



Inovatica
AGV

AUTONOMOUS
FORKLIFTS

Biała Księga ver 1.1

**Technologia Autonomicznych Wózków
Widłowych Inovatica AGV**

Spis treści

00 Spis treści	2
01 Wstęp	3
02 Zakres funkcjonalny wózka Inovatica AGV	4
03 Nawigacja i sterowanie	5
Geolokalizacja pojazdu w przestrzeniach zamkniętych	5
Sterowanie wózka	6
Możliwość pracy w 2 trybach: manualnym i autonomicznym	7
04 System zarządzania pojazdami Inovatica AGV (system nadrzędny)	7
Sposoby wydawania zleceń do systemu nadrzędnego	7
Wydawanie zleceń przez pracownika za pomocą panelu przycisków.	8
Wydawanie zleceń za pomocą czujników	9
Wydawanie zleceń przez systemy zewnętrzne do systemu Inovatica AGV	10
Autonomiczne wydawanie zleceń	11
Autonomiczne wydawanie zleceń - zadanie liniowe	11
Autonomiczne wydawanie zleceń - zadanie przestrzenne	12
System nadrzędny - zarządzanie wieloma pojazdami	12
Zwiększenie przepustowości procesu	13
Zwiększenie niezawodności procesu	13
05 Proces pobierania i odkładania palet	14
06 Systemy bezpieczeństwa Inovatica AGV	15
Podwójny system bezpieczeństwa	16
System bezpieczeństwa nadzorowany przez oprogramowanie	17,18
System bezpieczeństwa nadzorowany sprzętowo	17,19
Strefy chronione	20, 21, 22
Przyciski zatrzymania awaryjnego	22
Omijanie przeszkód	23
07 Wdrożenie pojazdów Inovatica AGV	24
Przygotowanie mapy otoczenia pracy wózka	25
Definiowanie ścieżek poruszania się wózka	25
Definiowanie atrybutów ścieżek	26
Definiowanie punktów procesowych	26
Definiowanie procesu intralogistycznego	26
08 Wymiana baterii	27
09 Co jest potrzebne do wdrożenia autonomicznego wózka widłowego?	27
10 Zasady eksploatacji autonomicznych wózków widłowych	28
Zasady pierwszeństwa przejazdu	28
11 Budowa wózka	29, 30
Specyfikacja techniczna	31
12 Najczęściej zadawane pytania (FAQ)	32, 33
13 Słownik pojęć	34

01 Wstęp

Autonomiczne wózki widłowe są rozwijane w oparciu o potrzeby biznesowe. Pierwsze automatyczne (jeszcze nie autonomiczne) wózki zaczęto testować w USA już w latach 50 XX w. Od tego czasu pojazdy te przeszły niezwykłą ewolucję, ale powody ich wprowadzenia na rynek pozostają niezmiennie. Priorytetem jest zapewnienie stabilnego, efektywnego i bezpiecznego transportu wewnętrznego. Dzięki swojej sprawności są one w stanie zapewnić operatorom hal rzeczywistą przewagę konkurencyjną.

Autonomiczne wózki widłowe (AGV - Autonomous Guided Vehicles) są wolne od ograniczeń operatorów manualnych. Przede wszystkim ich efektywność jest stała w czasie, nie odczuwają zmęczenia ani znużenia powtarzającymi się tysiące razy identycznymi zleceniami. Są również niewrażliwe na złe oświetlenie (lub jego brak), hałas, niską temperaturę czy nieprzyjemne zapachy. Dodatkowo są w stanie pracować niezmiennie na trzy zmiany, wyłącznie z przerwami na wymianę akumulatora (ok. 15 min.). Siłą AGV jest fakt, że ich praca jest przewidywalna i bezpieczna, stale przez cały okres ich użytkowania. Zastosowanie autonomicznych wózków widłowych jest odpowiedzią na następujące zagadnienia w logistyce wewnętrznej:



Trudności w rekrutacji wykwalifikowanych pracowników.



Rosnące koszty wynagrodzeń osób z uprawnieniami na wózek widłowy.



Duże ryzyko utraty zdrowia, życia i strat materialnych w wypadkach z udziałem operatora manualnego.

W tym dokumencie przedstawimy m.in.: w jaki sposób działają autonomiczne wózki widłowe, co decyduje o ich efektywności oraz jak zapewniane jest bezpieczeństwo pracy. Jeśli któreś z użytych pojęć nie jest jasne zachęcamy do odwiedzenia działu *Słownik pojęć*.

Aby sprostać wyzwaniom, przed którymi stoi dziś biznes, przygotowaliśmy pojazdy AGV łączące efektywność z niezwykle wysokim poziomem bezpieczeństwa. Autonomiczne wózki widłowe to nowy standard wewnętrznej logistyki. W Przemysle 4.0. współpraca ludzi z robotami jest możliwa. W Inovatica AGV udowadniamy, że najnowsze rozwiązania mogą być również przyjazne w obsłudze i przystępne cenowo.

Bogumił Zięba CEO, Inovatica AGV

02 Zakres funkcjonalny wózka Inovatica AGV

- | | |
|--|---|
| <p>02.1 Autonomiczne poruszanie się pojazdu wg ustalonych wcześniej tras przejazdu.</p> <p>02.2 Transport poziomy palet: w tym podbieranie/odkładanie palet z podłoża tzw. "poziomu 0".</p> <p>02.3 Transport pionowy palet, w tym odkładanie palet na regały.</p> <p>02.4 Wykrywanie obecności palet w przestrzeni magazynowej/produkcyjnej. Wózek w zależności od wykrycia palet w danej przestrzeni, podejmuje decyzje w pełni autonomicznie. Realizuje zadania transportu palet w zależności od wcześniej ustalonej strategii transportowej, przykładowo: „pobierz paletę z pierwszego zajętego gniazda paletowego wg kolejności ich numeracji.”</p> | <p>02.5 Zwalnianie, zatrzymywanie się przed przeszkodą.</p> <p>02.6 Omijanie przeszkód.</p> <p>02.7 Zachowanie możliwości sterowania manualnego wózkiem.</p> <p>02.8 Sygnalizowanie stanu niskiej baterii i zjeżdżanie do stacji wymiany baterii.</p> <p>02.9 Integrowanie z przyciskami, czujnikami, czy też systemami trzecimi w celu przyjmowania zleceń transportu wewnętrznego.</p> |
|--|---|



03 Nawigacja i sterowanie

03.1 Geolokalizacja pojazdu w przestrzeniach zamkniętych

Produkty Inovatica AGV są przewidziane do pracy w przestrzeniach zamkniętych tj. halach przemysłowych i magazynach. W tych przestrzeniach, z uwagi na ekranowanie dachu, nie działa geolokalizacja w oparciu o GPS, którą znamy choćby z nawigacji samochodowych. A nawet jeśli sygnał jest dostępny to nie zapewnia on odpowiedniej precyzji dla poruszania się po hali. Ograniczenie to spowodowało potrzebę wprowadzenia nowych sposobów lokalizacji i nawigacji wewnątrz hal. Technologia, która zapewnia odpowiednią jakość, a jednocześnie staje się coraz bardziej przystępna cenowo, jest nawigacja laserowa tzw. LGV (Laser-Guided Vehicles).

Najważniejszą zaletą rozwiązania Inovatica AGV jest nawigacja naturalna, co oznacza, że system nawigacji **nie wymaga dodatkowej infrastruktury wspomagającej** do precyzyjnego poruszania się po hali, np.: lusterek wymiennie nazwanych reflektorami nawigacyjnymi, linii magnetycznych, optycznych, czy specjalnych platform do podnoszenia/odkładania palet z pojazdu.

System bazuje na klasie algorytmów SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), które pozwalają pozycjonować pojazd na równocześnie tworzonej i aktualizowanej mapie otoczenia. Inicjalna mapa otoczenia powstaje poprzez manualny przejazd wózka w hali, podczas którego wózek skanuje laserem otoczenie. W ten sposób powstaje precyzyjna, wirtualna mapa hali, na której dalej wózek będzie się samodzielnie pozycjonować.

Na tak przygotowanej mapie operator systemu wyznacza trasy poszczególnych misji wraz z zadaniami dla pojazdu Inovatica AGV. Definiowane jest położenie miejsc pobierania i odkładania palet oraz ustalone są ścieżki, którymi może poruszać się robot, co szczegółowo opisujemy w rozdziale dotyczącym definiowania procesu (*Wdrożenie pojazdów Inovatica AGV*). System nawigacji wspiera pracę w wielu halach, czy zakładach i pozwala na łatwe przełączanie pomiędzy poszczególnymi, wcześniej przygotowanymi mapami. Więcej informacji o nawigacji umieszczamy

Surowy obraz hali po wykonaniu mapowania przez skaner laserowy



Lokalizacja i nawigacja laserowa (LGV)



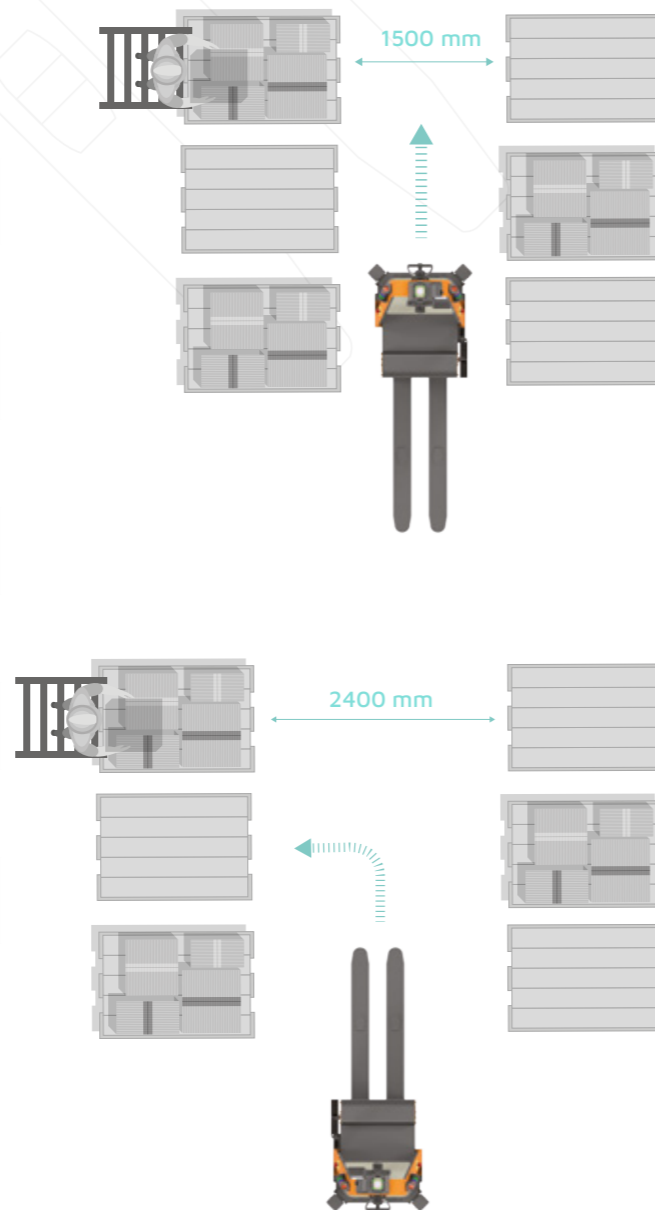
Nawigacja naturalna nie wymagająca infrastruktury

03.2 Sterowanie wózka

Autonomiczne wózki widłowe Inovatica AGV korzystają z zaawansowanych algorytmów sterowania i manewrowania. Zapewniają one bezpieczną jazdę, realizację zadań oraz ustawiają wózek w pozycji końcowej z dokładnością do 50 mm i kąta 5 stopni wg wcześniej ustalonej trasy.

Podstawowe informacje dotyczące przestrzeni w jakiej może poruszać się wózek AGV:

Minimalna szerokość alejki w jaką może wjechać	1500 mm
Wymiary miejsca postojowego min.	1200x2650 mm
Minimalna szerokość korytarza umożliwiająca zawracanie	2400 mm
Droga hamowania (z ładunkiem 1000 kg):	
1 [km/h]	0,4 m
3 [km/h]	1,5 m
5 [km/h]	2,8 m
7 [km/h]	4,5 m
8 [km/h]	5,5 m



03.3 Możliwość pracy w 2 trybach: manualnym i autonomicznym

Cechą wyróżniającą produkt Inovatica AGV jest możliwość używania wózka w sposób w pełni autonomiczny, bądź też, zgodnie z potrzebą danej chwili, w trybie manualnym.

Przełączenie do trybu manualnego jest wywoływane poprzez dotknięcie/użycie chwytaka, w który jest wyposażony wózek. Po złapaniu za chwytak operator może korzystać z wózka w sposób manualny. Powtórne przełączenie wózka w tryb autonomiczny jest realizowane poprzez naciśnięcie odpowiednich przycisków na listwie kontrolnej pojazdu. Przywrócenie wózka do pracy autonomicznej wymaga umieszczenia go na trasie skąd został zabrany lub miejscu startowym.



