

Mgr inż. Ivana Martinčević
Instytut Kolejnictwa

OGRANICZENIA WYSTĘPUJĄCE W MODERNIZACJI LINII I STACJI KOLEJOWYCH

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Ograniczenia związane z otoczeniem projektu
3. Ograniczenia związane z modernizacją układów torowych
4. Podsumowanie

STRESZCZENIE

Artykuł dotyczy ograniczeń występujących podczas modernizacji układów torowych. Liczba i charakter ograniczeń ma duży wpływ na docelowy koszt modernizacji i osiągnięte rezultaty. Pewną grupę ograniczeń można wyeliminować przez odpowiednie ukształtowanie przebiegu toru. W artykule opisano ograniczenia związane z otoczeniem projektu oraz bezpośrednio z modernizowanym układem torowym. Odpowiednio wykonany projekt, uwzględniający te ograniczenia, może dać największe korzyści w trakcie budowy, a następnie eksploatacji układów torowych i pozwala na racjonalne wykorzystanie dostępnych nakładów finansowych.

1. WSTĘP

W ostatnich latach spotyka się liczne prace modernizacyjne na polskich liniach kolejowych. Znaczny wzrost zakresu inwestycji tego typu jest głównie spowodowany możliwością współfinansowania ich ze środków Unii Europejskiej. Unia kładzie jednak duży nacisk na przeprowadzenie szczegółowych analiz wariantów modernizacji oraz na racjonalne wykorzystanie przekazywanych środków finansowych.

Przeprowadzenie modernizacji wynika zazwyczaj z chęci zwiększenia prędkości pociągów lub dostosowania układów torowych do zmieniającego się natężenia ruchu (zarówno wzrost, jak i spadek) lub rodzaju wykonywanych przewozów na danej linii. Jej celem powinno być osiągnięcie jak największych korzyści przy jednoczesnym, racjonalnym wykorzystaniu dostępnych nakładów finansowych. Korzyścią powinno być nie tylko zwiększenie prędkości, ale również osiągnięcie wymaganej przepustowości układów torowych i poprawa płynności ruchu.

Podczas przeprowadzania analiz technicznych wariantów modernizacji, można spotkać się z licznymi ograniczeniami. W przypadku projektów modernizacyjnych, podstawowym ograniczeniem jest koszt. Równie ważny jest także czas realizacji. Oprócz ograniczeń finansowych występują również ograniczenia techniczne. Uwzględnienie tych ograniczeń na etapie projektu jest niezwykle ważne, gdyż modernizacje poszczególnych linii kolejowych przeprowadza się na najbliższe kilkadziesiąt lat i jej efekt jest odczuwany przez zarządcę infrastruktury oraz pasażera przez dłuższy czas. Dlatego modernizacja musi uwzględniać nie tylko obecną sytuację, ale także plany na przyszłość.

Należy pamiętać, że układy torowe stanowią bazę dla branż i dlatego muszą być odpowiednio przeanalizowane i zaprojektowane w celu uniknięcia błędów również w innych branżach, aby uniknąć tzw. robót straconych. Tak określane są dodatkowe prace, które nie zostały przewidziane na etapie projektu i które generują dodatkowe nakłady finansowe podczas budowy.

2. OGRANICZENIA ZWIĄZANE Z OTOCZENIEM PROJEKTU

Przed rozpoczęciem modernizacji układów torowych, należy zwrócić uwagę na otoczenie projektu i związane z nim ograniczenia. Jest to szczególnie istotne w przypadku rozbudowy lub budowy układów torowych.

