
Raport

Opracowanie strategii dobrego planowania prac budowlanych w odniesieniu do zużycia paliwa i emisji CO₂.

EC Project sp. z o.o.
ul. Lublańska 34,
31-476 Kraków, Polska
Data wykonania: 2011-08-29

ul. Lublańska 34, 31-476 Kraków
tel. +48 12 627 77 10, fax +48 12 627 77 11
e-mail: office@ec-project.pl
WWW: <http://www.ec-project.pl>
REGON: 120250787
NIP: 9452059953
Kapitał zakładowy: 78 000 zł

Zarejestrowany przez Sąd Rejonowy
dla Krakowa - Śródmieście w Krakowie
XI Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego
KRS: 0000259739
KONTO : PEKAO S.A. O/ Kraków
97 1240 4722 1111 0000 4858 1837

Spis treści

Wprowadzenie	3
Cel opracowania raportu.....	4
Sytuacja obecna	5
Promowanie działalności edukacyjnej	7
Czynniki mające wpływ na emisję CO ₂	8
Badania	13
Wnioski i zalecenia	19
Zastosowanie metod redukcji zużycia paliwa i emisji CO ₂	20
Rekomendacje dla użytkowników	30
Załącznik	32

Wprowadzenie

Spośród emitowanych do powietrza gazów cieplarnianych szczególnie szkodliwa jest emisja dwutlenku węgla (CO₂). Stosownie do danych IAE z 2009 r. Polska wyemitowała 304,7 mln ton CO₂ w 2007 r. Najbardziej emisyjny okazał się sektor energetyki węglowej, który odpowiedzialny był za wyemitowanie 212,4 mln ton CO₂, spalanie ropy naftowej głównie w transporcie przyczyniło się do emisji 62,7 mln ton CO₂, zaś gazu ziemnego 27,1 mln ton CO₂. Wyprodukowanie jednej kWh w Polsce uzyskaną przy emisji 668 gramów CO₂, co klasyfikuje nasz kraj na jednym z ostatnich miejsc spośród krajów OECD. Przykładowo we Francji wyprodukowanie jednej kWh uzyskuje się przy emisji 90 gramów CO₂, w Szwecji 40 gramów CO₂, z kolei w Norwegii 7 gramów CO₂. Sąsiadujący z nami Niemcy produkują 1 kWh uzyskują przy emisji 427 gramów CO₂. Wysoki współczynnik emisyjności wynika ze struktury surowców wykorzystywanych w Polsce do produkcji energii elektrycznej, którą uzyskujemy głównie w wyniku spalania węgla charakteryzującego się wysokim wskaźnikiem karbonizacji. Współczynnik ten ulega niestety zwiększeniu po uwzględnieniu strategii i praktyk stosowanych przez przedsiębiorstwa produkcyjne, jak również brak dostatecznej edukacji społecznej pod kątem wpływu zwykłych czynności przyczyniających się zwiększeniu emisji CO₂. Emisyjność polskiej gospodarki wraz z rozszerzającym się systemem EU ETS jednoznacznie wskazują, że zachowanie konkurencyjności polskiej gospodarki wymagać będzie większego wysiłku inwestycyjnego nakierowanego na rozwój niskoemisyjnych form pozyskiwania energii. Panaceum na wyzwania związane ze skutkami emisyjności gazów cieplarnianych w odniesieniu do kosztów energii, stanowić może rozwój OZE.

Cel opracowania raportu

Celem raportu jest opracowanie strategii dobrego planowania prac budowlanych

w odniesieniu do zużycia paliwa i emisji CO₂. W wyniku przeprowadzonych przez zespół obserwacji oraz analiz sytuacyjnych wybranych etapów budowy węzła komunikacji drogowej, przygotowane zostaną zalecenia, dotyczące praktyk racjonalnego wykorzystywania zasobów oraz związaną z tym emisją dwutlenku węgla do środowiska.

Sytuacja obecna

W ostatnich latach odnotowano wzrost dynamiki zjawisk atmosferycznych na świecie, może to wskazywać na pojawienie się pierwszych oznak zmian klimatycznych. Według prognoz opublikowanych w roku 2000 w III raporcie oceniającym (*Third Assessment Report, The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2000*) sugerowano, że zmiany klimatu mogą spowodować w roku 2100 wzrost temperatury od 1 do 5°C, przyczyniając się do wzrostu poziomu mórz o ok. 90cm. Zmiany takie mogą być przyczyną istotnego wzrostu takich zjawisk klimatycznych, jak susze, powodzie, okresowe oziębienia oraz silne sztormy. Analizy przeprowadzone przez IPCC wskazują, że jeśli dotychczasowe tendencje nie zostaną powstrzymane, to przewidywane zmiany klimatu mogą nastąpić w takim tempie, że środowisko przyrodnicze, społeczeństwo i gospodarka nie będą w stanie zaadaptować się do nowych warunków klimatycznych, bez ponoszenia dodatkowych kosztów. Podniesienie międzynarodowej świadomości w zakresie zjawiska globalnego ocieplenia zaowocowało ważnymi inicjatywami zapobiegania zmianom klimatycznym poprzez próby ograniczenia emisji dwutlenku węgla na poziomie międzynarodowym, takie jak Ramowa Konwencja ONZ w sprawie zmian klimatycznych (*The United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*) i Protokół z Kioto.

Istotnym czynnikiem przemawiającym za wdrażaniem programów ograniczających emisję substancji negatywnie wpływających na środowisko naturalne oraz zmiany klimatyczne, są wyniki analiz oraz ocen wdrażania przedsięwzięć na rzecz łagodzenia zmian klimatu w krajach Unii Europejskiej. Dowodzą one, że wdrażanie tego typu programów nie musi oznaczać spadku tempa wzrostu ekonomicznego, ani też dobrobytu społecznego, ale w dłuższej perspektywie może pozytywnie oddziaływać na wzrost gospodarczy.

Wymaga to jednak pilnego opracowania oraz wprowadzenia strategii dostosowawczych w gospodarce oraz świadomego kształtowania wzorców produkcyjnych i konsumpcyjnych. Efektem wprowadzenia świadomej strategii planowania wykorzystania zasobów naturalnych oraz ich przetwórczego wykorzystania jest zmniejszenie oddziaływania pomiędzy tempem wzrostu gospodarczego, a wielkością towarzyszących mu emisji gazów cieplarnianych.

Wstępne doświadczenia krajów UE wskazują, że polityka i działania na rzecz łagodzenia zmian klimatu stanowią potężną siłę wymuszającą innowacje technologiczne i ogólną poprawę efektywności gospodarczej, w tym szczególnie efektywne gospodarowanie paliwami i energią.

Planowanie strategiczne ma na celu rozważenie wariantów działań (opcji strategicznych) dotyczących eksploatacji maszyn budowlanych oraz organizacji prac, skierowanych na zmniejszenie emisji CO₂ do środowiska. Głównym aspektem proponowanej strategii jest intensyfikacja działań podejmowanych przez podmioty, mających na celu uświadomienie problemów związanych z nadmierną emisją CO₂. Zalecenia ujęte w planie strategii planowania emisji obejmują propozycję technik oraz projekt dobrych praktyk zmierzających do stopniowego ograniczenia / zmniejszania emisji CO₂ do środowiska naturalnego.

