



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

**Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania
na Odrze granicznej.**

dr hab. inż. Tomasz Kolerski

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Politechnika Gdańska

Grudzień 2018r.

Spis treści

Wstęp	6
1 Uwarunkowania prowadzenia akcji lodołamania na Odrze granicznej (w tym te wynikające ze współpracy PL-DE)	7
2 Metody zabezpieczenia przed powodzią zatorowymi	9
2.1 Metody czynne	12
2.1.1 Lodołamanie z wykorzystaniem lodołamaczy	12
2.1.2 Lodołamanie z wykorzystaniem koparek pływających	14
2.1.3 Wykorzystanie materiałów wybuchowych	15
2.2 Metody bierne	16
2.2.1 Przegrody stałe	16
2.2.2 Przegrody pływające	17
2.3 Lodołamanie na Odrze granicznej – zalecenia	19
3 Wymagane głębokości rzeki dla prowadzenia akcji lodołamania	23
4 Aktualnie stosowana oraz planowana flota lodołamaczy	27
5 Ocena możliwości stosowania koparek pogłębieniowych w warunkach pracy na Odrze	29
6 Opis historycznych problemów w prowadzeniu akcji lodołamania	32
6.1 Lodołamanie w sezonie zimowym 2008/2009	32
6.2 Lodołamanie w sezonie zimowym 2009/2010	33
6.3 Lodołamanie w sezonie zimowym 2010/2011	36
6.4 Lodołamanie w sezonie zimowym 2011/2012	38
6.5 Lodołamanie w sezonie zimowym 2012/2013	40
6.6 Lodołamanie w sezonie zimowym 2013/2014	40
6.7 Sezon zimowy 2014/2015	41
6.8 Lodołamanie w sezonie zimowym 2015/2016	41
6.9 Lodołamanie w sezonie zimowym 2016/2017	42
6.10 Lodołamanie w sezonie zimowym 2017/2018	43
6.11 Podsumowanie	45
Załączniki	48
Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2008/2009	48

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2009/2010	51
Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2010/2011	59
Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2011/2012	67

Spis Rysunków

Rysunek 1	Główne rejony obszary działań operacyjnych lodołamaczy na Odrze	8
Rysunek 2	Schemat zatoru lodowego.....	9
Rysunek 3	Schemat Odry granicznej z zaznaczonymi lokalizacjami w których możliwe jest powstawanie zatorów lodowych; (a) Odcinek ujściowy Odry z lokalizacjami mostów o niskim prześwicie pionowym; (b) Głębokości w jeziorze Dąbie przy przepływie $Q = 575 \text{ m}^3/\text{s}$	11
Rysunek 4	Próba usunięcia zatoru lodowego w rejonie mostu drewnianego w Wyszogrodzie przy wykorzystaniu ładunków wybuchowych zimą 1998; po eksplozji nie stwierdzono spływu lodu w dół rzeki (strzałka wskazuje kierunek przepływu).....	15
Rysunek 5	Model hydrauliczny przegrody lodowej stałej wykonany w laboratorium CRREL	16
Rysunek 6	Zdjęcie lotnicze przegrody lodowej na jeziorze Erie podczas ruszenia lodu w 9 kwietnia 2009 r. (Niagara Ice Flight, Gomez and Sullivan Engineers, P.C.).....	17
Rysunek 7	Schematy pracy przegrody pływającej (a) podpływanie lodu w warunkach przekroczenia krytycznej prędkości wody (b) erozja lodu na skutek działania wysokiej prędkości wody (c)-(d) [przekroczenie krytycznej siły i zanurzenie przegrody]	18
Rysunek 8	Schemat sił działających na rumowisko lodowe znajdujące się na powierzchni wody.....	24
Rysunek 9	Odra w rejonie Słubic z widocznym mostem granicznym, lipiec 2015 (fot. Wolkenkratzer, źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Slubice_Polen_001b.jpg)	25
Rysunek 10	Wyniki symulacji numerycznej, prezentujące proces tworzenia się zatoru lodowego w rejonie Słubic	26
Rysunek 11	Sytuacja lodowa w styczniu 2009 r. (a) Przekroczenie stanu alarmowego w miejscowości Bielinek (b) zwałowanie kry przy Nadzorze Wodnym Widuchowa ; Źródło RZGW Szczecin	32
Rysunek 12	Zator lodowy w rejonie miejscowości Kunice (km 571,5) źródło RZGW Szczecin.....	34
Rysunek 13	Lodołamacze przepływają pod mostem kolejowym w Kostrzynie nad Odrą (km 615,1 (źródło RZGW Szczecin)	35
Rysunek 14	Sytuacja lodowa w sezonie zimowym 2010/2011 (a) Holowane dwa zestawy pływające (km 25,0 rz. Odry Zach.) (b) Zator lodowy w rejonie miejscowości Widuchowa; źródło RZGW Szczecin...	36
Rysunek 15	Czołowe lodołamacze pracujące w rejonie m. Siekierki (km 654); źródło RZGW Szczecin .	39
Rysunek 16	Sytuacja lodowa w sezonie 2016/2017 (a) Spiętrzenie lodowe przy jazie w Widuchowej w lutym 2017r., (b) lodołamacz Odyniec w km 706 Odry źródło: RZGW Szczecin	43
Rysunek 17	Fotografia Lodołamacz Dzik w zatorze lodowym w km 704.....	43

Spis fotografii

Zdjęcie 1 Tworzenie się zjawisk lodowych – Widuchowa początek stycznia 2009	48
Zdjęcie 2 Lodołamacze podczas I Fazy lodołamania 11.01.2009 rejon Widuchowa	48
Zdjęcie 3 Lodołamacz Frankfurt – łamanie stałej pokrywy lodowej do m. Słubice	49
Zdjęcie 4 Wyłamana „rynna” podczas 3 fazy akcji lodołamania (km 700 – 671)	49
Zdjęcie 5 Przekroczony stan alarmowy w m. Bielinek	50
Zdjęcie 6 Zwałowanie kry przy Nadzorze Wodnym Widuchowa	50
Zdjęcie 7 Łamanie lodu na Odrze Zachodniej – końcowy etap lodołamania	50
Zdjęcie 8 Wykształcające się zjawiska lodowe (krążki śryżowe – most Krajnik Dolny km 690,5 rz. Odry) .	51
Zdjęcie 9 Lodołamacze podczas pracy w rejonie miejscowości Widuchowa	51
Zdjęcie 10 Zwałowanie kry lodowej w rejonie miejscowości Zatoń Dolna	52
Zdjęcie 11 Wodowskaz w Gozdowicach (km 645,3)	52
Zdjęcie 12: <i>Pomiar grubości lodu</i>	53
Zdjęcie 13 Lodołamacz Dzik pracujący w rejonie Widuchowej	53
Zdjęcie 14 Lodołamacz Żbik podczas pracy na jeziorze Dąbie	54
Zdjęcie 15 Lodołamacz Dzik pracujący w km 704,1 (w tle jaz Widuchowa)	54
Zdjęcie 16 Lodołamacz Hohensaaten pracujący w rejonie miejscowości Ognica	55
Zdjęcie 17 Czołówka lodołamaczy (Frankfurt, Dzik, Wilk, Hohensaaten) w km 677	55
Zdjęcie 18 Lodołamacze przepływają pod mostem kolejowym w Kostrzynie nad Odrą (km 615,1)	55
Zdjęcie 19 Zator lodowy w rejonie miejscowości Kunice (km 571,5)	56
Zdjęcie 20 Lodołamacze Hohensaaten i Wilk podczas pracy w lodzie	56
Zdjęcie 21 27.02 zator lodowy w Słubicach powyżej mostu drogowego (<i>zdjęcie sprzed napłynięcia na ten zator kolejnych zatorów z góry rzeki</i>)	57
Zdjęcie 22 Pochód lodu w rejonie Gozdowic	57
Zdjęcie 23 Usuwanie przeszkód nawigacyjnych z koryta rzeki po przejściu lodów	58
Zdjęcie 24 Pierwsze zjawiska lodowe – Gozdowice (km 645,3 rz. Odry)	59
Zdjęcie 25 Spiętrzenie pokrywy lodowej na rzece Regalicy (km 730,5)	59
Zdjęcie 26 Spływające w lodzie 5 zestawów pływających (km 9,0 rz. Odry Zach.)	60
Zdjęcie 27 Holowane dwa zestawy pływające (km 25,0 rz. Odry Zach.)	60
Zdjęcie 28 Obserwacja zjawisk lodowych przez pracownika RZGW Szczecin	61
Zdjęcie 29 Zalodzenie w rejonie byłego Granicznego Punktu Kontrolnego w Widuchowej	61
Zdjęcie 30 Zator lodowy w rejonie miejscowości Widuchowa	62
Zdjęcie 31 Widok ze sterówki lodołamacza Odyniec na lód zatorowy w rejonie Gryfina	62
Zdjęcie 32 Lodołamacz Odyniec wchodzi w lód zatorowy km 714,9	63
Zdjęcie 33 Struktura lodu zatorowego przy jazu w Widuchowej km 704,1	63
Zdjęcie 34 Lodołamacz Schwedt pracujący na Regalicy	64
Zdjęcie 35 Przerwany wał letni na polder na wysokości Zatoni Dolnej	64
Zdjęcie 36 Czołówka lodołamaczy pracująca w rejonie mostu w Krajniku Dolnym	65

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Zdjęcie 37	Czołówka lodołamaczy w km 686,0 zawracają aby udać się na nocny postój	65
Zdjęcie 38	Miejscowa ludność oczekująca na lodołamacze (Zatoń Dolna)	66
Zdjęcie 39	Odyniec i Lis pomagają wydostać się z mierzyny lodołamaczowi Kienitz	66
Zdjęcie 40	Lodołamacze pracujące na Odrze Zachodniej	67
Zdjęcie 41	Pierwsze zjawiska lodowe – Widuchowa (km 701,8 rz. Odry)	67
Zdjęcie 42	Zjawiska lodowe w dniu 04 lutego (km 628,3 –m. Chlewice)	68
Zdjęcie 43	Polski lodołamacz czołowy w rejonie km 713,0 (Kanał Zimny Elektrowni w Gryfinie)	68
Zdjęcie 44	Lodołamanie w dniu 16 lutego 2012 r. w rejonie Widuchowej	69
Zdjęcie 45	Czołowe lodołamacze pracujące w rejonie m. Siekierki (km 654)	69
Zdjęcie 46	Zsuwy lodowe w rejonie km 559,0 obserwowane w dniu 21.02.2012 r.	70
Zdjęcie 47	Stare filary po moście kolejowym na rzece Regalicy w Szczecinie, przyczyna częstego zatrzymywania spływającego lodu z góry rzeki	70
Zdjęcie 48	Polskie lodołamacze czołowe w pogotowiu lodowym na rzece Regalicy po zakończeniu akcji lodołamania w sezonie zimowym 2011/2012	71

Wstęp

Niniejsze opracowanie podsumowuje informacje i opracowane do tej pory ekspertyzy dotyczące konieczności prowadzenia akcji lodołamania na Odrze granicznej z wykorzystaniem lodołamaczy.

W sposób jednoznaczny udziela odpowiedzi na pytanie:

Dlaczego likwidacja zatorów lodowych na Odrze powinna być prowadzona przez lodołamacze i to lodołamacze, które dla funkcjonowania potrzebują 1,8 m zagłębienia?