2.1. Warunki terenowe

Warunki terenowe w Polsce w większości wypadków sprzyjają budowie infrastruktury kolejowej, jednak istnieją obszary, na których budowa nowych lub przebudowa istniejących linii jest bardzo utrudniona. Przykładem może być Pomorska Kolej Metropolitalna. Planowana linia przebiega przez tereny morenowe, które charakteryzują się znacznymi różnicami wysokości. Miejscami linia przebiega w nasypach / przekopach o wysokości / głębokości nawet do 9 m. Roboty ziemne w takich projektach są prowadzone na dużą skalę, w związku z tym ich koszty mogą osiągać, tak jak w przypadku Pomorskiej Kolei Metropolitalnej do 40% kosztów wszystkich branż kolejowych. Przy takim ukształtowaniu terenu jest ważne znalezienie odpowiedniego miejsca na budowę równi stacyjnej. Podczas poszukiwania w miarę dogodnych warunków terenowych, należy pamiętać o zachowaniu odpowiednich odległości pomiędzy posterunkami.

Ograniczenia pojawiają się często także przy modernizacji układów torowych w obrębie dużych aglomeracji. Zazwyczaj są to rejony mocno zurbanizowane, dlatego należy:

- ograniczyć przebudowę istniejących dużych obiektów inżynierskich, najczęściej są to wiadukty drogowe przebiegające nad całym układem stacji, jak np. na stacjach Kutno lub Łowicz,
- uwzględnić ograniczenia w postaci istniejących murów oporowych, np. okolice stacji Gdańsk Wrzeszcz lub stacji Katowice,

- odpowiednio zaprojektować bezkolizyjne przejścia torów, których budowa jest związana z koniecznością zajęcia dużego terenu w celu zbudowania przejścia dwupoziomowego o odpowiednim pochyleniu nad istniejącymi torami; w takich przypadkach zaprojektowanie odpowiedniego przebiegu toru pozwoli zmniejszyć niezbędny obszar terenu, który jest wymagany pod budowę.

2.2. Elementy obcej infrastruktury

Do elementów obcej infrastruktury zaliczamy wszelkie instalacje, zarówno infrastruktury podziemnej, jak i nadziemnej, które nie są bezpośrednio związane z branżą kolejową. Ze względu na ograniczenia terenowe, podczas modernizacji nie da się uniknąć pewnych kolizji – zazwyczaj z istniejącą infrastrukturą kolejową, która także jest modernizowana i w związku z tym nie jest to większym, dodatkowym kosztem. Przy projektowaniu nowych układów torowych, najczęstszym problemem są kolizje z liniami energetycznymi średniego i wysokiego napięcia. Odpowiednie ukształtowanie przebiegu toru pozwala na uniknięcie kosztów przebudowy liczonych w milionach złotych. Niekiedy wręcz warto wykorzystać przebieg linii wysokiego napięcia i równolegle do niej poprowadzić tory. Zazwyczaj wzdłuż takiej linii istnieje szeroki pas terenu, który nie może być wykorzystany do innych celów, np. do zabudowy mieszkaniowej, jest więc odpowiednio tańszy. Przy projektowaniu należy zachować wymagane odległości bezpieczeństwa.

2.3. Warunki środowiskowe

Znaczna liczba ograniczeń w czasie modernizacji dotyczy środowiska. Liczbę tych ograniczeń rzadko udaje się zmniejszyć, szczególnie w wypadku modernizacji istniejących linii, na przebieg których nie mamy większego wpływu. W tej sytuacji normy środowiskowe dokładnie precyzują i wymagają od projektantów stosowania pewnych rozwiązań niezależnie od kosztów, np. budowy płytkich rowów odwadniających ze względu na przejścia dla płazów, suchych pól na obiektach inżynieryjnych, urządzeń do odstraszenia zwierząt (UOZ), które mają przeciwdziałać migracji dużych zwierząt przez tory kolejowe bezpośrednio przed przejazdem pociągu itd.

Odpowiednie ukształtowanie nowych układów torowych podczas projektowania, może przyczynić się do zmniejszenia liczby takich rozwiązań, a w szczególności, np. zmniejszenia długości ekranów akustycznych, które są bardzo kosztownymi rozwiązaniami.