04 System zarządzania pojazdami Inovatica AGV (system nadrzędny)

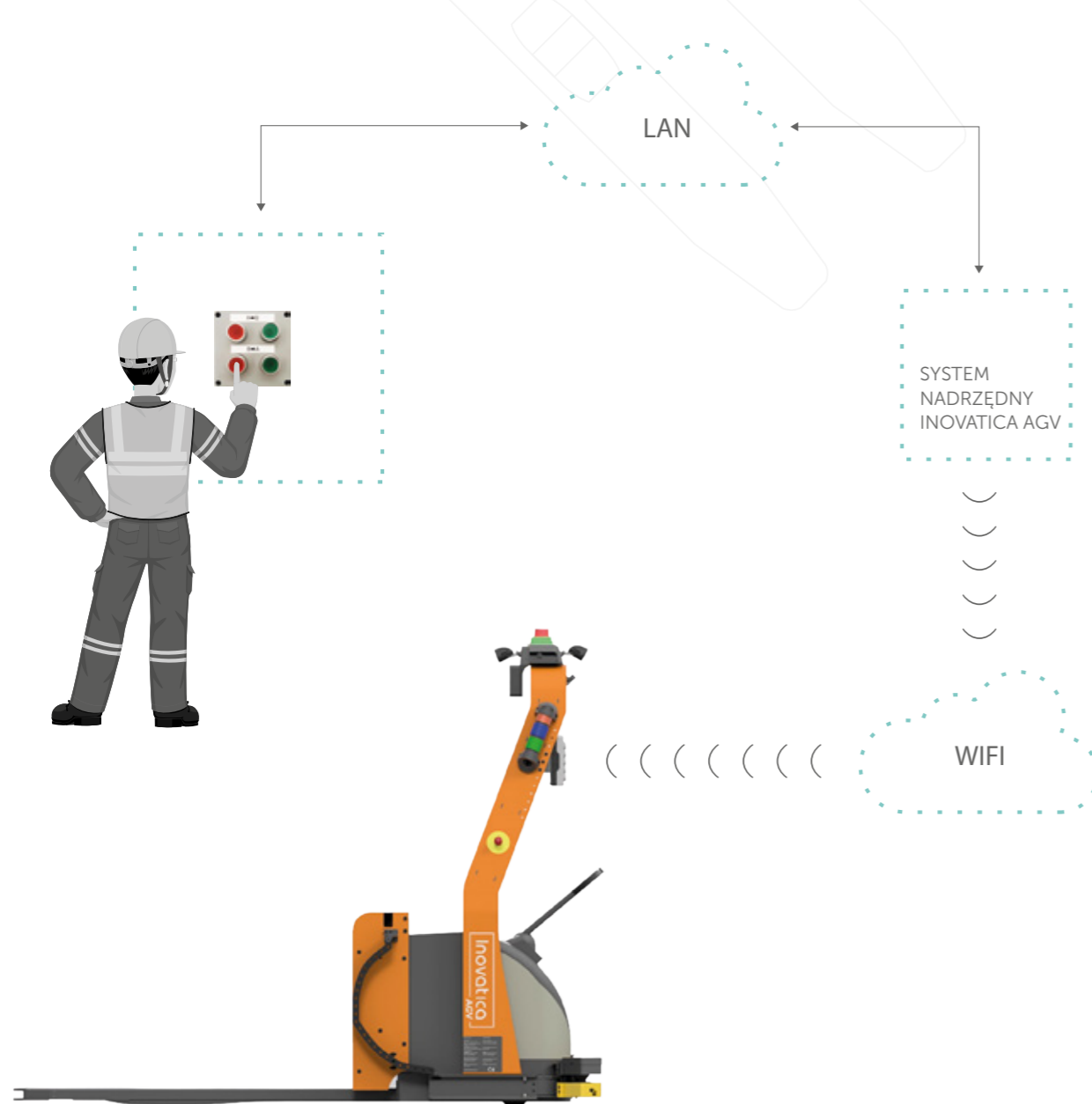
Wraz z pojazdami Inovatica AGV dostarczany jest system zarządzania pojazdami AGV tzw. system nadrzędny. System ten na podstawie przyjętych zleceń/zadań, mapy otoczenia, wyznaczonych ścieżek przejazdów wyznacza optymalną trasę w celu wykonania odpowiedniej misji dla każdego autonomicznego wózka widłowego. System nadrzędny jest możliwy do wdrożenia dla pojedynczych autonomicznych wózków widłowych, jak i dla całej floty.

04.1 Sposoby wydawania zleceń do systemu nadrzędnego

Istnieje wiele sposobów wydawania zleceń do systemu nadrzędnego, które opisujemy w poniższym rozdziale.

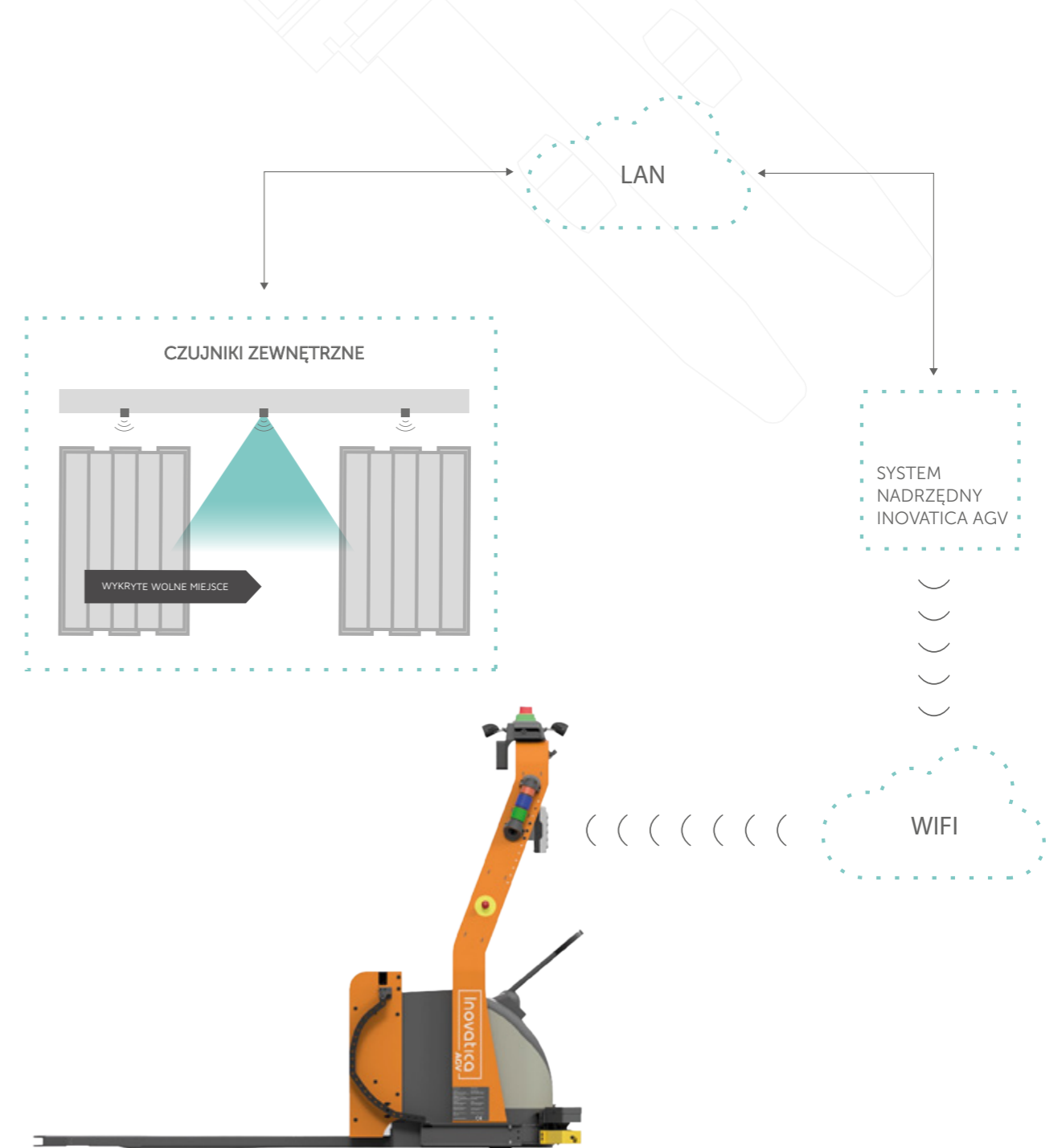
04.1.1 Wydawanie zleceń przez pracownika za pomocą panelu przycisków

Zlecenia wydawane są przez pracownika za pomocą panelu przycisków. Panele rozmieszczone są w ustalonych z klientem miejscach na hali. Dzięki temu pracownicy mogą w łatwy sposób wydać zlecenie autonomicznemu wózkowi poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku. W ramach dostawy Inovatica AGV dostarcza również listwy paneli przycisków i instaluje je w miejscach ustalonych podczas analizy przedwdrożeniowej. Panele przycisków, za pomocą których następuje wydawanie zleceń do systemu nadrzędnego, zostały wykonane w formie obudów przemysłowych. Wyposażono je w przyciski, również w standardzie przemysłowym, z możliwością ich podświetlania.



04.1.2 Wydawanie zleceń za pomocą czujników

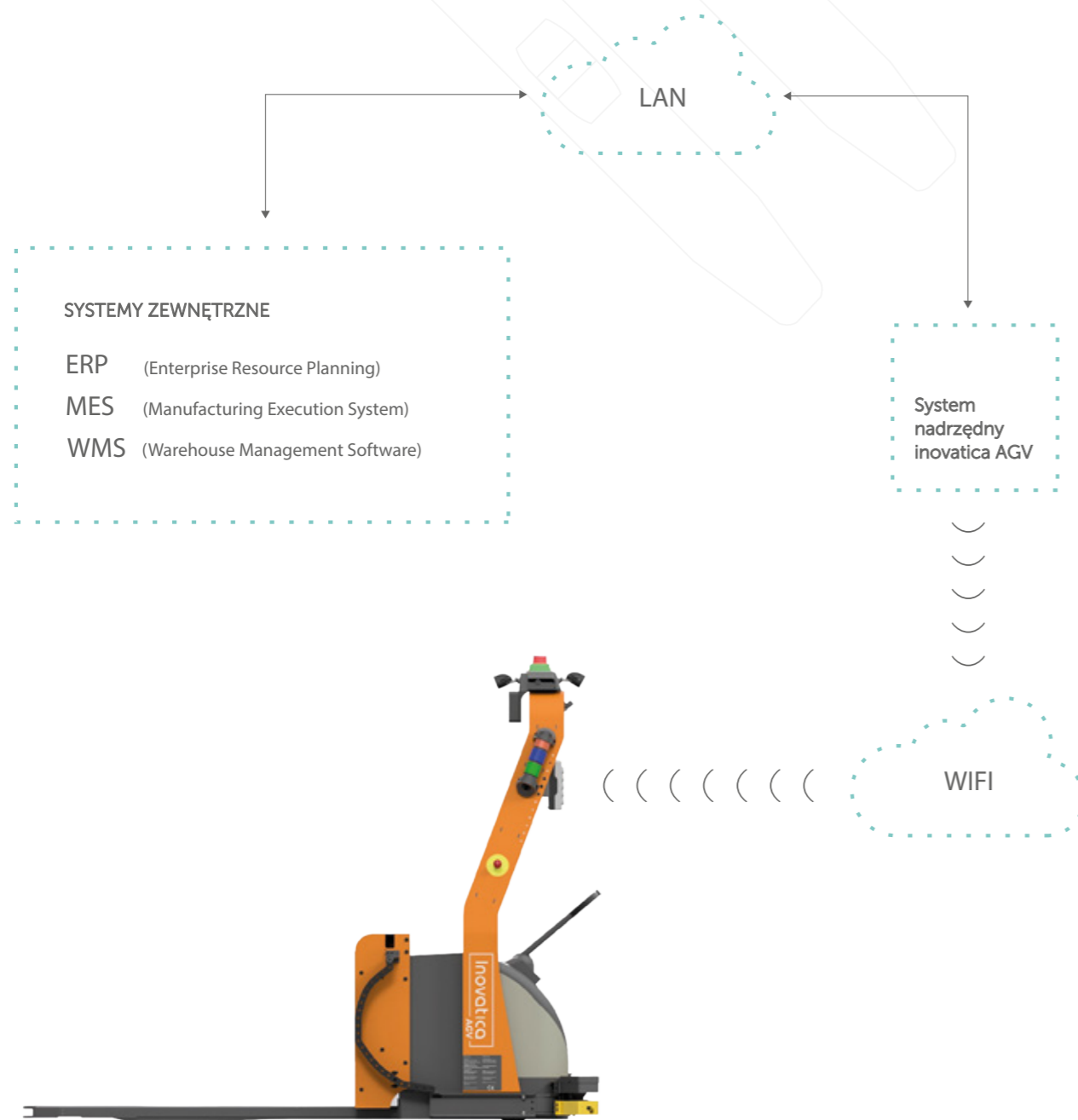
Istnieje możliwość automatycznego zlecenia zadań wózkowi AGV za pomocą zewnętrznych czujników. Mogą to być np. czujniki optyczne lub ultradźwiękowe umieszczone na końcu rolotoku lub monitorujące zajętość miejsca paletowego. Integracja floty wózków z czujnikami znajdującymi się na hali realizowana jest przez inżynierów Inovatica AGV podczas prac przed-



04.1.3 Wydawanie zleceń przez systemy zewnętrzne do systemu Inovatica AGV

Oprogramowanie Inovatica AGV zostało zrealizowane w otwartej architekturze, pozwalającej na łatwą integrację z systemami zewnętrznymi np. ERP (Enterprise Resource Planning), MES (Manufacturing Execution System), czy WMS (Warehouse Management Software).

