

# Oddziaływanie eksploatacji górniczej na sieci uzbrojenia

## Impact of mining extraction on utility networks



*Dr hab. inż. Andrzej Kowalski,  
prof. GIG\*<sup>\*)</sup>*



*Dr inż. Piotr Kalisz\*<sup>\*)</sup>*



*Mgr inż. Magdalena Zięba\*<sup>\*)</sup>*

**Treść:** W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wpływem podziemnej eksploatacji górniczej na różne rodzaje sieci uzbrojenia, zlokalizowane na terenach górniczych kopalń Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. W tym celu omówiono oddziaływanie deformacji ośrodka gruntowego na przewody oraz scharakteryzowano skutki tego oddziaływania występujące w danym rodzaju sieci, znajdującej się w zasięgu wpływów eksploatacji górniczej. Przedstawiono również przykłady uszkodzeń sieci uzbrojenia na terenach górniczych oraz sposoby ich ochrony.

**Abstract:** This paper presents the issues related to the impact of underground mining extraction on different types of utility networks, located in mining areas of the mines in the Upper Silesian Coal Basin. The impact of ground deformation on pipelines was discussed and the effects of this impact occurring in different types of networks, within the range of mining extraction impact were characterized. The paper also presents the examples of failures of utility networks in mining areas and the ways of their protection.

### **Słowa kluczowe:**

*sieć uzbrojenia, uszkodzenia, ochrona, teren górniczy*

### **Key words:**

*utility networks, failures, protection, mining areas*

## 1. Wprowadzenie

Podziemna eksploatacja górnicza może wpływać negatywnie na pracę sieci uzbrojenia, powodując ich zwiększoną uszkodzalność [3], a tym samym obniżenie niezawodności [14]. Górnicze deformacje podłoża wywołują dodatkowe obciążenia, które działając na elementy sieci, mogą spowodować przekroczenie stanu granicznego nośności oraz przyczynić się do powstawania uszkodzeń. Ponadto są wymuszane przemieszczenia i odkształcenia elementów sieci, które mogą spowodować przekroczenie ich stanu granicznego użyteczności. Najistotniejsze znaczenie dla prawidłowej pracy rurociągów zagłębionych w przypowierzchniowej warstwie gruntu na terenach górniczych mają poziome i pionowe przemieszczenia oraz odkształcenia i krzywizny tej warstwy.

Artykuł dotyczy oddziaływania górniczych deformacji podłoża o charakterze ciągłym na sieci wodociągowe, kanalizacyjne i gazowe. Przedstawiono przykłady uszkodzeń

i zabezpieczeń tych sieci uzbrojenia, zlokalizowanych na terenach górniczych kopalń Górnosląskiego Zagłębia Węglowego.

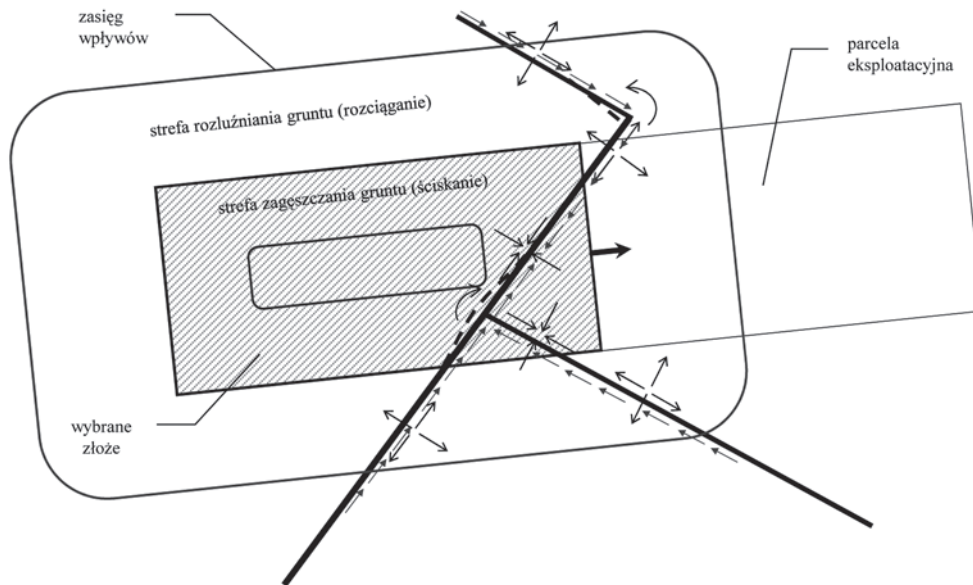
## 2. Oddziaływanie górniczych deformacji podłoża na rurociągi

Podziemna eksploatacja górnicza wywołuje deformacje przypowierzchniowej warstwy gruntu, w której są posadowione sieci uzbrojenia. Biorąc pod uwagę specyfikę sieci wodociągowej, kanalizacyjnej i gazowej, istotne znaczenie mają:

- poziome przemieszczenia i odkształcenia gruntu,
- obniżenia i nachylenia powierzchni,
- krzywizny powierzchni (dla rurociągów o większych średnicach, np. 1,0 m).