2.4. Dostępny obszar kolejowy

Częstym kryterium stawianym projektantowi nowych układów przez inwestora są granice terenu kolejowego. Dzięki temu unika się dodatkowych kosztów oraz procedur związanych z pozyskaniem gruntów, co przy napiętych terminach realizacji projektów

unijnych oraz niewystarczających zasobach finansowych, wydaje się jedynym słusznym rozwiązaniem. W rzeczywistości jest to raczej błędne koło, gdyż z jednej strony modernizacja powinna przynieść jak najlepsze rezultaty, z drugiej zaś istnieje konieczność eliminacji zbędnego ryzyka w projekcie, w tym najważniejszego – opóźnienia w realizacji.

Należy dokładnie przeanalizować stosunek kosztów do zysków, co jest niezwykle trudnym zadaniem, gdyż zyskiem jest zazwyczaj czas. Przykładem może być stacja Koło na linii Warszawa Zachodnia – Kunowice. Na stacji w torze głównym zasadniczym od strony Warszawy występuje łuk o małym promieniu, na którym ograniczenie prędkości wynosi 100 km/h. Jego przebudowa do prędkości 160 km/h, do której linia jest docelowo modernizowana, powodowałaby konieczność wykupu gruntów wraz z zabudową oraz zapłaty odszkodowań dla mieszkańców. Odpowiednim rozwiązaniem okazało się zwiększenie prędkości jedynie do 120 km/h, gdyż w tym przypadku przebudowa mieści się w granicach terenów kolejowych. Poprawi to warunki eksploatacji bez nadmiernych kosztów związanych z pozyskaniem gruntów oraz ryzyka opóźnień w realizacji.

3. OGRANICZENIA ZWIĄZANE Z MODERNIZACJĄ UKŁADÓW TOROWYCH

Po rozpatrzeniu ograniczeń związanych z otoczeniem projektu, następnym krokiem jest uwzględnienie ograniczeń na modernizowanych układach torowych.

Aby dobrze określić liczbę i funkcję poszczególnych torów na posterunku ruchu, w pierwszej kolejności należy globalnie spojrzeć na dany posterunek, tzn. określić jego funkcję oraz lokalizację w stosunku do sąsiednich posterunków. Oprócz funkcji handlowych, posterunki spełniają dwie najważniejsze funkcje techniczno-ruchowe:

- 1) możliwość wyprzedzania pociągów,
- 2) możliwość zmiany toru szlakowego.

Przypisanie odpowiedniej funkcji odbywa się na etapie analiz ruchowo-przewozowych w studium wykonalności.

Ważne jest również właściwe, w stosunku do obciążenia i struktury ruchu, rozmieszczenie posterunków ruchu, dzięki któremu uzyskujemy wymaganą przepustowość linii. Podczas przeprowadzania analizy rozmieszczenia i zagęszczenia posterunków należy pamiętać, że:

- w obszarze ciężenia dużych aglomeracji, zagęszczenie posterunków musi być większe, gdyż występuje większe zapotrzebowanie na wyprzedzanie i zmiany torów,
- przy zwiększaniu prędkości pociągów pasażerskich, wzrasta zapotrzebowanie na wyprzedzanie pociągów wolniejszych przez szybsze,
- istotne jest zachowanie równowagi pomiędzy możliwościami wyprzedzania a możliwościami zmiany toru szlakowego.

Następnym zagadnieniem jest określenie odpowiedniej liczby torów i przypisanie im funkcji. Podczas pierwszych modernizacji często dochodziło do:

- likwidowania stacji i ich przebudowy na przystanki osobowe, np. na linii E20 między Koninem a Wrześnią na przystanki przekształcono pięć stacji: Spłatwie, Słupca, Wólka, Otoczna, Gutowo Wielkopolskie,
- przekształcania stacji jedynie w posterunki odgałęźne w postaci przejścia trapezowego, które umożliwia jedynie zmianę toru, np. podczas zamknięć toru; przykładem tego może być stacja Radziwiłłów Mazowiecki na linii Warszawa Centralna – Katowice przekształcona na posterunek odgałęźny,
- pozostawiania niewystarczającej liczby torów dodatkowych spowodowane chęcią ograniczenia kosztów modernizacji stacji, a w efekcie kosztów utrzymania tych torów.

