

# Prefabrykowane elementy betonowe w budownictwie rolniczym i infrastrukturze

*Dynamiczny wzrost inwestycji w sektorze infrastruktury miejskiej oraz modernizacja i rozwój gospodarstw rolnych były możliwe dzięki znacznemu wsparciu ze strony Unii Europejskiej.*

Taka sytuacja ma bezpośrednie przełożenie na zwiększone zamówienia w budownictwie, tzn. znacznie większą produkcję betonu towarowego oraz odbiór różnego rodzaju prefabrykatów. W opisach technicznych obiektów projektanci coraz częściej powołują się na normę PN-EN 206-1, uwzględniając warunki, w jakich konstrukcja będzie pracowała, stąd coraz częściej występują wyższe klasy betonu, w tym betony napowietrzane. Częściej niż przed laty stosuje się wieloskładnikowe zabezpieczenia powłokowe konstrukcji, po to aby w szczególnie niekorzystnym środowisku beton zabezpieczyć przed czynnikami korozyjnymi. W równie profesjonalny sposób chronione są połączenia elementów betonowych. W zależności od pracy konstrukcji wyróżniamy sztywne oraz pracujące, które w dalszej części będą szerzej omówione. Wszystkie działania mają na celu zwiększenie trwałości konstrukcji.

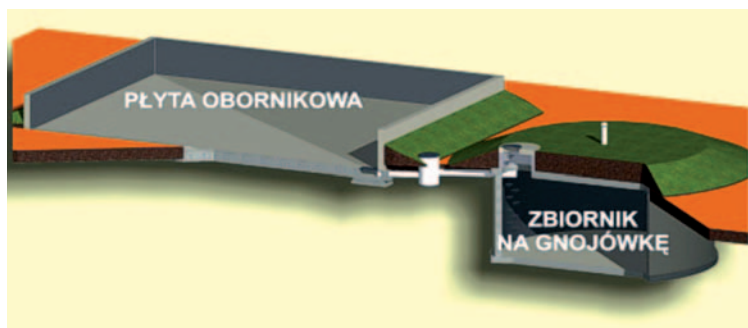
## Wymagania normowe i prawne

Do **24 października 2008 r.** wszystkie gospodarstwa specjalizujące się w chowie bydła mlecznego i opasowego oraz trzody chlewnej muszą być koniecznie wyposażone w zbiorniki na gnojówkę i gnojownicę oraz płyty obornikowe.

Zgodnie z ustawą z dnia 26.07.2000 roku (Dz. U. nr 89/2000) o nawozach i nawożeniu:

1. Nawozy naturalne w postaci stałej powinny być przechowywane w pomieszczeniach inwentarskich lub na nieprzepuszczalnych płytach, zabezpieczonych przed przenikaniem wycieków do gruntu oraz posiadających instalację odprowadzającą wyciek do szczelnych zbiorników.
2. Nawóz naturalny w postaci płynnej należy przechowywać wyłącznie w szczelnych zbiornikach o pojemności umożliwiającej gromadzenie co najmniej sześciomiesięcznej produkcji tego nawozu. Rolnicy utrzymujący zwierzęta gospodarskie zobowiązani są zgodnie z ww. ustawą do 25 października (na obszarach szczególnie narażonych do 1 maja) 2008 r. wyposażyć gospodarstwa w urządzenia do przechowywania nawozów naturalnych.

*Układ obiektów służących do przechowywania odpadów stałych i płynnych*



Aby zapewnić prawidłowe przechowywanie odchodów, muszą być zachowane określone warunki, jak:

- wymagana powierzchnia płyty i pojemność zbiornika, która zależy od wielkości stada, ilości ściółki oraz czasookresu składowania
- kształt i szczelność tych urządzeń: zbiorniki na gnojówkę i gnojownicę powinny mieć dno i ściany nieprzepuszczalne, natomiast płyty gnojowe powinny mieć nieprzepuszczalne dno i trójstronnie obudowane ściany, miejsca wokół zbiorników oraz płyty gnojowej muszą być utwardzone ze spadkiem w kierunku odpływu cieczy do kanału i zbiornika gnojówki lub na wodę gnojową.