Raport bazuje na dotychczas opracowanych ekspertyzach tj.:

- Kolerski, T., (2014) Ochrona przed powodzią zatorowymi na Dolnej Odrze i jeziorze Dąbie
- Kolerski T., (2017) Sprawdzenie możliwości pracy lodołamaczy liniowych w warunkach braku udrożnienia koryta Odry środkowej i granicznej (wariant 0)
- Kolerski T., (2018) Ekspertyza w sprawie wykorzystania pogłębiarek pływających typu AMPHIBEX do lodołamania na Odrze

Oraz na dokumentach przekazanych przez RZGW Szczecin w tym w szczególności:

- Sprawozdania z akcji lodołamania z lat 2006-2018
- Instrukcja lodołamania na granicznym i dolnym odcinku rzeki Odry
- Porozumienie administracyjne pomiędzy Okręgową dyrekcją Gospodarki Wodnej w Szczecinie i Dyrekcją Wodno-Żeglugową Wschód w Berlinie
- Porozumienie zawarte w dniu 14.09.2017r. pomiędzy RZGW Szczecin, RZGW Poznań i RZGW Wrocław dotyczące wspólnej akcji lodołamania na Odrze

1 Uwarunkowania prowadzenia akcji lodołamania na Odrze granicznej (w tym te wynikające ze współpracy PL-DE)

Z uwagi na graniczny charakter rzeki Odry akcja lodołamania w dolnym biegu rzeki prowadzona jest wspólnymi siłami obu sąsiadujących krajów. Zgodnie z Umową między Rzeczpospolitą Polską i Republiką Federalną Niemiec o współpracy w dziedzinie gospodarki wodnej na wodach granicznych z dnia 19.05.1992r. kierownictwo techniczne wspólnej akcji lodołamania sprawuje strona polska. Szczegóły organizacyjne wspólnej akcji lodołamania i obowiązujące w niej zasady zawarto w podpisanym 11.08.1997r. *Porozumieniu Administracyjnym o organizacji i współpracy w dziedzinie lodołamania na wodach granicznych rzeki Odry od km 542,4 do km 704,1 i rzeki Odry Zachodniej od km 0,0 do km 17,15.*

Czynna osłona przeciwlodowa przy użyciu lodołamaczy, prowadzona jest w okresie od 1 grudnia i trwa do 15 marca następnego roku. W tym okresie utrzymywane jest pogotowie lodołamaczy, które w razie nagłej potrzeby w każdym momencie mogą przystąpić do akcji lodołamania.

Decyzję o przystąpieniu lodołamaczy do akcji lodołamania podejmują wspólnie strona polska i niemiecka. Najkorzystniej jest podjąć lodołamanie w sytuacji sprzyjających warunków pogodowych - wiatr z kierunków południowych oraz odwilż. Niezależnie od warunków pogodowych lodołamanie podejmuje się w sytuacji bezpośredniego zagrożenia ludności i mienia znajdującego się w pobliżu koryta rzecznego.

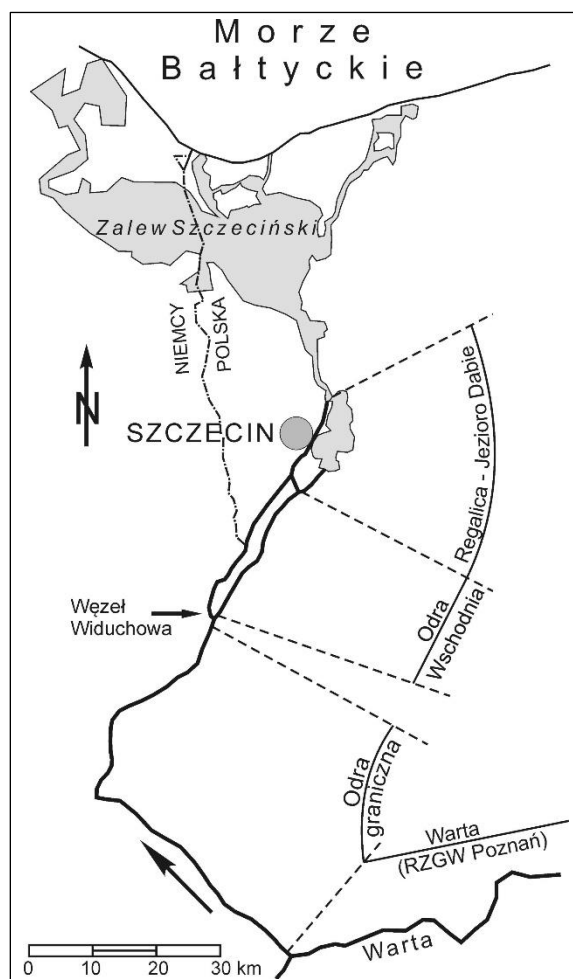
Akcja lodołamania w warunkach odrzańskich obejmuje kilka rejonów operacyjnych floty lodołamaczy, w których w trakcie prowadzenia akcji niezależnie pracować mogą jednocześnie zespoły lodołamaczy. Główne obszary działań operacyjnych lodołamaczy to: Jezioro Dąbie i Regalica / Odra Wschodnia / Węzeł Widuchowa / Odra graniczna / Warta – na obszarze działania RZGW Poznań (patrz Rysunek 1). Dodatkowo w razie potrzeb i możliwości nawigacyjnych lodołamacze operują od ujścia rzeki Nysy Łużyckiej w kierunku stopnia Malczyce na terenie administracyjnym RZGW Wrocław. O ile warunki pozwolą to także od Santoka do śluzy w Krzyżu na rzece Noteci administracyjnie podległej RZGW Bydgoszcz.

Akcję lodołamania z reguły rozpoczyna się od wyłamania rynny na Jeziorze Dąbie, w celu umożliwienia odpływu lodu spływającego z góry rzeki w kierunku Zalewu Szczecińskiego. Po wyłamaniu rynny na Jeziorze Dąbie czołówka lodołamaczy przesuwa się stopniowo w górę rzeki Odry Wschodniej i granicznej, krusząc stałą pokrywę lodową i „uwalniając” potamną krę lodową w dół rzeki. Kruszenie lodu na Odrze wykonuje się również z wykorzystaniem ciepłych wód tzw. pochodniczych z Elektrowni „Dolna Odra” w Gryfinie, które pomagają rozpuścić spływającą krę lodową.

Kierownictwo akcją lodołamania obejmuje zastępca dyrektora RZGW Szczecin, a jego zastępcą jest zastępca kierownika RZGW Szczecin. Obecnie, w strukturach Wód Polskich ds. Ochrony Przeciwpowodziowej i Suszy. W terenie kierownictwo techniczne akcji lodołamania wspierane jest przez pracowników z nadzorów wodnych obiektów hydrotechnicznych, którzy realizują zadania z zakresu rozpoznania zjawisk lodowych, obserwacji terenowej ruchu lodów i pracy lodołamaczy, co ma na celu dostarczenie bieżącej informacji lodołamaczom i kierownictwu akcji, dla potrzeb obrania i realizowania właściwej strategii prowadzenia akcji lodowej. Nadzory Wodne w Szczecinie, Widuchowej, Gozdowicach i

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Słubicach dysponują takim samym zakresem środków łączności jak kierownictwo akcji lodołamania oraz samochodami terenowymi.



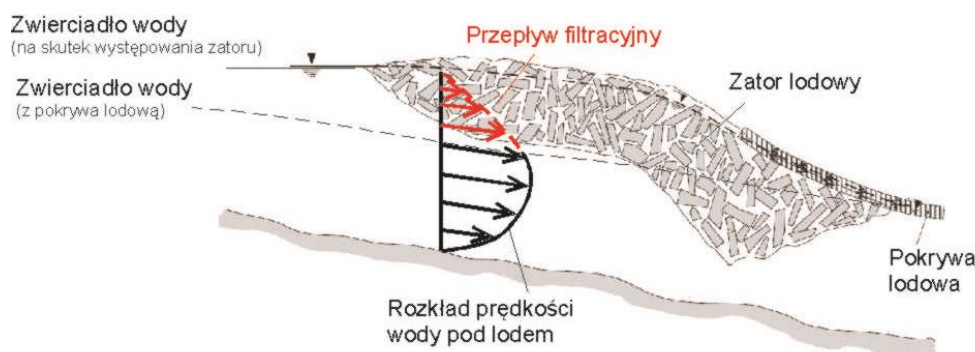
Rysunek 1 Główne rejony obszarów działań operacyjnych lodołamaczy na Odrze

Kierownictwo techniczne akcji lodołamania współpracuje z kierownictwem niemieckiej administracji dróg wodnych w Urzędzie Dróg Wodnych i Żeglugi Eberswalde. Współpraca polega na uzgadnianiu ogólnej strategii działania wspólnej floty lodołamaczy, warunków włączenia do akcji lodołamania lodołamaczy niemieckich, wymiany informacji o zjawiskach lodowych i zagrożeniach z tym związanych. Współpraca z kapitanami lodołamaczy niemieckich polega na wydawaniu im dyspozycji w zakresie prowadzenia akcji i sprawnego postoju przy polskich nabrzeżach oraz przekazywaniu bieżącej informacji o przebiegu akcji wraz z planami na kolejne dni.

2 Metody zabezpieczenia przed powodzią zatorowymi

Pokrywa lodowa na Odrze jest zbudowana z lodu prądowego. Wynika z tego nierównomierna grubość pokrywy lodowej, wysoka szorstkość jej dolnej powierzchni oraz wysokie prawdopodobieństwo powstawania zatorów lodowych na całej rzece.

Zator lodowy jest ekstremalnym zjawiskiem występującym w sezonie zimowym podczas zamarzania rzeki lub w rezultacie ruszenia lodu. Konsekwencją występowania zatoru na rzece jest zwiększenie oporów przepływu i powstawanie wezbrania zatorowego. Ze względu na związane z tym ryzyko powodziowe, należy podjąć szerokie działania służące neutralizacji zatorów lub nie dopuszczać do ich powstawania. Występujące wciąż powodzie zatorowe to w znacznej mierze efekt zatorów lodowych, których ze względów technicznych nie było można na czas zlikwidować.



Rysunek 2 Schemat zatoru lodowego

Częstość pojawiania się zatorów lodowych jest w dużej mierze związana z warunkami hydraulicznymi panującymi w danej rzece. Dodatkowym czynnikiem są warunki meteorologiczne, które mogą zwiększać ryzyko powstawania zatorów. Przyczyny powstawania zatorów lodowych na Dolnej Odrze to zarówno zjawiska naturalne, nad którymi nie możemy panować (wysokie stany morza i wiatr), jak i przyczyny związane z zaniedbaniami w regulacji rzeki (wyptyczenia, zwężenia koryta, ostre zakręty). Dodatkowo można wymienić wpływ znajdujących się w nurcie przeszkód (filary mostowe) oraz zasilanie rzeki lodem z lewostronnych dopływów. Należy podjąć wszelkie starania, aby wyeliminować możliwie najwięcej przyczyn zatorów lodowych. W ten sposób nie będziemy dodatkowo zwiększać i tak dużego potencjału zatorowego Odry.

