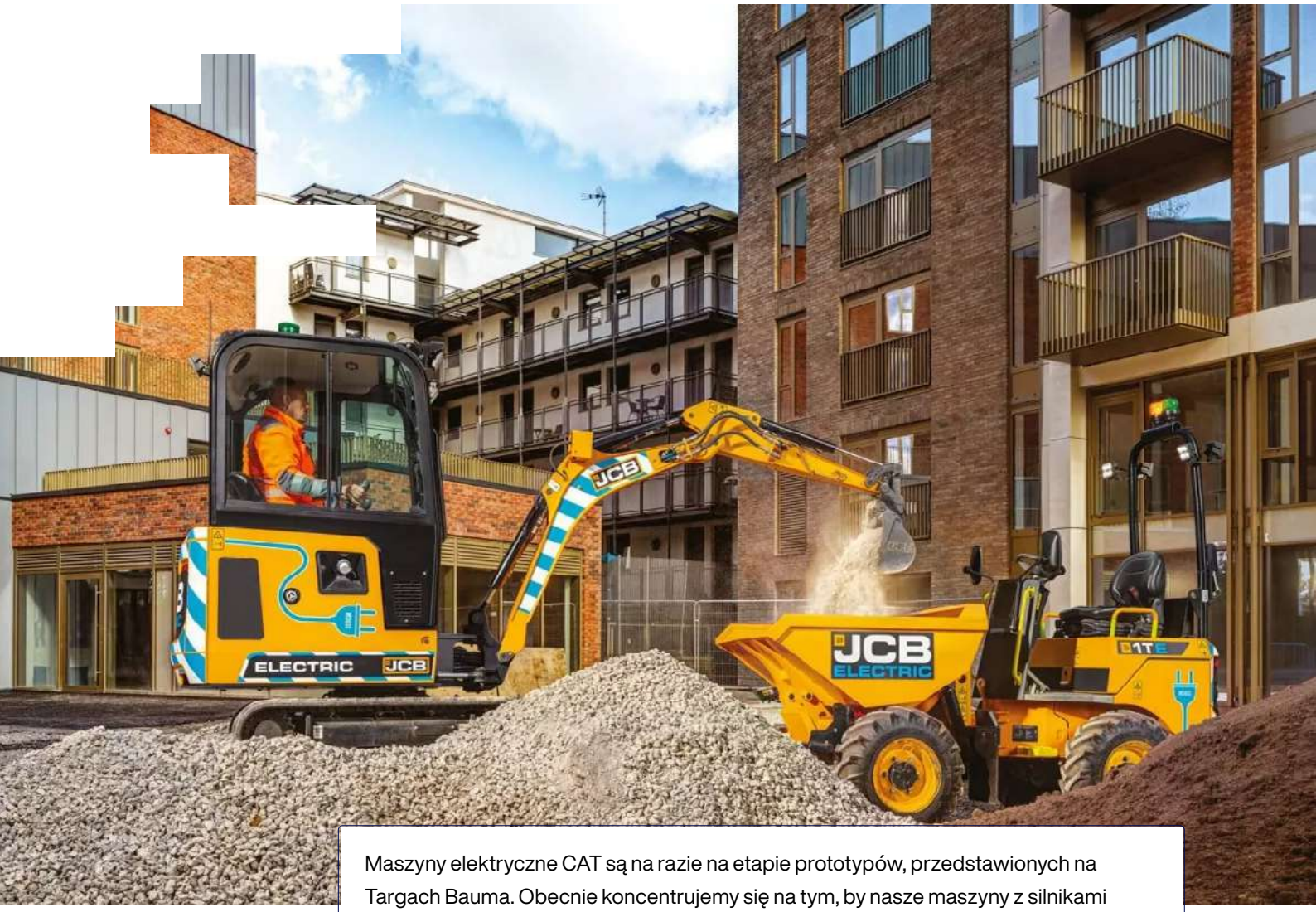


Photo © JCB

Maszyny elektryczne CAT są na razie na etapie prototypów, przedstawionych na Targach Bauma. Obecnie koncentrujemy się na tym, by nasze maszyny z silnikami wysokoprężnymi były jak najmniej emisyjne, przede wszystkim dzięki zredukowanemu zużyciu paliwa, a następnie dzięki zaawansowanym systemom oczyszczania spalin. Wsparcie dla maszyn zeroemisyjnych widzę głównie w udostępnieniu infrastruktury ładowania - maszyna nie może wracać do bazy w celu uzupełnienia energii. Trzeba też przyjrzeć się całościowo, w jaki sposób jest ładowana: jeśli prąd pochodzi z generatora z silnikiem spalinowym, nie ma żadnych korzyści dla środowiska. Co do hałasu pracy maszyny, należy pamiętać, że jego źródłem nie jest tylko jej silnik, ale także jej osprzęt roboczy, przesypywany materiał itp. Sama tylko zmiana napędu może przynieść ograniczony skutek.