Poziome przemieszczenie gruntu następuje w kierunku wybranego pola eksploatacyjnego. W zasięgu wpływów eksploatacji górniczej, w strefach na zewnątrz tego pola występuje rozciąganie (poziome rozluźnianie), a w strefach wewnątrz pola występuje ściskanie gruntu (poziome zagęszczenie). Deformacje te powodują dodatkowe przemieszczenia

\*<sup>\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa w Katowicach



Rys. 1. Uproszczony schemat oddziaływania górniczych deformacji podłoża na rurociągi

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. Simplified scheme of the impact of mining ground deformations on pipelines

Source: Own elaboration

elementów sieci, a także siły i momenty zginające, działające na ich konstrukcję (rys. 1).

Sieci uzbrojenia podziemnego na terenach górniczych są poddawane dodatkowym obciążeniom zewnętrznym, które sumują się z obciążeniami wewnętrznymi (ciśnienie) oraz obciążeniami zewnętrznymi (grunt, naziom). Obciążenia te wynikają z deformowania przypowierzchniowej warstwy gruntu wskutek oddziaływania wpływów eksploatacji górniczej, a ich wartości zależą głównie od poziomych przemieszczeń i odkształceń ośrodka gruntowego. Zmianie ulega parcie i odpór gruntu, wartość sił tarcia gruntu o powierzchnię zewnętrzną rurociągu, a jego podłoże ulega wygięciu. Dodatkowe obciążenia są wywoływane na kierunku podłużnym i poprzecznym rurociągu. Istotne znaczenie przy określaniu wpływu poziomych odkształceń gruntu na rurociąg mają: długość, sposób łączenia rur, a także właściwości materiału (rury sztywne lub podatne).

Zmiany parcia na kierunku poprzecznym do osi rurociągu, wywoływane poziomymi odkształceniami przypowierzchniowej warstwy gruntu, są istotne zwłaszcza w rurociągach bezcisnieniowych oraz o niewielkim, wewnętrznym ciśnieniu roboczym, głównie więc w przypadku sieci kanalizacyjnych. Obciążenie rur zależy od wartości poziomych odkształceń gruntu oraz odkształcalności przekroju poprzecznego przewodów (rys. 2). Pod wpływem działania obciążeń zewnętrznych kształt przekroju poprzecznego rur podatnych ulega zmianie. Odkształcenia poziome w fazie rozluźniania oraz zagęszczania gruntu powodują odpowiednio zmniejszenie i zwiększenie obciążenia ich przekroju poprzecznego, co prowadzi do zmiany sił osiowych i momentów zginających, działających na ścianki rur. Zmiany parcia gruntu powodują również dodatkowe obciążenia studzienek kanalizacyjnych i wodomierzowych, zbiorników retencyjnych i innych obiektów sieci uzbrojenia.

Poziome rozluźnianie gruntu, występujące na kierunku podłużnym rurociągu, wywołuje dodatkowe osiowe siły rozciągające. Poziome zagęszczanie gruntu, występujące na kierunku podłużnym rurociągu, wywołuje dodatkowe siły ściskające. Wartości sił rozciągających i ściskających zależą od sił tarcia między gruntem a rurociągiem. Przemieszczenia i odkształcenia gruntu oddziałują również na załomy i trójniki, wywołując momenty zginające, siły osiowe i siły poprzeczne

(rys. 1). Wartości tych momentów i sił w rejonach załomów i trójników mogą osiągać wartości wyższe od dopuszczalnych.

Poziome odkształcenia gruntu powodują również przemieszczenia i zmiany długości rurociągów (skracanie lub wydłużanie). W przypadku rurociągów segmentowych, w tym zbudowanych z krótkich modułów rurowych, na terenach górniczych występują przemieszczenia względne tych elementów. W strefie rozluźniania gruntu następuje rozsunięcie segmentów, a w strefie zagęszczania ich zsuniecie. Przy braku odpowiednich możliwości dylatacyjnych oraz luzów w złączach lub kompensatorach (przy wielokrotnej eksploatacji górniczej) może nastąpić odpowiednio rozszczelnienie lub uszkodzenie.