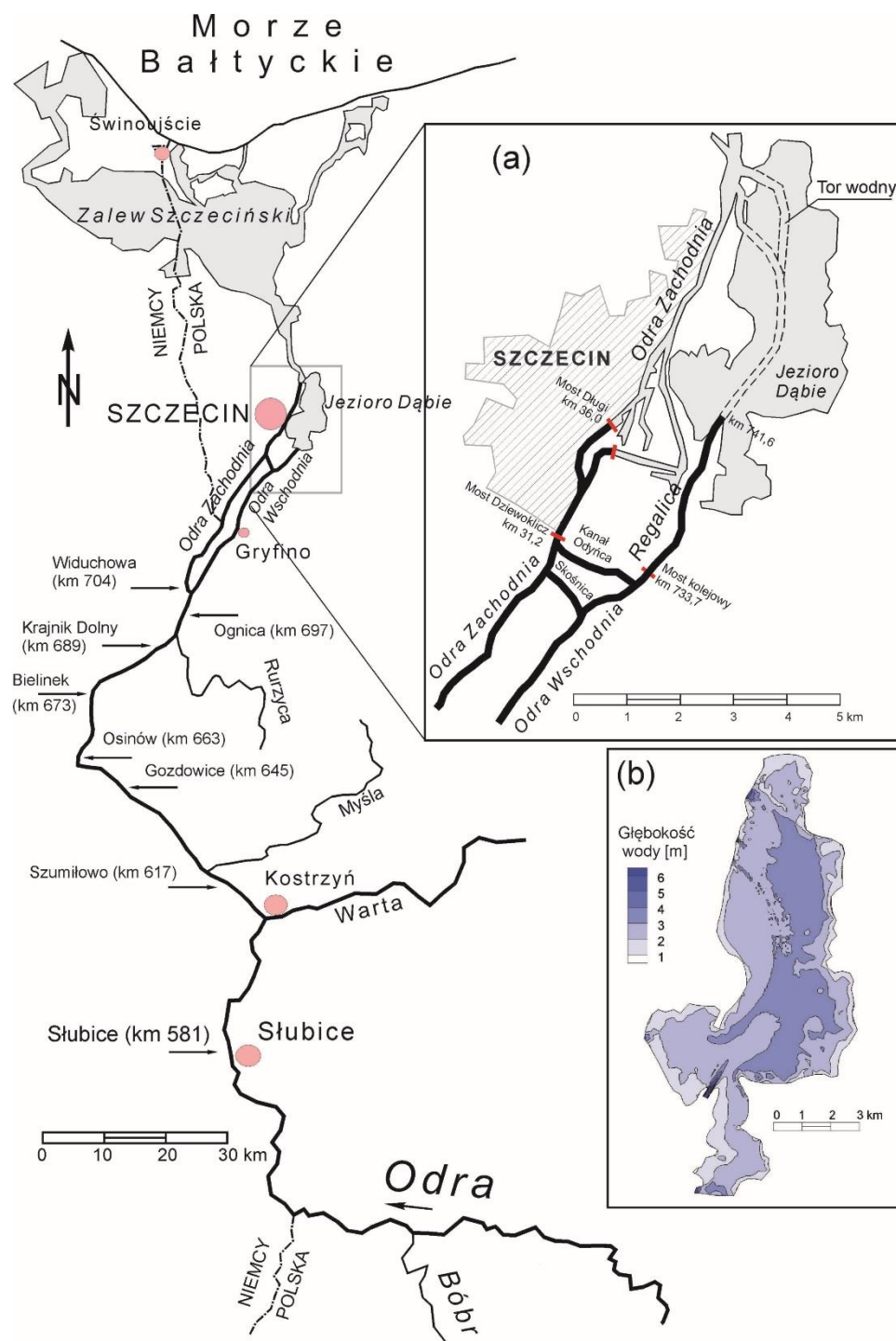
Podsumowując Odra graniczna jest rzeką zatorogenną, do czego przyczyniają się następujące czynniki:

- Utrudniony odpływ wody i lodu na skutek występowania cofki odmorskiej
- Wiatr wiejący z kierunku przeciwnego do kierunku przepływu; problem szczególnie istotny dla jeziora Dąbie, ale również w każdej innej lokalizacji
- Zmiana kierunku nurtu (np. dla km 673 Bielinek)
- Zwężenie koryta rzeki (np. Słubice, Bielinek czy Widuchowa)

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

- Zatrzymanie spływu lodu na filarach obiektów mostowych znajdujących się w nurcie rzeki (np. Słubice)
- Wypłyenia występujące w nurcie rzeki na powstające wskutek odkładu rumowiska; wobec braku prowadzonych prac pogłębiarskich oraz złej jakości urządzeń regulacyjnych problem dotyczy niemal całego odcinka Odry.
- Zasilanie Odry lodem z lewostronnych dopływów (np. Gozdowice, Ognica, ujście Warty-Kostrzyn nad Odrą)

W celu walki z niebezpiecznym zjawiskiem zatoru lodowego opracowano szereg metod, które można podzielić na metody czynne i bierne. Do metod biernych zalicza się przede wszystkim przegrody lodowe budowane w celu stabilizacji pokrywy lodowej, kierowaniu spływem lodu lub powstrzymywaniem dopływu lodu do pewnych odcinków rzek. Metody czynne to lodołamanie, które przeprowadza się w celu udrożnienia koryta rzecznej i zapewnienia sprawnego odpływu lodu do ujścia.



Rysunek 3 Schemat Odry granicznej z zaznaczonymi lokalizacjami w których możliwe jest powstawanie zatorów lodowych; (a) Odcinek ujściowy Odry z lokalizacjami mostów o niskim prześwicie pionowym; (b) Głębokości w jeziorze Dąbie przy przepływie $Q = 575 \text{ m}^3/\text{s}$

2.1 Metody czynne

Lodołamanie jest najczęściej stosowanym środkiem technicznym mającym na celu udroźnienie rzeki w celu spławiania lodu lub usunięcie zatoru lodowego. Na przestrzeni lat opracowano kilka metod, z których najpopularniejszym rozwiązaniem jest kruszenie lodu przy wykorzystaniu specjalnie do tego przystosowanych statków o wzmocnionym kadłubie, zwanych dalej lodołamaczami. Do kruszenia lodu i usuwania zatorów stosuje się również ładunki wybuchowe lub usuwa się lód za pomocą koparek pływających. W warunkach Dolnej Odry użycie lodołamaczy to jedyna metoda mogąca skutecznie przeciwdziałać powodziom zatorowym. Pozostałe metody są nieskuteczne lub niemożliwe do zastosowania ze względu na charakter rzeki, lecz zostaną poniżej opisane w celu weryfikacji tego wniosku.

2.1.1 Lodołamanie z wykorzystaniem lodołamaczy

Najbardziej popularnym i skutecznym środkiem technicznym stosowanym w walce z zatorami lodowymi jest wykorzystanie lodołamaczy. Jednostki służące do prowadzenia akcji lodołamania są zwykle specjalnie w tym celu wykonywane ze względu na specyficzne wymogi. Muszą to być statki o stosunkowo niewielkim zanurzeniu, dużej masie i mocnym silniku. Lodołamacz kruszy lód wykorzystując do tego swą masę (lodołamacze czołowe) lub wywołując falę na wolnym od lodu fragmencie rzeki. Lodołamacz czołowy poruszając się w górę rzeki napływa na stałą taflę lodu, która pęka pod jego ciężarem. Następnie kra lodowa przemieszcza się wraz z nurtem rzeki w kierunku ujścia. W celu zapewnienia odpływu lodu w dół rzeki niezbędna jest praca wspomagających lodołamaczy liniowych udrażniających rynnę wolną od lodu. Dodatkowo lodołamacze wspomagające przepływając z dużą prędkością wzdłuż rynny wywołują fale, które powodują pękanie pokrywy lodowej i w konsekwencji prowadzi do poszerzania wolnego od lodu kanału spływowego.

Podstawowym warunkiem zapewniającym skuteczną akcję usuwania pokrywy lodowej przy użyciu lodołamaczy jest zapewnienie odpływu lodu w dół rzeki. Z tego względu akcja lodołamania musi zawsze rozpoczynać się w rejonie ujścia lub zbiornika wodnego, do którego spławiany będzie pokruszony lód. Zbiornikiem, który będzie odbierał i magazynował krę lodową spływającą z Dolnej i Środkowej Odry oraz z Warty i pozostałych dopływów jest jezioro Dąbie. Oczywiście nie ma możliwości zmagazynowania całego lodu z Odry w tym jeziorze, więc w miarę możliwości powinno się przepuszczać krę lodową przez Babinę, Czapinę, Iński Nurt i Odrę Zachodnią oraz Domiążę do zalewu Szczecińskiego, a stamtąd do zatoki Pomorskiej. Ze względu na specyficzny układ hydrauliczny systemu jezioro Dąbie – zalew Szczeciński, położenie zwierciadła wody w obu tych zbiornikach jest ściśle uzależnione do poziomów wody w morzu i wiatru. Oznacza to, że prowadzenie lodołamania na tym odcinku Odry jest bardzo skomplikowane. Upraszczając sytuację można powiedzieć, że to czy jezioro Dąbie będzie skutecznie zabezpieczało akcje lodołamania na wyżej położonym odcinku Odry jest zależne od temperatury powietrza oraz siły i kierunku wiatru.

Jezioro Dąbie jest stosunkowo płytkim zbiornikiem wodnym i przy silnych mrozach wprowadzona do niego kra bardzo szybko marznie. Kilkakrotne łamanie jeziora przy mrozach doprowadza do powstania wtórnych zatorów lodowych opierających się o dno. Występowanie niekorzystnych warunków

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

podgodowych podczas lodołamania przy obecnej głębokości toru wodnego na jeziorze Dąbie powoduje zablokowanie całej akcji i zwiększenie zagrożenia powodziowego. Jezioro Dąbie pełni rolę odbiornika kry, dlatego ze względu na konieczność poruszania się lodołamaczy po jeziorze i sprawny przepływ kry wymagane jest zachowanie w torze wodnym przebiegającym przez jezioro głębokości, co najmniej 3,2 m.

Niewystarczająca głębokość, szczególnie na głównym torze wodnym (tj. ok. 2,5 m przy średnim stanie wody SW), ogranicza możliwość gromadzenia kry lodowej, spływającej z rejonów objętych akcją, jak również skuteczne jej odprowadzanie z jeziora na Zalew Szczeciński (w przypadku istnienia takiego odpływu). W przypadku akcji lodołamania w sezonie 2009/2010 jezioro Dąbie musiało przyjmować krę lodową z rzeki, bez możliwości odpływu kry z jeziora. Wówczas istotną sprawą było połamanie jak największej powierzchni lodu na jeziorze, również poza torem wodnym, co dodatkowo narażało lodołamacze na wchodzenie na mielizny.

W sytuacji, gdy pomimo intensywnych prac lodołamaczy na jeziorze Dąbiu jak i na Wewnętrznych Wodach Morskich (Tor Wodny Szczecin Świnoujście) nie ma możliwości odprowadzania lodu z dolnego i granicznego odcinka rzeki Odry na skutek powstania zatoru lodowego jak również w przypadku trwałego występowania wiatrów z kierunków wschodnich i braku możliwości odpływu kry z jeziora Dąbie w kierunku Morza Bałtyckiego lód kierowany jest poprzez przekop Klucz-Ustowo na rzekę Odrę Zachodnią. Funkcjonowanie przekopu Klucz – Ustowo jest swoistego rodzaju „by-passem” bezpieczeństwa uruchamianym w awaryjnych sytuacjach na wypadek nałożenia się niekorzystnych warunków opisanych powyżej związanych z niedrożnością Jeziora Dąbie. Z tego powodu zapewnienie odpowiednich głębokości dla funkcjonowania przekopu Klucz – Ustowo jest również niezbędnym elementem dla funkcjonowania systemu ochrony przed powodzią zatorowymi. Przykładowo, w sezonie 2010/2011, ze względu na kierunek wiatru nie wyłamywano rynny na jeziorze Dąbie, a wykorzystywano do odpływu lodu rzekę Parnicę i Przekop Mieleński. W podobny sposób można wykorzystać kanał Klucz - Ustowo, którym kora lodowa spod Gryfic mogłaby być kierowana na Odrę Zachodnią.

Instrukcja akcji lodołamania na Dolnej Odrze informuje, że ze względu na niewielką głębokość wody w jeziorze Dąbie, w przypadku mrozu i niekorzystnego kierunku wiatru na akwenie tworzą się zwały lodowe opierające się o dno, które powodują zablokowanie akcji lodołamania. Instrukcja lodołamania przewiduje również prowadzenie akcji skokowej (z 1-2 dniowymi przerwami) przy wykorzystaniu rzutu wody podgrzanej z elektrowni ciepłej w Gryfinie. Wykorzystanie wód podgrzanych jest rozwiązaniem, które usuwa lód z rzeki, lecz ze względu na długi czas trwania jest mało efektywna. Zwykle podczas lodołamania wykorzystuje się metodę połączoną. Polega ona na rozpoczęciu lodołamania przy ujemnej temperaturze powietrza, kiedy kluczowe jest topienie lodu wodą z elektrowni w Gryfinie. Następnie, gdy temperatura powietrza wzrośnie powyżej zera przerzuca się lód do jeziora Dąbie, w którym uprzednio kruszy się pokrywę lodową.