Każdy z powyższych systemów może być źródłem wydawania zleceń dla autonomicznych wózków widłowych lub gromadzić dane na temat ich pracy (czas, ilość przewiezionych palet, etc.).



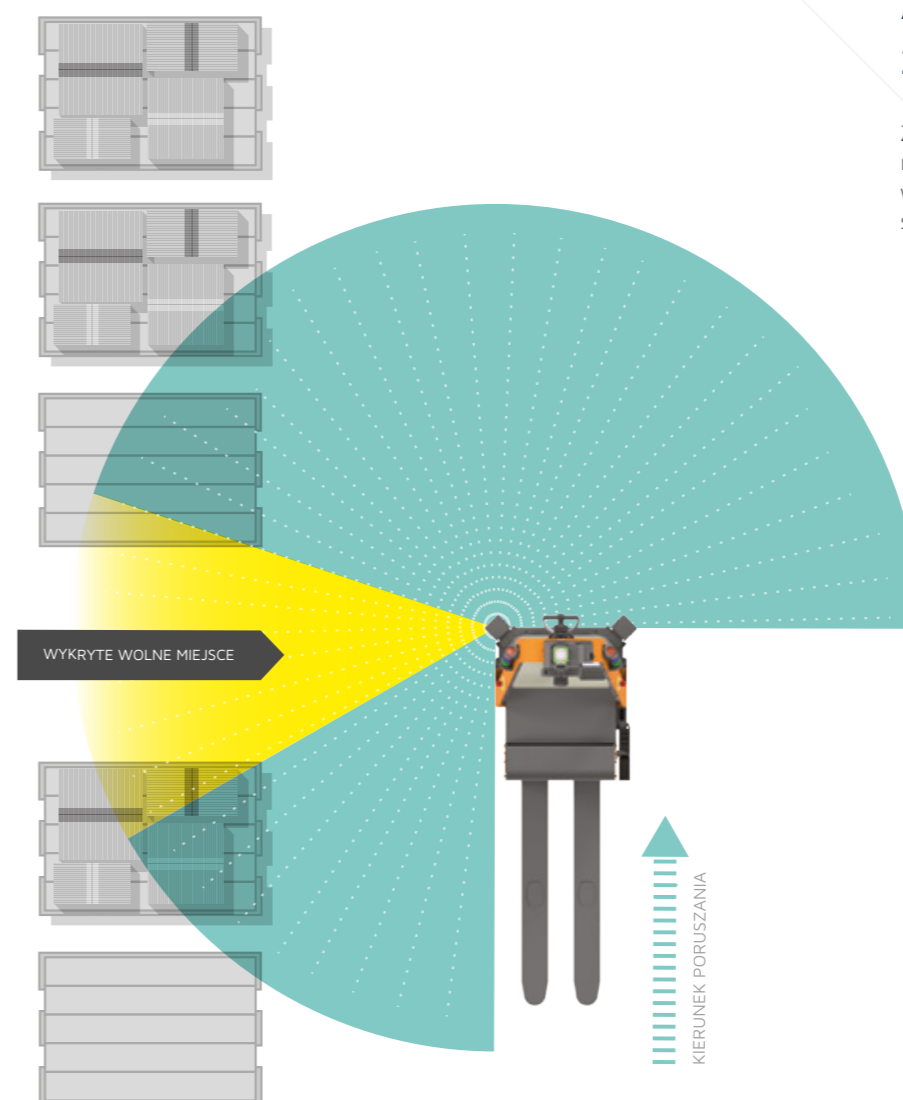
04.1.4 Autonomiczne wydawanie zleceń

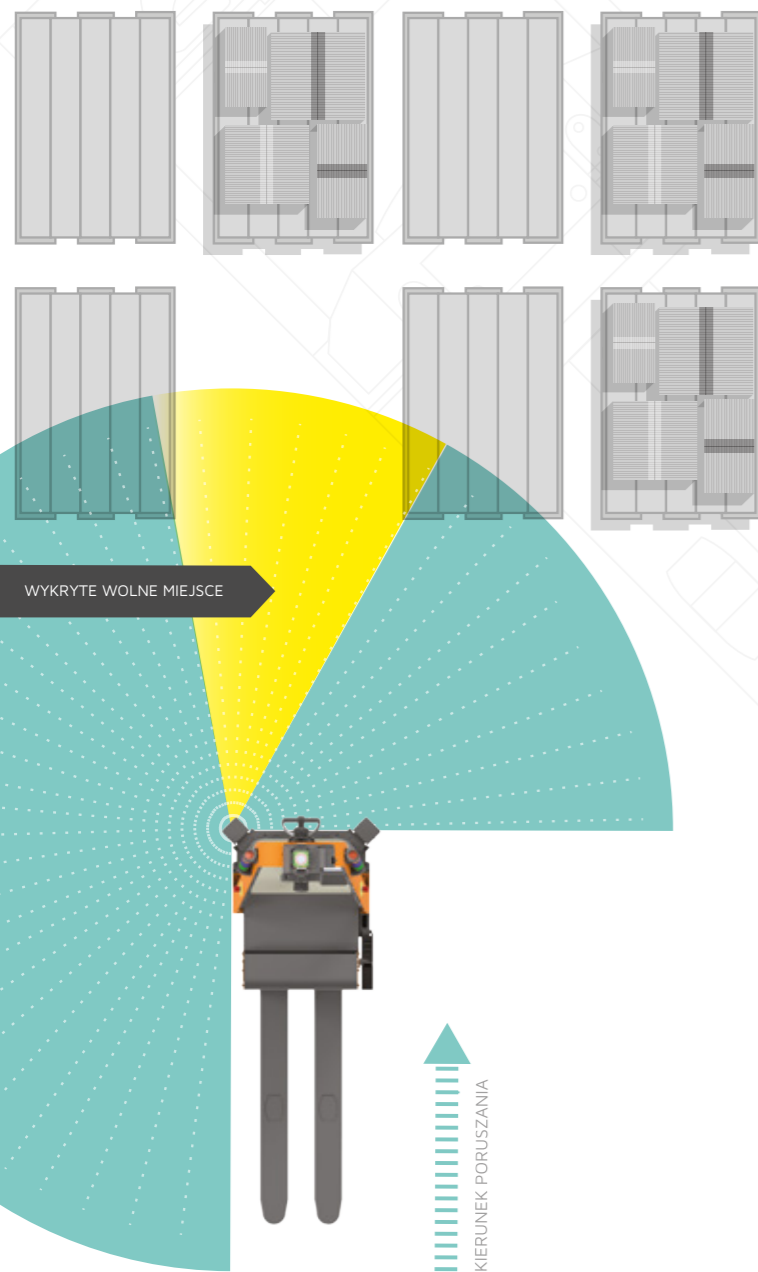
Źródłem wydawania zleceń może być sam autonomiczny wózek widłowy, który oprócz możliwości transportu ładunku na widłach może służyć do wykrywania obecności palet w przestrzeni magazynowej/produkcyjnej. Wózek od momentu wykrycia palet w danej przestrzeni, w pełni autonomicznie podejmuje decyzję o realizacji poszczególnych zadań podczas transportu. Decyzja ta zależy od wcześniej ustalonej strategii transportowej, np.: „odbierz paletę z pierwszego zajętego gniazda paletowego wg kolejności ich numeracji. Analogicznie, informacja o zajętości miejsca paletowego może być również używana do określenia miejsca odkładczego w sytuacji, gdy wózek przewozi ładunek na widłach. Sposób autonomicznego wydawania zleceń został zrealizowany jako zadania liniowe i przestrzenne, co zostało opisane szczegółowo poniżej.

04.1.4.1

Autonomiczne wydawanie zleceń - zadanie liniowe

Zadanie polega na podbieraniu/odkładaniu palet w rząd, na przykład wzdłuż ściany lub barierki. Wózek robi przejazd wzdłuż linii wyznaczającej rząd miejsc paletowych, w celu sprawdzenia ich zajętości za pomocą lidarów bocznych.





04.1.4.2

Autonomiczne wydawanie zleceń - zadanie przestrzenne

Zadanie polega na podbieraniu/odkładaniu palet z danego obszaru o kształcie prostokąta. Wózek wypełnia obszar kolejno rzędami palet. Realizując kolejne przejazdy używa lidarów skanujących przestrzeń przed wózkiem, w celu sprawdzenia zajętości miejsc paletowych.

04.2 System nadrzędny - zarządzanie wieloma pojazdami

System nadrzędny Inovatica AGV pozwala koordynować współpracę wielu wózków AGV pracujących w tym samym procesie. Celem takiej koordynacji jest zwiększenie przepustowości danego procesu lub zwiększenie jego niezawodności.

System ten pozwala również na synchronizację wielu pojazdów, określa m.in. pierwszeństwo na skrzyżowaniach, czy też powstrzymywanie kolejnego wózka od manewrów w tej samej strefie co inny wózek, aby uniknąć wzajemnego blokowania i zatrzymania przez ich systemy bezpieczeństwa.

04.2.1 Zwiększenie przepustowości procesu

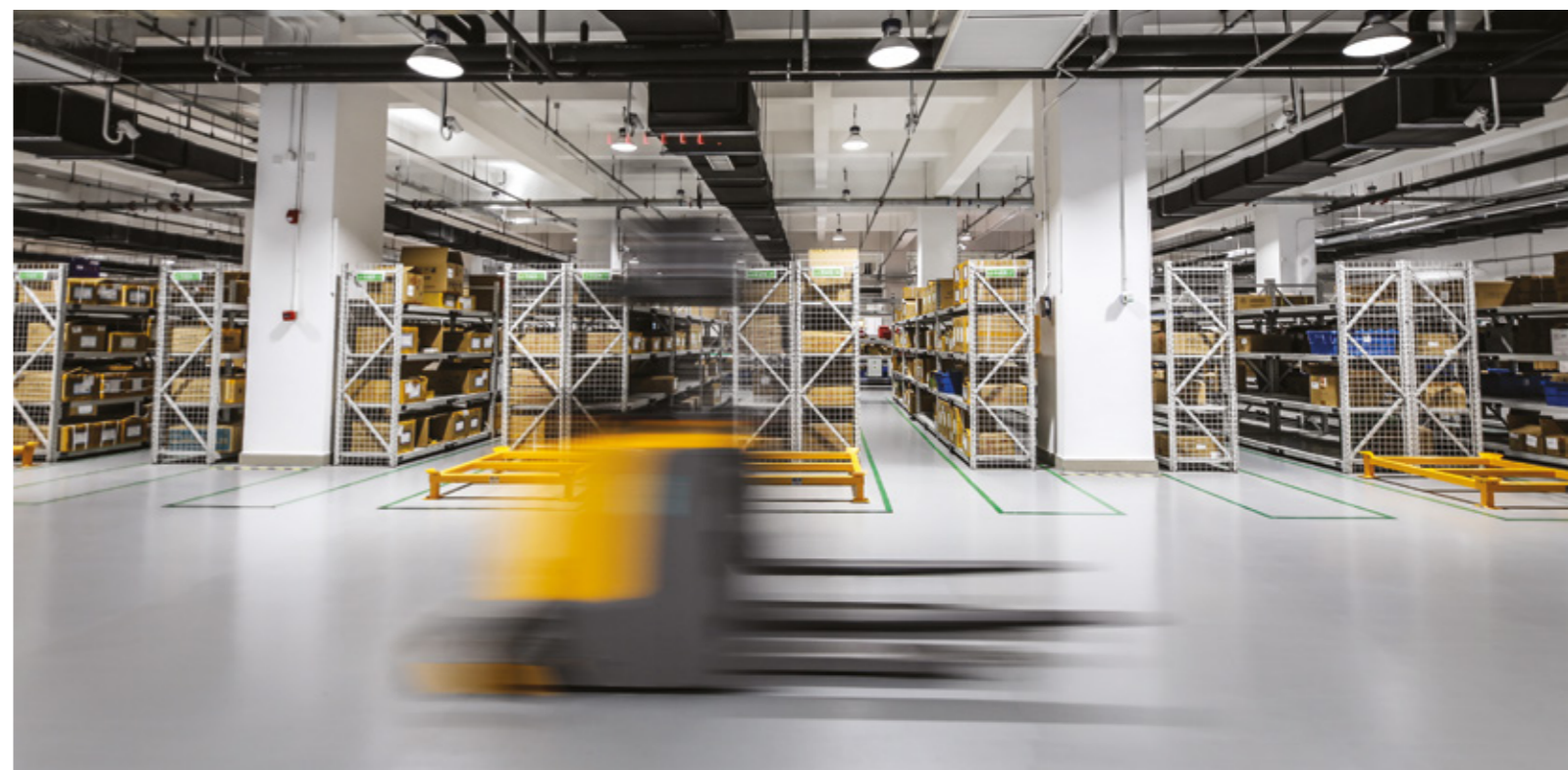
Zastosowanie wielu wózków widłowych pozwala skalować proces w sposób horyzontalny. Często zdarza się, że pojedynczy wózek nie wystarcza, aby zaspokoić potrzebę transportu towaru w ramach danego procesu transportu wewnętrznego. Wówczas wdrażanie do procesu kolejnych autonomicznych wózków widłowych pozwala zwiększać jego przepustowość. Przykładowo w modelowym procesie u jednego, z rzeczywistych klientów, jeden wózek przewozi 10 palet/godzinę, dwa wózki przewożą 18 palet/godzinę. Wynikowy wzrost przepustowości wynosi 80%.