Jan Rudak, Kierownik ds. Komunikacji Marketingowej firmy Bergerat Monnoyeur, polskiego dealera marki Caterpillar

Studium przypadku

Zanper 2.0

Foto © KGHM Zanam

W przypadku procesów elektryfikacji sektora pozadrogowego, nie można pominąć firmy **KGHM Zanam – polskiego giganta miedziowego, należącego do grupy KGHM.** Spółka prowadzi testy wozu transportowego **Zanper 2.0**, unikalnego na całą Polskę pojazdu górniczego napędzanego silnikiem elektrycznym zasilanym zespołem baterii, dedykowanego do pracy w kopalniach podziemnych, niezagrożonych wybuchem. Model ten jest przystosowany do eksploatacji w ekstremalnych warunkach środowiskowych w kopalniach. Jego uniwersalność pozwala na transport do 14 osób w tym poszkodowanych z miejsc wypadku, jak również na transport materiałów. Należy dodać, że **podwozie i nadwozie pojazdu zostały w pełni zaprojektowane i wykonane od podstaw** przez KGHM ZANAM S.A. Projekt Zanpera 2.0 współfinansowany jest przez NCBR – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Zanper zbudowany jest na bazie terenowej Toyoty Land Cruiser. Elektryczny układ napędowy oraz oprogramowanie to dzieło inżynierów KGHM ZANAM. Natomiast układ zasilania skonstruowano w oparciu o baterie polskiej produkcji. Układ chłodzenia akumulatora dostosowany jest do wymagających warunków kopalnianych, w których temperatura sięga nawet do 55 stopni Celsjusza. W trybie szybkiego ładowania baterii ZANPER będzie gotowy do jazdy już po 30 minutach.

W przypadku KGHM, pojazdy elektryczne, to nie tylko wozy do transportu osób. Obecnie w zakładach górniczych spółki pracuje ponad 40 wozów strzelniczych zasilanych bateryjnie, a w trakcie opracowania jest również wóz odstawczy z napędem elektrycznym HT24E, który ma być alternatywą dla obecnie użytkowanych maszyn. Jak podaje producent, zastosowanie tych pojazdów pozwoli w przyszłości poprawić warunki pracy górników, zwiększając wydajność silników i ograniczając emisję ciepła i spalin.

11. Możliwości popularyzacji maszyn zeroemisyjnych

Podsumowując stan obecny i dotychczasowe próby zastosowania maszyn elektrycznych należy podkreślić, że jesteśmy na początkowym etapie ich rozwoju i oferta jest ograniczona. Nie są znane tak podstawowe parametry jak TCO i wartość rezydualna, co w przypadku urządzeń budowlanych, rolniczych czy przeładunkowych ma podstawowe znaczenie dla posiadacza. Dostępne obecnie budowlane maszyny bateryjne prawdopodobnie nie zapewnią wydajności na poziomie spalinowych ze względu na konieczność długotrwałego ładowania. Są także ok. dwukrotnie droższe.

Z zestawienia tych faktów wynika jasno, że niezbędne będą dopłaty bezpośrednie do zakupu lub wynajmu. Trzeba mieć na uwadze, że duża część maszyn i urządzeń objętych pojęciem NRMM jest pozyskiwana na zasadzie wynajmu i tym samym oddziaływanie stymulujące rynek powinno odbywać się w dwóch kierunkach:

1) Firmy wynajmujące

Na nie spada ciężar zakupu i utrzymania stanu technicznego maszyn. Tu dochodzi jeszcze czynnik sezonowości wykorzystania, który nie sprzyja sprzętowi bateryjnemu ze względu na nierównomierny poziom naładowania baterii w ciągu roku, z bardzo intensywnym ładowaniem w ciągu kilku miesięcy. Te obciążenia finansowe będą musiały przenieść na klientów.

W tym można rozważać dofinansowanie zakupu tak, by maszyny zeroemisyjne stanowiły określony procent oferowanych do wynajmu, przy czym firma musiałaby wykazać się ustalonym rocznym minimalnym wykorzystaniem, by utrzymać uprawnienie do takiej dopłaty, np. przy kolejnych ratach leasingu. Zakres maszyn podlegających pod taki program musi być starannie przemyślany, by wyeliminować ew. nadużycia.