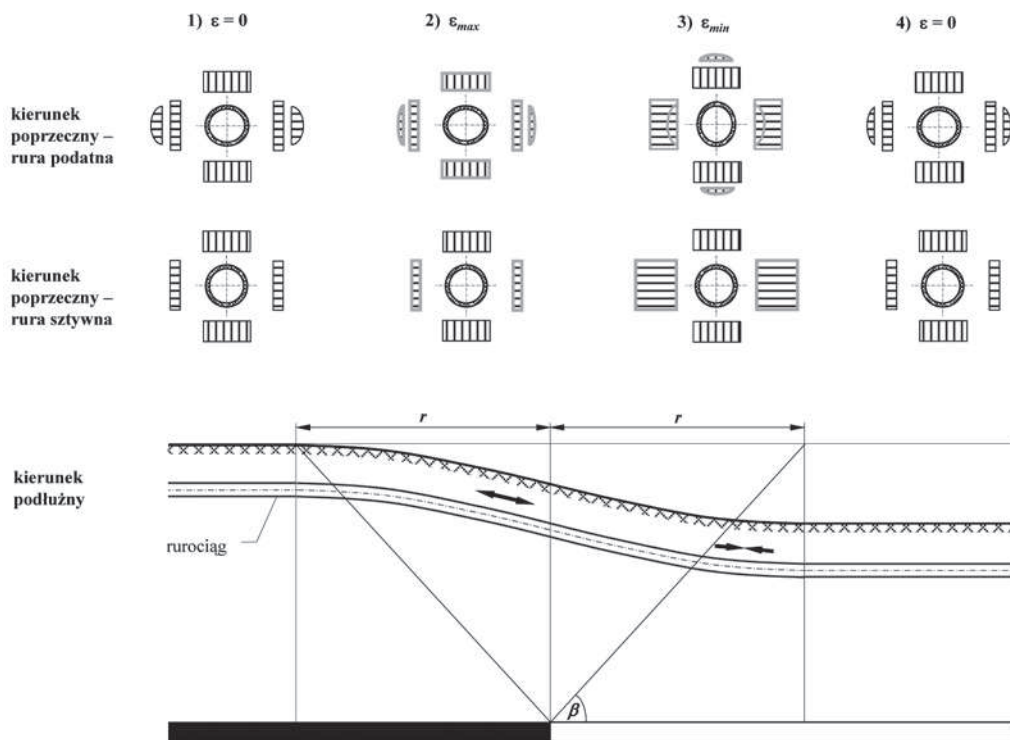
Biorąc pod uwagę konstrukcję, rurociągi mogą być poddawane oddziaływaniu górniczych deformacji podłoża nawet na odcinkach o długościach większych od  $2r$  (rys. 3), gdzie  $r$  oznacza promień zasięgu wpływów głównych. W przypadku rurociągów odcinkowych oddziaływanie to obejmuje odcinki położone poza granicami wpływów głównych do pierwszego, a nawet kolejnych kompensatorów czy złączy. Związane jest to z możliwością występowania znacznych oporów w kompensatorach lub złączach, szczególnie dla rur o gładkich powierzchniach zewnętrznych.

Nierównomierne obniżenia powodują zmiany nachylenia powierzchni i tym samym zmiany spadków przewodów o grawitacyjnym przepływie oraz zmiany wysokościowe w sieciach. Zmiany te mają więc znaczenie dla systemów wodociągowych i kanalizacyjnych.

### 3. Zabezpieczenia sieci na terenach górniczych

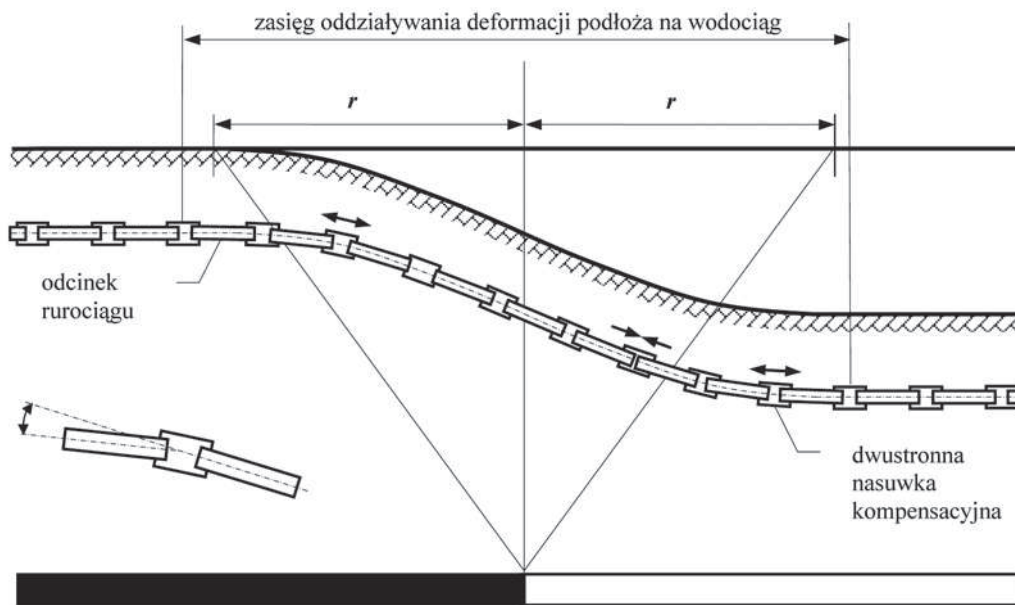
Sieci uzbrojenia układane na terenach górniczych powinny być dodatkowo zabezpieczone przed szkodliwym oddziaływaniem deformacji gruntu w stosunku do terenów niegórnicych. Zabezpieczenia te są wykonywane w zależności od rodzaju rurociągów i zastosowanych do ich budowy rur. Do głównych sposobów zabezpieczania sieci wodociągowych, gazowych i kanalizacyjnych na terenach górniczych należą:

- zabudowa kompensatorów w wodociągach i gazociągach stalowych,



Rys. 2. Oddziaływanie eksploatacji górniczej na obciążenia rurociągu na kierunku podłużnym i poprzecznym. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Impact of mining extraction on pipeline loads in longitudinal and transverse direction. Source: Own elaboration



Rys. 3. Schemat oddziaływania górniczych deformacji podłoża wodociągu magistralnego z kompensatorami. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 3. Scheme of the impact of mining ground deformations on water main equipped with compensators. Source: Own elaboration

- zastosowanie rur o wydłużonych złączach kielichowych i nasuwkowych w wodociągach i kanalizacji (np. żeliwo, PVC, GRP, żelbet, beton),
- zastosowanie rur o znacznej podatności - polietylenowych w wodociągach i gazociągach niskiego i średniego ciśnienia (średniego podwyższonego ciśnienia do PN1,0 MPa).