Głównym negatywnym skutkiem takich działań było wydłużanie długości szlaków. Doświadczenia pierwszych prac modernizacyjnych wykazały, że modernizacja infrastruktury nie idzie równolegle z modernizacją taboru, szczególnie taboru do ruchu towarowego oraz z możliwością całkowitej separacji ruchu pociągów szybkich od pociągów regionalnych i towarowych. Skutkiem takich działań była mała elastyczność prowadzenia ruchu pociągów i problemy z wymijaniem pociągów wolniejszych przez pociągi szybsze.

Szczegółnej analizie powinno się poddać zakres likwidowanej, teoretycznie zbędnej infrastruktury. Na tym etapie, mogą być pomocne zasady wymiarowania układów torowych na liniach kolejowych, zawarte w standardach technicznych [6]. Przedstawiono w nich kilkanaście typów linii, dla których określono wymagania dotyczące odpowiedniego rozmieszczenia posterunków oraz niezbędnej liczby torów głównych dodatkowych na stacjach.

Podczas modernizacji układów torowych jest ważne odpowiednie zaprojektowanie układu geometrycznego torów, w szczególności torów głównych zasadniczych, pod względem przystosowania ich do projektowanej prędkości. Mogą w tym pomóc programy służące do optymalizacji układów geometrycznych, np. program DIMO. Pozwala on na dobór odpowiednich krzywizn toru i odpowiednich parametrów kinematycznych. Dodatkowo, dla międzytorza torów, po których będzie się odbywał ruch z prędkością mniejszą niż 140 km/h, należy sprawdzić, czy jest na nim zlokalizowany peron. Jeżeli tak, to układ należy przebudować, przenosząc perony na zewnętrzne krawędzie tych torów.

Ze względu na wymaganą znaczną szerokość peronów wyspowych, przebudowa zazwyczaj wiąże się z koniecznością likwidacji najbliższych torów dodatkowych. Należy w tym przypadku przeanalizować, czy pozostająca liczba torów jest wystarczająca. Jeżeli nie, a dysponujemy zbędną infrastrukturą torów bocznych, rozwiązaniem może być zaadaptowanie potrzebnej liczby torów bocznych i przekwalifikowanie ich na tory dodatkowe. Przy projektowaniu nowych peronów, należy zapewnić w miarę potrzeb i możliwości dwie czynne krawędzie peronowe. Jest to niezwykle istotne na liniach z ruchem regionalnym, gdyż umożliwia wyprzedzanie takich pociągów.

Następnym etapem projektowania układów torowych jest ustalenie wymaganych długości torów. Podczas modernizacji układów torowych na posterunkach ruchu, najczęściej przebudowuje się głowice rozjazdowe. Istniejące rozjazdy zastępuje się rozjazdami dopuszczającymi większe prędkości jazdy na kierunek zwrotny, a więc rozjazdami dłuższymi. W związku z tym, długości użyteczne ulegają skróceniu, dlatego przy projektowaniu układów torowych należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie wymaganych długości użytecznych torów, które określa się w zależności od długości pociągu, który będzie poruszał się po danej linii.

Długości dla poszczególnych kategorii linii zostały określone w TSI dla podsystemu „Infrastruktura” kolei konwencjonalnych. Dla ruchu towarowego i mieszanego długości są takie same i różni je wyłącznie kategoria linii. Odrębne długości dotyczą linii wyłącznie z ruchem pasażerskim. Długości pociągów w zależności od rodzaju ruchu i typu linii TEN zawarto w tablicy 1.