Źródłami nadmiernej emisji CO₂ są nie tylko praktyki bezpośrednie, związane ze spalaniem paliw kopalnianych, ale również nawyki operatorów, sposób organizacji pracy, metody przeprowadzania remontów maszyn budowlanych jak również strategie logistyczne związane z realizacją komplementarnego zarządzania placem budowy.

Promowanie działalności edukacyjnej

Istotnym czynnikiem poprawy polityki emisji gazów cieplarnianych jest więc działalność edukacyjna nastawiona na zwiększenie świadomości społecznej. Działalność w tym zakresie stanowi jeden z podstawowych warunków powodzenia realizacji polityki klimatycznej. Z tego względu, wg. przyjętego przez Radę Ministrów w roku 2003 dokumentu: „*Polityka klimatyczna Polski, Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020*”, należy ją rozszerzyć i zintensyfikować między innymi poprzez:

1. Promowanie dobrych doświadczeń z zakresu oszczędności energii, promocji odnawialnych źródeł energii, podnoszenia świadomości w zakresie racjonalnego wykorzystania energii;
2. Zwiększanie skuteczności przedsięwzięć z zakresu edukacji ekologicznej podejmowanych w ramach realizacji zasad ekorozwoju;
3. Podnoszenie świadomości Polaków o korzyściach, jakie mogą zostać osiągnięte dzięki działaniom na rzecz zmniejszania emisji gazów cieplarnianych, zagrożeniach łączących się z brakiem takich działań i potencjalnymi konsekwencjami zmian klimatu.

Czynniki mające wpływ na emisję CO₂

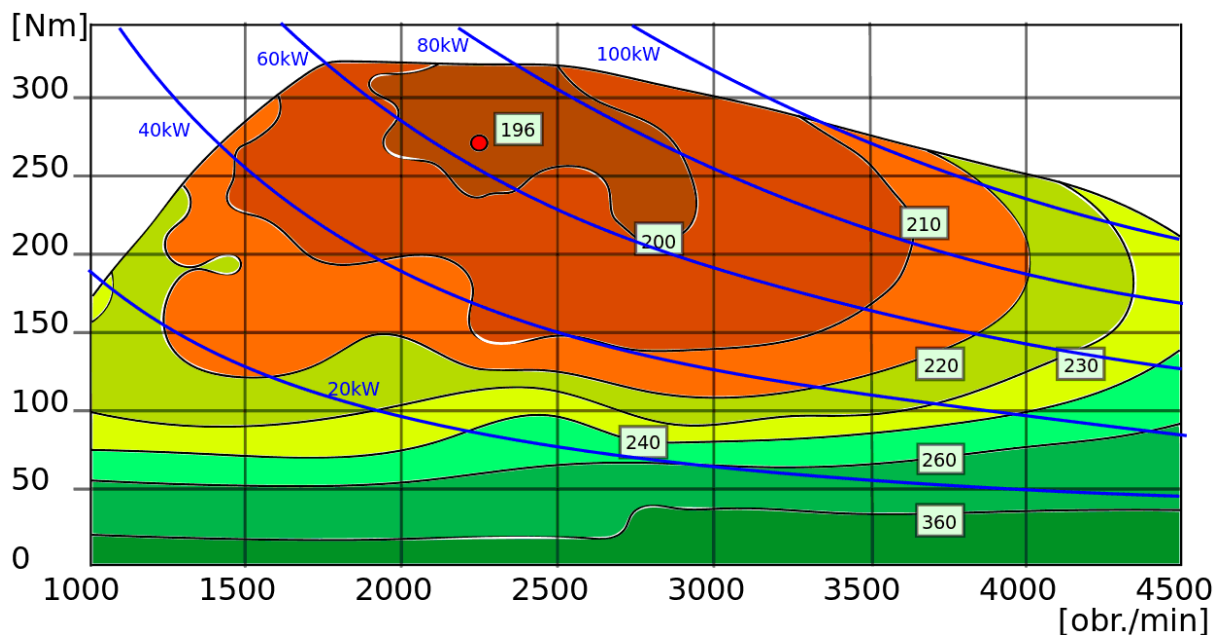
Istotnymi czynnikami wpływającym na wykorzystanie surowców oraz nadmierną emisję CO₂ do środowiska są aspekty związane z szeregiem operacji oraz praktyk stosowanych już na etapie planowania działań budowlanych. Znaczący wpływ ma tu planowanie strategii logistycznych pozwalających, w znaczny sposób, na ograniczenie ilości zużywanych zasobów paliwowych, a co za tym idzie zmniejszenia emisji gazów do środowiska. Prowadzone są badania oraz prace mające na celu opracowywanie programów strategicznego planowania logistyki przedsiębiorstw produkcyjnych oraz transportowych, skierowane na optymalne rozmieszczenie baz materiałowych oraz doboru (wielkości / mocy) maszyn transportowych pozwalających na uzyskiwanie maksymalnej wydajności. Wolno dokonują się jednak efektywne ekonomicznie przekształcenia transportu. W szczególności dotyczy to szeroko pojętej poprawy organizacji przewozów osób i towarów oraz związanych z tym przedsięwzięć infrastrukturalnych. Składa się na to splot różnych przyczyn, np. brak możliwości koncentracji kapitału dla realizacji dużych przedsięwzięć infrastrukturalnych, niewystarczająca stopa zwrotu (w porównaniu z innymi inwestycjami) oraz zbyt duże ryzyko ekonomiczne i polityczne tych inwestycji. W przypadku szeroko pojętych przedsięwzięć organizacyjnych istotną rolę odgrywa przenoszenie, czasem nienajlepszych, wzorców z krajów rozwiniętych (np. proporcje między indywidualnym i zbiorowym transportem osób oraz towarów). Nie mniej istnieją nisko kapitałochłonne przedsięwzięcia (np. rozwój telematyki, poprawa organizacji spedycji), których barierą rozwojową wydaje się być przede wszystkim brak wystarczającej informacji i odpowiednich programów badawczych.

Zastosowanie odpowiednich planów strategii logistycznych uwzględniających emisję szkodliwych substancji do środowiska pozwoli na znaczne ograniczenie

ich wydalania. Szacuje się, że potencjał redukcyjny związany z wdrożeniem szeroko pojętych przedsięwzięć organizacyjnych w transporcie jest kilkakrotnie większy od sumarycznego potencjału opcji techniczno-paliwowych i sięga około 40% obecnej emisji z transportu.

Duży nacisk powinien być położony na użytkowanie sprzętu budowlanego, co stanowi główną przyczynę emisji CO₂ do atmosfery – podczas prac budowlanych. Uświadomienie użytkowników sprzętu stanowi priorytet w doraźnych działaniach służących ograniczeniu spalania paliw ciekłych, co służy zmniejszeniu produkcji toksycznych spalin jak i powoduje oszczędności ekonomiczne.

Na Rysunku 1 przedstawiono wykres zależności spalanej ilości paliwa od prędkości obrotowej i obciążenia.



Rys. 1 Przykładowa charakterystyka uniwersalna silnika tłokowego. Liczbami w jasnych ramkach opisano linie stałego jednostkowego zużycia paliwa w g/kWh.

