

ANNA ASANI\*

## STAN WAŁÓW PRZECIWPowODZIOWYCH W REJONIE MIASTA NOWA SÓL

### *Streszczenie*

*Niniejszy artykuł prezentuje wyniki oceny stanu wałów przeciwpowodziowych zlokalizowanych na lewym brzegu Odry, w 430,0-432,40 km biegu rzeki, w rejonie miasta Nowa Sól. Z przeprowadzonych badań wynika, że kontrola stanu wałów jest jednym z najważniejszych zadań w prewencji przeciwpowodziowej. Powinna ona być przeprowadzana systematycznie, co najmniej raz na pięć lat, bez względu na częstotliwość powodzi, stopień zmodernizowania wałów i metodę zastosowaną podczas ich modernizacji.*

Słowa kluczowe: wały przeciwpowodziowe, lubuski odcinek Odry, stan wałów przeciwpowodziowych

### Wstęp

Jednym z nadrzędnych problemów związanych z zagospodarowaniem dorzecza Odry jest skuteczna ochrona przeciwpowodziowa, której jednym z istotnych elementów są wały przeciwpowodziowe.

Budowa wałów na Środkowym Nadodrzu rozpoczęła się już w czasach prehistorycznych, kiedy konstruowano je w sposób dowolny, nie gwarantujący właściwego stanu technicznego. Ich jakość była dodatkowo osłabiana podczas licznych powodzi, ale także procesów erozyjnych i niewłaściwego użytkowania wałów, ale także procesami erozyjnymi i niewłaściwym użytkowaniem [Kołodziejczyk 2002, Saathoff i Werth 2003, Topolnicki 2003].

Powódź tysiąclecia, jaka miała miejsce w dorzeczu Odry w lipcu 1997 r., spowodowała znaczne zniszczenie obwałowań. Tylko na terenie województwa lubuskiego rozmyciu uległo wówczas 3,57 km wałów, a drugie tyle obiektów

---

\* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

zostało silnie zdeformowanych [Dubicki i in. 1999, Kołodziejczyk i Kowalski 2001].

Wraz z ustąpieniem wód powodziowych przystąpiono do naprawy wałów. W wielu miejscach przeprowadzono ich gruntowną modernizację, wykorzystując nowoczesne materiały izolacyjne, w innych wykonano jedynie doraźne prace naprawcze [Kołodziejczyk i Kowalski 2001, Bieberstein i Braus 2002, Bobowska i Kołodziejczyk 2004, Bobowska 2004].

Obecnie, w kilka lat po modernizacji, zachodzi konieczność zbadania aktualnego stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych oraz oceny skuteczności zastosowanych metod modernizacyjnych.

Niniejszy artykuł to prezentacja wyników badań przeprowadzonych w listopadzie 2004 r., dotyczących stanu wałów przeciwpowodziowych zlokalizowanych na lewym brzegu Odry w rejonie miasta Nowa Sól.