Rolą systemu nadrzędnego Inovatica AGV jest optymalne przypisanie zleceń do dostępnych autonomicznych wózków widłowych, tak aby osiągnąć maksymalną przepustowość procesu.

04.2.2 Zwiększenie niezawodności procesu

Współpraca wielu wózków w procesie transportu wewnętrznego pozwala zwiększyć niezawodność całego procesu poprzez redundancję i uodpornić go na awarię pojedynczego autonomicznego wózka widłowego. W razie awarii jednego wózka AGV lub problemów z wykonaniem zadania, inne roboty mogą przejąć jego funkcje, by uniknąć zablokowania całego procesu.

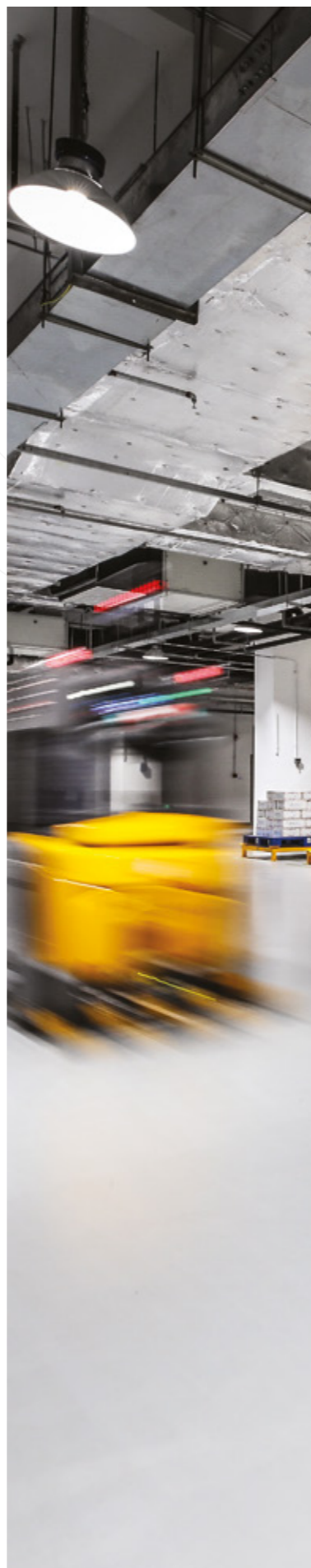
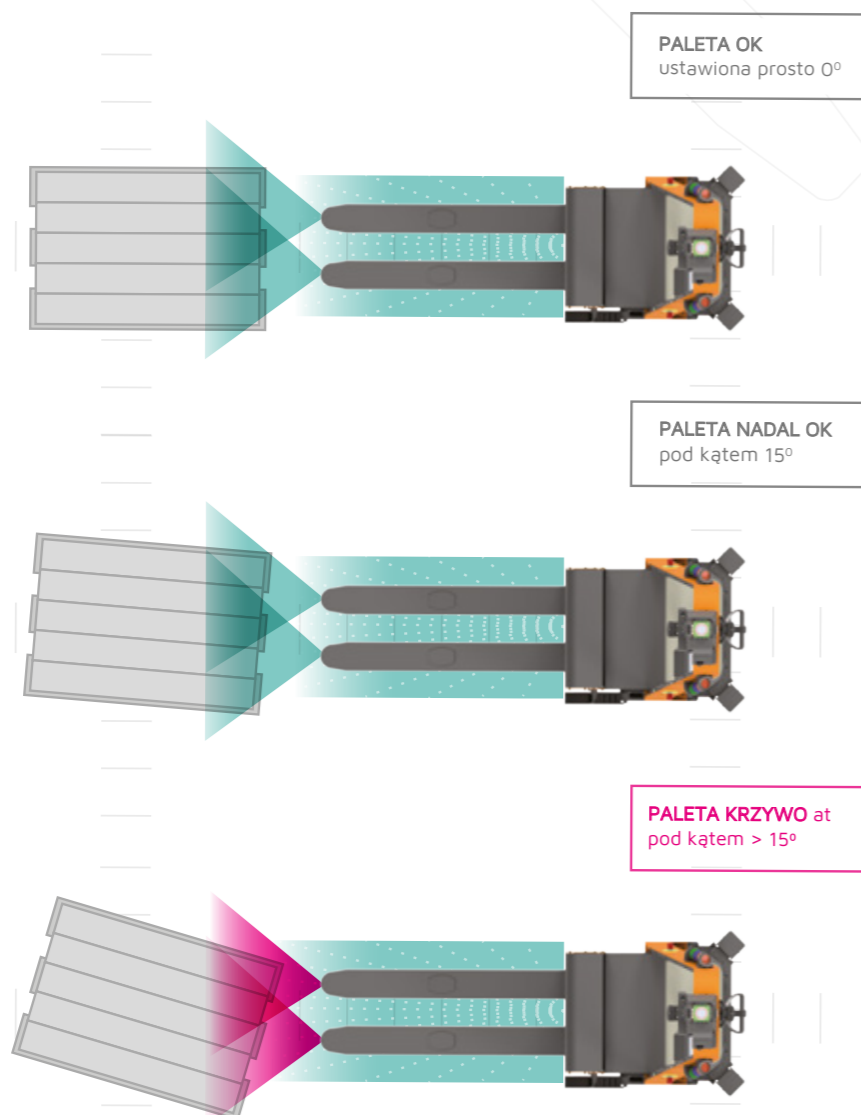
Rolą systemu nadrzędnego Inovatica AGV jest optymalne rozdysponowanie zadań, tak aby funkcję niedostępnego pojazdu przejmował inny pojazd zapewniając dzięki temu ciągłość procesu transportu wewnętrznego.



05 Proces pobierania i odkładania palet

Proces pobierania i odkładania palety zależy od dokładności lokalizowania pojazdu w przestrzeni. Dzięki precyzyjnemu lokalizowaniu autonomicznego wózka widłowego, z dokładnością do 5 cm i kąta 5 stopni, możliwe jest przeprowadzanie precyzyjnych operacji paletowych takich jak pobieranie i odkładanie palet.

Cechą wyróżniającą technologię Inovatica AGV jest możliwość detekcji położenia i skrętu palet w danym gnieździe paletowym. W tym celu autonomiczny wózek widłowy został wyposażony w dedykowane urządzenia skanera laserowego, które pozwalają na detekcję takiej palety. W sytuacji, gdy paleta została niedokładnie umiejscowiona w gnieździe paletowym (skręcona nawet o 15 stopni), dzięki takiej detekcji autonomiczny wózek widłowy dostosowuje swoją ścieżkę podjazdu, tak aby odebrać "przekoszona" paletę. System detekcji służy również do wykrywania uszkodzonych palet o nieregularnych kształtach np.: informuje o uszkodzonych belkach pionowych.



06 Systemy bezpieczeństwa Inovatica AGV

Autonomiczne wózki widłowe znacząco ograniczają ryzyko wypadków i kolizji. Wynika to z faktu, że bezpieczeństwo pracy jest absolutnym priorytetem. Osoby pracujące w otoczeniu wózka, przewożony towar i sam pojazd są, chronione przez certyfikowane systemy¹. Technologia Inovatica AGV zapewnia wysokie bezpieczeństwo użytkownika m.in. poprzez:

¹ M.Fuskoa, M. Rakytaa, F. Manligb., „Reducing of Intralogistics Costs of Spare Parts and Material of Implementation Digitization in Maintenance”.

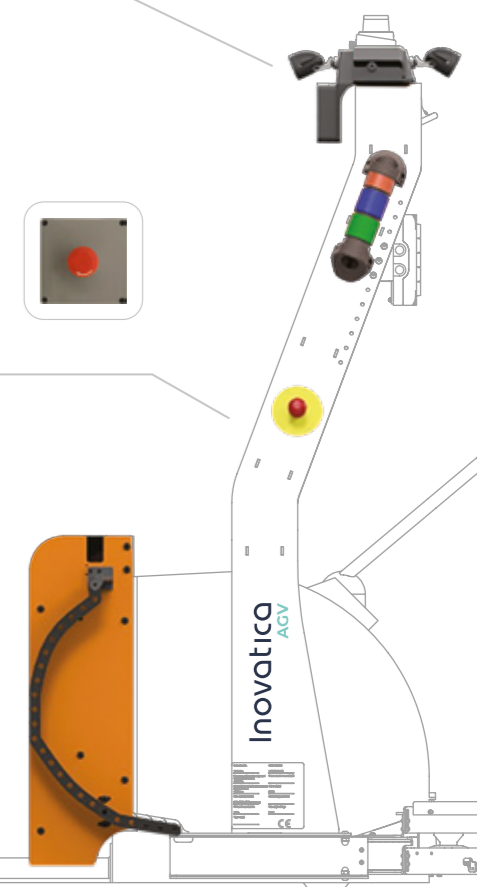
Monitorowanie otoczenia w zakresie 360 stopni przez laserowe skanery,

Możliwość zatrzymania pojazdu zdalnie za pomocą zewnętrznych przycisków zatrzymania.

Przyciski awaryjnego zatrzymania pojazdu z każdej strony wózka.

Redundantny sterownik bezpieczeństwa PLC.

Akustyczną sygnalizację stanu wózka np. przemieszanie się, zbliżanie, zatrzymanie.





Produkt posiada deklarację CE i spełnia wymogi następujących dyrektyw:

- **2006/42/WE** Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17. maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE;
- **2014/30/UE** Dyrektywa 2014/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26. lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej (poprzednio obowiązująca 2004/108/WE);



oraz spełnia wymogi następujących norm i norm zharmonizowanych:

- **PN-EN ISO 3691-4:2020-10** "Wózki jezdniowe - Wymagania dotyczące bezpieczeństwa, Część 4: Wózki jezdniowe bez operatora i ich systemy";
- **PN-EN 60204-1** „Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: Wymagania ogólne”;
- **PN-EN 61000-6-4** „Kompatybilność elektromagnetyczna w obszarze automatyki i robotyki przemysłowej”;

06.1 Podwójny system bezpieczeństwa

Bezpieczeństwo użytkownika autonomicznego wózka widłowego opiera się na 2 kluczowych filarach:

- Systemy bezpieczeństwa stanowiące integralny element wózka (sprzętowy i nadzorowany przez oprogramowanie);
- Współpraca ludzi z wózkami autonomicznymi, która została opisana bliżej w rozdziale dot. pierwszeństwa przejazdu.

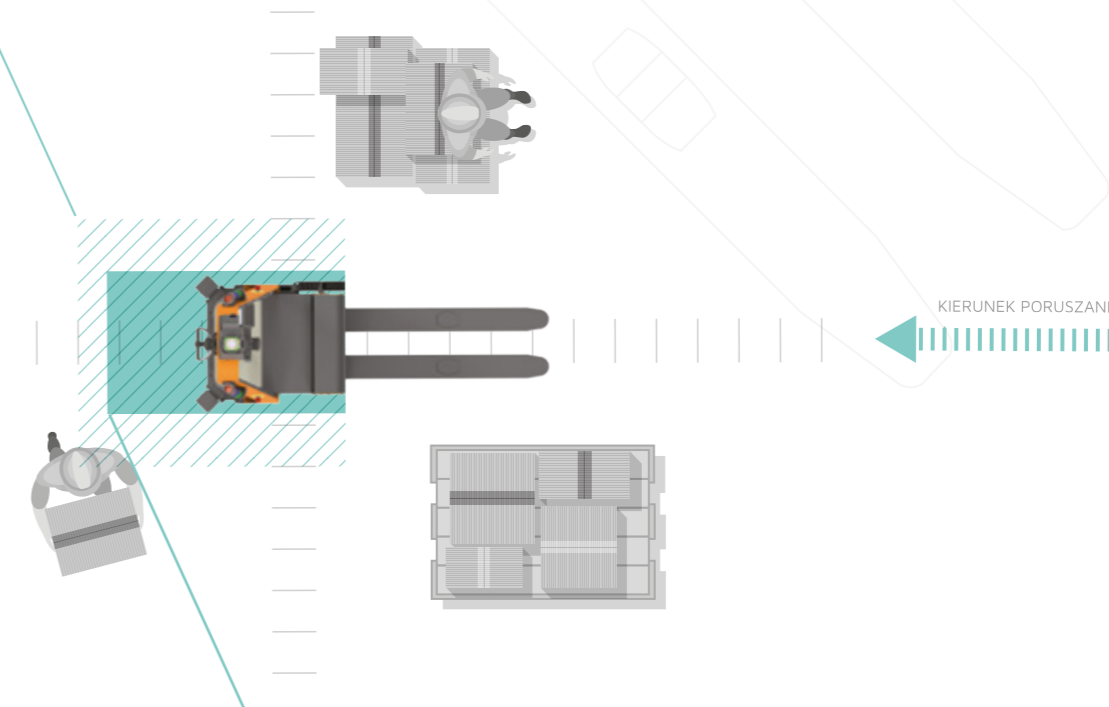
Aby spełnić wysokie standardy bezpieczeństwa, a także normy prawne, system autonomicznej jazdy Inovatica AGV został wyposażony w podwójny system bezpieczeństwa. Nadmiarowość systemów bezpieczeństwa wynika z ich charakterystyki i znaczenia. Są to systemy o znaczeniu krytycznym (tzw.: klasa systemów, ang.: mission critical systems) dla bezpieczeństwa użytkowników, tak jak w przypadku systemów informatycznych stosowanych w lotnictwie, czy elektrowniach jądrowych.