2) Bezpośredni użytkownicy

którzy z ww. względów będą płacili wyższe stawki przy (zapewne) dłuższym czasie wykonywania pracy w porównaniu z maszynami spalinowymi.

W tym przypadku niezależnie do tego, czy użytkownik jest posiadaczem maszyny, czy tylko ją wynajmuje, bezwzględnie powinien mieć preferencje przetargowe przy pracach zlecanych przez samorządy lub instytucje państwowe. Tu także warunkiem powinno być określone minimalne wykorzystanie, co pociąga za sobą dalsze zagadnienia rzetelnego monitoringu.

Zakres maszyn objętych ew. programem dopłat jest kwestią wymagającą rozważenia wraz z zainteresowanymi stronami. W Niderlandach, we wprowadzanym obecnie systemie dopłat SEB (Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel) wprowadzono dolny limit mocy silnika 8 kW. Ma to uzasadnienie, ponieważ eliminuje próby uzyskania udziału maszyn elektrycznych premiowanego w przetargach za pomocą sprzętu oźnikłym udziale w emisjach.

Z drugiej strony, wydaje się potencjalnie korzystne odwrócenie piramidy i narzucenie wysokiego udziału małych maszyn i urządzeń zeroemisyjnych w pracach komunalnych, np. przy budowie i utrzymaniu terenów zielonych. Chodzi o korzystne oddziaływanie we wszystkich trzech aspektach wymienionych w pkt. I:

- **Cicha praca i eliminacja spalin podniosą ogólną akceptację społeczeństwa** dla rozwiązań zeroemisyjnych i spowodują zwiększenie nacisku na ich rozpowszechnienie w innych zastosowaniach.
- **Lepsze warunki obsługi** (mniejsze drgania i hałas, proste działanie) mogą być istotną zachętą dla potencjalnych pracowników, poprawiając wizerunek zawodu.

Przy czym tu nakłady finansowe nie są duże i znowu w grę wchodzi wynajem, sprzęt bateryjny jest dostępny, stosunkowo niewielkie wymagania co do poboru mocy nie stwarzają większych problemów eksploatacyjnych, a transport i serwis takich urządzeń są kolejnymi łatwymi polami do elektryfikacji. Jest szansa na „efekt kuli śnieżnej".

12. Kto ma się tym zająć?

Dotychczasowa praktyka ze wspomnianych programów krajowych i miejskich jasno wskazuje, że racjonalne zwiększenie udziału bezemisyjnych maszyn i urządzeń stosowanych w budownictwie i służbach komunalnych (a także w niektórych sektorach rolnictwa, np. ogrodnictwie) musi przebiegać w ścisłej współpracy na następujących szczeblach:

Poziom 1

Rządowy:
odpowiedzialnym za dofinansowanie oraz stworzenie spójnych zasad zakupu i wdrażania zeroemisyjnych NRMM

Poziom 2

Samorządowy:
gdzie zostaną stworzone lokalne plany co do potencjalnego wykorzystania maszyn bezemisyjnych oraz zasady przetargów publicznych premiujących ich wykorzystanie

Przy czym na poziomie 1) nie wydaje się możliwe wprowadzenie uregulowań na miarę Ustawy o elektromobilności ani też wciągnięcie do niej maszyn. Kolejne nowelizacje mogą tylko zaszkodzić Ustawie. Powinny być natomiast ustalone ramy czasowe, „mapa drogowa" możliwego wprowadzania maszyn zeroemisyjnych z ustaleniem środków i zasad dysponowania nimi.

Poziom samorządowy ma zasadnicze znaczenie, ponieważ tylko lokalnie można ustalić, czy wprowadzenie rozwiązań bezemisyjnych ma sens, tj. przyniesie odczuwalne korzyści dla środowiska i dobrostanu mieszkańców, uwzględniając warunki terenowe, intensywność prac miejskich itp. Samorządy powinny przyjąć natychmiastowe kroki przygotowujące do podnoszenia wymagań emisyjnych przez:

- ↗ Wprowadzenie obowiązku stosowania wyłącznie maszyn i urządzeń zgodnych z normą Stage V przy realizacji zleceń publicznych (rozsądnie byłoby tu wprowadzić minimalną wartość zlecenia lub kilka progów)
- ↗ Premiowanie rozwiązań efektywnych energetycznie, np. wymaganie przeszkolenia operatorów pod względem oszczędnego zużycia paliwa np. dzięki ograniczeniu pracy na biegu jałowym.