Rozważmy zatem wydajność tak spalane go paliwa (w tym przypadku oleju napędowego, z którego korzysta większość pojazdów na placu budowy).

W najlepszym punkcie pracy maszyna zużywa 196g oleju napędowego/kWh, czyli 0,0544kg/MJ. Uznajemy, że wartość opałowa oleju napędowego to 42MJ/kg. Sprawność to stosunek tego co otrzymaliśmy (1MJ) do tego co włożyliśmy ($0,0544\text{kg} \cdot 42\text{MJ/kg} = 2,28\text{MJ}$), czyli $1/2,28 \cdot 100\% = 43,9\%$.

Emisja CO₂ zależy od ilości i rodzaju zużytego paliwa. Spalenie 1l benzyny to 2,3kg CO₂, 1l oleju napędowego – 2,7kg CO₂¹. Łatwym zatem do policzenia jest, że jeśli pojazd emituje 100g CO₂/km to jego zużycie paliwa wynosi ok. 4,3l benzyny na 100km lub 3,7l oleju napędowego na 100km. Co może być przydatne przy wybieraniu odpowiedniej maszyny przy zakupie, mając na uwadze zarówno spalanie paliwa, jak i emisje CO₂ do atmosfery.

Z wykresu możemy odczytać również, że przy stosowaniu nieodpowiedniej prędkości obrotowej silnika możemy zwiększyć spalanie nawet o 30% w stosunku do najbardziej wydajnej pracy. Co za tym idzie, po przeliczeniu spalanej paliwa otrzymujemy ilość emitowanego CO₂, które jest zależne proporcjonalnie - większą również o 30%. Widzimy zatem jak bardzo polityka pracy maszyn budowlanych i świadomość użytkownika takich maszyn tylko kiedy trzeba jest priorytetem w ograniczaniu emisji toksycznych substancji do atmosfery i oszczędzania pieniędzy, jak również może być wprowadzona w bardzo szybko oraz nie wymaga dużego wkładu finansowego.

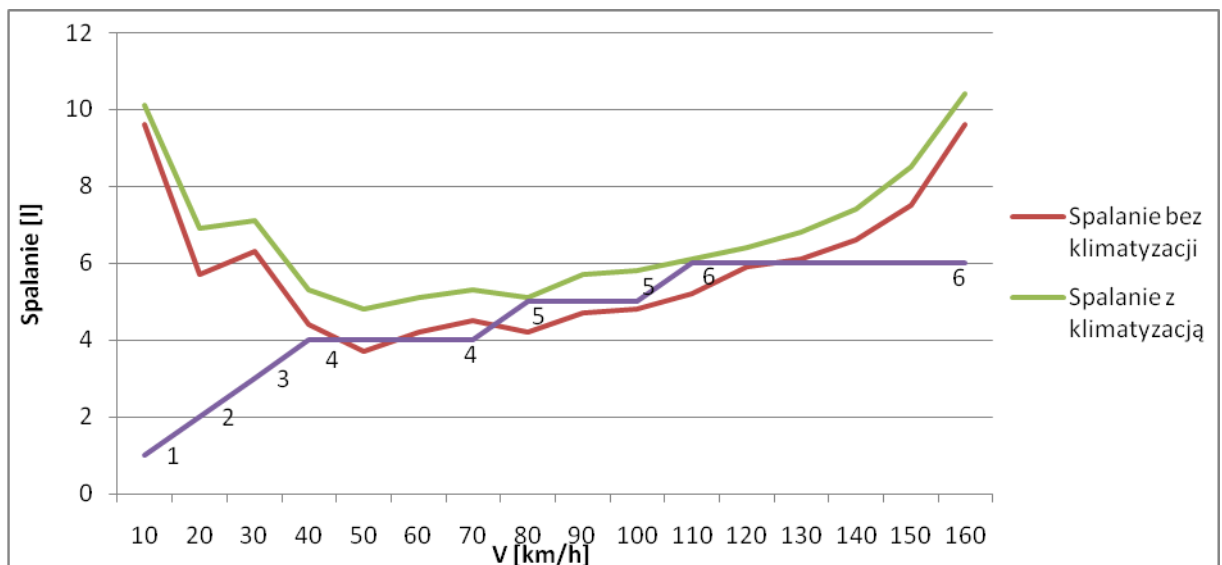
Każde działanie mające na celu ograniczenie zużycia paliwa, przez co zmniejszenie ilości emitowanego CO₂, jest pożądane i sprzyja polityce finansowej firmy. W mniejszym stopniu możemy również przeciwdziałać nierozsądnej ilości zużywanego paliwa poprzez zabiegi takie jak:

- okresowe przeglądy maszyn budowlanych mające na celu poprawienie i zoptymalizowanie parametrów maszyny (ciśnienie w kołach, bieżniki opon [por. Rys 3], płyny użytkowane w pojeździe, filtry powietrza),

¹ <http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition>

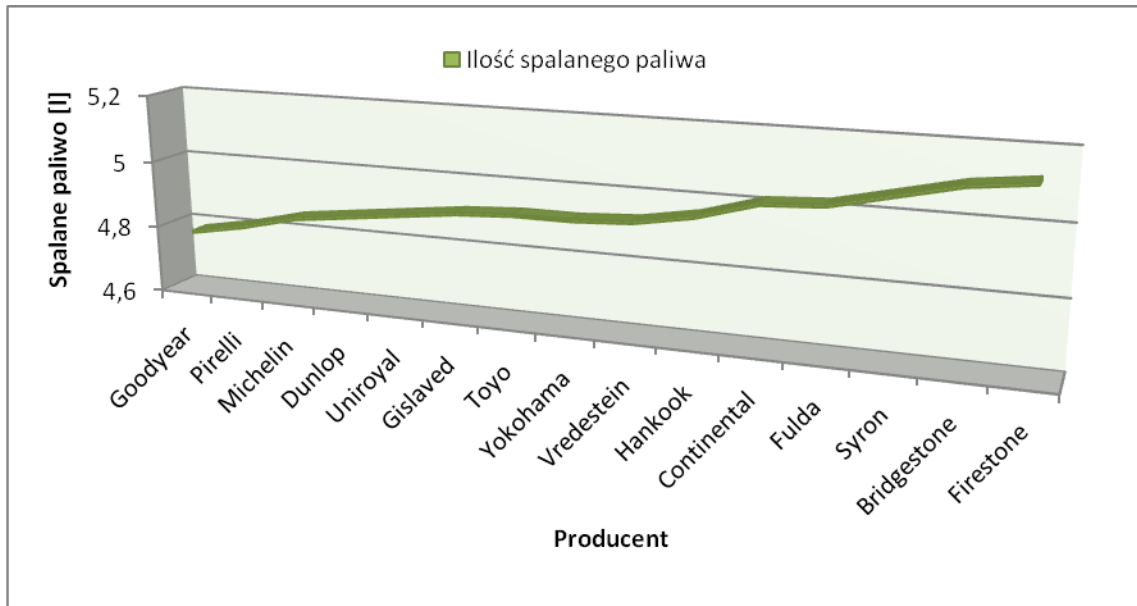
- ograniczenie do minimum bądź wyeliminowanie zbędnego balastu przewożonego w maszynach, które są użytkowane na długich dystansach (dowożenie materiałów budowlanych na plac budowy),
- pozbycie się niepotrzebnych sprzętów czerpiących energię, np. lodówka, bądź użytkowanie klimatyzacji tylko w czasie kiedy jest niezbędna (por. Rys 2),
- użytkowanie pojazdu w sposób właściwy (zapobiega to niewydajne spalanie paliwa opisane wyżej), płynna jazda kierowcy, ograniczenie pracy pojazdu na biegu jałowym

Poniżej przedstawiony został wykres, mający na celu ukazanie jak wzrasta zużycie paliwa, w czasie gdy klimatyzacja jest włączona.