Systemy bezpieczeństwa zbierają dane ze skanowania przestrzeni wokół wózka. Przestrzeń dzielona jest na odpowiednie strefy, które skanowane są przez różne rodzaje urządzeń/sensorów. Natomiast urządzenia nadzorowane są przez dwa, niezależne systemy bezpieczeństwa.

System bezpieczeństwa nadzorowany przez oprogramowanie

Pierwszym systemem bezpieczeństwa jest system nadzorowany przez oprogramowanie Inovatica AGV. System ten monitoruje dalsze strefy wokół wózka, które są generowane dynamicznie w zależności od trajektorii i prędkości, z którą porusza się wózek, a także czynności wykonywanych przez wózek.

Dynamiczne wyznaczanie stref bezpieczeństwa.



System bezpieczeństwa nadzorowany sprzętowo

Drugi system bezpieczeństwa jest systemem nadzorowanym sprzętowo, niezależnie od oprogramowania sterującego autonomicznym wózkiem widłowym. Ten drugi, nadmiarowy system ma zapobiec potencjalnym awariom oprogramowania wózka. Elementy wchodzące w skład systemu nadzorowanego sprzętowo są elementami o wysokiej niezawodności certyfikowane jako SIL2 i PL(d). "Sprzętowy" system bezpieczeństwa nadzoruje strefy bliższe wokół wózka, których naruszenie powoduje bezwzględne zatrzymania awaryjne wózka (system nadzorowany przez oprogramowanie nadzoruje strefy dalsze).

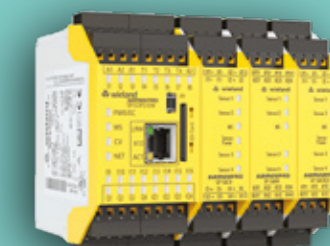
Redundantny sterownik bezpieczeństwa

Kategoria bezpieczeństwa

SIL2 i PL(d).

PL(d) - od 10-7 do 10-6.

SIL2 - 100-1000.



06.1.1 System bezpieczeństwa nadzorowany przez oprogramowanie

System bezpieczeństwa nadzoruje dalsze strefy wokół wózka, które są generowane dynamicznie w zależności od trajektorii jazdy i prędkości wózka. Dzięki zastosowaniu systemu bezpieczeństwa nadzorowanego przez oprogramowanie możliwa jest bardziej płynna jazda wózka tj.:

- Stopniowe zwalnianie wózka przed przeszkodą w zależności od prędkości wózka. Jeśli wózek porusza się z dużą prędkością, oprogramowanie systemu bezpieczeństwa wydłuża strefy bezpieczeństwa, co powoduje stopniowe zwolnienie wózka przed przeszkodą, a skraca strefy przy niskiej prędkości.
- Przejeżdżanie wózka w niedalekiej odległości od przeszkody, gdy przeszkoda nie znajduje się na przewidywanej trajektorii pojazdu. Oprogramowanie autonomicznego wózka widłowego generuje predykcje stref, w których znajdzie się pojazd w przyszłości. Na podstawie tak zaprojektowanych stref chroni tylko tę przestrzeń, która będzie znajdowała się przed pojazdem, a pozwala płynnie przejechać obok obiektów nie znajdujących się na trasie wózka.



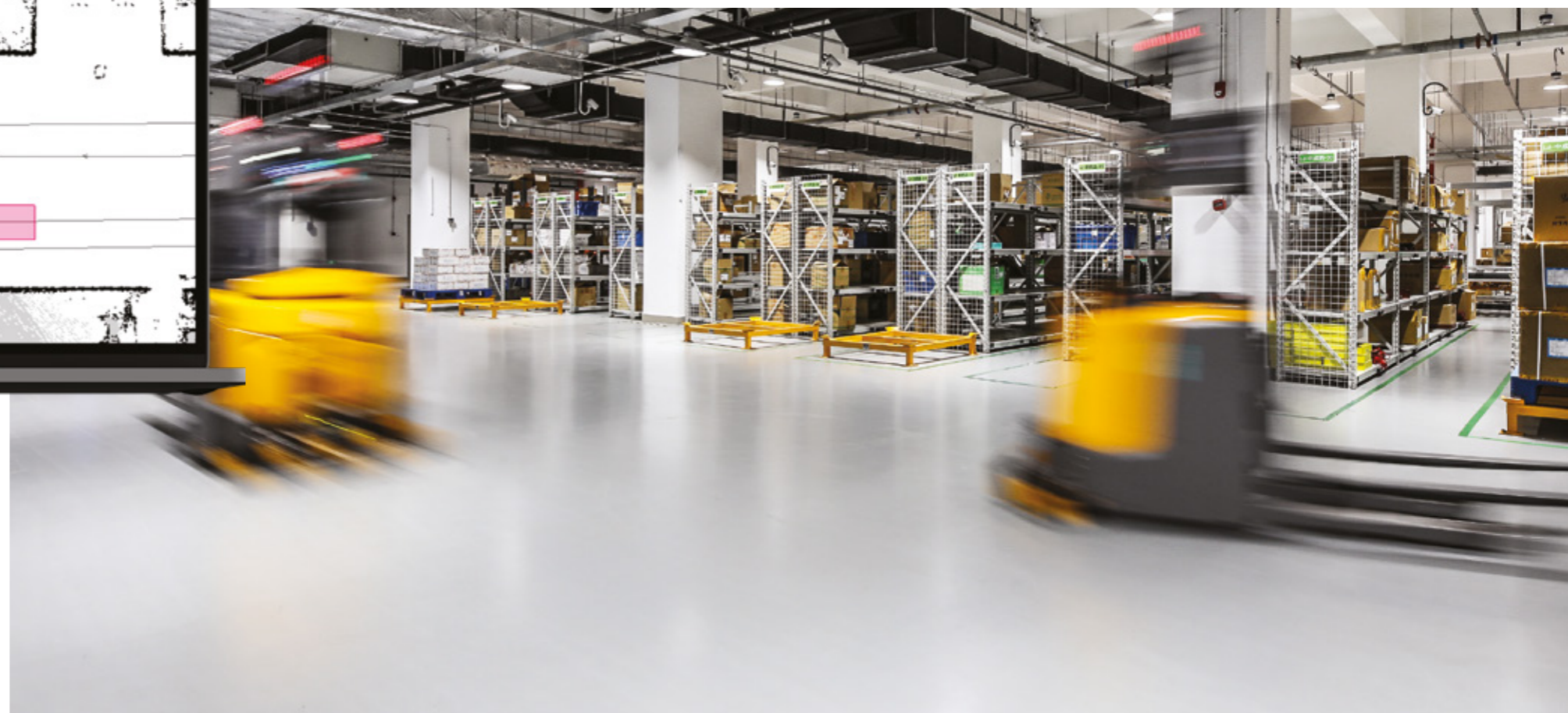
Podstawową różnicą systemu nadzorowanego przez oprogramowanie względem systemu nadzorowanego przez sprzęt jest fakt, że system ten działa predykcyjnie co pozwala na płynną jazdę, podczas gdy aktywowany system sprzętowy za każdym razem powoduje zatrzymanie awaryjne.

06.1.2 System bezpieczeństwa nadzorowany sprzętowo

System ten jest krytyczny dla bezpieczeństwa i działania autonomicznego wózka widłowego. Jest niezależny od systemu nadzorowanego przez oprogramowanie, również w sensie definiowania i ochrony autonomicznych stref bezpieczeństwa. Monitorowana strefa wokół wózka jest mniejsza od tej nadzorowanej przez oprogramowanie, ale jej działanie w całości jest objęte certyfikacją. Zakres wykrywania przeszkód wynosi do ok. 5 metrów na wprost przed wózkiem w domyślnym kierunku jazdy i do 0,3 metra wzdłuż boków wózka. Wciśnięcie jednego z przycisków bezpieczeństwa na wózku również powoduje natychmiastowe hamowanie do zatrzymania.

System sprzętowy składa się wyłącznie z komponentów o wysokiej niezawodności, spełniających normy SIL2 (ang. Safety Integrity Level) i PL(d) (ang. Performance Level). Oba skróty wyjaśniamy pełniej w Słowniczku na końcu dokumentu. Dodatkowo system podlega audytom zewnętrznym, co mityguje ryzyko błędnego działania. System jest oparty o sterownik PLC, który bezwzględnie zatrzymuje pojazd w sytuacji naruszenia stref nadzorowanych sprzętowo.

Podstawowa różnica pomiędzy systemem bezpieczeństwa sprzętowym, a bazującym na oprogramowaniu jest taka, że system sprzętowy jest certyfikowany. Jego uruchomienie za każdym razem powoduje awaryjne hamowanie (są to sytuacje bezpośredniego zagrożenia życia lub zdrowia). Po awaryjnym zatrzymaniu przyciskiem bezpieczeństwa konieczne jest manualne potwierdzenie przez operatora, że zagrożenie zostało usunięte i możliwa jest dalsza praca. Jeśli natomiast wózek zatrzymał się samodzielnie w wyniku wykrycia osoby lub obiektu w monitorowanej strefie to również samodzielnie ruszy po usunięciu przeszkody.