Aby zapewnić prawidłowe przechowywanie odchodów, muszą być zachowane określone warunki, jak:

- wymagana powierzchnia płyty i pojemność zbiornika, która zależy od wielkości stada, ilości ściółki oraz czasookresu składowania
- kształt i szczelność tych urządzeń: zbiorniki na gnojówkę i gnojownicę powinny mieć dno i ściany nieprzepuszczalne, natomiast płyty gnojowe powinny mieć nieprzepuszczalne dno i trójstronnie obudowane ściany, miejsca wokół zbiorników oraz płyty gnojowej muszą być utwardzone ze spadkiem w kierunku odpływu cieczy do kanału i zbiornika gnojówki lub na wodę gnojową.

Wymagania normowe są określone normą betonową PN-EN 206-1. Najczęściej obiekty wbudowywane w infrastrukturę sieci kanalizacyjnych, melioracyjnych, oczyszczalni ścieków, separatory przy stacjach benzynowych i parkingach czy płyty gnojowe wraz ze zbiornikami na gnojownicę występują w następujących klasach ekspozycji:

- **XA 2** – w środowisku agresji chemicznej (głównie agresja amonowa i siarczanowa), dotyczy takich obiektów jak posadzki w obiektach inwentarskich, płyty pod obornik, silosy na kiszonki
- **XA 3** – w środowisku silnej agresji chemicznej, w takich obiektach jak zbiorniki gnojownicy, odchodów drobiowych, niektórych obiektów oczyszczalni ścieków i kanałów dolotowych do tych obiektów
- **XF 4** – w środowisku betonów narażonych na działania agresji mrozowej oraz poddawanych działaniu środków odładzających.

## Składniki betonu

W celu zapewnienia wysokich parametrów jakościowych produkowanych elementów producenci betonu stosują wyłącznie kruszywa frakcjonowane. Mieszanki żwirowo-piaskowe są z reguły bardzo niestabilne i stwarzają trudności w skomponowaniu właściwego stosu okrucowego. Natomiast uziarnienie mieszanki betonowej dobierane jest w zależności od przekroju betonowanych elementów oraz ilości zbrojenia.

Rodzaj cementu dobierany jest w zależności od warunków, w jakich będzie pracowała konstrukcja z rozgraniczeniem na beton towarowy i dla pre-

fabrykacji, gdzie niezbędny jest 24-godzinny cykl produkcyjny.

W celu poprawy urabialności mieszanki betonowej często stosowany jest popiół lotny, jednak dozowanie przeważnie nie przekracza poziomu  $40 \text{ kg/m}^3$ . Większy udział w mieszance betonowej przekłada się na znaczne spowolnienie narastania wczesnej wytrzymałości na ściskanie.

W sporadycznych przypadkach, kiedy projektant poszukuje dodatkowego doszczelnienia struktury betonu, stosuje się mikrokrzemionkę, a przede wszystkim polimerowe emulsje organiczne. Wymienione dodatki w sposób bardzo korzystny wpływają na cechy świeżej mieszanki, tj. stabilność, urabialność, łatwość zagęszczenia, oraz betonu stwardniałego, jednak z uwagi na wysoki koszt takiego rozwiązania są stosowane sporadycznie.

Bardzo istotnym elementem przy ustaleniu technologii wytwarzania i układania mieszanki betonowej jest dobranie właściwej domieszki lub kilku domieszek. W tej dziedzinie dzieje się bardzo dużo i bardzo często technolodzy nie nadążają z badaniami, porównywaniem coraz to nowszych produktów. Dlatego bardzo ważne jest stosowanie właściwych technik porównawczych oraz posiadanie niezbędnego zaplecza technicznego, aby móc wykonać badania we własnym zakresie i nie przerzucać ich na producenta, który często nie ma czasu na tego typu działania. Jednak postęp jest wyraźny i przekłada się na wiele płaszczyzn stosowania domieszek polimerowych:

- skrócenie czasu pełnego uaktywnienia domieszki (45 – 60 s)
- stabilne upłynnienie
- z uwagi na dużą ilość domieszek istnieje możliwość lepszego dopasowania domieszki do cementu i technologii produkcji betonu.