Rys 2 Spalanie w czasie rzeczywistym

Przy zastosowaniu opon produkowanych przez różnych producentów możemy osiągnąć oszczędność nawet do 0,34 l/100km co stanowi 3%. Przy zwiększeniu tej liczby, gdy plac budowy jest w niedostępnej lub oddalonej lokalizacji, bądź składy materiałów budowlanych znajdują się w znacznej odległości, otrzymujemy realnie dużą oszczędność i zmniejszenie emisji CO₂.



Rys 3 Ilość spalanego paliwa (100km) przy zastosowaniu ogumienia różnych producentów

Badania

Badania miały na celu zaobserwowanie praktyk wykorzystania sprzętu ciężkiego na placu budowy węzła komunikacyjnego „Rondo Płaszowska-Wimmera-Grabska”, w miejscowości Niepołomice w kontekście zużycia paliwa i emisji CO₂ do środowiska.

Badania przeprowadzono w przeciągu 3 tygodni trwania prac budowlanych węzła komunikacyjnego. Obserwacjom poddano praktyki stosowane przez operatorów maszyn budowlanych w kontekście eksploatacji i efektywności energetycznej wykorzystania sprzętu ciężkiego oraz surowców budowlanych i strategii logistycznych prowadzonych prac budowlanych.

Ocenie poddano następujące aspekty realizacji oraz obsługi prac budowlanych:

- Rozmieszczenie maszyn budowlanych. Determinujące ich właściwe wykorzystanie oraz ilość paliwa zużywanego w celu przemieszczenia maszyn w miejsce ich przeznaczenia. Ma to znaczenie głównie na niewielkich budowach, gdzie aspekty ekonomiczne zmuszają do ograniczenia liczby wykorzystywanych maszyn budowlanych.
- Sposób przeprowadzania zadań serwisowania maszyn. Praktyki oraz przyzwyczajenia stosowane w trakcie przeprowadzania szybkich przeglądów serwisowych lub prostych napraw, w trakcie których, nie zawsze przestrzegane jest wyłączenie silnika pojazdu na czas trwania w/w czynności. Powoduje to nie tylko nadmierną emisję gazów, ale również zwiększa zagrożenia zdrowia i życia na placu budowy.
- Rozwiązania optymalizacji przemieszczenia się maszyn budowlanych. Zadania optymalizacji relokacji maszyn oraz ich wzajemnej kooperacji w celu zachowania produktywności przy jednoczesnym zmniejszeniu

zużycia paliwa, co za tym idzie redukcji emisji CO₂. Strategiczne kolejowanie maszyn wykorzystywanych do przemieszczania surowców budowlanych.

- Strategia doboru wielkości maszyn budowlanych w zależności od charakteru wykonywanych zadań budowlanych. Dotyczy głównie prawidłowego doboru maszyn wielkości oraz mocy maszyn budowlanych do charakteru przeprowadzanych prac. Często występuje, uzasadniona ekonomicznie oraz logistycznie potrzeba wykorzystania maszyn w zależności od odległości oraz ilości przemieszczanych zasobów.
- Optymalizacja wielkości wykorzystywanych maszyn budowlanych w zależności od ukształtowania terenu oraz dostępności obszarów operacyjnych. Określa prawidłowy dobór wielkości maszyn w zależności od ukształtowania terenu oraz wymaganego zasięgu ich obszaru roboczego. Przeprowadzenie prawidłowego doboru często przyczynia się do ograniczenia ilości wykorzystywanych maszyn budowlanych. Ma to szczególne znaczenie przy prowadzeniu szeroko rozumianych prac ziemnych z wykorzystaniem koparek, spycharek, walców itp.
- Sposób przeprowadzania załadunku / rozładunku materiałów budowlanych. Charakteryzuje sposób przeprowadzania załadunku / rozładunku między innymi materiałów sypkich, ze szczególnym naciskiem na wykorzystywane w tym celu ładowniki oraz pojazdy transportowe.
- Nawyki oraz praktyki dotyczące obsługi maszyn budowlanych. Nawyki wyłączania silników maszyn w trakcie realizacji poszczególnych zadań. Dotyczy głównie wyłączania silników:
 - pojazdów transportowych w trakcie ich załadunku / rozładunku,
 - maszyn w trakcie chwilowych przerw w pracy,
 - pojazdów i maszyn w trakcie przeprowadzania przeglądów serwisowych;

- pojazdów i maszyn w trakcie usuwania przeszkód;
- pojazdów i maszyn w trakcie przeprowadzania prac pomiarowych oraz konserwacyjnych.



ot 1 Rozmieszczenie maszyn budowlanych pozwalające na ich szybkie wykorzystanie – pozostawiane na czas przerw w pracy z wyłączonym silnikiem.



Fot 2 Usuwanie usterek maszyn lub usuwanie przeszkód odbywa się przy wyłączonym silniku pojazdu.



Fot 3 Naprawy maszyn budowlanych przeprowadzana przy wyłączonych silnikach spalinowych.



Fot 4 Optymalizacja wielkości oraz rozlokowania maszyn budowlanych w zależności od charakteru prowadzonych prac.



Fot 5 Optymalizacja wielkości wykorzystywanych maszyn budowlanych w zależności od ukształtowania terenu oraz dostępności obszarów operacyjnych.



Fot 6 Załadunek pojazdu przeprowadzany przy wyłączonym silniku.

Wnioski i zalecenia

Wnioski, obserwacje największych strat energii i zwiększonej emisji CO₂.

Czynnikami pozwalającymi na zwiększenie stopnia redukcji emisji gazów cieplarnianych do środowiska, są:

- W miarę możliwości - zastosowanie taboru, pod kątem wykorzystania sprzętu charakteryzującego się mniejszymi współczynnikami emisji CO₂ oraz mniejszym zużyciem paliwa;
- Modernizacja wykorzystywanego sprzętu budowlanego, pod kątem substytucji paliw kopalnianych biopaliwami;
- Wprowadzanie praktyk dobrego planowania zaopatrzenia i wykorzystywania zasobów;
- Wprowadzanie dobrego planowania magazynowania materiałów (zarówno sypkich jak i innych) w celu zminimalizowania konieczności ich relokacji na terenie budowy;
- Wprowadzenie korekcji planów strategii logistycznych, mających na celu przeprowadzenie optymalizacji ścieżek transportowych zarówno w skali makro (transport międzynarodowy/krajowy), jak również w skali mikro, dotyczący logistyki prowadzenia prac na placu budowy;
- Prowadzenie szkoleń uświadamiających dla operatorów maszyn budowlanych, mających na celu zwiększenie odpowiedzialnej, ekonomicznej oraz ekologicznej, obsługi urządzeń;
- Okresowe przeprowadzanie badań stanu technicznego pojazdów, przy zwiększonym nacisku na emisyjność gazów cieplarnianych, przeprowadzane dla różnych stanów obciążenia maszyny;
- Dobór wielkości wykorzystywanych maszyn, urządzeń i pojazdów w celu ich optymalnego wykorzystania;

Zastosowanie metod redukcji zużycia paliwa i emisji CO₂

Porównanie wyników przed i po zastosowaniu metod poprawiających wykorzystanie energii pochodzącej ze spalania paliwa (zmniejszenie zużycia paliwa oraz emisji CO₂)

1. Zmniejszenie ilości paliwa zużywanej do transportu materiałów – wynikająca z zastosowania dobrego planowania logistycznego placu budowy oraz transportu materiałów.