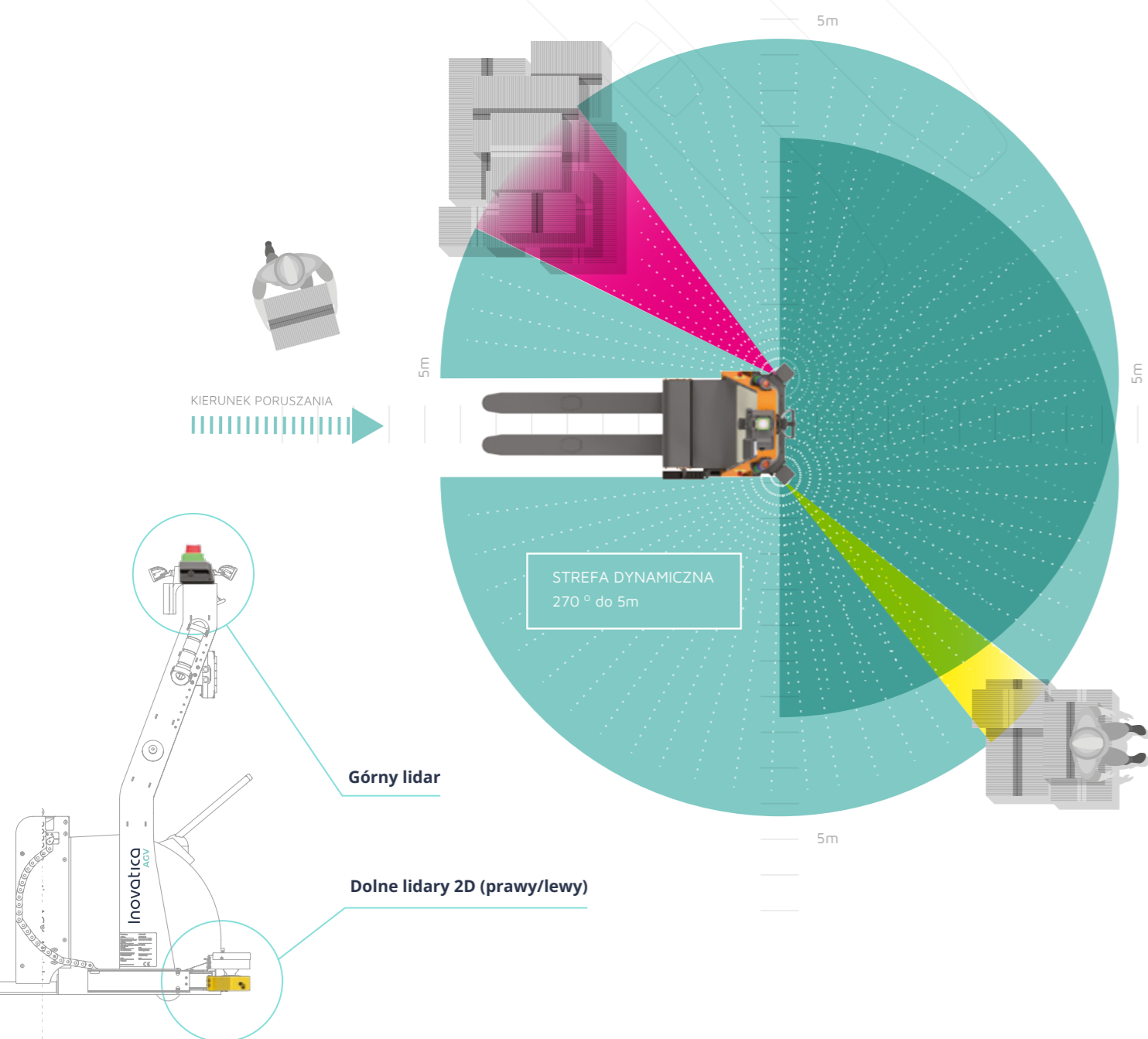


06.2 Strefy chronione

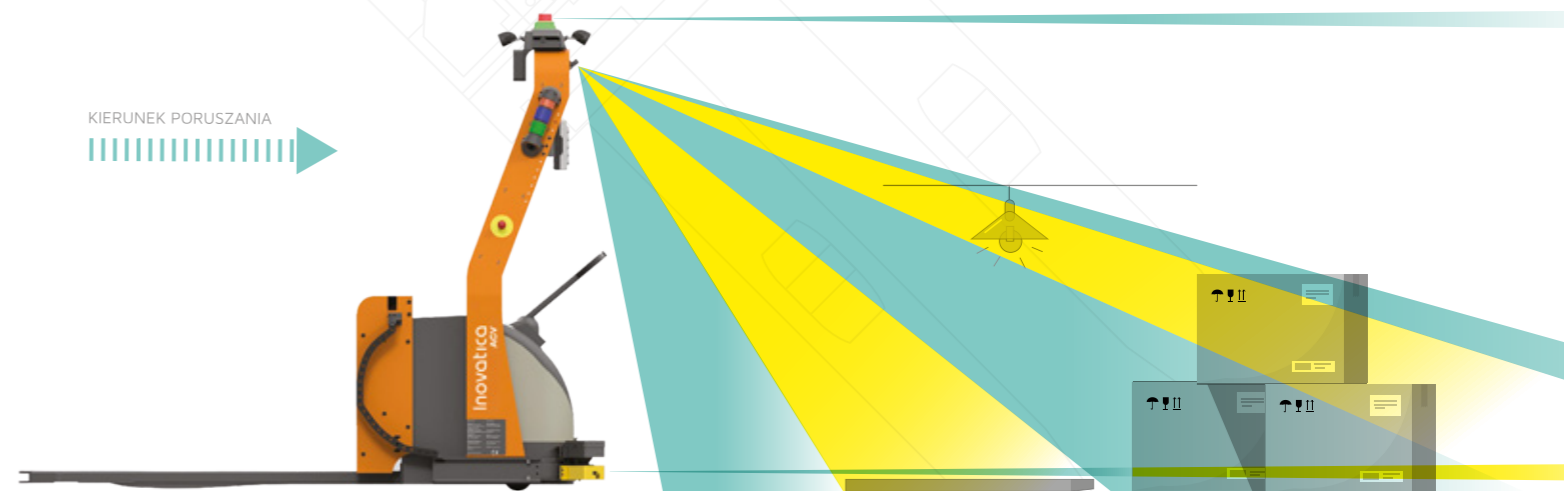
Czujniki przekazujące dane dla obu systemów bezpieczeństwa, pozwalają na ochronę przestrzeni pracy wózka w wielu strefach przestrzennych:

— Strefy skanowane przez laser 2D nad wózkiem na wysokości 2,2 m. System ma za zadanie wykrywać przeszkody znajdujące się w płaszczyźnie nad wózkiem np. zwisające z suwnicy łańcuchy.

— Strefy skanowane przez lasery 2D monitorują płaszczyznę na wysokości 5 cm powyżej podłoża. Obejmują strefę przed wózkiem w kierunku jazdy, a także obok wózka.

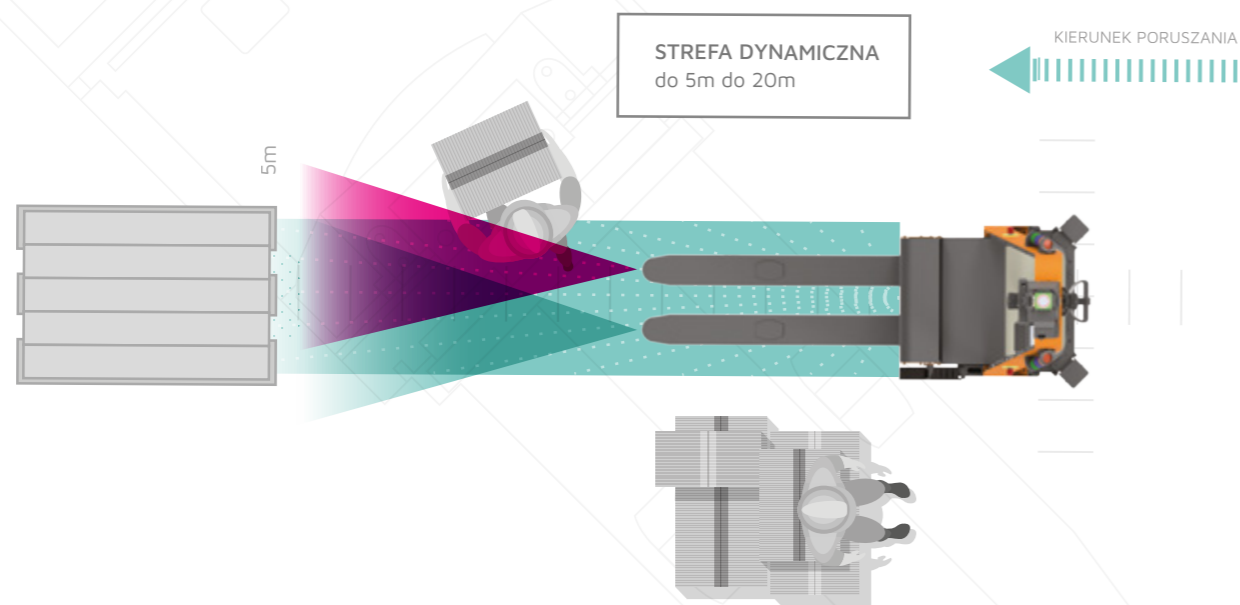


— Strefy skanowania 3D nadzorowane przez kamery 3D. Zainstalowane na wózku kamery 3D monitorują przestrzeń "martwą", która nie jest nadzorowana przez skanery 2D, przykładowo: wystający dyszel z boku, czy też widły innego wózka znajdującego się powyżej 8 cm od podłoża.



— Strefy przestrzenne 3D znajdujące się przed widłami. Umieszczone na szczycie widel czujniki wykorzystywane są przede wszystkim do nadzorowania stref bezpieczeństwa, które mogą być tymczasowo niewidoczne dla innych czujników. Stanowią one dodatkowe uzupełnienie mające na celu zwiększenie trójwymiarowych obszarów chronionych, zwłaszcza gdy wózek prowadzi manewry z paletami, które ograniczają widoczność pozostałym czujnikom.





06.3 Przyciski zatrzymania awaryjnego

Polecenie zatrzymania awaryjnego może być wydawane przez zestaw przycisków zatrzymania awaryjnego. Przyciski te są zamontowane na ramie/korpusie wózka. Dodatkowo przyciski zatrzymania można zamontować w ustalonych miejscach na hali. Naciśnięcie przycisku bezpieczeństwa uruchamia awaryjne hamowanie wózka.

Panele przycisków bezpieczeństwa, za pomocą których następuje zatrzymanie pracy wózka, zostały wykonane w formie obudów przemysłowych z umieszczonymi na nich przyciskami bezpieczeństwa, również w standardzie przemysłowym.

Możliwość zatrzymania pojazdu zdalnie za pomocą zewnętrznych przycisków zatrzymania.

Przyciski awaryjnego zatrzymania pojazdu z każdej strony wózka.

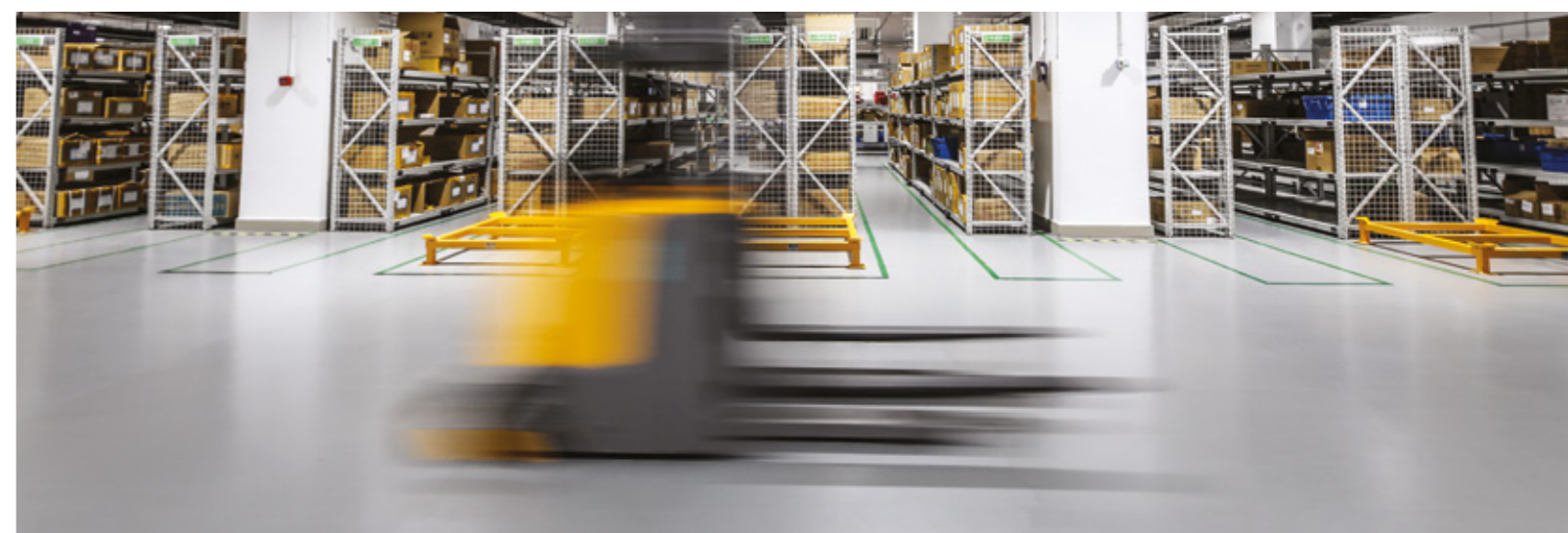
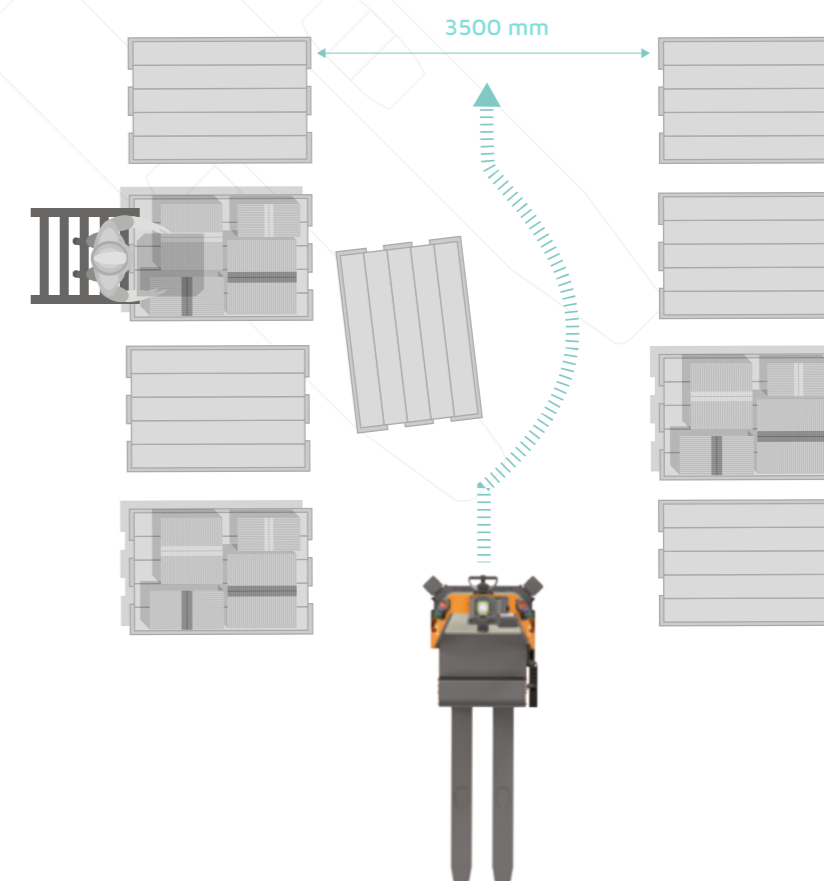


06.4 Omijanie przeszkód

Wózki Inovatica AGV poruszają się po wcześniej zdefiniowanych trasach. Dodatkowo segmenty trasy mogą być oznaczone przez operatora w systemie jako takie, na których autonomiczny wózek może dokonać omijania przeszkody. Segment trasy, na której możliwe jest omijanie, nie może być węższy niż 3,5 m. Po dokonaniu manewru omijania przeszkody wózek wraca na swoją wcześniej zaplanowaną trasę.

Pojazdy Inovatica AGV, które na swojej trasie wykryją przeszkodę realizują następujący scenariusz:

1. Zmniejszenie prędkości.
2. Zatrzymanie jeśli przeszkoda nie została usunięta.
3. Komunikacja świetlnodźwiękowa wzywająca do usunięcia przeszkody.
4. Ominięcie przeszkody jeśli trasie został nadany taki atrybut umożliwiający omijanie.
5. Kontynuowanie poruszania się po dalej wyznaczonej trasie.



07 Wdrożenie pojazdów Inovatica AGV

Zarządzanie pracą wózka AGV

Wózek AGV podczas realizacji zadań korzysta z przygotowanej podczas wdrożenia mapy obiektu. Zawiera ona wszystkie udostępnione dla wózka miejsca pobierania i odkładania palet, ścieżki do poruszania się, miejsca postojowe, miejsca do ładowania/akumulatorownie.