### Metodyka badań

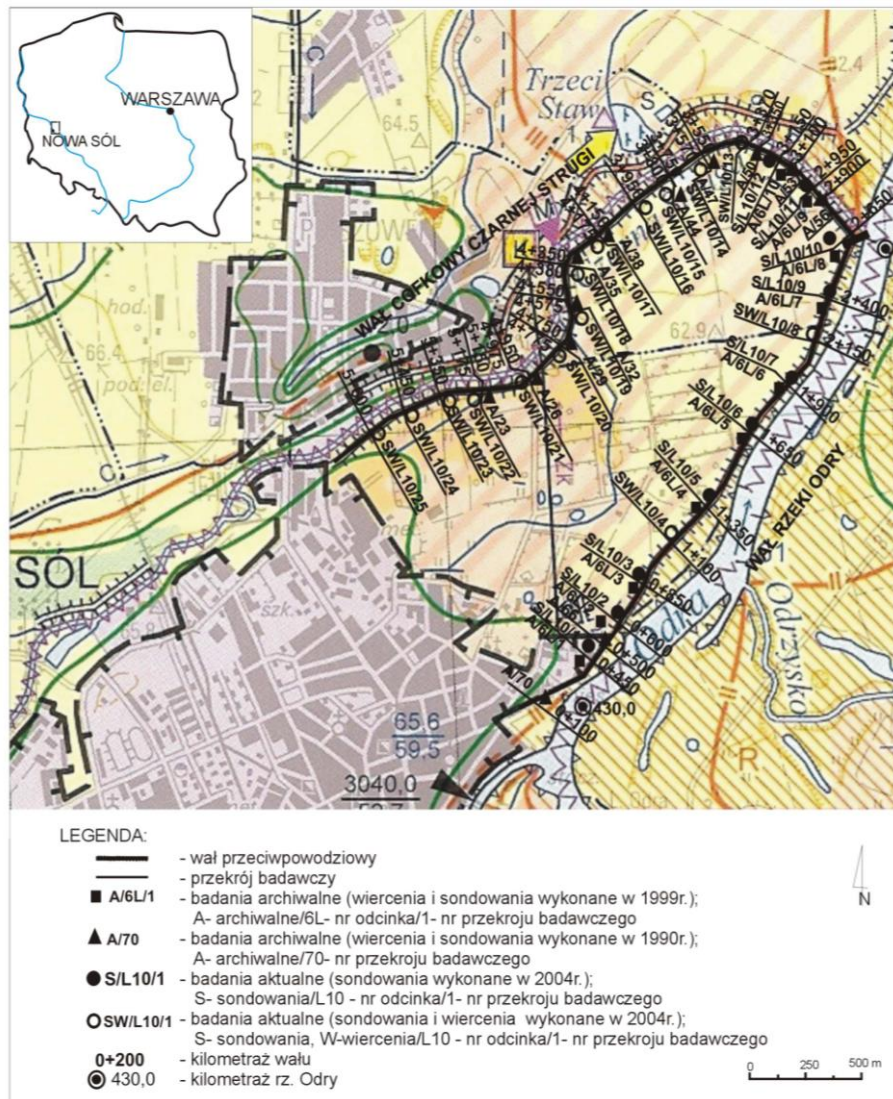
Prace badawcze, polegające na ocenie metod modernizacji wałów, wykonano w ramach założonego programu badawczo-naukowego. Zakres prac był zgodny z obowiązującymi normatywnymi dotyczącymi ocen technicznych obwałowań rzek [Reszka i Warcholak 2000, Kołodziejczyk 2002, Borys i Mosiej 2003, Hermann i Jansen 2003] i obejmował:

- badania terenowe (kartowanie terenowe ze szczególną analizą warunków przyrodniczo-środowiskowych, sondowanie sondą DPL, wiercenia małośrednicowe i niwelację terenu),
- badania laboratoryjne (określenie wiodących parametrów gruntu: rodzaju gruntu, gęstości objętościowej, wilgotności, stopnia plastyczności, współczynnika filtracji, zawartości części organicznych i in.),
- część analityczną (zestawienie uzyskanych danych i określenie stanu wału, m.in. pod kątem filtracji i stateczności).

### Wyniki badań

#### Charakterystyka wybranego odcinka wałów

**Odcinek Nowa Sól** zlokalizowany jest na 430,0-432,40 km biegu Odry. Stanowi wał drugiej klasy. Tworzy go wał rzeki Odry, o długości 2,65 km, chroniący peryferie miasta Nowa Sól (w tym ogródki działkowe i uprawy rolne). Wał ten na 2+650 km biegu Odry przechodzi w sposób ciągły w wał cofkowy Czarnej Strugi, o długości 3,0 km i wyraźnie zmieniając kierunek z północno-wschodniego na północno-zachodni (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja odcinka wału będącego przedmiotem opracowania  
 Fig. 1. Location of researched section of flood embankment

Odcinek ten zbudowany został w latach 60-tych XX w. W 1987r. dokonano zabudowy wyrw utworzonych wskutek powodzi i wyrównano skarpę na długości 1,0-2,65 km. Z myślą o dalszej modernizacji wału dobudowano wówczas (od strony odpowietrznej) ławę o wysokości 0,5 m. Miała ona być wykorzystana jako droga dojazdowa i ławka przy późniejszej modernizacji wału, dlatego też odsunięto ją od stopy wału i wzmocniono płytami betonowymi. Podczas

wielkiej powodzi w 1997r., wał został znacznie uszkodzony; w analizowanym odcinku powstało 5 wyrw o długości od 20-100 m. Po powodzi - poza doraźną likwidacją wyrw - nie przeprowadzono w wale żadnych prac modernizacyjnych.

W analizowanym odcinku wałów, w ramach założonych badań wykonano 55 sondowań sondą lekką DPL o głębokości 3,0-6,0 m p.p.t. oraz nawiercono 45 otworów małośrednicowych o głębokości 3,0-5,0 m p.p.t. (rys. 1).