Akcja lodołamania na Dolnej Odrze jest warunkowana poprzez zapewnienie odpowiednich głębokości oraz brak przeszkód w nurcie. Reszta pozostaje w rękach załóg lodołamaczy, którzy od wielu lat pokazują, że mimo wszelkich przeciwności potrafią dokonywać rzeczy wręcz niemożliwych. Świadczy o tym

praktycznie brak poważniejszych sytuacji wezbraniowych na Dolnej Odrze mimo corocznie prowadzonego lodołamania i wielu zatorów powstających w różnych lokalizacjach. Dolna Odra na odcinku granicznym charakteryzuje się dużymi zmianami szerokości koryta (od 165 do 275 m). Niejednorodna szerokość cieku przyczynia się do zmian koncentracji przepływającego lodu i może prowadzić do powstawania zatorów. Dodatkowo obecnie głębokości na Odrze przy przepływie średnim są bardzo niewielkie. Warto przyjrzeć się sytuacji hydraulicznej na Odrze granicznej przy przepływie średnim i niskim, które najczęściej towarzyszą wiosennemu ruszeniu lodu. Od ujścia Nysy Łużyckiej do ujścia Warty odnotowuje się głębokość rzędu 0,95 m, do miejscowości Hohenstaaten w granicach 0,8 – 1,2 m, a powyżej Widuchowej nie przekraczają 1,8 m. Zestawiając to z zanurzeniem lodołamaczy, które dla największych jednostek czołowych dochodzi do 2,01 m łatwo zauważyć praktyczny brak możliwości prowadzenia lodołamania powyżej km 670. Mimo to załogi lodołamaczy docierają wielokrotnie do Gozdowic (km 645) lub nawet powyżej ujścia Warty. Stan istniejący jest wynikiem zarówno zaniedbań w odniesieniu do prac pogłębiarskich, jak również ze złego stanu budowli regulacyjnych. Stan większości ostróg, które były wykonane w latach dwudziestych XX wieku, jest zły i wymaga natychmiastowej interwencji.

Kolejnym warunkiem koniecznym dla sprawnego neutralizowania zatorów lodowych na Odrze jest usunięcie wszelkich przeszkód z nurtu rzeki, które uniemożliwiają przejście jednostek pływających. Podstawowym problemem opisywanym wielokrotnie w materiałach źródłowych oraz w czasopiśmie branżowym są obiekty mostowe. Duża część mostów znajdujących się nad drogą wodną Odry ma zdecydowanie zbyt mały prześwit pionowy oraz poziomy. Niskie mosty stwarzają realny problem dla ruchu jednostek pływających przy wysokich stanach wody. Wiele z obiektów mostowych ma na tyle nisko położoną dolną krawędź przęsła, że lodołamacze nie mają możliwości przejścia pod mostem. Przykładem może być most kolejowy na Regalicy w km 733+700, lub most Długi w km 35+950 Odry Zachodniej. A także sąsiadujący z Mostem Długim most Kolejowy w km 35,59 rz. Odry Zachodniej (prześwit pionowy pod mostem wynosi 3,79 m do stanu WWŻ). Wszystkie wymienione obiekty wielokrotnie utrudniały lub uniemożliwiały prowadzenie akcji lodołamania.

2.1.2 Lodołamanie z wykorzystaniem koparek pływających

Usuwanie lodu z rzeki z wykorzystaniem sprzętu budowlanego ustawianego na pontonach lub pracującego z brzegu rzeki jest operacją stosowaną na niewielkich ciekach, w których z uwagi na niewielką głębokość nie można wprowadzić lodołamaczy. Wśród wykorzystywanych szerzej rozwiązań warto wymienić kanadyjskie pogłębiarki Amphibex, które od lat 90-ych zostały przystosowane do pracy w lodzie i są wykorzystywane na rzekach w Kanadzie i na północy Stanów Zjednoczonych. Sposób pracy tych maszyn polega na wciąganiu na lód ciężkiego pontonu, którego masa powoduje załamywanie się pod nim pokrywy lodowej.

Proces ten jest stosunkowo powolny (niemal 20-o krotnie wolniejszy od pracy lodołamaczy), ale w przypadku bardzo małych lub nieregularnych głębokości rzeki jest to dobra i sprawdzona technika. Stosowanie tych urządzeń na Odrze granicznej jest całkowicie nieuzasadnione zarówno technicznie jak i ekonomicznie (szczegółowa analiza znajduje się w rozdziale 5.).

2.1.3 Wykorzystanie materiałów wybuchowych

Ładunki wybuchowe zakładane pod lodem były stosunkowo często stosowane w minionych latach, W pewnych rejonach świata, metoda ta jest nadal wykorzystywana ze względu na brak możliwości zastosowania innych metod kruszenia lodu. Przykładem takich prac jest rzeka Amur na granicy Chińsko Rosyjskiej, gdzie wykorzystuje się mocowane pod lodem ładunki wybuchowe o ciężarze dochodzącym do 30 kg. Eksplozje tych ładunków wykonuje się w układzie liniowym i służą one przygotowaniu rynny spływowej dla lodu. Służby prowadzące operację wysadzania lodu na rzece Amur nie przykładają wagi do czynników środowiskowych.



Rysunek 4 Próba usunięcia zatoru lodowego w rejonie mostu drewnianego w Wyszogrodzie przy wykorzystaniu ładunków wybuchowych zimą 1998; po eksplozji nie stwierdzono spływu lodu w dół rzeki (strzałka wskazuje kierunek przepływu)

W Polsce akcje rozbijania lodu lub zatoru przy użyciu ładunków wybuchowych realizuje się w sytuacji zagrożenia dla pracy jazów, mostów lub innych obiektów hydrotechnicznych. Są to najczęściej działania lokalne i nie należy ich utożsamiać z systemową akcją kruszenia lodu. W przypadku usuwania lodu na jazach zadanie polega na potłamaniu pokrywy lodowej na mniejsze fragmenty w celu zapewnienia swobodnego ich spływu przez jaz oraz na przygotowaniu stanowiska dolnego. Wprowadzenie jednostek wojskowych do akcji związanych z wysadzaniem zatorów lodowych lub śryżowych następuje po wyczerpaniu sił i środków będących w dyspozycji terenowych organów administracji państwowej. Na Odrze granicznej, stosowano w latach czterdziestych bombardowania lodu z samolotów lub przy użyciu artylerii. Jak pokazują relacje z tamtego okresu nie przyniosło to zakładanego skutku.

2.2 Metody bierne

Przegrody lodowe służą głównie kontrolowaniu ilości przepływającego lodu w rzekach. Poprzez regulację przepływu lodu rozumie się najczęściej powstrzymanie przed powstawaniem zatoru lodowego w miejscu, w którym spowoduje to znaczne straty ekonomiczne. Stosuje się dwa typy przegród: stałe oraz pływające.

2.2.1 Przegrody stałe

Z przegród stałych najczęściej stosowane są przegrody stałe filarowe. Są wykonane z pali stalowych lub żelbetonowych umocowanych w dnie rzeki. Stosuje się również bloki betonowe lub kamienne w zależności od potrzeb i lokalnych uwarunkowań. W wyniku budowy stałej przegrody lodowej zator wytworzy się w miejscu wcześniej do tego zaplanowanym, gdzie nie będzie generował poważnych strat. Miejsca w których planuje się realizację przegrody lodowej jest specjalnie do tego przystosowane poprzez umocnienie dna (brukowanie) oraz przygotowanie kanału ulgi dla przepływającej wody. Dzięki temu zator nie powoduje erozji dna oraz nie stwarza zagrożenia powodziowego dzięki zapewnieniu odpływu wody.



Rysunek 5 Model hydrauliczny przegrody lodowej stałej wykonany w laboratorium CRREL

Przegrody lodowe stałe stosuje się głównie na rzekach o niewielkim natężeniu przepływu oraz na takich, gdzie objętość lodu podlegającego zatrzymaniu nie jest zbyt duża. Nie ma możliwości ustawienia takiego typu zapory na Dolnej Odrze. Skutkowałoby to akumulacją ogromnej ilości lodu dopływającego zarówno z Górnej i Środkowej Odry, jak również ze wszystkich dopływów zasilającej rzekę poniżej stopnia Brzeg Dolny. Można jedynie rozpatrzyć ustawienie przegrody filarowej, jako urządzenia naprowadzające i wspomagającego spływ lodu po wcześniej wytypowanym torze (np. Jezioro Dąbie lub rejon

Widuchowej). Ze względu na duży koszt takiej inwestycji, proponowane rozwiązanie wymaga szczegółowej i wielowariantowej analizy przy wykorzystaniu modelu matematycznego.

2.2.2 Przegrody pływalne

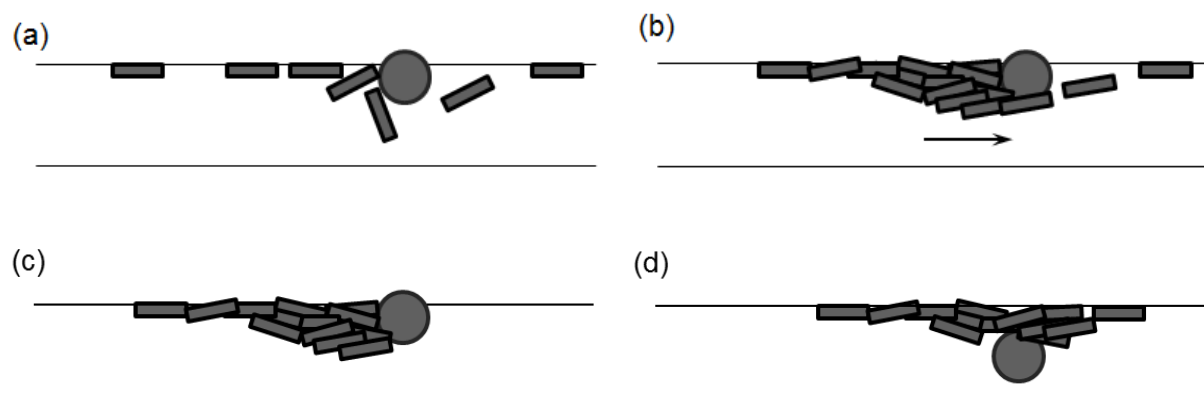
Przegrody pływalne są znacznie bardziej rozpowszechnione ze względu na szerszy zakres stosowalności w celu kontroli spływu lodu. Składają się one z unoszących się na powierzchni wody drewnianych bali lub stalowych pontonów połączonych liną stalową lub łańcuchem. Całość jest zakotwiczona do dna i brzegów rzeki. Dzięki temu przegroda może być instalowana na początku sezonu zimowego i usuwana po ustąpieniu lodu. Jest to bardzo wygodne rozwiązanie ze względu na brak kolizji z innymi użytkownikami rzeki w sezonie żeglugowym. Zadaniem przegrody pływającej jest zainicjowanie rozbudowy pokrywy lodowej podczas jej formowania. Przegrody odgrywają również istotną rolę podczas ruszenia lodu poprzez ograniczenie spływu lodu z jezior do rzek (np. pomiędzy jeziorem Erie a rzeką Niagarą) lub dopływu lodu z rzek do zbiorników wodnych (np. przegroda na zbiorniku Włocławek).



Rysunek 6 Zdjęcie lotnicze przegrody lodowej na jeziorze Erie podczas ruszenia lodu w 9 kwietnia 2009 r. (Niagara Ice Flight, Gomez and Sullivan Engineers, P.C.)