Siły podłużne, wywołane oddziaływaniem eksploatacji górniczej, mogą powodować przekroczenie nośności rurociągów stalowych o konstrukcji ciągłej. W celu uniknięcia uszkodzeń dzieli się je na odcinki o odpowiedniej długości, wynikającej z ich nośności, które łączy się kompensatorami [6]. Oddziaływanie podziemnej eksploatacji górniczej na

rurociągi odcinkowe przedstawiono na przykładzie wodociągu magistralnego, wyposażonego w dwustronne nasuwki kompensacyjne, pokazanego schematycznie na rysunku 3.

Dla zabezpieczenia stalowych wodociągów magistralnych o średnicach do 1800 mm, o strategicznym znaczeniu dla obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, zastosowano kompensatory nasuwkowe, tak zwane dwustronne (rys. 4) i jednostronne (rys. 5). Kompensatory jednostronne są wykorzystywane do kompensowania górniczych deformacji podłoża w pobliżu załomów, a także w celu umożliwienia montażu armatury. Kompensatory pozwalają na przejmowanie zarówno przemieszczeń poziomych zdylatowanych odcinków rurociągu, powodowanych poziomymi przemieszczeniami i odkształceniami gruntu, jak i odchylen kątowych rur, wywołanych krzywiznami powierzchni. Dwustronne nasuwki kompensacyjne łatwiej przenoszą odchylenia kątowe (rys. 3),

gdyż są kompensowane przez dwa złącza, jednakże ulegają częstszym awariom w postaci utraty szczelności złączy.

Kompletne kompensatory stalowe, przeznaczone do wbudowania w wodociągach i gazociągach, składają się z części kompensacyjnej i krótkich odcinków rur, łączonych najczęściej z rurociągami przez spawanie. Kompensatory są rozmieszczane w odległościach zależnych od nośności rur i długości efektywnej kompensatorów [10]. Odległości te w istniejących na obszarze GZW wodociągów magistralnych wynoszą najczęściej 60-80 m, a gazociągów 40÷60 m. Istotne znaczenie mają również siły oporów w kompensatorach, jakie występują podczas przemieszczania rur wskutek deformacji ośrodka gruntowego [7]. Przykłady kompensatorów zamontowanych na stalowych wodociągach i gazociągu przedstawiono na rysunkach 4÷6.



Rys. 4. Dwustronna nasuwka kompensacyjna zamontowana na sieci wodociągowej. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 4. Two-sided compensator mounted on water pipeline. Source: Own elaboration



Rys. 5. Jednostronna nasuwka kompensacyjna zamontowana na sieci wodociągowej (z lewej) i koniec rury zdemontowanej nasuwki po kilkudziesięciu latach pracy. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 5. One-sided compensator mounted on the water pipeline (on the left) and the pipe end of the removed compensator after many years of operation. Source: Own elaboration



**Rys. 6. Kompensator dławikowy zamontowany na sieci gazowej. Źródło: Opracowanie własne**  
**Fig. 6. Gland compensator mounted on the gas pipeline. Source: Own elaboration**

Od lat 90. XX wieku do budowy sieci gazowych niskiego i średniego ciśnienia oraz sieci wodociągowych na terenach górniczych stosuje się rury polietylenowe łączone przez zgrzewanie doczołowe lub elektrooporowe. Rurociągi te posiadają konstrukcję ciągłą, ale podatność materiału pozwala na przejmowanie górniczych deformacji ośrodka gruntowego bez konieczności zabudowy kompensatorów. Wynika to z odkształcalności materiału [8], dla którego dopuszczalne odkształcenia w sieciach gazowych wynoszą 3 % [1]. W wyniku oddziaływania odkształceń przypowierzchniowej warstwy gruntu istnieje jednak możliwość przekroczenia naprężeń dopuszczalnych, zwłaszcza w rejonach odgałęzień i załomów. Z tego względu należy zwracać uwagę na prawidłowość wykonywania złączy zgrzewanych oraz wzmocnienie trójników i kolan w przypadku terenów górniczych kategorii III i IV. W gazociągach zalecane jest stosowanie rur wykonanych z polietylenu klasy PE100 o znormalizowanym stosunku wymiarów SDR 11 [1], co w praktyce oznacza zastosowanie rur o większej grubości ścianek.

Przewody kanalizacyjne i częściowo wodociągowe są budowane zazwyczaj z krótkich modułów rurowych o złączach kielichowych lub nasuwkowych. Wykorzystywane są metody układania rur w wykopach lub metody bezwykopowe. W celu ich zabezpieczenia na wpływy eksploatacji górniczej stosuje się rury o złączach, które powinny pełnić funkcję kompensatorów. Dokonuje się wówczas zwiększenia ich długości w zależności od prognozowanych wartości odkształceń przypowierzchniowej warstwy gruntu lub kategorii terenu górniczego. W przewodach układanych w wykopach należy zachować odpowiednie luzy początkowe (rys. 7a), umożliwiające prawidłową pracę złączy. Przewody układane metodami bezwykopowymi posiadają rury ułożone na styk, jednak dzięki wysokiej nośności rury te mogą przenosić znaczne podłużne siły osiowe, wywoływane ścisaniem gruntu. Po przejściu eksploatacji górniczej między rurami pozostaje szczelina (rys. 7b) i przy wielokrotnej eksploatacji górnicy złącza tego rodzaju rur również powinny być odpowiednio wydłużone. Przejścia szczelne w studzienkach kanalizacyjnych należy dostosować do przemieszczeń rur wywołanych podczas ściskania ośrodka gruntowego.