Z przeprowadzonych badań wynika, że grunty budujące korpus wału w nie-licznych (czterech) przypadkach znajduje się w stanie luźnym ( $I_D \leq 0,33$ ), a większości przypadków w stanie średnio zagęszczonym ( $0,33 < I_D \leq 0,67$ ). Badania wykazały również występowanie na tym odcinku gruntów zagęszczonych ( $0,67 < I_D \leq 0,80$ ); zlokalizowano je w sześciu przekrojach badawczych tj. na 0+600, 1+900, 2+400, 2+950, 3+570 oraz na 4+975 km wału.

Analiza stopnia zagęszczenia gruntów znajdujących się w podłożu wału, wykazała w większości przypadków stan średnio zagęszczony. W siedmiu przekrojach: S/L10/4/3, S/L10/14/1, S/L10/15/1, S/L10/16/1, S/L10/17/1, S/L10/17/3, S/L10/20/1 (rys. 1.), odnotowano warstwy w stanie luźnym; stopień zagęszczenia tych miejscach wynosi  $I_D = 0,28-0,32$ .

### **Obliczenia filtracji, przebicia hydraulicznego i stateczności obwałowania**

#### **Filtracja**

Za zagrożenie filtracyjne uznano przesiąk wody przez korpus wału. Ocena zagrożenia filtracją oparto o wzór Thiema, wyprowadzony przy założeniu nagłego podniesienia się wód wezbraniowych [Borys i Mosiej 2003]. Daje on wyniki na tyle bezpieczne, by można było przyjąć, iż filtracja nie stanowi zagrożenia dla wału w tych przypadkach, gdy czas  $T$  wg Thiema jest dłuższy od czasu trwania wezbrania  $T_w$ .

Do oceny stopnia zagrożenia przesiąkiem korpusu wału wprowadzono współczynnik pewności  $F_2$  określony wzorem:

$$F_2 = T/T_w$$

gdzie:

$T$  - czas przesiąku wg Thiema,

$T_w$  - czas wezbrania ustalony na 14 dni.

Wartość współczynnika  $F_2$ , uzyskana dla danego przekroju poprzecznego wału, zadecydowała o zakwalifikowaniu każdego analizowanego przypadku do poszczególnych kategorii zagrożenia wg następującego kryterium:

kat. 1:  $F_2 \geq 1,5$  - praktycznie wyklucza się zjawisko przesiąku w okresie 14 dni utrzymania się wody w międzywałach na poziomie wody kontrolnej,

kat. 2:  $0,5 > F_2 > 1,5$  - dopuszcza się możliwość przesiąku w okresie od 7 do 14 dni,

kat. 3:  $F_2 \leq 0,5$  - oszacowany czas T jest krótki (mniej niż 7 dni) i może nastąpić zjawisko szybkiego rozmoknięcia wału.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w km 1+100 – 5+175 obliczony stopień zagrożenia przesiąkiem wyrażony współczynnikiem pewności  $F_2$  wynosi  $F_2=0,001-0,844$ . Oznacza to, że oszacowany czas, po którym przesiąki osiągną spód skarpy odpowietrznej jest krótki (mniej niż 7 dni), przez co może dojść do szybkiego rozmoknięcia wału a tym samym do jego zniszczenia.

Końcowy odcinek wału (5+350 – 5+600), z uwagi na wysoki teren zawala, sklasyfikowany został jako nie zagrożony rozmyciem w skutek filtracji.

### Przebiecie hydrauliczne

Problem ustalenia stopnia zagrożenia przebicciem hydraulicznym nieprzepuszczalnej warstwy zalegającej w podłożu wału wymaga przeprowadzenia skomplikowanych obliczeń numerycznych. Stąd, przy ocenie możliwości wystąpienia tego zjawiska zdecydowano się na liczbowe oszacowanie poziomu bezpieczeństwa, przyjmując najbardziej niekorzystne warunki wyparcia i przerwania ciągłości warstwy nieprzepuszczalnej [Rathgeb 2001]. Ocenę możliwości przebiccia odniesiono wyłącznie do geotechnicznie rozpoznanej strefy podłoża wałów.

Ocenę warunku wystąpienia przebiccia hydraulicznego warstwy pokrywającej przeprowadzono wykorzystując zależność:

$$F_3 = 2l/H$$

gdzie:

l – miąższość warstwy pokrywającej,

H – ciśnienie wody wywierane na spąg warstwy pokrywającej.