Praca autonomiczna

Operatorzy odpowiedzialni na hali za pojazdy AGV powinni na wstępie przejść szkolenie w zakresie bezpiecznej współpracy człowieka z robotem oraz obsługi poszczególnych funkcjonalności. Dopiero wyposażeni w odpowiednią wiedzę mogą przystąpić do zlecenia robotowi zadań. Operator ma możliwość m.in.:

— Wyznaczania tras przejazdu dla wózka.

— Optymalizacji i korygowania już wprowadzonych tras.

— Wskazywania miejsc odbioru i odkładania palet.

— Określenia miejsc postojowych, ładowania akumulatora i innych.

— Definiowania zadań jakie ma wykonać wózek i łączenia ich w schematy.



07.1 Przygotowanie mapy otoczenia pracy wózka

Autonomiczny wózek Inovatica AGV pozycjonuje się na wcześniej przygotowanej mapie otoczenia pracy wózka. Mapa ta jest generowana w procesie tzw. mapowania czyli przejazdu w trybie manualnym w włączonym trybem mapowania w otoczeniu pracy wózka. Już jednokrotny przejazd jest wystarczający, aby wózek zebrał skany otoczenia i na podstawie tych skanów stworzył wirtualną mapę otoczenia, stanowiącą bazę do przyszłego pozycjonowania w przestrzeni hali.



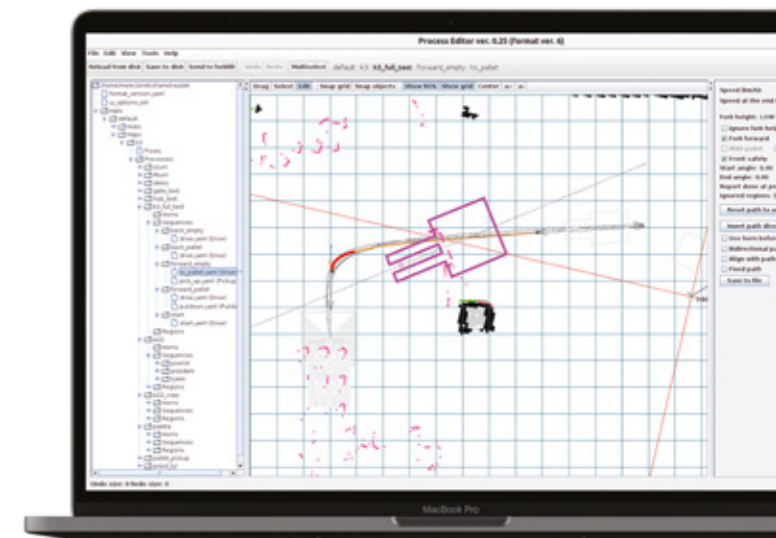
07.2 Definiowanie ścieżek poruszania się wózka

W kolejnym kroku operator definiuje ścieżki poruszania się autonomicznego wózka widłowego. Ścieżki te mogą być zostać wyznaczone na dwa sposoby:

— Przejazd wózka w trybie manualnym w trybie nagrywania ścieżek. Wówczas ścieżki przejazdów wózka tworzone są na podstawie śladów wózka, które to znajdują swoje odwzorowanie w formie cyfrowej w oprogramowaniu do zarządzania flotą wózków. Nagrane ścieżki mogą być dalej edytowane w oprogramowaniu do definiowania procesów.

— Rysowanie ścieżek na mapie w oprogramowaniu do definiowania procesów. Rysowanie tych ścieżek przypomina tworzenie krzywych w popularnych programach graficznych.

Definiowanie ścieżek jest wykonywane w oprogramowaniu do definiowania procesów dostarczanych wraz z systemem wózków Inovatica AGV.



07.3 Definiowanie atrybutów ścieżek

W kolejny kroku operator przypisuje odpowiednie atrybuty poruszania się do wcześniej zdefiniowanych ścieżek tj.:

- szybkość poruszania się na danej ścieżce
- dopuszczalność omińnięcia na danej ścieżce
- jednokierunkowość/dwukierunkowość
- wysokość widel podczas jazdy ścieżką

07.4 Definiowanie punktów procesowych

W kolejnym kroku operator wyznacza tzw.: punkty procesowe na mapie, czyli punkty niezbędne w kontekście zdefiniowana procesu intralogistycznego tj. miejsca:

- odkładania palet
- podbierania palet
- ładowania baterii
- parkingowego
- miejsca startowego wózka
- przyciski zatrzymania awaryjnego

07.5 Definiowanie procesu intralogistycznego

Na bazie wcześniej wyznaczonych elementów operator przystępuje do definiowania procesu intralogistycznego tworząc zadania przewozowe, a następnie układając je w sekwencję (możliwie zapętłając), dodając logikę odpowiednich wyzwalaczy danego procesu.

Oprogramowaniu do definiowania procesów dostarczane wraz z systemem wózków Inovatica AGV pozwala na tworzenie zadań od najprostszycy czynności do skomplikowanych procesów np.:

- Definiowanie zadań np. pobranie palet z magazynu i transport ich w określone miejsce części produkcyjnej zakładu.
- Łączenie prostszych zadań w złożone sekwencje jakie ma realizować robot np. *zawieź paletę z pkt. A do pkt. B, a następnie udaj się po paletę do foliarki w pkt. C i odstaw ją do magazynu D.*

Dodatkowo oprogramowanie pozwala definiować priorytety procesów, a także strategie współpracy wielu wózków, o których mowa w sekcji o systemie zarządzania flotą wózków (*System zarządzania pojazdami Inovatica AGV (system nadzórny)*).

08 Wymiana baterii

Wózek nadzoruje poziom naładowania baterii. W przypadku niskiego stanu wymagającego wymiany baterii, wózek w pierwszej kolejności odstawia ewentualnie przewożony ładunek. Następnie zjeżdża na wyznaczone pole wymiany baterii lub do akumulatorowni.

Wymiana baterii polega na wyciągnięciu rozładowanej baterii z wózka na stół rolkowy, następnie odpięciu za pomocą przedłużki naładowanego akumulatora, przesunięciu wózka pod slot stołu z naładowaną baterią oraz umieszczeniu jej w komorze wózka. Ostatnią czynnością jest odpięcie przedłużki oraz wpięcie naładowanej baterii do gniazda wózka. Rozładowaną baterię należy podłączyć do ładowania za pomocą dostarczonego w zestawie prostownika.

Czas pracy na dostarczanej baterii jest przewidywany na 8h ciągłej pracy i zależy od prędkości jazdy, ilości manewrów, ciężaru ładunków. Czas ładowania baterii przewidywany jest na ok. 3-4h.

09 Co jest potrzebne do wdrożenia autonomicznego wózka widłowego?

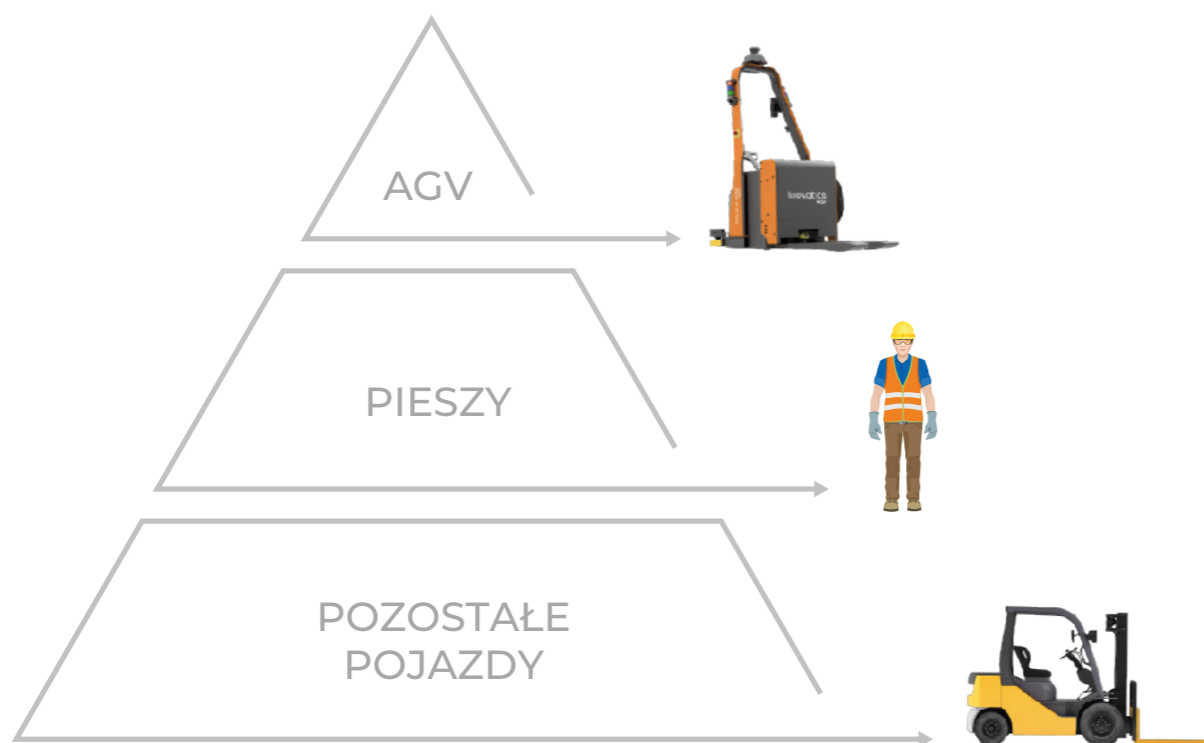
Wdrożenie autonomicznego wózka widłowego wymaga od klienta odpowiedniego przygotowania, niezbędne są:

- Ustalenie jakie procesy transportu wewnętrznego chcemy powierzyć obsłudze przez wózki AGV. Powinny one być powtarzalne, przewidywalne, pozwalając się ująć w schemat, który zostanie potem odwzorowany jako lista zadań dla robota.
- Udostępnienie sieci WiFi lub 5G w obszarze pracy wózka. Dla poprawnej pracy wózka AGV wymagana jest komunikacja z elementami infrastruktury zewnętrznej m.in. zintegrowane czujniki na miejscach pobierania/odkładania palet oraz systemami bezpieczeństwa.
- Wydzielenia dedykowanych miejsc na hali:
 1. miejsce do ładowania i wymiany akumulatorów;
 2. minimum 1 pole startowe/postojowe dla każdego wózka AGV;
 3. wydzielenie tras przejazdu w bezpieczny dla otoczenia sposób.

10 Zasady eksploatacji autonomicznych wózków widłowych

10.1 Zasady pierwszeństwa przejazdu

Zasady ruchu w hali pozwalające na zachowanie jak największego bezpieczeństwa i efektywności zakładają pierwszeństwo AGV przed pieszymi i innymi pojazdami. Wynika to z dużego bufora bezpieczeństwa jaki towarzyszy pojazdom AGV, dla których każde, choćby potencjalne, ryzyko kolizji oznacza ograniczenie prędkości lub zatrzymanie. Ponadto wózki AGV poruszające się po ściśle określonych trasach mają o wiele bardziej ograniczone pole manewru w porównaniu do innych uczestników ruchu.



11 Budowa wózka

Autonomiczne wózki widłowe Inovatica AGV powstają na sprawdzonych konstrukcjach od renomowanych producentów. Dzięki temu klient ma pewność, że budowa wózka jest solidna, sprawdzona, a sam produkt będzie sprawny latami.

Proces produkcji wózków AGV polega na implementacji nowej technologii do już istniejącego urządzenia. Do tradycyjnego wózka montowana jest dedykowana rama, w której znajduje się elektronika odpowiedzialna za nawigację i komunikację. W dolnej obudowie zlokalizowane są skanery laserowe. Natomiast na przodzie wózka zamontowane są: szafa sterownicza zawierająca komputer pokładowy, system bezpieczeństwa, układ podtrzymania zasilania, urządzenia łączności sieciowej. Końcowy etap to wgranie odpowiedniego oprogramowania, które pozwala zmienić tradycyjny wózek w nowoczesny robot.



Światła sygnalizacyjne

Trzypozycyjne światła sygnalizacyjne z syreną dźwiękową informujące o aktualnym stanie wózka widłowego. Syreny mogą np.: informować o niskim poziomie naładowania akumulatora, stanie komunikacji bezprzewodowej, przeszkodzie na torze lub innych zdarzeniach i stanie technicznym pojazdu.

Przycisk bezpieczeństwa

Co najmniej dwa przyciski bezpieczeństwa, są umieszczone na ramie w celu awaryjnego zatrzymania pojazdu w razie niebezpieczeństwa, na przykład kolizji z innym przedmiotem lub zatrzymania wózka widłowego, zapobiegając jego przypadkowemu uruchomieniu. Wózek zawiera certyfikowany sterownik bezpieczeństwa, który pełni funkcję systemu bezpieczeństwa niezależnego od komputera pokładowego.

Inovatica
AGV

Kaseta sterownicza

Widły transportowe

Wózki Inovatica AGV mogą być wyposażone w widły standardowej długości lub wydłużone do transportu dwóch palet. Możliwe jest także wyposażenie wózka w widły do transportu towarów na roli.

Ekran dotykowy

Ekran z interfejsem użytkownika umożliwia sprawdzenie aktualnego stanu wózka i/lub wykonywanego zadania. Ponadto ekran dotykowy umożliwia wprowadzenie zmian w przydzielonych wózkowi zadaniach.

Lidary

Skanujące przestrzeń przed i po bokach wózka.