Średnie zużycie paliwa (l/100km). Dane producenta ²

Volvo FH 12 420	-	36, 67 l/100km
Mercedes 400	-	37 l/100km
Daf 480 95 XF	-	37, 76 l/100km
MAN 2000 460	-	38 l/100km
Scania P124 420	-	38, 10 l/100km

Przypomnijmy: spalenie 1l benzyny to 2,3kg CO₂, 1l oleju napędowego – 2,7kg CO₂³.

Przeciętne spalanie wynosi zatem 37,5 l/100 km. Stosując **dobrą logistykę** w transporcie materiałów na plac budowy (przede wszystkim międzynarodowy ale i krajowy) możemy ograniczyć liczbę przejechanych kilometrów, przez co spalonego paliwa i wyemitowanych spalin, np.:

² www.etransport.pl

³ <http://timeforchange.org/what-is-a-carbon-footprint-definition>

- Łącząc trasy odbioru różnych materiałów (jeśli jest to możliwe) wysyłamy pojazd tylko raz, przez co zmniejszamy liczbę przejechanych kilometrów:

- Zoptymalizować długości tras na placu budowy,

- Postój pojazdów dostawczych w pobliżu miejsc załadunku na placu budowy,

- Dobra lokalizacja materiałów budowlanych w celu uniknięcia potrzeby ich relokacji

Dla każdego 100 km zaoszczędzonych podczas transportu samochodami ciężarowymi oszczędzamy średnio ok. 37,5 l paliwa oraz emitujemy 101,3 kg (dla emisji 2,7 kg CO₂/l ON) CO₂ mniej

2. Używanie biegu jałowego podczas postoju. (niewyłączanie silnika)
Spalanie paliwa na biegu jałowym dla pojazdów transportowych i budowlanych waha się w granicach 0,8 l przy rozgrzanym silniku (w sezonie letnim) do 6 l przy włączaniu zimnego silnika (w sezonie zimowym). Jako, że prace budowlane zwykle nie odbywają się w sezonie zimowym zakładamy wartość średnią spalania 2 l/h pracy na biegu jałowym.

Stosując zasadę **wyłączania silnika** podczas postoju w pracy wszystkich maszyn na placu budowy, załadunku lub rozładunku pojazdów transportowych, prowadzonych napraw, konsultacji technicznych, prac wyłączających daną maszynę z pracy jesteśmy w stanie znacznie ograniczyć zużycie paliwa.

Czas w którym pojazd używa biegu jałowego⁴:

- Pojazd transportowy (z załadunkiem i rozładunkiem),

⁴ Obserwacja w czasie badań.

16 % z 8h (dziennie) $\rightarrow 0,16 \times 8h = 1,28h \rightarrow 1,28h \times 2l/h = \mathbf{2,56l (6,912 \text{ kg CO}_2)}$

– Maszyna budowlana

3% z 8h (dziennie) $\rightarrow 0,03 \times 8h = 0,24h \rightarrow 0,24h \times 2l/h = \mathbf{0,48l (1,296 \text{ kg CO}_2)}$

3. Niewłaściwy dobór wielkości używanych maszyn, urządzeń i pojazdów do wykonywanej pracy, taki jak (obliczenia na podstawie mocy i obrotów silnika⁵):

– Użycie gabarytowo i parametrycznie zbyt małej maszyny w stosunku do wykonywanej pracy,

Przykład: ładowanie 1000 m³ kruszywa ładowarką, zakładając zużycie paliwa na poziomie ok. 6l/mth

o objętości łyżki 0,8 m³ – czas pracy (przy założeniu maksymalnego wykorzystania objętości łyżki ładowarki oraz średnio 20s na cykl ładowania – 1250 cykli pracy – około 7 h

Zużycie paliwa na przeładunek 1000 m³ kruszywa = ok. 42l

o objętości łyżki 3,5 m³ – czas pracy (przy założeniu maksymalnego wykorzystania objętości łyżki ładowarki oraz średnio 20s na cykl ładowania – 290 cykli pracy – około 1,6 h

zakładając zwiększone zużycie paliwa 8l/mth

Zużycie paliwa na przeładunek 1000 m³ kruszywa = ok. 13l

⁵ Piotr Zając, Leon Maria Kołodziejczyk, 'Silniki spalinowe', ISBN 83-02-07987-1

Z powyższego przykładu widać że dobry dobór sprzętu pozwala na zaoszczędzenie 20,8l paliwa oraz 56,2 kg CO₂ na przeładunku 1000 m³ kruszywa

4. Niewłaściwe dobieranie obrotów silnika. Przypominając, przy stosowaniu nieodpowiedniej prędkości obrotowej silnika możemy zwiększyć spalanie nawet o **30%** w stosunku do najbardziej wydajnej pracy. Zagadnienie opisane wyczerpująco we wprowadzeniu.

Na Rysunku 1 przedstawiono przykładową charakterystykę uniwersalną silnika tłokowego. Niżej zostanie opisany przykładowe porównanie pracy silnika w dwóch różnych trybach.

Założmy, iż zapotrzebowanie na moc przez maszynę roboczą jest stałe w całym cyklu pracy i wynosi 60 kW, co stanowi niecałe 60% możliwości wzmiarkowanego silnika. Pokazane zostanie teraz - jak rozważany silnik oddaje moc i co wynika z jego pracy w poszczególnych punktach wykresu.

Minimalną prędkością obrotową, przy jakiej silnik spełnia wymagania jest ok. 1700 obr/min. Powyżej tej prędkości obrotowej silnik może zostać obciążony powyżej 60 kW, co reprezentuje się w postaci przecięcia się niebieskiej linii stałej mocy równej 60 kW z linią maksymalnego momentu dla tej prędkości obrotowej, w tym wypadku wynoszącej ok 320 Nm. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej przy stałym obciążeniu można zaobserwować dwa zjawiska. Po pierwsze maleje wartość momentu obrotowego generowanego przez silnik, a po drugie, powyżej prędkości obrotowej 3000 obr/min znacząco wzrasta jednostkowe zużycie paliwa. Oznacza to, iż do wykonania przez silnik takiej samej pracy wymagane jest dostarczenie większej ilości energii, ponieważ sprawność silnika maleje z kilku względów. Po pierwsze rosną straty mechaniczne ze względu na większe prędkości względne części ruchomych silnika, po drugie rosną również straty przepływów wszystkich czynników

wewnątrz silnika. W związku z tym, że opory te rosną z drugą potęgą prędkości przepływu jasnym jest, że zwiększenie prędkości obrotowej dwukrotnie zwiększy straty spowodowane tymi przepływami czterokrotnie. W końcowym efekcie obserwuje się spadek momentu obrotowego oraz ekonomiczności silnika wraz ze wzrostem jego prędkości obrotowej przy oddawaniu stałej mocy.