Należy zwrócić uwagę na wartości sił oporu w złączach. Siły te mogą być na tyle duże, że oddziaływanie eksplo-

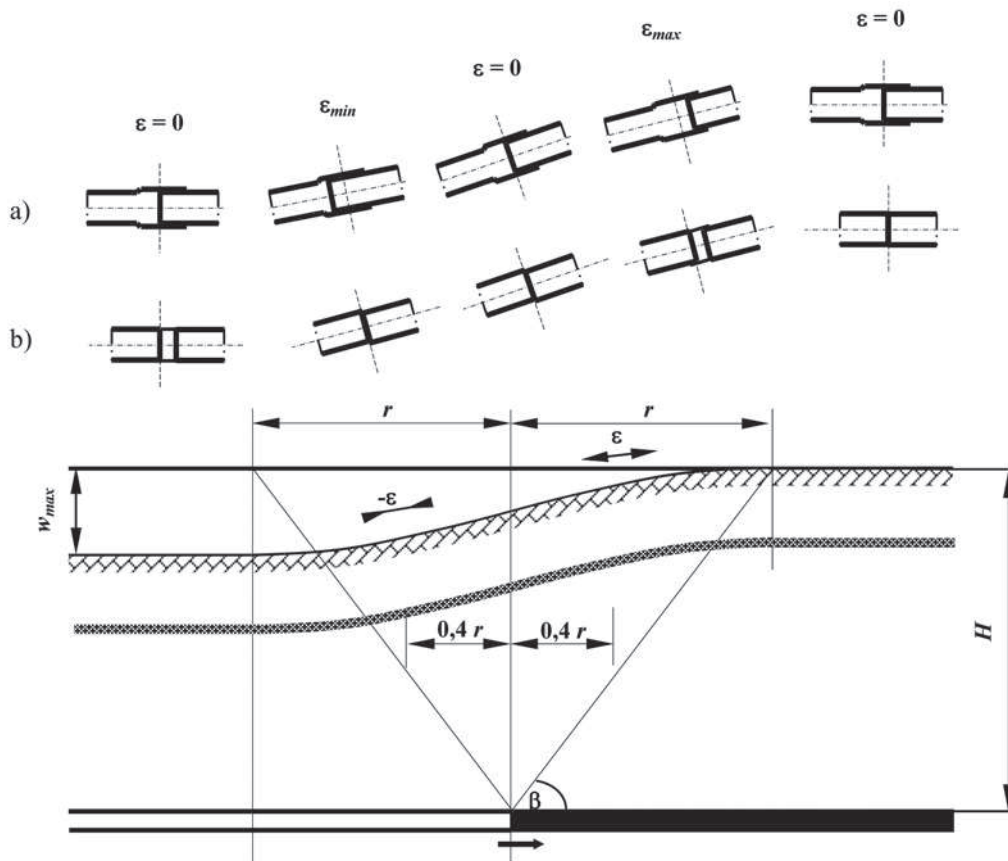
atacji górniczej nie spowoduje pracy wszystkich złączy, na przykład co drugiego lub co trzeciego. Może to mieć istotne znaczenie dla doboru długości złączy kielichowych i nasuwkowych przy braku zakotwienia w gruncie rur o gładkiej powierzchni. W doborze kompensatorów oraz długości złączy rur przeznaczonych do stosowania na terenach górniczych należy uwzględnić także rozproszenie losowe wskaźników deformacji podłoża, szczególnie w przewodach budowanych z krótkich rur [12, 13, 16, 17].

W sieciach kanalizacyjnych bardzo istotne znaczenie ma zachowanie odpowiednich spadków przewodów o przepływie grawitacyjnym w celu zapewnienia wymaganych prędkości przepływu ścieków oraz wód opadowych. Spadki te są zależne od rodzaju rur i ich średnicy oraz rodzaju kanalizacji. Minimalne prędkości przepływu powinny umożliwiać samooczyszczanie kanałów, a maksymalne zapobiegać nadmiernej zużyciu rur. Z tego względu przy projektowaniu sieci kanalizacyjnych należy uwzględnić prognozowane zmiany nachylenia powierzchni w długim okresie. Dla istniejących sieci kanalizacyjnych na terenach górniczych należy prowadzić kontrolę zmian spadków i w razie konieczności podejmować odpowiednie kroki pozwalające na utrzymanie drożności przewodów, np. przez budowę dodatkowych przepompowni ścieków.

Podczas oceny możliwości przejmowania górniczych deformacji podłoża istniejących rurowodów stalowych, objętych oddziaływaniem dokonanej eksploatacji górniczej, należy uwzględnić: zdolności dylatacyjne kompensatorów przez określenie położenia końców rur oraz możliwości prawidłowej pracy złączy – zachowania szczelności podczas oddziaływania eksploatacji górniczej, a także uwzględnić ich ogólny stan techniczny.