Pojawiają się też zupełnie nowe domieszki, które obok domieszek upłynniających coraz częściej są stosowane w różnych przedsięwzięciach budowlanych:

- domieszka redukująca skurcz betonu
- domieszka silnie odpowietrzająca mieszankę betonową, przeznaczoną dla betonów architektonicznych (eliminacja pęcherzyków powietrza z lica ściany).

### Przykłady realizacji nowoczesnych technologii

Przykładem wdrożenia szeregu nowych rozwiązań technologicznych już na etapie projektu jest firma **KON-BET Sp. z o.o.** z Konina, w której w ubiegłym roku rozpoczęto produkcję bezodpływowych, szczelnych zbiorników dla rolnictwa. Od czerwca ubiegłego roku zmontowano ok. 60 zbiorników. Projekt zakłada modułową budowę zbiornika. Minimalna pojemność wynosi  $25 \text{ m}^3$ , a dodanie kolejnego elementu zwiększa pojemność o  $12,5 \text{ m}^3$ , dostosowując wielkość do potrzeb gospodarstwa rolnego. Warunki, w jakich obiekt będzie pracował, czyli środowisko bogate w związki amonowe, siarczanowe oraz kwasy organiczne, wymuszają zakwalifikowanie betonu do klasy ekspozycji XA3 (środowisko chemicznie agresywne) wg tablicy 1 normy PN-EN 206-1. Wybór klasy ekspozycji narzuca konieczność spełnienia przez beton następujących parametrów: minimalna klasa wytrzymałości – C35/45, maksymalny stosunek w/c 0,45, mi-



fol. Archiwum

nimalna zawartość cementu –  $360 \text{ kg/m}^3$ , cement odporny na agresję chemiczną. Szczelność całego zbiornika głównie zależy od połączeń sąsiadujących ze sobą elementów ściennych. Stąd też zaprojektowano podwójne uszczelnienie połączenia, jedno wewnątrz elementu, w specjalnie skonstruowanym do tego celu zamku typu wpust + pióro, a drugie jako uszczelnienie powierzchniowe.

Jako materiały uszczelniające zaprojektowano wysokiej jakości systemy naszej firmy, które posiadają certyfikat Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie (IBMER).

Są to materiały przeznaczone do:

- uszczelnienia konstrukcji (zestaw uszczelniający AT/2004-14-0005)
- zaprawa cementowo-epoksydowa (AT/2004-14-0004)
- chemoodporny materiał powłokowy (AT/2004-14-0007)
- spoiwo epoksydowe o wysokiej odporności chemicznej i mechanicznej (AT/2004-14-0006)
- techniczna membrana izolacyjna (AT/2004-14-0003).

*Układanie poliuretanowej masy pęczniejącej*



fol. Archiwum

*Nakładanie poliuretanu*

Skęczone elementy zbiornika, wraz z wyciśniętym poliuretanem



fol. Archiwum



fol. Archiwum

Montaż płyt stropowych

Prawidłowe wykonanie uszczelnienia przebiegać powinno w trzech etapach:

Pierwszym etapem uszczelnienia jest wykonanie wewnętrznego uszczelnienia połączenia elementów.

Uszczelnienie wykonuje się w trakcie montowania elementów w specjalnie skonstruowanym do tego celu zamku o kształcie trójkątnym. Do uszczelnienia złącza stosuje się poliuretanowy kit pęczniący, który w kontakcie z wodą zwiększa swo-

Wykonywanie uszczelnienia z zastosowaniem taśm hypalonowych



fol. Archiwum

ją objętość 100% w ciągu 7 dni. Do wyciskania należy użyć trójkątnej końcówki w celu uzyskania kształtu wyciśniętego preparatu o boku trójkąta 15 mm. Uszczelniacz musi być ułożony w sposób ciągły (bez przerw) na całej długości ściany i dna. Podłoże musi być czyste i suche, co najwyżej matowo wilgotne.

Natomiast od strony zewnętrznej zastosowano inną odmianę kitu poliuretanowego, który charakteryzuje się odpornością na ścieki komunalne, płynną gnojowicę i liczne związki chemiczne. Dlatego w celu uproszczenia procesu montażu ograniczono liczbę stosowanych materiałów do tylko jednego produktu. W warunkach budowy zdecydowanie lepiej sprawdza się prostsza metoda – mniej sytuacji, w których można popełnić błąd. Poliuretan układany jest na całą wysokość „wpu-stu”, w związku z tym po skręceniu element w całości jest uszczelniony i zarazem sklejony.