Praca przegrody pływającej polega na zatrzymaniu lodu spływającego rzeką w miejscu do tego przeznaczonym. Ponieważ jest to konstrukcja unosząca się na wodzie lód jest wstrzymywany warunkowo, to znaczy do momentu, gdy siła przenoszona przez pływające elementy przegrody nie przekroczy siły granicznej, która jest składową siły wyporu pontonów i sił napięcia liny. Po przekroczeniu

wartości granicznej, pontony ulegną zatopieniu, a lód będzie przemieszczał się ponad nimi. Przegroda wynurzy się ponownie w momencie, gdy siła wyporu przeważy nad siłą ciężkości przepływającego lodu. Inaczej rzecz ujmując przegroda wypłynie na powierzchnię, gdy grubość przepływającego lodu będzie stosunkowo mała, co pozwoli na przebicie się pontonu przez poruszający się lód. Ze względu na opisany powyżej sposób pracy przegrody, aby nie powodować zrzutu całości zgromadzonego lodu powyżej przegrody, wykonuje się ją z niezależnych segmentów.



Rysunek 7 Schematy pracy przegrody pływającej (a) podpływanie lodu w warunkach przekroczenia krytycznej prędkości wody (b) erozja lodu na skutek działanie wysokiej prędkości wody (c)-(d) [przekroczenie krytycznej siły i zanurzenie przegrody]

No Odrze granicznej instalacja przegrody lodowej typu pływającego może być brana pod uwagę w miejscach, gdzie chcemy zapewnić stabilizację pokrywy lodowej lub gdy chcemy ograniczyć zasilanie Odry lodem spływającym z jej dopływów. Wykonanie przegrody na Odrze może być brane pod uwagę na odcinkach powyżej miejsc szczególnie chronionych, takich jak rejon Słubic czy Kostrzyna lub jazu w Widuchowej. Instalacja przegrody pływającej na lewostronnych dopływach Odry powodowałaby limitowanie spływu lodu do rzeki głównej a tym samym zmniejszyłoby zagrożenie potencjalnego zatoru.

2.3 Lodołamanie na Odrze granicznej – zalecenia

Wszystkie dotychczas przygotowane opracowania dotyczące zjawisk lodowych na Odrze wskazują na powszechność i duże trudności z prognozowaniem powstawania zatorów lodowych na tej rzece. Czynniki, które niekorzystnie wpływają na pochod łodów i mogą prowadzić do powstawania zagrożenia zatorami to przede wszystkim: zaleganie pokrywy na całej szerokości rzeki, grubość pokrywy przekraczającej przeciętną (dla Odry powyżej 40 cm) oraz powstawanie zlodzenia przy niskim stanie wody w rzekach.

Analizując zarówno odcinek rzeki Odry granicznej jak i Odry środkowej widać wyraźnie, że zatory mogą powstawać na dużej części długości cieku. Przyczyną tego jest zarówno specyfika Odry jak i wieloletnie zaniedbania w stosunku do istniejących niekiedy od przeszło 100 lat, budowli regulacyjnych. Co więcej ze względu na to, że Odra w dolnym biegu przepływa przez jezioro Dąbie, pokrywa lodowa powstaje niemal w każdym sezonie zimowym, rozbudowując się od jeziora w górę rzeki. Dodatkowo kierunek przepływu rzeki z południa na północ skutkuje często obserwowanym zjawiskiem ruszenia lodu w części górnej, podczas gdy w dolnym odcinku rzeki lód wciąż zalega w formie ciągłej pokrywy lodowej. W tej sytuacji kra lodowa nie ma możliwości odpływu zatrzymując się na pokrywie lodowej o wciąż dużej wytrzymałości. Na Odrze granicznej można wymienić następujące potencjalne miejsca zatorogenne (wg RZGW Szczecin):

- Widuchowa, jaz, km 704
- Widuchowa, km 699
- Ognica, km 697
- Ognica, ujście Rurzyca, km 695
- Krajnik Dolny, km 690
- Odcinek rzeki w km 681 – 682
- Bielinek, km 674
- Zatoń Górna, km 663-665,5
- Osinów Dolny, km 662
- Osinów, km 656-659
- Odcinek rzeki w km 647-648
- Gozdowice, km 645
- Odcinek rzeki w km 627-632
- Kaleńsko, km 625
- Szumiłowo, km 617
- Odcinek rzeki w km 612-613
- Górzycy, km 603-608
- Pławidło w km 596-597
- Odcinek rzeki w km 593,5-596
- Słubice, km 581-586
- Odcinek rzeki w km 575

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

- Odcinek rzeki w km 572
- Urad, km 567-568
- Odcinek rzeki w km 561,8
- Odcinek rzeki w km 555-557
- Eisenhuttenstadt, km 553,4
- Odcinek rzeki w km 545-547
- Ujście Nysy Łużyckiej, km 542,4

łącznie jest to około 54 km ze 162 kilometrowego odcinka rzeki granicznej, co stanowi jedną trzecią długości Odry granicznej.

Zgodnie z instrukcją lodołamania wydawaną przez RZGW Szczecin, ogólny plan lodołamania opiera się na założeniu, że dysponuje się minimum 10 lodołamaczami odrzańskimi o mocy od 100 do 1000 KM. Lodołamacze muszą być przygotowane do działania, za co odpowiedzialność bierze zarówno strona polska jak i niemiecka. Szczegóły w tym zakresie regulują umowy dwustronne oraz porozumienie zawierane bezpośrednio przed sezonem zimowym. Lodołamanie prowadzi się w sytuacji bezpośredniego zagrożenia powodzią zatorową, w celu udrożnienia drogi samoczynnego ruszenia lodu, lub interwencyjnie, w celu asystowania uwięzionym w lodzie jednostkom pływającym.

W instrukcji lodołamania wyróżnia się trzy ogólne metody postępowania podczas lodołamania:

- I. Metoda klasyczna; polega na kruszeniu pokrywy lodowej na Odrze z wykorzystaniem jeziora Dąbie jako zbiornika kry. Akcję lodołamania rozpoczyna się od skruszenia pokrywy jeziora Dąbie pasmem ok. 500 m szerokości biegnącym z północy od kanału Babina na południe od ujścia rz. Regalicy. Dopiero po uzyskaniu tej rynny czołówek lodołamaczy rozpoczyna łamanie pokrywy w korycie rzeki posuwając się z północy na południe. Lodołamacze pomocnicze mają wówczas za zadanie doprowadzenie kry do jeziora Dąbie i poszerzenie wyłamanej rynny na jeziorze. Warunkiem stosowania tej metody są dodatnie temperatury powietrza. Jezioro Dąbie jest bowiem stosunkowo płytkim zbiornikiem wodnym i przy mrozach wprowadzona do niego kraw bardzo szybko marznie. Kilkakrotne łamanie jeziora przy mrozach doprowadza do powstania gór lodowych opierających się o dno i zablokowanie całej akcji. Ponadto na skuteczność tej metody bardzo istotny wpływ mają kierunek i siła wiatru.
- II. Metoda wykorzystująca zrzut wody pochłódniczej z Elektrowni Dolna Odra (Gryfino, na km 717,3 Odry wschodniej). Polega na łamaniu pokrywy lodowej w korycie rzeki począwszy od kanału zrzutowego wód pochłódniczych w Gryfinie w górę rzeki i zapełnianiu krą odcinka wolnego tj. ok. 24 km koryta rzeki i południowej części jeziora Dąbie. Po napełnianiu krą odcinka pozostającego pod wpływem podgrzanej wody należy zrobić 2-4 dniową przerwę w akcji czołowej, aby w tym czasie uzyskać roztopienie się kry. Po tym można wznowić akcję lodołamania postępując analogicznie, co oznacza, że metoda ta pozwala na skokowe prowadzenie akcji lodołamania. Poważną zaletą tej metody jest możliwość prowadzenia akcji nawet przy występowaniu mrozów, co ma szczególne znaczenie wówczas gdy utworzona pokrywa lodowa w rejonie Marwic,

Widuchowej, Ognicy i Krajnika charakteryzuje się licznymi niebezpiecznymi zsuwami śryżowymi powodującymi znaczne zmniejszenie przekroju koryta.

- III. Metoda mieszana; Doświadczenia zdobyte w minionych sezonach zimowych wykazują, że najlepsze rezultaty przy ostrych zimach uzyskuje się stosując połączenia obu opisanych powyżej metod. Polega to na wczesnym rozpoczęciu akcji lodołamania od km 717,3 w górę rzeki, jeszcze przy trwających mrozach wykorzystując metodę II, aby przy nadejściu odwilży przejść do metody klasycznej (I) łamiąc pokrywę jeziora Dąbie i eliminując konieczne w II-ej metodzie przerwy w pracy. Stosując metodę III uzyskuje się maksymalne skrócenie czasu akcji lodołamania.

Postępowanie przy likwidacji zatorów lodowych i śryżowych jest podobne i polega na jak najszybszym odblokowaniu spiętrzonej przez lód wody. Usuwanie zatoru wykonuje się zawsze od jego czoła, to znaczy, że jednostki niszczące zator muszą podchodzić od strony wody dolnej posuwając się w górę rzeki. Jeżeli zator jest oparty o pokrywę lodową, należy pokruszyć w pierwszej kolejności tą pokrywę zaczynając od dołu rzeki. Usuwanie zatoru można rozpocząć dopiero w momencie zapewnienia odpływu skruszonego lodu w dół rzeki. Aby przyspieszyć akcję usuwania zatoru, do zapewnienia odpływu lodu z czoła zatoru często wystarcza wyrąbanie rynny, zwanej również kanałem spływowym. Kanał powinien w miarę możliwości znajdować się w nurcie zlodzonej rzeki, czyli w miejscu gdzie prędkość wody jest największa, co sprawi sprawne odprowadzenie lodu.

Kolejnym etapem usuwania zatoru jest praca w zatorze, która ma prowadzić do wyrąbania rynny w jego czole. Aby praca była możliwie sprawnie przeprowadzona, należy wybrać miejsce gdzie zator jest najmniej wypiętrzony. W tym miejscu jego grubość będzie najmniejsza co sprawia że wyrąbywanie rynny może odbywać się z najmniejszym wysiłkiem. Wykonanie rynny w zatorze ma na celu likwidację spiętrzenia wody, poprzez udroźnienie odpływu. Dopiero w dalszej kolejności następuje poszerzanie rynny i usuwanie zalegającego w zatorze lodu. Podczas całej operacji niezwykle ważnym jest utrzymywanie drożności rzeki poniżej zatoru. Zadanie to polega na stałym monitorowaniu kanału spływowego oraz poszerzania go w celu ułatwienia spływu lodu w dół rzeki.

Praca w zatorach śryżowych wymaga szczegółowego rozpoznania zjawiska, ponieważ większość lodu blokującego przepływ wody znajduje się pod pokrywą lodową. Wynika z tego trudność w ocenie miejsca w którym zator ma najmniejszą miąższość. Akcja niszczenia zatorów śryżowych jest prowadzona podobnie do usuwania zatorów lodowych, jednak w tym wypadku można dochodzić do samoczynnego ruszania zatoru na skutek działania wyporu zalegającego pod lodem śryżu. Siła wyporu będzie powodowała pękanie pokrywy lodowej (zginanie), która następnie będzie załamywać się pod wpływem działania siły pochodzącej od zalegającego powyżej lodu. Sytuacja ta może zarówno spowodować udroźnienie rzeki i spłynięcie lodu, ale również może prowadzić do odradzania się zatoru w innej lokalizacji. W takiej sytuacji znajomość rzeki i umiejętne posługiwanie się sprzętem technicznym lub innymi środkami służącymi do usuwania zatorów jest kluczowa dla bezpiecznego udroźnienia rzeki.

Obecnie na Odrze granicznej do lodołamania i usuwania zatorów stosuje się lodołamacze. Jest to jedyny słuszny środek techniczny, który zapewnia prowadzenie sprawnej akcji lodołamania. Pozostałe, wymienione powyżej metody mogą być jedynie uzupełnieniem dla lodołamaczy, na których spoczywa

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

główny ciężar zapewnienia swobodnego spływu lodu na Odrze granicznej. Zgodnie z opinią RZGW Szczecin, o skuteczności przeprowadzenia akcji lodołamania decydują:

- wiedza i doświadczenie osób kierujących akcją,
- doświadczenie i odwaga załóg lodołamaczy,
- ilość i jakość lodołamaczy skierowanych do akcji.