Analizując charakterystykę z Rys. 1 można zauważyć, iż praca silnika z obciążeniem 60 kW w zależności od prędkości obrotowej może być mniej lub bardziej ekonomiczna. Przy prędkości obrotowej 2200 obr/min jednostkowe zużycie paliwa kształtuje się poniżej 200 g/kWh. Wraz ze zwiększaniem prędkości obrotowej można zauważyć, że jednostkowe zużycie paliwa rośnie osiągając ponad 240 g/kWh przy prędkości obrotowej 4500 obr/min. Porównując powyższe dane, można oszacować, że praca silnika przy prędkości 4500 obr/min jest energetycznie o ok. 20% droższa niż pracującego przy prędkości najwyższej sprawności ogólnej.

W świetle powyższego zalecane jest tak dobierać zespoły silnik – maszyna robocza, zwłaszcza te, które pracują w warunkach stacjonarnych, czyli przy stałej prędkości obrotowej, np. równiarki, ubijarki do kostki, agregaty prądotwórcze.

5. Potrzeba modernizacji wykorzystywanego sprzętu budowlanego, pod kątem substytucji paliw kopalnych - biopaliwami.

Biopaliwa stają się konkurencyjną formą zastępczą dla paliw kopalnych (szczególnie ropy naftowej), wspieraną przez władze lokalne i międzynarodowe: „Komisja Europejska do 2020 r. proponuje ograniczyć o 20% emisję gazów cieplarnianych zwiększając do **15% udział energii**

odnawialnej i biopaliw.⁶ Prognozy rozwoju rynku biopaliw w Polsce pokazane są na Rysunku 4.

Rozwój ekologiczny jak i ekonomiczny wiąże się z zamianą paliw tradycyjnych na biopaliwa. Z innej strony biopaliwo jest aż o **48%** bardziej ekologiczne niż olej napędowy, ponieważ z jednego litra biopaliwa emitujemy **1,391 kg CO₂**⁷, gdzie z jednego litra oleju napędowego uzyskujemy aż **2,7 kg CO₂**. Kolejnymi zaletami biopaliwa są jego właściwości. Dodatek nawet 1 % BIO100 (jeden z rodzajów biopaliwa produkowanego z rzepaku) do oleju napędowego podnosi jego własności smarne. Wyższa zawartość tlenu w stosunku do ON zapewnia lepsze spalanie, a wysoka liczba cetanowa poprawia osiągi silnika.

Liczba cetanowa Oleju Napędowego tankowanego na stacja benzynowych to średnio 51-52, a liczba cetanowa biopaliwa np. BIO100 to średnio 53-54. Obie wartości liczb cetanowych są uwarunkowane normami oraz nie mogą być niższe niż 51. Norma PN-EN 14214 dla BIO100 oraz EN-590 dla ON.

Jeżeli rozważymy dla obu paliw niższą wartość średnią to biopaliwo jest o **4%** wydajniejsze niż powszechnie stosowany olej napędowy.

	Olej Napędowy	Biopaliwo
Spalanie	1 l	0,96 l
Emisja CO ₂	2,7 kg	1,34 kg
Zakładając spalanie 20l/100 km		
Spalanie/100 km	20 l	19,2 l
Emisja CO ₂ /100 km	54 kg	25,73 kg

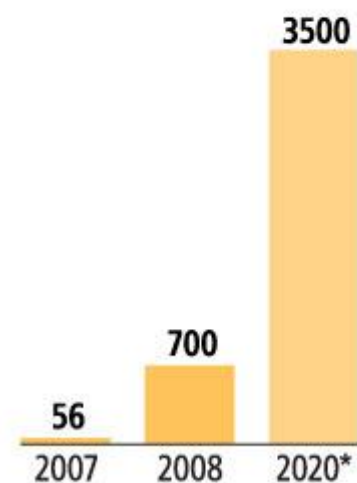
⁶ www.biopaliwa.org

⁷ www.e-biopaliwa.pl, Dyrektywa 2009/28/EC, Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 27.12.2007 r. w sprawie wartości opałowej.

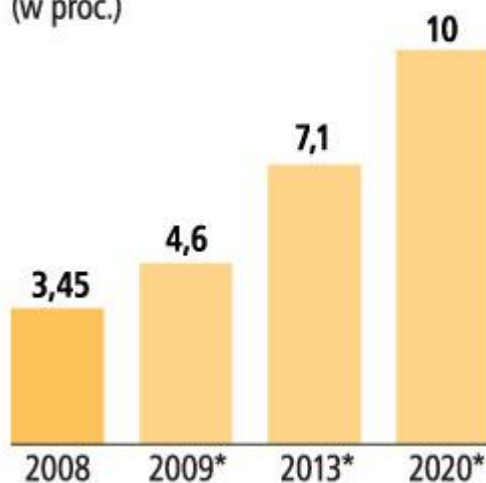
Jak wynika z powyższej tabeli - używając ekologicznego paliwa jesteśmy w stanie zaoszczędzić nie tylko ilość spalanej paliwa (więcej oszczędności i więcej pracy silnika), ale również ograniczyć emisje CO₂ o ponad połowę.

BIOPALIWA NA POLSKIM RYNKU

Zużycie biopaliw płynnych w Polsce (w tys. ton)



Udział biokomponentów w rynku paliw według wartości opałowej (w proc.)



Źródło: KIB, MRiRW, wyliczenia własne *prognoza

MC

Rys 4 Prognoza zużycia biopaliw w Polsce

6. Zamiana starego sprzętu na nowy.

Porównanie jednostek silnikowych nowej i starej generacji o podobnej mocy.

	Silniki diesla (starszej generacji)	Silnik diesla (nowe konstrukcje)	Efekt wprowadzenia innowacji
1	Wolnossące	Turbodoładowane	Zwiększenie sprawności obiegu na skutek odzyskania w turbosprężarce części energii traconej wraz ze spalinami -> zmniejszenie zużycia paliwa Oszczędność do 8 % .
	Spalanie [g/kWh] ⁸		
	295 g/kWh	270 g/kWh	
	Emisja CO ₂ [g/kWh]		
	959,6	878,3	
2	Z komorą wstępną lub wirową	Wtrysk bezpośredni	Zlikwidowanie strat przepływu ładunku poprzez kanał w głowicy -> zmniejszenie zużycia paliwa. Oszczędność do 17,6 % .
	Spalanie [g/kWh] ⁹		
	255	210	
	Emisja CO ₂ [g/kWh]		
	829,5	683,1	
3	Układy wtryskowe starszych generacji	Nowoczesne układy wtryskowe (pompowtryskiwacze lub układ Common Rail)	Niewielki rozrzut wielkości dawki na biegu jałowym, precyzyjne dozowanie paliwa zarówno w funkcji obrotu wału korbowego jak i w funkcji obciążenia, możliwość podziału zasadniczej dawki paliwa aż do 8 mniejszych na cykl w zależności od zapotrzebowania -> zmniejszenie zużycia paliwa, poprawa elastyczności silnika, zmniejszenie hałasu emitowanego przez silnik oraz ogromne zmniejszenie emisji toksycznych składników spalin. Oszczędność do 17,6 % .
	Spalanie [g/kWh] ¹⁰		
	255	255	
	Emisja CO ₂ [g/kWh]		
	829,5	829,5	
4	Bez układu EGR	Zastosowanie układu EGR	Dzięki zastosowaniu balastu termodynamicznego w postaci domieszki spalin, które są zawracane do cylindrów, temperatura końca spalania została wyraźnie obniżona co z kolei pociągnęło
	Spalanie [g/kWh]		