Po skręceniu elementów zbiornika, gniazda, w których znajdują się śruby, należy starannie uzupełnić zaprawą typu PCC.

Jest to jednoskładnikowa zaprawa na bazie cementu z dodatkiem mikrokrzemionki, zbrojona włóknem syntetycznym, służąca do ręcznego wypełniania ubytków w betonie. Układa się ją na warstwie szczepnej. W celu przygotowania zaprawy do użytku należy wlać do naczynia odpowiednią ilość wody i ciągle mieszając dosypywać suchą zaprawę, aż do uzyskania jednorodnej masy o konsystencji gęstej śmietany. Następnie na beton zwilżony wodą do stanu matowo wilgotnego nakładać (wcierać) warstwę szcpeńną szczotką lub pędzlem. Na tak przygotowaną powierzchnię należy niezwłocznie, nie dopuszczając do przeschnięcia warstwy szcpeńnej (czyli tzw. metodą „mokre na mokre”), uzupełnić ubytek techniką „na wcisk” zaprawą.

Po związaniu przystępujemy do ułożenia membrany, która szczelnie i elastycznie będzie chroniła połączenie. Istotną sprawą jest dobór odpowiedniego systemu taśm uszczelniających. Zaleca się stosowanie sprawdzonych, wysokiej jakości taśm hypalonowych i odpowiednich klejów. Podstawowym zadaniem jest ochrona i uszczelnienie styku prefabrykatów, jednak największą zaletą takiego rozwiązania jest możliwość przenoszenia dużych ruchów podłoża w sytuacji ewentualnego nierównomiernego osiadania gruntu czy też podbudowy. W efekcie uzyskujemy szczelny zbiornik, którego konstrukcja pozwala na przejazd ciągnika z przyczepą. Na swoje zbiorniki firma udziela pięcioletniej gwarancji.

Przed zmontowaniem zbiornika powinna być przygotowana płyta obornikowa, która stanowi integralną część systemu. Wytyczne mieszanki betonowej są takie jak dla zbiorników prefabrykowanych, jednak w produkcji wykorzystywane są cementy z grupy CEM III, jedynie w okresie jesiennym CEM I. Czas prowadzenia pielęgnacji należy dostosować do rodzaju użytego cementu. Najprostszą metodą ochrony przed przesuszeniem konstrukcji jest zabezpieczenie powierzchni elementu środkiem błotnotwórczym na bazie emulsji mikrowoskowej. Takie rozwiązanie pozwala zabezpieczyć beton przed powstaniem rys skurczowych oraz pyleniem powierzchni betonu.



fot. Archiwum

Kolejnym przykładem dynamicznego wzrostu produkcji jest firma **PRECON POLSKA Sp. z o.o.**, która znacznie zwiększyła produkcję prefabrykatów dla sektora rolniczego, tj.:

- rusztów żelbetonowych
- zbiorników na gnojowicę
- silosów na kiszonki.

Wiodącą technologią na etapie produkcji mieszanki betonowej jest technologia betonu oparta na systemie domieszek ViscoCrete, wykazujących wymaganą kompatybilność ze stosowanymi przez producenta cementami typu CEM I i CEM II. Stosowanie domieszki tej generacji umożliwiło wykonywanie elementów na najwyższym poziomie jakościowym oraz zdecydowanie usprawniło proces produkcyjny. Z uwagi na bardzo duże odbiory elementów należało opracować technologię produkcji, która bez wprowadzenia nagrzewu pozwala na dwukrotne formowanie elementu w ciągu doby, a czas od ułożenia mieszanki betonowej do rozformowania nie mógł przekraczać 9 godzin.

Po przeprowadzeniu serii prób udało się osiągnąć następujące wyniki:

- Temperatura mieszanki betonowej: 23°C
  - Temperatura wewnątrz hali produkcyjnej: 20°C
- Wyniki uzyskane na podstawie badań przeprowadzonych na kostkach sześciennych 15\*15\*15 cm wykonanych z mieszanki betonowej pobranej z wężła betoniarskiego, dnia 06.05.2006 r. przedstawia tabela 1.