Braki w doświadczeniu tylko częściowo można skompensować zwiększoną ilością jednostek skierowanych do akcji. Braków w sprzęcie nie można zniwelować w żaden sposób. Tylko dobrze skonfigurowane zespoły lodołamaczy dla poszczególnych regionów w rękach dobrze przygotowanych załóg i osób kierujących akcjami lodołamania mogą z dużym prawdopodobieństwem zapewnić bezpieczeństwo ludzi i mienia znajdującego się na terenach zagrożonych powodziami zatorowymi.

Wprowadzanie nowych, nieznanych na Odrze granicznej metod technicznych do usuwania zatorów jest wysoce ryzykowne. Należy pamiętać, że załogi lodołamaczy pracują na tej rzece od wielu sezonów i doskonale radzą sobie w trudnych sytuacjach lodowych. Świadczyć może o tym fakt braku występowania powodzi zatorowych na Odrze pomimo powtarzających się w niemal każdym sezonie zjawisk zatorowych. Z oczywistych powodów nie istnieją żadne dane o tym, ile powodzi udało się uniknąć dzięki sprawnie przeprowadzonym akcjom lodołamaczy, które usuwały lodowe zatory i ze stosownym wyprzedzeniem tafały pokrywę lodową, zapewniając swobodny spływ kry do morza. Niemniej jednak, praktycznie w każdym sezonie zimowym, w trakcie prowadzenia akcji lodołamania występowały czynniki, które w efekcie niepodjęcia odpowiednich działań mogły prowadzić do powodzi. Warto wymienić zator w Słubicach usunięty niemal w ostatniej chwili przez lodołamacze pracujące w sytuacji ogromnego stresu (luty 2011 r.). Kolejnym ekstremalnym wydarzeniem jest wezbranie w Widuchowej osiągające w grudniu 2011 r. rekordową rzędną, niespotykaną od lat 40 XX w., które również zostało zneutralizowane w efekcie pracy lodołamaczy. Istnieje wiele innych przykładów heroicznej pracy załóg lodołamaczy, prowadzącej do sprawnego odprowadzenia lodu z Odry. Ostatnie 10 sezonów zimowych zostało szczegółowo opisane w rozdziale 6.

Spośród przedstawionych alternatywnych metod przeciwdziałania zatorom lodowym, można rozpatrywać inne środki techniczne, lecz ich działanie powinno ograniczać się jedynie do uzupełnienia pracy lodołamaczy. Wykonanie przegród lodowych może być brane pod uwagę, jako środek pomocniczy, lecz absolutnie nieeliminujący zagrożenia powodziami zatorowymi. W podobny sposób można rozpatrywać pracę pogłębiarek, które również mogą stanowić uzupełnienie w neutralizacji zatorów, jednak wysoki koszt tych urządzeń stawia to rozwiązanie jako wątpliwe i nieuzasadnione.

3 Wymagane głębokości rzeki dla prowadzenia akcji lodołamania

W celu przeprowadzenia skutecznej akcji lodołamania niezbędne jest zapewnienie odpowiednich głębokości na całym odcinku Odry (minimum 2,0 m) oraz odpowiednich prześwitów pionowych (5,25 m) i poziomych pod obiektami mostowymi. Dla lodołamaczy czołowych o dużej mocy tj. po stronie polskiej - 1000 Odyniec, L-1000 Dzik i Stanisław, oraz niemieckie Kietz, Frankfurt i Schwedt, maksymalne zanurzenie sięga 2 m. Mniejsze jednostki operujące na Odrze granicznej mają zanurzenie od 1,44 m do 1,86 m.

Pracujące na Odrze lodołamacze dzielą się na jednostki czołowe i liniowe. Celem pracy lodołamaczy czołowych jest kruszenie pokrywy lodowej oraz usuwanie zatorów lodowych na całej długości Odry granicznej. Lodołamacze liniowe mają za zadanie monitorować kanał spływowy dla lodu i utrzymywać jego przepustowość dla lodu skruszonego przez lodołamacze czołowe. Dodatkowo lodołamacze liniowe mogą być wykorzystywane w celu usuwania mniejszych zatorów utworzonych z lodu spływającego w dół rzeki. Dobór parametrów technicznych lodołamaczy w celu ich optymalnej pracy w lodzie na Odrze jest uzależnione do warunków lodowych. Odnoszenie parametrów odrzańskich lodołamaczy do jednostek pracujących na innych rzekach w Europie, gdzie zjawiska lodowe obserwowane są epizodycznie nie może być stosowane.

W celu przeprowadzenia obliczeń numerycznych przebiegu zjawisk lodowych na wybranym fragmencie Odry granicznej, zaimplementowano na tym obszarze model matematyczny. Wybór modelu był podyktowany tym, żeby w sposób maksymalnie obiektywny ocenić skalę procesów lodowych zachodzących na Odrze. Prawidłowo zbudowany model matematyczny dynamiki lodu ma na celu rozpoznać potencjał zatorowy rzeki bez ingerencji autora modelu. W ten sposób uzyskane wyniki będą oddawały procesy zachodzące w rzeczywistości. Wykorzystany w pracy model matematyczny daje taką możliwość, ponieważ procesy zatorowe są symulowane poprzez dynamiczny bilans sił działających na lód, a miejsce i czas powstawania zatoru lodowego nie jest inicjowane przez użytkownika.

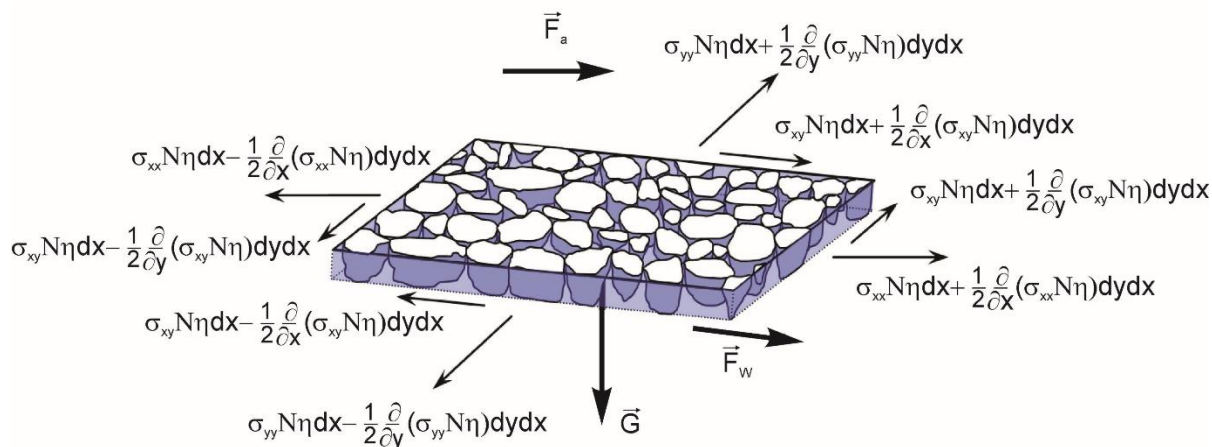
Wykorzystany w raporcie model matematyczny jest znanym w literaturze modelem DynaRICE, w którego tworzeniu autor raportu uczestniczył wraz z zespołem ekspertów pracujących pod kierunkiem prof. Hung Tao Shen. Model opisuje przepływ wody w układzie dwuwymiarowym z uśrednieniem prędkości wody w kierunku pionowym, natomiast dynamika lodu jest symulowana z wykorzystaniem lagranżowskiej metody wygładzonej hydrodynamiki cząstki (*ang. Smooth Particle Hydrodynamics SPH*).

Procesy lodowe na rzekach przebiegają pod wpływem hydrodynamiki, termodynamiki i wzajemnego oddziaływania lodu. W celu ujęcia pełnego obrazu zachodzących zjawisk niezbędne jest wyprowadzenie równania, w którym przedstawi się bilans sił działających na lód. Równanie bilansu sił wewnętrznych i zewnętrznych działających fragment rumowiska lodowego znajdującego się na powierzchni wody (Rysunek 8) można przedstawić w postaci równania zachowania momentu pędu (II zasada dynamiki Newtona):

$$M_L \frac{d\vec{V}_L}{dt} = \vec{R} + \vec{F}_a + \vec{F}_w + \vec{G} \quad (3-1)$$

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

W którym M_L jest masą jednostkową (na powierzchnię) rozpatrywanej cząstki lodu, $\vec{V}_L$ jest wektorem prędkości lodu, $\frac{d\vec{V}_L}{dt}$ jest przyspieszeniem lodu poruszającego się po powierzchni wody, $\vec{R}$ jest siłą pochodzącą od naprężeń wewnętrznych lodu, $\vec{F}_a$ jest siłą związaną z oddziaływaniem wiatru na lód, $\vec{F}_w$ jest siłą pochodzącą od oddziaływania płynącej wody na lód, natomiast $\vec{G}$ jest siłą grawitacji.



Rysunek 8 Schemat sił działających na rumowisko lodowe znajdujące się na powierzchni wody

Wyniki modelowania matematycznego wskazują, że na Odrze granicznej zatory lodowe mogą tworzyć się w bardzo krótkim czasie. Model matematyczny zaimplementowano do odcinka rzek w rejonie Słubic, który jest wskazywany, jako odcinek o dużym potencjale zatorowym. Słubice są położone na górnym odcinku Odry granicznej, około 40 km od ujścia Nysy Łużyckiej. Łączący Słubice z Frankfurtem nad Odrą most jest miejscem newralgicznym z punktu widzenia powstawania zatorów lodowych. Przyczyną tego jest zwężenie przekroju poprzecznego Odry z około 120 m do szerokości światła przęsła mostu wynoszącego około 65 m. Dodatkowo, wybudowana powyżej mostu kierownica uniemożliwia odpływ lodu pod kolejnym jego przęsłem (Rysunek 9).

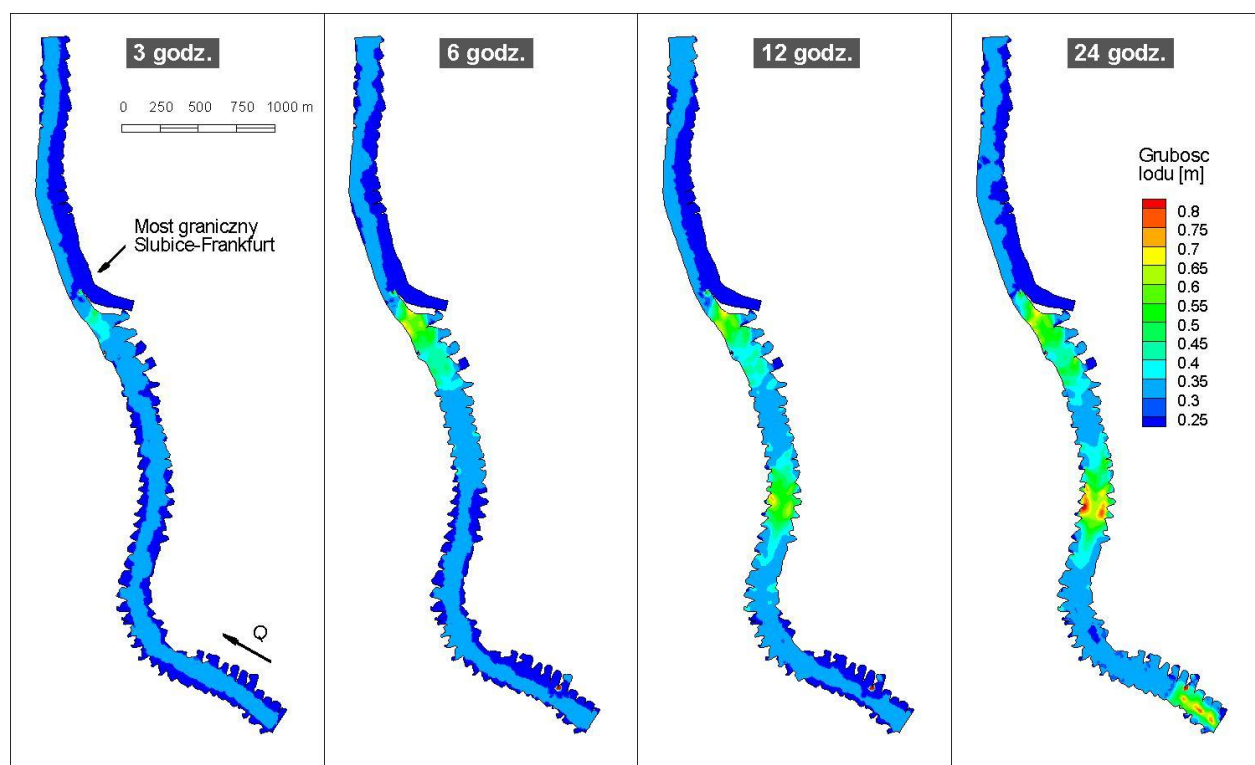


Rysunek 9 Odra w rejonie Słubic z widocznym mostem granicznym, lipiec 2015 (fot. Wolkenkratzer, źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Slubice_Polen_001b.jpg)