Po czym można przystąpić do określania zasad przetargów sprzyjających obniżeniu emisji. Ważne jest przy tym całościowe spojrzenie na zadanie, z uwzględnieniem zużycia energii oraz logistyki dostaw materiałów, wywozu odpadów i transportu pracowników, najwyżej oceniając maszyny elektryczne. W przypadku braku odpowiednich rozwiązań elektrycznych trzeba mieć na uwadze pojazdy zasilane biogazem lub paliwami HVO.

Podsumowanie

Foto © Wacker Neuson

Podsumowanie

Jednym z największych wyzwań związanych z elektryfikacją jest zrozumienie, że nie polega ona jedynie na zastąpieniu silnika spalinowego akumulatorem. Konstruktorzy muszą przeanalizować wszystkie elementy nowego układu, ponieważ same akumulatory nie są w stanie zapewnić wystarczającej mocy do wykonania wszystkich operacji.

W przypadku elektryfikacji wszystkich pojazdów, podstawowym wyzwaniem jest zapewnienie mocy, która spełni oczekiwania użytkowników. W przypadku samochodów osobowych oznacza to zapewnienie większego zasięgu jazdy i dostępu do szybkich ładowarek. Natomiast w przypadku ciężkich maszyn mobilnych, wyzwaniem jest skuteczna obsługa całej floty, szczególnie jeśli urządzenia pracują 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu. W większości przypadków, gdy maszyna jest podłączona do stacji ładowania, jest wyłączana z trybu pracy.

Dostępność kluczowych podzespołów stanowi również poważne wyzwanie, jednak rynek podzespołów opartych na nowych technologiach dynamicznie się rozwija. Pozyskiwanie nowych komponentów, w tym zwłaszcza baterii, pozostaje trudne. Dlatego konieczne jest zbudowanie łańcucha dostaw wysokiej jakości elementów i nawiązywanie partnerskich relacji z zaufanymi dostawcami.

Największym wyzwaniem będzie jednak zdobycie niezbędnych kompetencji, które ułatwią tę technologiczną transformację. W tym celu konieczne jest zaangażowanie najlepszych badaczy, którzy mogą pomóc firmom wyprzedzić rewolucję przemysłową o kilka kroków. Nie ma dziś czasu na długotrwałe programy badawcze trwające 15 lat. Rozwój kompetencji musi postępować dynamicznie, aby umożliwić producentom pełne wykorzystanie swoich możliwości.

Jednym z najważniejszych wniosków wynikających z technologicznej transformacji rynku maszyn jest zrozumienie naturalnego cyklu innowacji: testowanie, porażka, nauka i kolejne badania. Firmy nie mogą po prostu dokonywać zakupów kluczowych komponentów – gdyż nie ma dziś istniejących, gotowych produktów. Muszą być one specjalnie zaprojektowane dla danego układu napędu elektrycznego.

Istotne jest zrozumienie końcowego zastosowania urządzenia i jego podsystemów pod względem kosztów i wydajności. W ostatecznym rozrachunku drobne detale mogą mieć ogromne znaczenie, dlatego konieczne jest dokładne zrozumienie preferowanych rozwiązań. Producenci nie mogą polegać na firmach zewnętrznych w tym zakresie. Muszą sami pozostawać w centrum procesu projektowania i rozwoju swoich urządzeń.

Specjaliści odpowiedzialni za projektowanie i serwis maszyn elektrycznych potrzebują zupełnie innych umiejętności niż ci zajmujący się silnikami spalinowymi. Dlatego tak ważne jest odpowiednie przeszkolenie personelu.

Podsumowanie

Klastry oferują swoim członkom większe możliwości w rozwiązywaniu wielu kluczowych problemów. W celu rozwijania nowych kompetencji, klastry wspomagają przyciąganie przyszłych studentów i utalentowanych osób do branży maszyn mobilnych poprzez zwiększanie świadomości o istniejących i planowanych miejscach pracy. Klastry, w tym SIX Mobile Work Machines, umożliwiają firmom członkowskim współpracę w celu zachęcenia uniwersytetów do rozwijania tych kompetencji oraz znalezienia sposobów na zastosowanie badań akademickich w przemyśle. Członkowie klastra doceniają korzyści płynące z dzielenia się wynikami badań, technologią i komponentami, co skraca czas prac badawczych, umożliwia wzajemne wykorzystanie specjalistycznych elementów konstrukcyjnych i przyspiesza wprowadzanie produktów na rynek.

W jaki sposób inne kraje mogą skorzystać z doświadczeń Finlandii?