⁸ „Wytwórnia Silników Wysokoprężnych "ANDORIA" S.A.” <http://www.andoria-mot.com.pl/>

⁹ „Wytwórnia Silników Wysokoprężnych "ANDORIA" S.A.” <http://www.andoria-mot.com.pl/>

¹⁰ „Wytwórnia Silników Wysokoprężnych "ANDORIA" S.A.” <http://www.andoria-mot.com.pl/>

	-	-	za sobą drastyczne obniżenie emisji rakotwórczych NOx w spalinach. Redukcja emisji NOx od 35% do 55% . ¹¹
	Emisja CO ₂ [g/kWh]		
	-	-	
5	Brak systemów oczyszczania spalin	Układy konwerterów katalitycznych i filtrów typu DPF	Na skutek regulacji prawnych systemy wylotowe pojazdów samochodowych napędzanych silnikami ZS zostały wyposażone w konwertery katalityczne oraz filtry DPF (Diesel Particulate Filter) służące do obniżenia stężenia toksycznych składników w spalinach. Redukcja cząstek stałych do 95% oraz zmniejszenie emisji NOx. ¹²
	Spalanie [g/kWh]		
	-	-	
	Emisja CO ₂ [g/kWh]		
	-	-	

7. Potrzeba okresowego przeprowadzania badań stanu technicznego pojazdów.

Podczas eksploatacji należy zapewnić regularnie prowadzoną obsługę serwisową pojazdów i maszyn napędzanych silnikami spalinowymi. Rzeczą oczywistą jest konieczność dbania o stan maszyn oraz wykonywanie przeglądów i obsług okresowych. Niestety nie wszyscy i nie zawsze o tym pamiętają, a konsekwencją tych zaniedbań jest najczęściej wzrost zużycia paliwa i skrócenie resursu między naprawczego maszyn. Najbardziej charakterystycznym przykładem takiego zaniedbania jest zabrudzony filtr powietrza na wlocie do silnika spalinowego. Ponieważ podczas pracy silnik zużywa powietrze do spalania paliwa, konieczne jest dostarczenie odpowiedniej jego ilości. W przypadku pracy z zanieczyszczonym filtrem, ilość powietrza dopływającego do cylindrów nie jest właściwa i spalanie nie może przebiegać prawidłowo. Objawia się to zmniejszeniem uzyskiwanej mocy wyjściowej oraz zwiększeniem zużycia paliwa. Pojazd mechaniczny bez

¹¹ J. Jaskólski, P. Mikoda, J Łasocho, „Systemy EGR a zmniejszenie emisji substancji szkodliwych”

¹² Engine Control Systems, <http://enginecontrolsystems.com>

regularnego przeglądu i serwisu może spowodować zwiększenie zużycia paliwa do **10%**¹³, a co za tym idzie zwiększać regularnie emisję spalin do atmosfery.

Zbyt niska wartość ciśnienia w oponach pneumatycznych może skutkować podwyższonym zużyciem paliwa aż do **4%**¹⁴ przy różnicy ciśnienia 0,6 bar oraz skrócić przebiegi opon aż o 45%, jak podaje dostawca opon, felg oraz osprzętu montażowego do zestawów kołowych felgi-opony.com. W przypadku dużych dystansów pokonywanych przez pojazdy dostawcze skutkuje to w podwyższeniu kosztów za paliwo oraz prawie podwójne koszty związane z wymianą ogumienia dla w/w pojazdów. Informację podobną podaje Fulda, producent opon od 1900 roku. Mówi ona o podwyższeniu kosztów na paliwo o **5%**¹⁵ związanych z niewłaściwym ciśnieniem w oponach.

Stan filtra		
	Czysty	Zabrudzony
Spalanie	1 l	1,1 l
Emisja CO ₂	2,7 kg	2,97 kg
Zakładając spalanie 20l/100 km		
Spalanie/100 km	20 l	22 l
Emisja CO ₂ /100 km	54 kg	59,4 kg
Ciśnienie w oponach		
	Właściwe	Niewłaściwe
Spalanie	1 l	1,04 l
Emisja CO ₂	2,7 kg	2,808 kg
Zakładając spalanie 20l/100 km		
Spalanie/100 km	20 l	20,8 l
Emisja CO ₂ /100 km	54 kg	56,16 kg

¹³ <http://mwprojekt.waw.pl>

¹⁴ http://www.felgi-opony.com/Warto_wiedziec/Jakie_cisnienie_w_oponach_,1,66,40.html

¹⁵ http://www.fulda.com/fulda_pl_pl/test_and_tips/driving_tips/saving_fuel/

Rekomendacje dla użytkowników

Z przeprowadzonych analiz wynikają następujące podstawowe rekomendacje dla wyboru i sposobu realizacji strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorze budownictwa drogowego:

1. Biorąc pod uwagę wyniki analiz wykazujące prawidłowe planowanie oraz wykorzystanie maszyn budowlanych, na placu budowy węzła komunikacyjnego „Rondo Płaszowska-Wimmera-Grabska”, w miejscowości Niepołomice, należy stwierdzić że na podstawie stosowanych tam zwyczajowo praktyk nie istnieją przesłanki do wdrażania dodatkowych działań mających na celu redukcje emisji CO₂ ponad te działania, które zostały wdrożone dotychczas;
2. Przeprowadzone analizy wykazały, że możliwe jest osiągnięcie jeszcze większego stopnia redukcji emisji CO₂. Ta skala redukcji wymaga już jednak poniesienia dodatkowych kosztów, których wysokość zależy w dużym stopniu od prowadzonej polityki logistycznej, strategicznej i preferencji przedsiębiorstw budowlanych.
3. W przypadku niewielkich placów budowy (jak budowa ronda będąca przedmiotem obserwacji) zastosowanie standardów dotyczących odpowiedniego magazynowania materiałów oraz ograniczonego przemieszczania środków transportu może być trudne we wdrożeniu ze względu na zbyt małą ilość miejsca dostępną ekipom budowlanym. W takim wypadku należy zwrócić szczególną uwagę na optymalny dobór wielkości wykorzystywanych maszyn, urządzeń i pojazdów.
4. W przypadku zarządzania logistyką dużych budów pomocne może okazać się bieżące analizowanie informacji na temat aktualnej lokalizacji poszczególnych maszyn i urządzeń oraz środków transportu

(zarówno wewnętrznego jak i zewnętrznego). W pozyskiwaniu takich informacji on-line mogą być pomocne takie rozwiązania jak GPS czy RFID. W połączeniu z dobrą łącznością radiową pomiędzy dyspozytorem, a operatorami i kierowcami – takie rozwiązanie pozwoli nie tylko zaoszczędzić paliwo oraz zmniejszyć ilość wyemitowanego CO₂ - ale również zapewni wzrost efektywności działań na samej budowie. Rozwiązania takie – ze względu na dość duże koszty ich implementacji – mają sens stosowania jedynie na dużych placach budowy. (Załącznik)

Załącznik

Informacje dotyczące usprawnień działalności firmy i prac prowadzonych na terenie budowy (oraz płynące z tego korzyści).