Implementacja modelu matematycznego sprowadzała się do wykonania siatki elementów skończonych na podstawie pomierzonej batymetrii i linii brzegowej obszaru Odry od km 581 do km 586. Ze względu na brak danych batymetrycznych po niemieckiej stronie granicy układ dna był ekstrapolowany. Obliczenia prowadzono dla przepływu niskiego $NQ = 160 \text{ m}^3/\text{s}$ i dla dopływu lodu o koncentracji 0,5. Parametry lodu takie jak kąt tarcia wewnętrznego i szorstkość dolnej powierzchni zostały dobrane na podstawie wartości typowych, które były kalibrowane i weryfikowane na takich rzekach jak dolna Wisła, rzeka Św. Wawrzyńca, czy rzeka Niagara. Wartości parametrów krytycznych, dotyczących dynamicznego formowania się zatoru tj. krytycznej liczby Froude'a dla napływającego lodu ($Fr = 0,09$) oraz prędkości erozyjnej dla zatoru lodowego ($V_{cr} = 1,5 \text{ m/s}$) przyjęto zgodnie z zleceniami w literaturze.

Uzyskane z obliczeń numerycznych wyniki wskazują na wyraźną tendencję do zatrzymywania się lodu w rejonie mostu granicznego w Słubicach-Frankfurcie. Przy symulowaniu napływu lodu o średniej koncentracji ($N=0,5$) początki zatoru obserwuje się już po 3 godzinach symulacji a rozbudowany zator występuje po 18 godzinach symulacji. Grubość czoła zatoru nie jest znaczna, ponieważ osiąga od 0,6 do 0,75 m, a w niektórych miejscach nawet do 1 m. Zator rozbudowuje się na długości około 2 km, osiągając po 24 godzinach górny skraj obszaru obliczeniowego (około 3 km długości).

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.



Rysunek 10 Wyniki symulacji numerycznej, prezentujące proces tworzenia się zatoru lodowego w rejonie Słubic

Lodołamacze o zanurzeniu do 1 m były stosowane w przeszłości na Odrze (np. LR-400 Delfin), jednak ze względu na brak wystarczającej mocy do pracy w trudnych warunkach lodowych były skierowane do innych zadań. Niemieckie jednostki o małym zanurzeniu z tych samych przyczyn zostały przeniesione na Łabę. Trzeba mocno zaakcentować, że warunki lodowe na Łabie lub Dunaju dalece odbiegają od tych, które obserwujemy na Odrze. Należy pamiętać że akcja lodołamania jest prowadzoną na Odrze w każdym sezonie. W obecnych warunkach spiętrzenia zatorowe mogą tworzyć się praktycznie na całej długości Odry granicznej. Na podstawie obserwacji czynionych podczas poprzednich sezonów zimowych można zauważyć, że zatory lodowe wywołują wypiętrzania lodu dochodzące do ponad 2 m. W rzeczywistości wypiętrzenie ponad górną powierzchnię lodu oznacza grubość zatoru kilkukrotnie większą. Wypiętrzania ponad 150 cm mogą sugerować zatory głuche, tj. zatory sięgające dna cieku. Tego rodzaju wypiętrzenia nie są rzadkością na Odrze granicznej.

4 Aktualnie stosowana oraz planowana flota lodołamaczy

Flota lodołamaczy składała się z 13 jednostek (7 polskich i 6 niemieckich + jeden lodołamacz w rezerwie). Polska flota lodołamaczy zwyczajowo postawiona jest w stan pogotowia 1 grudnia i pozostawała w nim do 15 marca. Podstawowe informacje nt. polskich i niemieckich lodołamaczy stosowanych w akcji lodołamania na Odrze granicznej zestawiono w tabelach 4.1 i 4.2, przygotowanych na podstawie materiałów RZGW Szczecin.

Tabela 4.1. Wykaz lodołamaczy strony polskiej będących w dyspozycji RZGW Szczecin

Lp.	Nazwa	Rodzaj	Rok budowy	Wymiary główne [m]					Moc [kw/KM]
				L	B	T min śr. /T max.	h	H	
1	ODYNIEC L - 1000	Czołowy	1988	33.37	8.11	1.51 2.01	2.54	4.00	780 1060
2	DZIK L - 1000	Czołowy	1988	33.36	8.10	1.52 2.01	2.54	4.00	780 1060
3	LIS L - 401	Liniowy	1988	28.10	6.98	1.48 1.70	2.40	3.80	441 600
4	ŻBIK L - 401	Liniowy	1987	28.10	6.98	1.46 1.70	2.40	3.80	441 600
5	ŚWISTAK L - 400	Liniowy	1969	28.26	7.32	1.44 1.83	2.40	3.61	300 400
6	ANDRZEJ	Liniowy	2014	30.34	8.06	1.46 1.80	2.29	3.90	784 1066
7	STANISŁAW	Czołowy	2014	35.68	8.52	1.60 2.00	2.51	4.14	1176 1599
8	OGAR* L-770	Czołowy	1970	35,6	8,54	1,52 1,96	2,51	3,95	566 770*

* lodołamacz rezerwowy

L	-	Długość kadłuba
B	-	Szerokość kadłuba
Tmin	-	Średnie zanurzenie minimalne pustego statku
Tmax	-	Zanurzenie maksymalne (z balastem)
h	-	Wysokość boczna kadłuba
H	-	Wysokość przelotowa

Zasady współpracy w trakcie realizacji pogotowia lodowego i akcji lodołamania na rzece Odrze, Warcie i Noteci w sezonie 2016/2017 określa Porozumienie z dnia 17 października 2016 r. zawarte pomiędzy RZGW w Szczecinie, RZGW w Poznaniu i RZGW we Wrocławiu. Aktualnie podpisano nowe porozumienie - czterostronne z dnia 05.11.2018 r., pomiędzy RZGW Szczecin, RZGW Poznań, RZGW

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Wrocław a także RZGW Bydgoszcz. Porozumienie określa zasady współpracy stron porozumienia w celu wspólnej realizacji akcji lodołamania na rzece Odrze, Warcie i Noteci w okresie od 1 grudnia do 31 grudnia 2018 r. oraz od 01 stycznia do 15 marca 2019 r

Niemiecka administracja posiada własne lodołamacze obsadzone przez własnych pracowników liniowych z Nadzorów Wodnych, które są przekazywane pod kierownictwo techniczne akcji lodołamania.

Tabela 4.2. Wykaz lodołamaczy strony niemieckiej wykorzystywanych w akcji lodołamania na Odrze granicznej w latach ubiegłych

Lp.	Nazwa	Rodzaj	Rok budowy	Wymiary główne [m]				Moc [kW/KM]
				L	B	T min śr. /T max.	H	
1.	<u>FRANKFURT</u>	Czołowy		33.25	8.62	1.55 1.86	3.90 5.45	700 952
2.	<u>KIENITZ</u> L - 1000	Liniowy		30.31	7.33	1.46 1.84	4.00 5.48	660 897
3.	<u>USEDOM</u> L - 401	Liniowy		30,82	7.36	1.60 2.10	4.00 5.83	486 661
4.	<u>EBER</u> L - 401	Liniowy		29,2	7.42	1.45 1.70	3,85 5,3	442 601
5.	<u>KIETZ</u> L - 400	Czołowy		33.20	8.53	1.55 1.86	4.10 5.45	810 1101
6.	<u>SCHWEDT</u>	Czołowy		33.20	8.53	1.55 1.86	4.10 5.45	810 1101

Praktyka użycia lodołamaczy w latach ubiegłych wykazała, że lodołamacze liniowe o mniejszym zanurzeniu nie posiadają wystarczającej mocy do efektywnego usuwania zatorów lodowych na Odrze. Dobrym przykładem może być sytuacja z sezonu zimowego 2009-2010, gdy w styczniu 2010 r. na skutek utrzymujących się niskich temperatur powietrza na jeziorze Dąbie wytworzyła się pokrywa lodowa o grubości około 40 cm. 1 lutego 2010 r., w ramach III etapu akcji lodołamania skierowano na jezioro dwa lodołamacze liniowe o zanurzeniu średnim 1,45 m. Lodołamacze czołowe w eskorcie pozostałych lodołamaczy liniowych skierowano do usuwania zatorów na Odrze Wschodniej. Ze względu na niewielki postęp pracy lodołamaczy liniowych w takich warunkach lodowych, zdecydowano zawrócić lodołamacze czołowe z km 708 w kierunku jeziora w celu pomocy mniejszym, liniowym lodołaczom. Lodołamacze czołowe, których zanurzenie minimalne wynosi od 1,51 m (Odyniec), do 1,55 m (niemiecki Frankfurt Schwedt i Kietz), jeszcze tego samego dnia dotarły do głównego toru wodnego Szczecin Świnoujście (Odra – Domięża), a następnie powróciły na jezioro poszerzając rynnę w celu przygotowania większej ilości miejsca dla połamanej kry spływającej z rzeki Odry.

Należy zauważyć, że obserwowane w latach ubiegłych zatory tworzą się na Odrze praktycznie w każdym sezonie zimowym, a ich miąższość jest znacznie większa od wspomnianej powyżej grubości 40 cm. Podawane w wydawanych corocznie sprawozdaniach z akcji lodołamania wymienia się wypiętrzenie lodu zatorowego od 50 do ponad 200 cm, co oznacza że grubość czoła zatoru może z łatwością osiągać kilka metrów. W tej sytuacji stosowanie mniejszych jednostek, o zanurzeniu poniżej 1 m i mniejszej mocy jest bezzasadne.

5 Ocena możliwości stosowania koparek pogłębieniowych w warunkach pracy na Odrze

Spośród stosowanych do lodołamania koparek pływających, najczęściej stosowane i najbardziej rozpowszechnione są urządzenia Amphibex. Pogłębiarki Amphibex, są produkowane przez kanadyjską firmę Normrock Inc. w kilku wersjach różniących się wielkością i zasięgiem. Od prawie 30 lat urządzenie te są wykorzystywane do kruszenia lodu i likwidacji zatorów lodowych, głównie na rzekach w prowincjach Manitoba i Quebec w Kanadzie oraz w północnej części Stanów Zjednoczonych. Amphibex wykorzystuje swoją dużą masę do kruszenia lodu, natomiast w przypadku likwidacji zatorów stosuje się kruszenie i usuwanie lodu przy użyciu koparki. Podstawową zaletą tych urządzeń jest łatwość dotarcia do miejsca pracy i brak bądź bardzo niewielkie oddziaływanie na środowisko naturalne. Nie ma również ograniczeń w kontekście wymaganej głębokości wody. Wadą jest powolna praca przy łamaniu lodu oraz brak możliwości pracy liniowej przy udrażnianiu kanału spływowego dla skruszonego lodu. Koszt jednego urządzenia waha się od ponad 5 milionów złotych (Amphibex 450E) do niemal 20 milionów złotych (Amphibex 1200) w zależności od mocy urządzenia.