Stosowanie typowej domieszki przyspieszającej w warunkach letnich przyniosło wymierne ko-



fot. Archiwum

	WYTRZYMAŁOŚCI:
	po 7 godz
<b>WARIANT I:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cement: CEM I 52,5R</li> <li>• Domieszki: Sika ViscoCrete 20 Gold Addiment FS 1</li> </ul>	24,42 MPa; 24,28 MPa
<b>WARIANT II:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cement: CEM I 52,5R</li> <li>• Domieszka: Sika ViscoCrete 20 Gold</li> </ul>	7,53 MPa; 8,16MPa

Tab. 1. Wyniki uzyskane na podstawie badań przeprowadzonych na kostkach sześciennych 15\*15\*15 cm

Silos na kiszonki





Nowoczesna obora budowana z prefabrykatów

rzyści. Po pierwsze, podwojono produkcję prefabrykatów, dysponując taką samą ilością form, a z drugiej strony była to jedyna metoda, którą zaprobowali skandynawscy technolodzy, którzy nie wyrażali zgody na wprowadzanie niekontrolowanego nagrzewu.



Prefabrykowane ruszty w oborze

Firma nasza od kilku lat współpracuje z uznanym na rynku producentem żelbetowych rur przeciskowych i sprężonych ciśnieniowych **BETRAS Sp. z o.o. (Consolis Polska)**. Z uwagi na stale rosnące wymagania jakościowe wraz z producentem opracowaliśmy i wdrożyliśmy do produkcji rury o podwyższonej szczelności i odporności korozyjnej. Udało się to osiągnąć przy zastosowaniu cementu mieszanego CEM II B-S 52,5 N i poprzez połączenie klasycznej domieszki do betonów wibroprasowa-

Rury przeciskowe



nych z domieszką na bazie polimerowej emulsji organicznej. Poprzez wprowadzenie emulsji do betonu poprawiliśmy szereg parametrów:

- nastąpiła poprawa spoiwości i urabialności mieszanki betonowej
- lepsze zagęszczenie mieszanki w formie oraz
- struktura betonu została doszczelniona, w wyniku czego została obniżona nasiąkliwość, a tym samym wzrosła trwałość prefabrykatu.

Przykładem innego rozwiązania kolektora sanitarnego jest konstrukcja łupinowa. Cały odcinek liczący ponad 1000 m był wykonany z prefabrykatów wyprodukowanych w zakładzie **Pekabex Bet Sp. z o.o.** Mieszanka betonowa była skonstruowana w taki sposób, aby spełnić wymogi eksploatacyjne konstrukcji, natomiast jednym z warunków zamawiającego była powierzchnia pozbawiona kawern. Z uwagi na konieczność wysokiego upłynnienia mieszanki przy bardzo niskim w/c zastosowano domieszkę technologii ViscoCrete, która w połączeniu z cementem CEM I 52,5 R oraz dodatkiem popiołu lotnego pozwoliła uzyskać powierzchnię gładką i jednorodną kolorystycznie.

Innym, ważnym wyrobem w infrastrukturze kanalizacyjnej, m.in. parkingów, placów przetadunkowych paliw, są separatory. Wspólnie z dwoma zakładami prefabrykacji, **Fabet** oraz **Bewa**, współpracujemy nad uzyskaniem właściwych parametrów mieszanki betonowej oraz perfekcyjnej powierzchni elementu po rozformowaniu. Znacznym utrudnieniem jest zagęszczanie partiami od 1,2 m do ok. 2,4 m na wysokość. W tym celu wykorzystujemy specjalnie skonstruowaną domieszkę do betonów architektonicznych, która jest silnym reduktorem powietrza zawartego w świeżej mieszance betonowej. Ważnym składnikiem tego rozwiązania jest odpowiednio dobrana domieszka upłynniająca serii ViscoCrete, kompatybilna z cementem (w opisywanych zastosowaniach jest to cement CEM I 42,5 R), gwarantująca stabilne upłynnienie i dająca wysokie przyrosty wytrzymałości wczesnej. W najbliższym czasie będziemy testować nową generację domieszek polimerowych, które charakteryzują się jeszcze jedną dodatkową cechą, bardzo ważną dla wytwórni – jest to krótki czas uaktywnienia domieszki do 60 s. W efekcie uzyskujemy wzrost wydajności węża betoniarzkiego i obniżenie kosztów produkcji mieszanki betonowej.