#### 4. Przykłady uszkodzeń sieci uzbrojenia na terenach górniczych

Podziemna eksploatacja górnicza może oddziaływać niekorzystnie na sieci uzbrojenia terenu, powodując jej uszkodzenia, przyczyniające się do obniżenia ich niezawodności. Skutkiem tego oddziaływania w sieciach zlokalizowanych na terenach górniczych są:



Rys. 7. Wpływ eksploatacji górniczej na złącza rurociągów z krótkich segmentów rurowych: a) rurociąg układany w wykopie, b) rurociąg wykonany metodą przeciskową. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 7. Mining extraction impact on pipelines' joints constructed with short pipe segments: a) pipeline buried in trench, b) pipeline conducted using pipe jacking method. Source: Own elaboration

- pęknięcia ścianek rur,
- odchylenia kątowe odcinków rurociągu w pionie lub poziomie,
- deformacje ścianek rur i wybożenia rurociągów,
- rozszczelnienie złączy lub kompensatorów wskutek przemieszczania odcinków rurociągu,
- wyłamania kielichów,
- zmniejszenie pierwotnych spadków przewodów kanalizacyjnych lub ich odwrócenie,
- zmiany linii ciśnień wodociągów.

Rodzaj uszkodzenia zależy między innymi od rodzaju sieci, sposobu przesyłania medium, zastosowanego materiału [19], a także stanu technicznego i sposobu zabezpieczenia przed skutkami wpływów podziemnej eksploatacji górniczej. Wpływy te przyczyniają się do pogorszenia stanu technicznego sieci uzbrojenia terenu i przemieszczeń ich elementów konstrukcyjnych, wpływając na obniżenie odporności rurociągów na górnicze deformacje podłoża.

W przypadku gazociągów i wodociągów najczęściej awarii występuje w rurociągach stalowych. Wynika to nie tylko z oddziaływania eksploatacji górniczej, ale także pogorszenia ich stanu technicznego, związanego z wiekiem. W rurociągach zabezpieczonych kompensatorami stosunkowo rzadko występuje wyczerpanie ich zdolności dylatacyjnych, czyli nadmierne lub całkowite wysunięcie końców rur z kompensatorów. Dość często jednak pojawiają się nieszczelności ich złączy związane z uszkodzeniem lub zużyciem uszczelnień. Gaz uchodzi wtedy przez szczeliwo, które z czasem ulega stopniowemu zużyciu i przestaje prawidłowo spełniać swoją

funkcję [2, 4]. W wodociągach magistralnych awarie dotyczą głównie utraty szczelności pierścieni gumowych w złączach nasuwek kompensacyjnych (rys. 8) wskutek poluzowania śrub mocujących klamry dociskowe. Awarie te są wynikiem przemieszczeń i odchyżeń kątowych odcinków rurociągu.

W stalowych rurociągach rozdzielczych, oprócz utraty szczelności kompensatorów, są obserwowane uszkodzenia mechaniczne ścianek, a także wżery korozyjne [4, 18] wy-



Rys. 8. Utrata szczelności pierścienia gumowego w złączu nasuwki kompensacyjnej wskutek poluzowania śrub mocujących. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 8. Tightness loss of rubber ring in compensator joint in the view of the loosening clamping bolts. Source: Own elaboration

stępujące w miejscach ich deformacji (rys. 9). W strefach poziomego ściskania gruntu często występują załamania, deformacje i pofałdowania ścianek, a także znaczne deformacje na odgałęzieniach i w rejonach załomów. Uszkodzenia te sprzyjają przyspieszeniu korozji oraz występowaniu wżerów w ściankach, które dopiero po pewnym czasie są przyczyną nieszczelności rurociągów oraz zmniejszenia grubości ścianek, a tym samym osłabienia ich wytrzymałości. Następuje zmiana struktury materiału, powodując mikropełnienia i uplastycznienia, jak również uszkodzenia powłok izolacyjnych rur. W przypadku rurociągów stalowych o niewielkich średnicach występują także wybożenia, najczęściej w postaci wygięcia ku powierzchni. Ponadto mogą wystąpić pęknięcia spoin na skutek oddziaływania sił rozciągających (rys. 10) lub na połączeniach przyłączy z przewodami.



Rys. 9. Deformacja i korozja wodociągu stalowego w strefie ściskania warstwy gruntu. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 9. Deformation and corrosion of steel water pipeline within the zone of soil layer compression. Source: Own elaboration



Rys. 10. Pęknięcie rurociągu stalowego w strefie rozciągania warstwy gruntu [4]

Fig. 10. Crack of steel pipeline within the zone of soil layer loosening [4]

Jak już wcześniej zaznaczono podatność polietylenu umożliwia przejmowanie deformacji gruntu przez gazociągi oraz wodociągi wykonane z tego materiału i rzadko ulegają one awariom na terenach górniczych. Uszkodzenia występują głównie w postaci nadmiernych deformacji przewodów. W strefach poddawanych ściskaniu może dojść do wybożenia tego typu rurociągów, szczególnie o mniejszych średnicach przy płytkim ich posadowieniu. Najczęściej ulegają wtedy wygięciu ku górze, nawet ponad powierzchnię (rys. 11). Górnicze deformacje podłoża mogą spowodować również zamknięcie przekroju poprzecznego rurociągu polietylenowego i całkowitą utratę jego przepustowości. Uszkodzenia takie występują także w miejscach połączeń rurociągów polietylenowych ze

stalowymi. Dodatkowe siły podłużne powodują również rozszczelnienia połączeń zgrzewanych w wodociągach.