Pilna potrzeba dekarbonizacji staje się coraz bardziej oczywista, co ma znaczący wpływ na strategie producentów maszyn i planowane inwestycje. Dekarbonizacja pojazdów, w tym ciężkich pojazdów nieporuszających się po drogach, nabiera szybkiego tempa. Mobilne maszyny robocze i ich środowisko pracy mogą przyczynić się do osiągnięcia celów neutralności węglowej, tworząc nową, niedostrzeganą jeszcze wartość dla firm i całych łańcuchów wartości.

Fińskie firmy i instytucje badawcze odgrywają wiodącą rolę w opracowywaniu technologii elektryfikacji i cyfryzacji w celu dekarbonizacji ciężkich maszyn mobilnych oferując wyjątkową możliwość współpracy dla globalnych partnerów, którzy chcą skorzystać z najnowszych osiągnięć technologicznych oraz specjalistycznej wiedzy.

Silna fińska tradycja dzielenia się wiedzą, doskonały system edukacji oraz rozbudowane klastry, takie jak SIX Mobile Work Machines, umożliwiają firmom z innych krajów rozwijanie swojego potencjału w zakresie badań, rozwoju i innowacji. Firmy takie jak Mitsubishi Logisnext zdecydowały się nawet przenieść swoje działania badawczo-rozwojowe do Finlandii, aby skorzystać z lokalnych kompetencji, specjalistycznej wiedzy i współpracy potrzebnej do skutecznych prac badawczo-rozwojowych i innowacyjnych.

Fińskie programy promujące dekarbonizację i elektryfikację, takie jak system cen emisji dwutlenku węgla, cele dotyczące energii odnawialnej i standardy efektywności energetycznej, stanowią inspirację dla innych krajów, które pragną przyspieszyć własne wysiłki na rzecz redukcji emisji.

Firmy, które odgrywają wiodącą rolę w procesie dekarbonizacji w swoich krajach, mają szansę zyskać przewagę konkurencyjną, tworząc innowacyjne i dochodowe szanse biznesowe.

Podsumowanie

Wyzwania dla Polski

Bieżący rok można określić jako dobry moment na początek przygotowań do szerszego wprowadzenia bezemisyjnych NRMM na polskim rynku. Stabilizacja cen prądu i jego rekordowa produkcja w 2022 r. wskazują, że nie grozi nam kryzys i wyłączenia, a inwestycje komunalne i przemysłowe napędzają popyt na maszyny, także te stosowane w pracach pomocniczych i porządkowych. Niezbędne kroki można podsumować w pięciu punktach:

- ↗ Środowiskiem pracy bateryjnych NRMM są miasta, toteż stworzenie korzystnych warunków dla używających je przedsiębiorstw jest zadaniem władz miejskich/samorządowych, z ew. finansowym wsparciem państwa.
- ↗ Wdrożenie rozwiązań elektrycznych musi być poprzedzone podwyższeniem wymagań emisyjnych wobec konwencjonalnych maszyn i urządzeń do poziomu obecnie obowiązujących norm.
- ↗ Proces transformacji energetycznej NRMM powinien opierać się o liczne programy pilotażowe przeprowadzonymi w różnych warunkach terenowych i pogodowych, w razie potrzeby ze wsparciem finansowym lokalnego samorządu np. w postaci pokrycia kosztów energii. W ten sposób będzie można ustalić rzeczywiste korzyści z zasilania bateryjnego.
- ↗ Stosowanie maszyn i urządzeń zeroemisyjnych musi być premiowane w przetargach, ale tylko jako jeden z elementów składających się na ocenę środowiskową usługi (inne to m.in. ogólna oszczędność energii oraz ograniczenie strat materiałów czy ilości odpadów).
- ↗ Ze względu na wysoką cenę i ograniczone możliwości urządzeń bateryjnych będą one znacznie częściej wynajmowane, niż kupowane. Należy stworzyć ułatwienia dla firm wynajmujących, by mogły pozyskać określony udział maszyn, urządzeń i bateryjnych stacji energetycznych oraz utrzymanie rat wynajmu na poziomie akceptowalnym dla klientów. Może to mieć formę dopłat bezpośrednich lub korzyści podatkowych, niższych stawek za energię lub tp.

Wydawca:
Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych
pspa.com.pl

Zespół redakcyjny:
Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych
Business Finland

Agregacja danych:
F5A New Mobility Research And Consulting

F5A New Mobility Research & Consulting

Projekt graficzny i skład:
Natalia Osadowska

SIX Sustainable Industry X | MOBILE WORK MACHINES

BUSINESS FINLAND

pspa We drive e-mobility!

Współpraca: F5A New Mobility Research & Consulting