Lewy bok

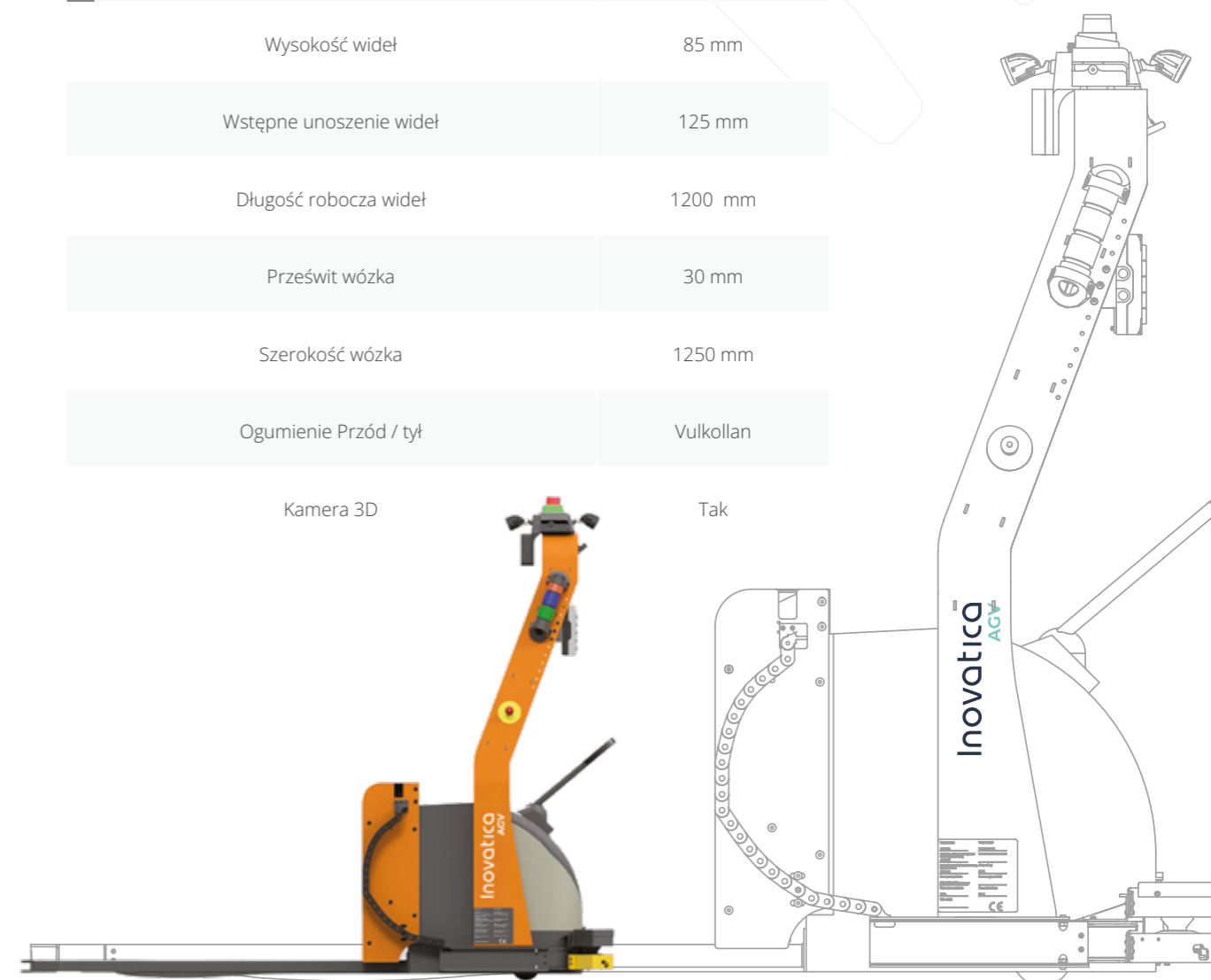
Tył

Prawy bok

Przód

11.1 Specyfikacja techniczna

Udźwig (przy środku ciężkości 600 mm nominalnie)	2000 kg	
Typ masztu	Rama	
Silnik	Elektryczny 4.0 kW	
Dostępne rodzaje widel	Widły proste (do palet, skrzyniopalet)	Dł. robocza w zakresie 95-240 cm
	Widły pryzmowe (do rol papieru itp.)	Śr. rol. 55-150 cm; Dł. robocza 125 cm
Wysokość widel	85 mm	
Wstępne unoszenie widel	125 mm	
Długość robocza widel	1200 mm	
Prześwit wózka	30 mm	
Szerokość wózka	1250 mm	
Ogumienie Przód / tył	Vulkollan	
Kamera 3D	Tak	



12 Najczęściej zadawane pytania (FAQ)

12.1 Nawigacja i sterowanie

12.1.1 Czy technologia wymaga instalacji jakichś lusterek/taśm magnetycznych w obszarze poruszania się wózka?

Nie. Autonomiczne wózki widłowe korzystające z laserowej nawigacji SLAM nie wymagają żadnych ingerencji w infrastrukturę aby poprawnie lokalizować się i nawigować w hali.

12.1.2 Jaka jest dokładność nawigacji laserowej w Inovatica AGV?

Dokładność nawigacji laserowej wynosi 5 cm i 5 stopni.

12.1.3 Czy nawigacja laserowa wymaga dodatkowych czynności serwisowych?

Tak. Czynności serwisowe polegają na przetrzaniu szkła obudowy laserów. Czyste osłony lidarów są wymagane do poprawnej i bezpiecznej pracy. Czynność jest ta przewidziana jeden raz na zmianę.

12.1.4 Czy nawigacja laserowa wymaga dodatkowego oświetlenia hali?

Nawigacja laserowa do poprawnej pracy nie wymaga światła widzialnego. Oznacza to, że wózek może pracować również w całkowitej ciemności.

12.1.5 Czy autonomiczne wózki widłowe można używać do załadunku i rozładunku naczep?

Aktualnie nie jest to możliwe z uwagi na zbyt mały obszar roboczy naczep czy skrzyń ładunkowych w autach dostawczych. Są to zbyt małe przestrzenie aby wózek AGV swobodnie w nich manewrował. Prowadzimy prace badawczo-rozwojowe, które w przyszłości pozwolą ominąć to ograniczenie.

12.2 Wymiana baterii

12.2.1 Jaki jest czas pracy wózka na 1 cyklu baterii?

8 godzin pracy, ale warto pamiętać, że wpływ na czas działania wózka mają m.in. ciężar transportowanych palet oraz pokonywane odległości. Rzeczywisty czas pracy baterii może być więc nieco krótszy.

12.2.2 Jak długo trwa ładowanie akumulatora?

Akumulatory kwasowe i żelowe ładują się do ok. 4 godzin i wymagają dużej ostrożności podczas obsługi. Niezbędne jest również zapewnienie pomieszczenia o odpowiednich wymiarach i cyrkulacji powietrza. Dodatkowo aby nie obniżyć sprawności baterii należy ją ładować dopiero gdy pozostało ok. 20% naładowania.

Akumulatory litowo-jonowe, choć droższe, mają sporo zalet. Ich czas ładowania to poniżej 2 godzin. Co ważne, podczas przechyty baterii nie grozi wyciek żadnej substancji, a bateria może być doładowywana niemal w dowolnej chwili.

12.2.3 Ile zajmuje proces wymiany baterii?

Przeszkolona w obsłudze wózka AGV, załoga hali wymienia akumulator w czasie 15 minut lub szybciej.



12.3 Jak szybko AGV są gotowe do pracy?

Jeśli jest przygotowana mapa i proces to wdrożenie wózka zajmuje kilkanaście minut. Przygotowanie mapy zależy od wielkości hali i trwa do kilku godzin. Natomiast przygotowanie procesu do kilku tygodni. Dlatego bezpośrednie wdrożenie poprzedza analiza przedwdrożeniowa, podczas której wspólnie z klientem planujemy jakie procesy powinny zostać powierzone wózkom AGV, gdzie będą ich miejsca postoju, ładowania, trasy przejazdów etc.

12.4 Bezpieczeństwo

12.4.1 Czy system bezpieczeństwa wykrywa obiekty położone na podłożu poniżej 5 cm np.: widły innych wózków?

Tak, system bezpieczeństwa wykrywa takie obiekty, gdzie szczególnym przypadkiem są widły innych wózków.

12.5 Procesy intralogistyczne

12.5.1 Co się dzieje w sytuacji, gdy autonomiczny wózek nie ma zadań transportowych?

Wówczas autonomiczny wózek zjeżdża na parking w oczekiwaniu na kolejne zadania.

12.5.2 Co dzieje w sytuacji, gdy przesłano zadanie niewykonalne do autonomicznego wózka widłowego np. odłożenie palety w zajęтым gnieździe paletowym, tzn.: takim, w którym już została wcześniej odłożona paleta?

Zachowanie wózka zależy od przyjętej strategii postępowania, która jest ustalana na etapie analizy przedwdrożeniowej z klientem. W tej sytuacji przykładowo wózek może pojechać na miejsce parkingowe i sygnalizować niemożliwość wykonania danej misji włączając odpowiednią sygnalizację w kolumnie sygnalizacyjnej.

12.6 Łączność

12.6.1 Czy na całej hali jest wymagane pokrycie siecią WiFi?

Nie, nie ma takiej potrzeby. Do pracy wózka nie jest niezbędne pełne pokrycie siecią WiFi w całej przestrzeni roboczej wózka, natomiast jest to zalecane. Istotne jest, aby pokryć łącznością bezprzewodową obszar parkingowy wózka. Gdy wózek wykona wszystkie zaplanowane zadania jedzie na miejsce parkingowe i czeka na kolejne zadania, które są przesyłane do autonomicznego wózka drogą bezprzewodową.

12.7 Zwrot z inwestycji

12.7.1 Jaki jest przewidywany zwrot z inwestycji w autonomiczny wózek widłowy?

Przewidywany zwrot z inwestycji wynosi poniżej 24 miesięcy dla pracy trójzianowej biorąc pod uwagę średnią zarobków operatorów wózków widłowych na podstawie raportów placowych w Polsce.

12.8 Serwis

12.8.1 Czy po procesie uruchomienia AGV świadczony jest serwis utrzymaniowy pojazdu?

Tak. W ramach dodatkowej umowy świadczony jest serwis utrzymaniowy i pogwarancyjny, a także cykliczne przeglądy eksploatacyjne.



Słownik pojęć

Lidar/skaner laserowy

Nazwa lidar pochodzi od ang. Light Detection and Ranging i dobrze oddaje sposób działania urządzenia. Lidar oświetla otoczenie światłem lasera i na podstawie uzyskanego odbicia generuje dwuwymiarowy model tego co jest dookoła. Wyróżnikami lidarów są niezależność od warunków oświetlenia, duża precyzja rzędu nawet kilku centymetrów i malejące koszty produkcji. Czynniki, mające wpływ na ograniczenie sprawności lidarów to duże zadymienie lub zabrudzenie szklanej obudowy.

Nawigacja laserowa tzw. LGV (skrót od ang. laser-guided vehicles)

Aktualnie jest to najdokładniejsza nawigacja wewnątrzbudynkowa. Bazuje ona na wykorzystaniu lidarów, które zbierają i analizują odbite od otoczenia światło lasera, tworząc wirtualną mapę. Rozwiązanie to jest dokładniejsze i bardziej odporne na błędy pomiarowe niż nawigacje bazujące na czujnikach podczerwieni, żyroskopach czy kamerach analizujących obraz.

SIL2 (ang. Safety Integrity Level) i PL(d) (ang. (ang. Performance Level)

SIL (ang. Safety Integrity Level) to Poziom Nienaruszalności Bezpieczeństwa. Natomiast PL (ang. Performance Level) oznacza Poziom Zapewnienia Nienaruszalności.

Oba są parametrami określającymi poziom bezpieczeństwa maszyn w kontekście ich systemów sterowania. Poziomy SIL wyznaczane są dla układów bezpieczeństwa elektrycznych i elektronicznych, a poziomy PL stosuje się również do układów pneumatycznych, hydraulicznych i mechanicznych.

Kategoria SIL2 oznacza od ponad 100 do 1000-krotnej redukcję ryzyka wystąpienia sytuacji niebezpiecznej. Natomiast kategoria PL(d) oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji niebezpiecznej na godzinę wynoszące od 1/10 000 000 do 1/1 000 000. Ocenę ryzyk wystąpienia danej sytuacji niebezpiecznej i sposoby ich redukcji prowadzi się już na etapie projektowania pojazdów AGV.



Produkty **Inovatica** AGV

Autonomiczne wózki widłowe

Technologia autonomicznych pojazdów Inovatica AGV jest niezwykle elastyczna. Dzięki temu znajduje ona zastosowanie w wózkach widłowych dowolnego przeznaczenia. Poniżej modele, które już są opracowane i dostępne dla klientów.

	Inovatica AGV	Single
	Udźwig: 1900 kg	Ładowność: 1 paleta Napęd: elektryczny
	Inovatica AGV	Double
	Udźwig: 1900 kg	Ładowność: 2 palety Napęd: elektryczny
	Inovatica AGV	Specjalnego przeznaczenia
	Udźwig: 1900 kg	Ładowność: 1 rola Napęd: elektryczny



Inovatica

AGV

AUTONOMOUS
FORKLIFTS

Inovatica

AGV

Biuro

Email: agv@inovatica.pl

Tel: +48 422091890

Adres: Al. T. Kościuszki 80/82, 90-419 Łódź, Polska

Masz dodatkowe pytania? Skontaktuj się z nami, znajdziemy rozwiązanie.