Rodzaj kategorii zagrożenia uzależniono od wartości współczynnika  $F_3$  dzielając:

kat. 1:  $F_3 \geq 2$  przebiecie wykluczone,

kat. 2:  $1 < F_3 < 2$  nie można wykluczyć przebiccia hydraulicznego,

kat. 3:  $1 \leq F_3$  możliwe przebiecie hydrauliczne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że analizowany odcinek wałów przepowodziowych charakteryzuje się dobrymi parametrami geotechnicznymi chroniącymi wał przed przebicciem hydraulicznym.

Dobre parametry w tym względzie stwierdzono na całym odcinku wału za wyjątkiem miejsc zlokalizowanych w 1+100, 3+570 oraz 3+950 w km wału.

### Stateczność

Do obliczeń wskaźnika stateczności „F” skarpy odpowietrznej wałów wykorzystano metodę szwedzką (Felleniusa), opierając się o wstępną analizę wyników rozpoznania geologiczno-inżynierskiego [Kołodziejczyk 2002, Borys i Mosiej 2003].

Za podstawę ustalenia kategorii zagrożenia utratą stateczności wału przyjęto wartość wskaźnika  $F_1$  uwzględniającą wymagany współczynnik konsekwencji zniszczenia budowli hydrotechnicznej  $\gamma_n$  wymagany dla danej klasy wału (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska - Dz.U. 07 nr 86, poz. 579 z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie). Pozwoliło to na wydzielenie trzech kategorii wałów (1, 2, 3) pod względem stateczności. Zgodnie z przyjętym powyżej sposobem oceny zagrożenia, w ocenie stateczności wałów przyjęto kryteria podane w tab. 1.

Tab. 1. Kategorie zagrożenia stateczności wału

Tab. 1. Categories of the flood embankment stability

Klasa wału	Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3
I	$F_{1min} \geq 1,43$	$1,17 < F_{1min} < 1,43$	$F_{1min} \leq 1,17$
II	$F_{1min} \geq 1,32$	$1,08 < F_{1min} < 1,32$	$F_{1min} \leq 1,08$
III	$F_{1min} \geq 1,26$	$1,03 < F_{1min} < 1,26$	$F_{1min} \leq 1,03$
IV	$F_{1min} \geq 1,21$	$1,00 < F_{1min} < 1,21$	$F_{1min} \leq 1,00$

Obliczenia wskaźnika stateczności wałów przeciwpowodziowych, jakie przeprowadzono w wyznaczonych przekrojach dla korpusu wału wykazały, że uzyskany wskaźnik stateczności skarp był jedynie w trzech przekrojach (1+100, 3+570 i 4+975 km wału) niższy od wymaganego minimum ( $F > 1,1$ ), i wyniósł  $F = 1,01$ , czyli nie osiągnął minimalnej wartości gwarantującej bezpieczeństwo.

W pozostałych przekrojach wartość uzyskanego wskaźnika stateczności była wyższa od wymaganego minimum ( $F > 1,1$ ) i wynosiła od  $F = 1,10$  do  $F = 1,62$ .

### Podsumowanie

Zbiorcza klasyfikacja dokonana dla poszczególnych przekrojów badawczych w obrębie analizowanego odcinka wału rz. Odry i wału cofkowego Czarnej Strugi pozwoliła na ocenę zagrożeń filtracją, przebiciem hydraulicznym i utratą stateczności. Analizowany odcinek wału stanowi wał II klasy i wykazuje w poszczególnych profilach następujące stopnie zagrożeń (tab. 2).

Tab. 2. Ocena zagrożeń filtracją, przebiciem hydraulicznym i utratą stateczności w przekrojach badawczych analizowanego odcinka wału

Tab. 2. Evaluation of treats the filtration, hydraulic perforation and loss of stability in research section of the analyzed flood embankment

Lp.	Profil		Ocena stateczności		Zagrożenia filtracyjne		Przebicie hydrauliczne	
	oznaczenie przekroju badawczego	kilometraż wału	F <sub>1</sub>	kategoria	F <sub>2</sub>	kategoria	F <sub>3</sub>	kategoria
1	SW/L10/4	1+100	1,01	2	0,107	3	1,6	2
2	SW/L10/8	2+150	1,62	1	0,059	3	-	1
3	SW/L10/13	3+370	1,20	2	0,003	3	-	1
4	SW/L10/14	3+570	1,01	3	0,002	3	0,64	3
5	SW/L10/15	3+800	1,24	3	0,003	3	-	1
6	SW/L10/16	3+950	1,26	3	0,844	3	0,87	3
7	SW/L10/17	4+175	1,10	1	0,001	3	-	1
8	SW/L10/18	4+380	1,61	1	0,005	3	-	1
9	SW/L10/19	4+575	1,58	1	0,004	3	2,27	1
10	SW/L10/20	4+775	1,42	1	0,008	3	-	1
11	SW/L10/21	4+975	1,02	2	0,018	3	-	1
12	SW/L10/22	5+175	1,10	2	wysoki teren zawala	1	-	1
13	SW/L10/23	5+350	1,15	2		1	-	1
14	SW/L10/24	5+450	1,25	2		1	-	1
15	SW/L10/25	5+600	1,20	2		1	-	1
						1	-	1