Rys. 11. Wybożenie i zatrzymanie przepływu w rurociągu polietylenowym w strefie ściskania gruntu [4]

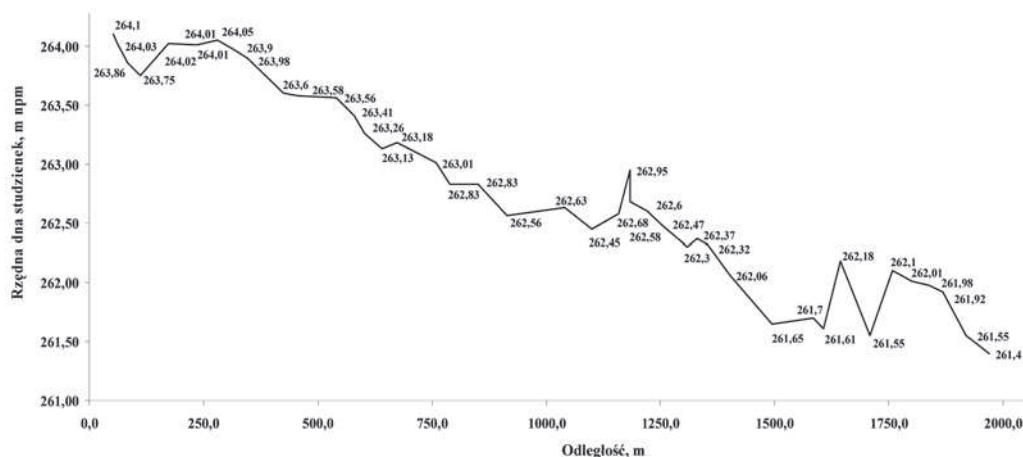
Fig. 11. Buckling and flow stoppage in polyethylene pipeline within the zone of soil compression [4]

Oddziaływanie górniczych deformacji podłoża powoduje w sieciach kanalizacyjnych uszkodzenia konstrukcji kanałów i ich rozszczelnienia, uszkodzenia konstrukcji studzienek oraz niekorzystne zmiany spadków przewodów. Występują również uszkodzenia mechaniczne ścianek rur i ich połączeń oraz względne przemieszczenia rur. Uszkodzenia mechaniczne w przypadku rur kamionkowych i betonowych, których udział w sieciach jest wysoki na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, mają postać pęknięć ścianek, spękań i wylamań kielichów. Dochodzi także do ugięć przekrojów poprzecznych kanałów, a nawet ich załamania. Na terenach górniczych obserwuje się również poprzeczne przemieszczenia rur, tzw. klawiszowanie. Skutkiem względnych przemieszczeń rur i ich uszkodzeń są rozszczelnienia sieci. W przypadku studzienek dochodzi do spękania ścianek, kinet i spoczników. Uszkodzeniom ulegają także przejścia szczelne rur przez ścianki studzienek. Obserwacje wykazują odchylenia od pionu trzonów studzienek, przemieszczenia płyt pokrywowych i włazów do studzienek [9]. Zjawiska te występują z dużą intensywnością w rejonach o wielokrotnej eksploatacji górniczej, szczególnie przy braku odpowiednich zabezpieczeń [5].

Niekorzystny wpływ eksploatacji górniczej na sieci kanalizacyjne, oprócz dodatkowych obciążeń i przemieszczeń rur, przejawia się zmianami pierwotnych spadków przewodów, a nawet ich odwróceniem (rys. 12) wskutek nierównomiernych obniżen powierzchni. Może to prowadzić do utraty funkcjonalności sieci i wymuszać budowę dodatkowych przepompowni ścieków. Nierównomierne przemieszczenia pionowe mogą przyczynić się do zaburzenia pracy nie tylko systemów kanalizacyjnych, ale i wodociągowych [11]. W przypadku sieci wodociągowej może nastąpić zmiana położenia jej najwyższych i najniższych punktów, co może spowodować istotną zmianę ciśnień roboczych w rurociągach i konieczność modyfikacji całego systemu pod względem hydraulicznym.

## 5. Podsumowanie

Oddziaływanie podziemnej eksploatacji górniczej może powodować istotne zmiany pierwotnych warunków posa-



Rys. 12. Przebieg spadków kanalizacji w ciągu jednej z ulic w Katowicach. Źródło: Opracowanie własne

Fig. 12. Slopes' courses of sewage system along selected street in Katowice. Source: Own elaboration

dowienia sieci uzbrojenia. Zmiany te przejawiają się przez dodatkowe obciążenia oraz przemieszczenia elementów sieci, które muszą być uwzględniane przy projektowaniu oraz ocenie ich odporności na górnicze deformacje podłoża przy dopuszczaniu eksploatacji górniczej [15]. Efektem oddziaływania podziemnej eksploatacji górniczej mogą być uszkodzenia sieci uzbrojenia. W celu uniknięcia lub zminimalizowania skutków wpływu górniczych deformacji podłoża dokonuje się zabezpieczenia sieci uzbrojenia, które polegają głównie na:

- podziale rurociągów stalowych na odcinki i zabudowie kompensatorów,
- zastosowaniu rur o wydłużonych złączach kielichowych i nasuwkowych,
- zastosowaniu do budowy przewodów rur podatnych, które dostosowują się do deformacji ośrodka gruntowego,
- odpowiednim ukształtowaniu sieci kanalizacyjnych i wodociągowych, umożliwiającym przejście obniżek powierzchni.