Zakład **Wirbet SA** jest firmą z wieloletnim doświadczeniem w produkcji wirowanych żerdzi strunobetonowych. Nasza współpraca zaczęła się od modyfikacji mieszanki betonowej kompleksową domieszką plastyfikująco-opóźniającą oraz upłynniaczem serii ViscoCrete, doskonale współpracującymi z cementami CEM I 42,5 R. Taka kompozycja nie jest typowa dla zakładu prefabrykacji, ale z uwagi na specyficzne uwarunkowania w zakresie produkcji i podawania betonu była niezbędna. Jednak z momentem pojawienia się w ofercie nowych domieszek postanowiliśmy spróbować uprościć proces produkcyjny i ograniczyć się do stosowania jednej domieszki. Mieszankę musiała cechować wysoka stabilność z uwagi na dwukrotne pompowanie i przesyłanie rurociągiem na duże odległości. W związku z tym wymagany



Próbną montaż kolektora w hali produkcyjnej

fol. Archiwum

jest stosowny czas opóźnienia, a następnie szybki przyrost wytrzymałości, po to aby móc sprężyć  $t$  i rozformować element. Proces jest dosyć skomplikowany, a czasami wymaga zastosowania wzajemnie wykluczających się rozwiązań. Ostatecznie, po przeprowadzeniu kilku prób okazało się, że stosując nową domieszkę serii ViscoCrete, jesteśmy w stanie zoptymalizować proces produkcyjny. Po pierwsze, producent stosuje tylko jedną domieszkę. Po drugie, świeża mieszanka betonowa ma właściwą urabialność i opóźnienie. Po trzecie, beton uzyskuje wysokie wczesne wytrzymałości i, po czwarte, z uwagą na krótszy czas mieszania – 60 s – uzyskujemy oszczędność energii i wzrost wydajności z węzła betoniarskiego. Na dodatek w znaczny sposób udało się obniżyć koszty domieszki w  $1\text{m}^3$  betonu.

#### Podsumowanie

W ciągu ostatnich lat, a w szczególności od ubiegłego roku, obserwujemy bardzo silny wzrost produkcji prefabrykowanych elementów betonowych przeznaczonych do budowy elementów infrastruktury wsi i miast. Beton w tym przypadku okazuje się idealnym materiałem konstrukcyjnym, a stosowanie elementów prefabrykowanych przy dostępności trwałych systemów uszczelnień zapewnia wystarczającą dłu-

gotwość eksploatacji obiektów oraz ekonomiczną, nowoczesną konstrukcję prefabrykatów.

Z tego co możemy zaobserwować, stosowanie coraz nowocześniejszych rozwiązań często wiąże się z uproszczeniem procesu produkcyjnego. To z kolei przekłada się na mniejszą ilość błędów popełnianych na etapie wykonawstwa. Firma nasza jest często partnerem w dokonywaniu zmian w procesie produkcyjnym, proponując nowoczesne rozwiązania oraz doradztwo techniczne.

Stosowanie z kolei mieszanych cementów z udziałem żużla wielkopiecowego (np. cementy CEM II B-S, które są w powszechnym stosowaniu w zakładach prefabrykacji), dodatku popiołu lotnego pozwala nam uzyskiwać betony o wysokiej odporności strukturalnej, a zatem bez konieczności lub w zmniejszonym zakresie stosowania drogich powłok ochronnych.

Polska obecnie korzysta w sposób bardzo intensywny z europejskich funduszy pomocowych przeznaczonych dla inwestycji infrastrukturalnych, co jest gwarancją dalszego silnego rozwoju prefabrykacji betonowej przeznaczonej dla obiektów infrastruktury wsi i miast.

**mgr inż. Przemysław Grabarczyk**  
**Sika Poland Sp. z o.o.**

Prawidłowy przekrój prefabrykowanej żerdzi

Przykład rozformowanego separatora



fol. Archiwum



fol. Archiwum