Analizowany odcinek wału, pod względem stateczności i możliwości wystąpienia przebicia hydraulicznego zasadniczo nie jest zagrożony. Odchylenia, jakie odnotowano pod tymi względami dotyczą jedynie miejsc zlokalizowanych w 1+100, 3+570, 3+950 oraz 4+975 km wału. Zagrożenia filtracyjne, przez co rozumie się możliwość szybkiego przesiąku wody przez wał, a tym samym jego rozmycie i zniszczenie, może wystąpić na znacznym fragmencie wału, czyli od 1+100 – 4+975. Badania wykazały, że od 5+175 do 5+650 km wału, obwałowanie charakteryzuje się dobrymi parametrami geotechnicznymi. Wał na tym odcinku jest stateczny, wykluczono również możliwość wystąpienia przebicia hydraulicznego a przesiąk wody przez korpus nasypu nie stanowi zagrożenia dla analizowanego obiektu.

Wzorując się na zaproponowanej przez Kołodziejczyk [2002] metodzie kompleksowej analizy skuteczności wałów w ochronie przeciwpowodziowej - stworzono tabelę, w której szczegółowo, opierając się na punktacji rangowej, określono stan wału. Wartości rangowe przyznane dla poszczególnych czynników zwiększających zagrożenie uwzględniają zarówno parametry geologiczno-inżynierskie, geotechniczne gruntu, jak również inne uwarunkowania jak np.: warunki przyrodniczo-środowiskowe. W klasyfikacji tej oceniane są takie parametry jak: osiadanie korony wału, małe zagęszczenie korpusu wału, słabe parametry geologiczno-inżynierskie gruntów, zawartość części organicznych w gruntach, możliwa filtracja (brak warstw uszczelniających, możliwe przebicie hydrauliczne (zbyt cienka warstwa uszczelniająca), mała stateczność skarp,

niejednorodność przepuszczalności podłoża i korpusu, zła geometria wału czy końcu stan techniczny korony, skarpy, oraz międzywała.

Sumaryczne wyniki badań wykazały, że zbadany wał można uznać w km 0+000 – 0+600 oraz km 2+600 – 2+750 jako dobry (skuteczny), chroniący przyległe tereny przed nagłym zalaniem wodami wezbraniowymi.

Inne fragmenty wału określono jako dostateczne (mało skuteczne), czyli stwarzające okresowo zagrożenia i nie gwarantujące całkowitego bezpieczeństwa przeciwpowodziowego. Taki stan trzymuje się na znacznej długości tego odcinka wału; w km 0+850 – 2+600, km 2+750 – 3+370 oraz km 4+175 – 5+650.

Odcinkiem stwarzającym największe zagrożenie i nie gwarantującym bezpieczeństwa jest fragment w km 3+570 do 3+950 (odcinek wzdłuż Czarnej Strugi), który - z uwagi na niskie parametry geologiczno-inżynierskie oraz niekorzystne warunki miejscowe - określono jako nieskuteczny. Na tym fragmencie stwierdzono również odkłucie gruntów w koronie wału i zsuw osuwiskowy po skarpie odpowietrznej.

Zły stan we fragmentach zbadanego odcinka wałów został spowodowany przez:

- mechaniczne uszkodzenia wału wodami rzeki Odry w okresie podwyższonych i wysokich stanów wód oraz przy pochodzie kry, szczególnie w przypadku małej szerokości międzywała,
- procesy erozyjne zachodzące w czasie gwałtownych i długotrwałych opadów atmosferycznych,
- działalność człowieka – liczne przejazdy koroną wałów, zniszczenia korpusu poprzez tworzenie „dzikich” przejazdów i ścieżek, poszukiwanie militariów itp.,
- zniszczenia spowodowane przez zwierzęta,
- podsiąkanie wody w korpus wału, obniżające jego stateczność i wytrzymałość, zwłaszcza w przypadku silnego zawodnienia terenu przy wale (oczka wodne, starorzecza, podtopienia),
- brak systematycznej pielęgnacji wałów, co doprowadziło do zachwaszczenia i zadrzewienia korpusu wału oraz zaniku darni,
- spływy, zsuwy i obrywy na skarpach, szczególnie intensywne w miejscach słabo zadarnionych i przy niewystarczającym zagęszczeniu korpusu wału.