Zastosowanie zabezpieczeń sieci uzbrojenia znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia poważniejszych uszkodzeń, nie gwarantuje jednak ich bezawaryjnej pracy na terenach górniczych. Przykładem tego mogą być dość często obserwowane nieszczelności kompensatorów, które zabudowano w rurociągach stalowych. Uszkodzenia, chociaż znacznie rzadsze, występują nawet w przypadku rurociągów polietylenowych, obecnie powszechnie stosowanych w sieciach gazowych niskiego i średniego ciśnienia oraz wodociągach.

## Literatura

1. *Barczyński A.*: Sieci gazowe polietylenowe. Projektowanie, budowa, użytkowanie. Poznań Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego SITPNiG - Ośrodek Szkolenia i Rzecznictwa w Poznaniu 2006.
2. *Dobrowolski L., Dzicher R.*: Awaryjność rozdzielczych sieci gazowych na przykładzie miasta Katowice. Prace Politechniki Śląskiej: Międzynarodowa III Konferencja Naukowo-Techniczna Energetyka Gazowa 2005, s. 139÷158.
3. *Holtoś H., Mielcarzewicz E.*: Warunki i ocena niezawodności działania sieci wodociągowych i kanalizacyjnych na terenach górniczych. Wrocław Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2011.
4. *Jachim K., Kalisz P.*: Awaryjne sieci gazowe na terenach górniczych. *Górnictwo i Środowisko*. Kwartalnik GIG Nr 4/1/2010. Katowice Wyd. GIG 2010, s. 95÷105.
5. *Kalisz P.*: Skutki wpływów eksploatacji górniczej w sieciach kanalizacyjnych. *Kwartalnik Górnictwo i Środowisko*. Katowice Wyd. GIG 2006, s. 139÷147.
6. *Kalisz P.*: Ocena odporności gazociągów i wodociągów stalowych na wpływy eksploatacji górniczej. *Przeгляд Górnictwa* Nr 5/2015, s. 26÷32.
7. *Kliszczewicz B., Mokrosz R.*: Projektowanie zabezpieczeń gazociągów na terenach górniczych. *Ochrona obiektów na terenach górniczych*. Praca zbiorowa pod red. A. Kowalskiego. Katowice Wyd. GIG 2012, s. 133÷140.
8. *Klupa A.*: Kryteria techniczne budowy sieci gazowych z polietylenu z uwzględnieniem terenów górniczych. AGH (rozprawa doktorska) Kraków 1998.
9. *Kotowski A., Kluska W.*: Badania sprawności sieci kanalizacyjnej na terenach szkód górniczych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* Nr 11/2000, s. 445÷449.
10. *Kowalski A., Mokrosz R.*: Sieci uzbrojenia podziemnego na terenach górniczych. Materiały szkolenia seminaryjnego Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Katowice-Gliwice 2005.
11. *Kuś K. i inni*: Podstawy projektowania układów i obiektów wodociągowych. Wybrane zagadnienia. Skrypt Politechniki Śląskiej Nr 1854, Gliwice 1995.
12. *Kwiatkiewicz J. i inni*: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Katowice Wyd. GIG 1997.
13. *Kwiatkiewicz J.*: Obiekty budowlane na terenach górniczych. Katowice Wyd. GIG 2007.
14. *Kwiatkiewicz M., Roman M., Kloss-Trębaczewicz*: Niezawodność wodociągów i kanalizacji. Warszawa Wyd. Arkady 1993.
15. *Mika W., Kaszowska O.*: Kryteria dopuszczania eksploatacji górniczej pod terenami zabudowanymi. *Przeгляд Górnictwa* Nr 3/2015, s. 44÷49.
16. *Mokrosz R.*: Projektowanie, wykonawstwo i eksploatacja przewodów uzbrojenia podziemnego na terenach górniczych. Szkolenie seminaryjne Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Katowicki, Katowice 2007.
17. *Popiołek E. i inni*: Probabilistyczna metoda oceny stopnia zagrożenia obiektów na skutek podziemnej eksploatacji górniczej. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*. Kwartalnik WUG Nr 1/1994, s. 55÷60.
18. *Zuber T.*: Wpływ eksploatacji górniczej na uszkodzalność sieci wodociągowych i kanalizacyjnych na obszarze wybranych miast Śląska. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* Nr 6/1999, s. 207÷213.
19. *Zięba M., Kalisz P.*: Wpływ eksploatacji górniczej na uszkodzenia rur o różnych rozwiązaniach materiałowych. XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna – Ochrona powierzchni na terenach górniczych kopalń w subregionie zachodnim województwa śląskiego. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa Oddział Rybnik, Jastrzębie Zdrój 2011, s. 83÷93.