Przykłady opisane podano na podstawie systemu SATIS przeznaczonego do monitorowania oraz namierzania pojazdów i floty:

Pomiar faktycznego czasu pracy maszyny

Korzystając z danych z szyny CAN w maszynach budowlanych albo analogowego pomiaru obrotów można z dużą dokładnością stwierdzić, kiedy dana maszyna fizycznie pracuje, a kiedy pozostaje w spoczynku z uruchomionym silnikiem. Umożliwia to przede wszystkim eliminację nadużyć związanych z deklarowanym „na słowo” czasem pracy maszyn oraz zużytym paliwem.

Pomiar faktycznego czasu pracy operatora maszyny

Zastosowanie modułów identyfikacji kierowców w maszynach budowlanych pozwala na szybkie i dokładne podsumowania czasu ich pracy w maszynach w założonym okresie. Dzięki temu jednoznacznie zostaje wydzielony czas pracy w maszynach od działań pozostałych.

Pomiar faktycznego czasu pracy na określonych placach budów (inwestycjach)

System umożliwia dowolne nanoszenie obszarów na mapie, z łatwością można narysować obszary wszystkich inwestycji, obsługiwanych przez park maszynowy. Pozwala to na generowanie raportów czasu pracy maszyn, operatorów, zużytego paliwa na poszczególnych inwestycjach. Dzięki temu możliwa jest precyzyjna kontrola kosztów w poszczególnych inwestycjach, a co za tym idzie automatyzacja rozliczeń.

Pomiar zużytego paliwa

Typowym problemem na placach budów jest rozliczanie przez operatorów paliwa zużytego przez maszynę. Dzięki możliwości precyzyjnego rozróżnienia faktycznego czasu pracy maszyny od jej działania na wolnych obrotach.

Kontrola tankowań dokonywanych z kontenerowych i/lub mobilnych stacji paliw

Typową praktyką jest tankowanie maszyn budowlanych w miejscach, w których w danym momencie są wykorzystywane. Realizuje się to przy pomocy kontenerowych lub mobilnych stacji paliw, będących własnością przedsiębiorstwa. System umożliwia integrację z systemami mobilnych i kontenerowych stacji paliw. Dzięki temu istnieje możliwość precyzyjnego porównania ilości paliwa wydanego z dystrybutora z ilością, która faktycznie trafiła do baku. Uzyskuje się przez to praktycznie stuprocentowe uszczelnienie obrotu paliwem na linii: hurtowy dostawca – dystrybutor - maszyna budowlana.

Eliminacja nadużyć pracowniczych

Dzięki temu, że w systemie istnieje możliwość dowolnego zdefiniowania obszarów geograficznych, w których dozwolona jest praca maszyn budowlanych, istnieje możliwość całkowitego wyeliminowania sytuacji, w których maszyny wykonują prace w miejscach niedozwolonych. Drugim z typowych piętnowanych działań pracowniczych są upusty paliwa lub tankowania paliwa do zbiorników trzecich. W jednym i w drugim przypadku algorytm paliwowy oraz integracja z obsługiwanyymi systemami tankowania maszyn pozwala na daleko idące ograniczenie tego typu procederu.

Zabezpieczenie przeciwkradzieżowe

Oferowane wraz z systemem lokalizatory GPS stanowią element zabezpieczenia przeciw kradzieżowemu, pełniąc także funkcję dwukanałowego immobilisera. Do uruchomienia takiej opcji konieczne jest zastosowanie modułu identyfikacji kierowcy. Odbywa się to przez przyłożenie identyfikatora cyfrowego. Inaczej, uruchomienie maszyny jest niemożliwe. Oczywiście należy założyć, że złodziej zdecyduje się na załadowanie maszyny na platformę bez jej uruchamiania. W takiej sytuacji algorytm określający ruch maszyny wykryje, że ta się przemieszcza, urządzenie natychmiast wygeneruje alarm w systemie i dodatkowo wyśle go na wskazane numery telefonów komórkowych. Odłączenie zasilania głównego w maszynie będzie nieskuteczne, ponieważ lokalizator posiada własne zasilanie awaryjne.

Zautomatyzowanie procesów obsługowych w parku maszynowym

Zarządzanie flotą maszyn wiąże się z koniecznością monitorowania szeregu parametrów, determinujących zdolność operacyjną pojazdów. Do typowych należą serwisy, przeglądy, ubezpieczenia, wymiany eksploatacyjne. Z uwagi na fakt, że system pozwala na odczytywanie stanów licznika pojazdów (także motogodzin) oraz definiowanie dat dla czynności serwisowych i ubezpieczeń utworzona została grupa funkcji, pozwalających na automatyczne monitorowanie o konieczności wykonania dowolnie definiowanych czynności serwisowych z

założonym przez użytkownika wyprzedzeniem. Wykorzystanie tej grupy funkcji pozwala na terminowe i zgodne ze sztuką eksploatawanie parku maszynowego oraz optymalizację ilości osób odpowiedzialnych za zarządzanie flotą.

Lokalizacja maszyn w czasie rzeczywistym

Lokalizacja maszyn w czasie rzeczywistym pozwala na bieżącą obserwację, gdzie w danej chwili znajdują się poszczególne jednostki. Użytkownik systemu jest na bieżąco informowany, czy maszyna w danym momencie jest włączona, czy pracuje, ile ma paliwa w zbiorniku oraz, kto w chwili obecnej ją obsługuje. Najistotniejszą korzyścią z monitoringu on-line jest to, że osoby odpowiedzialne za wykorzystanie parku maszynowego mają możliwość natychmiastowej reakcji w sytuacjach, gdy powstają jakiegokolwiek odchylenia od założonych schematów pracy eksploatowanego parku maszynowego.

Alarmowanie o zdarzeniach pożądanym lub niepożądanym

Bazując na dostępnych zmiennych, w prosty sposób można zdefiniować dowolny alarm lub powiadomienie, który zostanie wyświetlony w aplikacji, wysłany na wskazany adres mailowy lub telefon komórkowy. Jako przykład może posłużyć alarm osiągnięcia wysokich obrotów silnika przy niewielkiej prędkości, co wskazuje na bardzo gwałtowne ruszenie pojazdu albo powiadomienie uruchomienia lewych obrotów gruszki w betonomieszarce w terenie innym niż wyznaczony punkt rozładunku lub beczynny postój maszyny z włączonym silnikiem przez określony czas- np. 15 minut.