Obwałowanie rzeki Odry na badanym odcinku oraz wał cofkowy Czarnej Strugi wymagają prac modernizacyjnych i remontowych. Modernizacja wału powinna polegać na zmianie jego konstrukcji, przebudowie i uszczelnieniu, szczególnie w km 3+570 – 3+950.

Remont wału, o mniejszym zakresie prac, powinien obejmować cały analizowany odcinek i polegać na:

- wzmocnieniu i wyrównaniu korony wału,
- zabezpieczeniu wału przed ruchem pojazdów po koronie,



- uporządkowaniu szaty roślinnej poprzez likwidację drzew, krzewów i chwastów porastających korpus oraz wysianiu trawy celem uzyskania prawidłowego zadarnienia,
- wzmocnieniu przejazdów wałowych,
- uporządkowaniu międzywała, w tym także wycięciu części drzew.

### Literatura

1. BIEBERSTEIN A., BRAUNS J.: Technischer Hochwasserschutz - Erfordernisse aus geotechnischer Sicht. *Geotechnik* 25, Nr. 4, s. 239 – 248, 2002
2. BOBOWSKA A.: *Methods of strengthening flood-embankments*. Zeszyty Naukowe nr 131 Inżynieria Środowiska nr 12 s. 37-43. Zielona Góra 2004
3. BOBOWSKA A., KOŁODZIEJCZYK U.: *Die Modernisierung der Flussdeiche auf der lubuschen Strecke der Oder*. Zeszyty Naukowe nr 131 Inżynieria Środowiska nr 12, s. 45-52. Zielona Góra 2004
4. BORYS M., MOSIEJ K.: *Wytyczne wykonywania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych*. Wyd. IMUZ Falenty 2003
5. DUBICKI A., SŁOTA H., ZIELIŃSKI J.: *Dorzecze Odry – monografia powodzi lipiec 1997*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 1999
6. HERRMANN R. A., JENSEN J.: *Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*, Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen – universi, 2003
7. KOŁODZIEJCZYK U.: *Geologiczno-inżynierskie badania wałów przeciwpowodziowych i ich podłoża*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra 2002
8. KOŁODZIEJCZYK U., KOWALSKI W.C.: *Inżyniersko-geologiczne, środowiskowe i geotechniczne badania wałów przeciwpowodziowych w dolinach nizin środkowopolskich*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 125, Inżynieria Środowiska 11. Zielona Góra 2001
9. RATHGEB A.: *Hydrodynamische Bemessungsgrundlagen für Lockerdeckerwerke an überströmbareren Erddämmen*. Dissertation, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart 2001
10. RESZKA T., WARCHOLAK P.: *Współczesne techniki pomiarowe dla potrzeb oceny stanu technicznego obwałowań przeciwpowodziowych*. [W:] *Modernizacja i eksploatacja obwałowań rzecznych*, SITWiM, Zielona Góra 2000
11. SAATHOFF F., WERTH K.: *Geokunststoffe in Dämmen und Deichen. Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*. s. 221 – 237. Hrsg. Hermann und Jensen. Universitätsverlag Siegen – universi 2003

12. TOPOLNICKI M.: *Herstellung von Dichtwänden in alten Deichen in Polen mit dem Verfahren der tiefen Bodenvermörtelung (DMM)*. Bemessungsanalysen und Ausführungsbeispiele. Fachaufsatz S. 32 - 51 D, Keller Grundbau GmbH 2003

## **CONDITION OF FLOOD EMBANKMENTS IN REGION OF THE NOWA SÓL CITY**

### *S u m m a r y*

*This article presents the results of the assessment of flood embankments located on the left bank of the Oder River, on 430,0-432,40 km of the river, in region of the Nowa Sól city. The study present that the control of stand the flood embankments is one of the most important tasks of flood prevention. It should be conducted regularly, at least once every five years, regardless on frequency of flooding, level of modernization and method used in their modernization.*

Key words: flood embankments, Oder River section in the Lubuskie Region, conditions of flood embankments