Tablica 1

**Długości pociągów według TSI dla podsystemu „Infrastruktura”
kolei konwencjonalnych**

Typ linii TEN	Długość pociągu [m]	
	Ruch pasażerski	Ruch towarowy i mieszany
Nowa podstawowa linia	400	750
Zmodernizowana podstawowa linia	300	600
Nowa inna linia	300	500
Zmodernizowana inna linia	250	

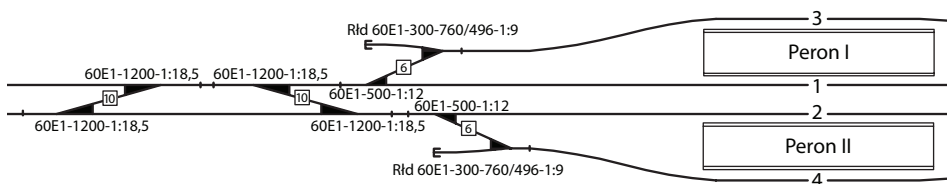
Należy pamiętać o tym, że przy ustalaniu długości torów, operuje się długościami rzeczywistymi torów, które muszą być większe od długości użytecznej i uwzględniać:

- drogę ochronną za semaforem wyjazdowym lub drogowskazowym o długości 100 m w torach o prędkości wjazdu i wyjazdu > 40 km/h i 50 m dla prędkości ≤ 40 km/h lub o długości 15 m w przypadku tarcz manewrowych,
- odcinek izolowany (10 m od ukresu rozjazdu),
- niedokładne zatrzymanie pociągu przez maszynistę (10 lub 15 m).

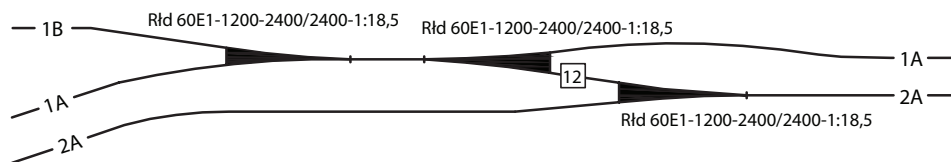
Podczas modernizacji układów torowych, należy także zwrócić uwagę na dobór odpowiedniego typu rozjazdów i ich rozmieszczenie. Przyjmuje się, że dobór typu rozjazdu zależy od prędkości poruszania się pociągów po danym torze. Właściwe jest zastosowanie rozjazdów o prędkości jazdy na kierunek zwrotny równej co najmniej połowie prędkości obowiązującej dla danego toru, np. dla prędkości 160 km/h rozjazdów typu 760-1:14. W Polsce w torach głównych zasadniczych nadal powszechnie stosuje się rozjazdy typu 300-1:9 z prędkością 40 km/h na kierunek zwrotny. Rozjazdy tego typu są przeznaczone dla linii o przeważającym ruchu towarowym o niewielkiej prędkości maksymalnej. Dlatego modernizacja układów torowych musi uwzględniać nowe warunki eksploatacyjne, w tym szczególnie rodzaj prowadzonego ruchu oraz wzrost prędkości.

Podczas wyboru typu rozjazdów należy również rozważyć zastosowanie rozjazdów łukowych. Powinny to być przypadki szczególne, jednak nie można ich za wszelką cenę unikać, gdyż zyski uzyskane z poprawy warunków prowadzenia pociągów mogą być większe niż przy zastosowaniu rozjazdów zwyczajnych. Dodatkowe koszty eksploatacji są głównie związane z koniecznością posiadania rezerwy awaryjnej, czyli zapasowych elementów dla konkretnego łukowego rozjazdu, aby w przypadku awarii była możliwa szybka wymiana zwrotnic i krzyżownic łukowych. W szczególności powinny mieć zastosowanie w:

1. Miejscach, w których występują trudne warunki geometryczne projektowania układów torowych. Nie jest wskazane sztuczne projektowanie wstawek prostych lub stosowanie krótszych rozjazdów w miejscach, w których występują naturalne krzywizny toru. Problem występuje zwłaszcza podczas modernizacji głowic rozjazdowych w torach głównych zasadniczych na stacjach, w których często zastępuje się np. przejście trapezowe zbudowane z rozjazdów 300-1:9 rozjazdami typu 500-1:12. Głowica w tym wypadku znacznie się wydłuża, w związku z tym, często cały układ wchodzi na istniejący łuk tuż za / przed stacją. W tym przypadku idealnym rozwiązaniem są rozjazdy łukowe, które dostosowuje się do układu geometrycznego torów zasadniczych, co pozwala na ograniczenie kosztów.
2. Torach głównych dodatkowych jako rozjazdy żeberkowe łukowane dwustronnie. Dzięki temu można zaprojektować lepszy układ geometryczny w torach dodatkowych, przy jednoczesnej oszczędności kosztów (rozjazd typu 500-1:12 jest droższy o około 40% od rozjazdu typu 300-1:9). Przykład takiego zastosowania przedstawia rysunek 1.
3. Odgałęzieniach w torach zasadniczych, w przypadku podobnego obciążenia przewozami obu torów. W tym wypadku możemy stosować w szczególności łukowany symetrycznie rozjazd 1200-1:18,5 (rys. 2), który pozwoli na przejazd w dwóch kierunkach z prędkością 120 km/h.



Rys. 1. Przykład zastosowania rozjazdu żeberkowego łukowanego dwustronnie. Liczby w kwadratach to prędkości na połączeniach torów [x 10 km/h]



Rys. 2. Przykład zastosowania rozjazdów łukowych symetrycznie. Liczba w kwadracie to prędkość na połączeniach torów [$\times 10$ km/h]

4. PODSUMOWANIE

Modernizacja układów torowych jest pojęciem złożonym i dotyczy wielu elementów. Jej celem jest wykonanie odpowiednich połączeń, które pozwolą na prawidłową eksploatację danej linii kolejowej przy jednoczesnym założeniu zwiększenia prędkości oraz polepszenia oferty przewozowej, w tym głównie skrócenia czasu jazdy. Proces modernizacji musi uwzględniać nie tylko obecną sytuację na linii, ale także uwzględniać przesłanki na przyszłość, gdyż modernizacje układów torowych wykonuje się zazwyczaj na kilkadziesiąt lat.

Projekt układów torowych powstaje przy licznych ograniczeniach. Rozpatrzenie tych ograniczeń jest nieodzowne i powinno doprowadzić do osiągnięcia zamierzonego celu przy jak najlepszym wykorzystaniu dostępnego terenu, istniejącej infrastruktury i z jak najmniejszym oddziaływaniem na środowisko naturalne. Dla każdego posterunku ruchu jest konieczne:

- odpowiednie rozmieszczenie posterunków,
- określenie wymaganej liczby torów, ich funkcji i długości,
- zaprojektowanie odpowiednich układów geometrycznych torów,
- określenie typów rozjazdów i odpowiednie rozmieszczenie przejść rozjazdowych.

Należy przy tym pamiętać także, aby osiągnięcie jak największych korzyści odbywało się przy jednoczesnym racjonalnym wykorzystaniu dostępnych środków, czyli uzyskaniu najlepszego stosunku korzyści do nakładów finansowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Decyzja 2011/275/UE Komisji z dnia 26 kwietnia 2011 r. dotycząca technicznej specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych. Dz.U. 126 z 14.5.2011, s. 53–120.
2. Massel A.: *Błędy w projektowaniu modernizacji dróg kolejowych*. Konferencja „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym. INFRASZYN 2009”, Zakopane, 22–24 kwietnia, 2009.

3. Massel A.: *Projektowanie linii kolejowych*. Warszawa, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, 2010.
4. Massel A.: *Rozmieszczenie połączeń rozjazdowych na modernizowanych liniach kolejowych*. IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w kolejnictwie”, 1–3 grudnia, 2010, Kraków.
5. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz.U. nr 151, poz. 987.
6. Standardy techniczne – szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości ≤ 200 km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom I. Droga szynowa. Praca CNTK nr 4336/12, 2009.