Lodołamanie na Odrze prowadzi się zwykle na odcinku od kilkudziesięciu do ponad 300 km rozpoczynając od Jeziora Dąbie i prowadzi się ją w górę rzeki. Amphibex jest w stanie poruszać się po wodzie z prędkością do 8 węzłów, a po lodzie nie większą niż 0,5 km/godz. Daje to bardzo niewielkie tempo postępu w lodzie dochodzące do 12 km na dobę przy pracy przez 24 godziny. Przy założeniu, że na Odrze będzie zalegała jedynie pokrywa lodowa, dotarcie jednostki Amphibex z Jeziora Dąbie do Widuchowej (około 46 km) zajmuje ok 92 godzin, do Gozdowic (ponad 150 km) ponad 210 godzin, a do ujścia Warty (ponad 150 km) powyżej 300 godzin. W przypadku pracy przez 12 godzin na dobę (przy świetle dziennym) będzie to odpowiednio 8, 18 i ponad 25 dni roboczych. Oczywiście jest to bardzo szacunkowe obliczenie przy założeniu bardzo korzystnych warunków lodowych bez zatorów i podbitek śryżowych. Szerokość wykonanej przez urządzenia Amphibex rynny będzie zależna od ilości wykorzystywanych jednostek. Jedna jednostka jest w stanie wykonać rynnę o szerokość ok 5 m.

Urządzenia Amphibex mogą być stosowane do akcji lodołamania, jednak proces ten jest kosztowny i mało wydajny. Wspomniane jednostki są przeznaczone do strumieni i niewielkich rzek o małej głębokości, gdzie nie ma możliwości stosowania innych środków technicznych do łamania lodu. Największa rzeka na której z powodzeniem stosuje się to rozwiązanie do kruszenia lodu to rzeka Red w prowincji Manitoba o przepływie średni w ujściu 244 m³/s (Przepływ w Odrze przy ujściu 535 m³/s)

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Występujące podczas usuwania zatorów na odrze granicznej gwałtowne ruszenie wody uwięzionej w zatorze może wywoływać zwiększenie prędkości przepływu do ponad 3 m/s. W tej sytuacji urządzenia Amphibex mogą ulec uszkodzeniu lub zatopieniu pod wpływem naporu wody i lodu. Jest to bardzo niebezpieczna sytuacja zagrażająca życiu operatorom pogłębiarek.

Przy bardzo niskiej wydajności pracy, zastosowanie pogłębiarek Amphibex na Odrze granicznej skutkowałoby koniecznością rozpoczęcia akcji lodołamania na wiele dni przed prognozowanym ruszeniem lodu. Wg szacunkowych obliczeń, udrożnienie odcinka Jezioro Dąbie – Widuchowa (ok 46 km) będzie wymagało ponad tygodnia pracy na 12-o godzinnej zmianie roboczej. Przy kosztownej i wymagającej ogromnego zaangażowania akcji lodołamania, trzeba opierać się na pewnych prognozach pogody, a te długoterminowe nie mają wysokiej sprawdzalności.

Pogłębiarki Amphibex nie mogą zastąpić lodołamaczy liniowych. Zadania, które mają realizować planowane do budowy lodołamacze liniowe nie są zgodne z funkcjami pogłębiarek Amphibex. Urządzenia te nie są w stanie szybko poruszać się po rzece w celu monitorowania spływu lodu, natomiast wykorzystanie ich do poszerzania kanału spływowego jest bardzo powolne i nieefektywne.

Jednostki Amphibex mogą być pomocne przy neutralizacji zatorów, jednak ich zdolność jest znacznie poniżej klasycznych lodołamaczy. W pewnych sytuacjach powolna ale systematyczna praca koparek może wspomóc lodołamacze przy usuwaniu zatorów lodowych, ale absolutnie nie może ich zastąpić na Odrze.

Amphibex może również wykonywać pracę lodołamacza czołowego przygotowując kanał spływowy dla lodu. W tym przypadku porównanie z lodołamaczami czołowymi wychodzi znacznie na korzyść tych drugich. Tempo pracy lodołamaczy jest niemal 20-krotnie szybsze od pracy pogłębiarek. Użycie większej ilości jednostek nie zwiększa tempa pracy a jedynie powoduje wykonanie szerszej rynny w pokrywie lodowej lub zatorze. Stosowanie pogłębiarek Amphibex przy kruszeniu pokrywy lodowej może być uzupełnieniem pracy klasycznych lodołamaczy czołowych na Odrze ale nie może ich zastąpić.

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Tabela 5.1. Porównanie pogłębiarki Amphibex 400, Amphibex 1200 i klasycznego lodołamacza (wymieniono zarówno projektowany lodołamacz liniowy LL-402 jak i nowe jednostki czołowe)

	Amphibex 400	Amphibex 1200	Lodołamacze
Prewencyjna akcja przygotowania rzeki przed ruszeniem lodu.	TAK	TAK, ale dotychczas nieużywane	TAK (lodołamacze czołowe)
Praca liniowa przy poszerzaniu kanału spływowego	TAK – praca bardzo powolna	TAK, ale dotychczas nieużywane	TAK (lodołamacze liniowe)
Monitorowanie kanału spływowego dla lodu	NIE	NIE	TAK (lodołamacze liniowe)
Prędkość na wodzie	5 – 8 węzłów	5 – 8 węzłów	Zależna od modelu, około 11 węzłów
Tempo pracy przy kruszeniu pokrywy lodowej (bez zatorów)	ok 0,2 ha/godzinę	Brak danych, dotychczas niestosowane	Ok 3 ha/godzinę
Postęp przy wykonywaniu rynny w lodzie	Nie więcej niż 0,5 km/godz.	Brak danych, dotychczas niestosowane	Około 6 km/godzinę w warunkach korzystnych 10 km /godz.
Grubość lodu	Do 0,75 cm	Powyżej 1,0 m (duża masa – 112 ton)	Do 0,5 m, ale możliwe również kruszenie lodu o znacznie większej grubości
Szerokość rynny	Ok 5 m przy jednej koparce Amphibex 400	Ok. 15 m (szacowane na podstawie wymiarów)	Ok 20 m w przypadku użycia pojedynczego lodołamacza
Koszt pracy ¹	1770 USD/ha	Nieznane	1003 USD/ha
Likwidacja zatorów lodowych	TAK	TAK, ale dotychczas nieużywane	TAK (lodołamacze czołowe)
Tempo pracy w zatorze	Średnio 25 m/godzinę Czoło zatoru 8 m/godzi. ²	Brak danych, dotychczas niestosowane	Średnio 180 m na godzinę Czoło zatoru: nie więcej niż 80 m/godz. ³
Wymagana głębokość minimalna	Brak wymogów	Brak wymogów	1,8 m dla lodołamaczy o dużej mocy (dla lodołamaczy liniowych klasy LL-402) 1,0 m dla niewielkich jednostek pomocniczych (np. LR-400 Delfin)
Moc	Od 200 do 275 kW	1007 kW	588 kW (lodołamacz LL-402) 784 kW (lodołamacz czołowy Andrzej) 1176 kW (lodołamacz czołowy Stanisław)
Koszt jednostki	1,4 mln USD (bez kosztów transportu) 5,12 mln PLN	5,4 mln USD (bez kosztów transportu) 19,73 mln PLN	Około 15-20 mln PLN

¹ Wg. Raportu CREEL, Haehnel, Robert B. 1998. „Nonstructural ice control”. COLD REGIONS RESEARCH AND ENGINEERING LAB HANOVER NH

² Obliczone na podstawie akcji lodołamania na rzece Kaministiquia w prowincji Ontario

³ Obliczone na podstawie akcji lodołamania na zbiorniku Włocławek w lutym 1982 r.

6 Opis historycznych problemów w prowadzeniu akcji lodołamania

Poniższy rozdział opracowano na podstawie wydawanych corocznie przez RZGW Szczecin Sprawozdań z akcji lodołamania. Do przedstawienia rysu historycznego zjawisk lodowych na Odrze i aspektów technicznych usuwania zatorów posłużono się informacjami pochodzącymi z ostatnich 10 sezonów zimowych. Podstawowe informacje związane z prowadzoną w latach 1990 – 2018 akcją lodołamania, zestawiono w Tabeli 6.1. Znajduje się tam również informacja o zasięgu pokrywy lodowej w poszczególnych sezonach zimowych.

6.1 Lodołamanie w sezonie zimowym 2008/2009

Sezon zimowy 2008/2009 charakteryzował się silnymi mrozami które pojawiły się w drugiej połowie grudnia 2008 r. i utrzymywały się do połowy stycznia 2009 r. Tej zimy najniższa temperatura powietrza zanotowana na obszarze działania RZGW Szczecin wyniosła $-17,4^{\circ}\text{C}$ i miała miejsce w dniu 07 stycznia 2008 r. w Słubicach.

Skutkiem tak niskich i długo utrzymujących się temperatur powietrza było rozbudowanie się pokrywy lodowej na długości 165 km. W celu niedopuszczenia do groźnych zjawisk zatorowych, wykorzystując okres dogodnej pogody, pierwszą fazę lodołamania rozpoczęto 9 stycznia 2009r..Lodołamacze pracują w dwóch rejonach: czołówka lodołamaczy na Odrze wschodniej pomiędzy Gryfinem a Widuchową natomiast lodołamacze liniowe na Jezioro Dąbie łamiąc rynnę w celu odprowadzania kry lodowej z góry rzeki do Zalewu Szczecińskiego. Pierwsza faza lodołamania ze względu na złe warunki pogodowe związane z pojawieniem się ujemnych temperatur zarówno w nocy jak i w trakcie dnia zostaje przerwana w dniu 11.01.2009 r. Podczas pierwszego etapu czołówce lodołamaczy udało się przebić do km 700,2, została także wyłamana rynna na Jeziorze Dąbiu. Podczas tego etapu łamania lodu w akcji uczestniczyło 10 lodołamaczy.



Rysunek 11 Sytuacja lodowa w styczniu 2009 r. (a) Przekroczenie stanu alarmowego w miejscowości Bielinek (b) zwałowanie kry przy Nadzorze Wodnym Widuchowa ; Źródło RZGW Szczecin

Druga faza lodołamania w sezonie zimowym 2008/09 rozpoczęła się 16, a zakończyła 26 stycznia. Podczas tej fazy lodołamania pracowały wszystkie siły w dyspozycji kierownictwa akcji tj. 13 jednostek. W

tym okresie obserwatorzy RZGW Szczecin zauważyli kilkanaście zatorów lodowych, których spiętrzenia sięgały powyżej 40 cm i więcej (maksymalnie 150 cm powyżej Świecka). W dniu 19.01.2009 r. zanotowano końcówkę stałej pokrywy lodowej w km 576,6 – najdalej wytworzonej podczas akcji kruszenia lodu w 2009 roku.

Lodołamacze ponownie podejmowały pracę w rejonie jeziora Dąbie, udrażniając rynnę w pokrywie lodowej oraz posuwały się sukcesywnie w górę Odry, poczynając od Gryfina (km 717). Postęp pracy był szybki i w ciągu kolejnych 4 dni lodołamacze dotarli do km 645. W rejonie Gozdowic, ze względu na niewystarczającą głębokość rzeki lodołamacz Dzik musi zakończyć pracę. Praca przy łamaniu lodu została zawieszona na 2 dni ze względu na duże zamglenia, lecz w kolejnych dniach dotarli do czoła pokrywy usuwając całość lodu z Odry granicznej. Podczas tej pracy lodołamacze usunęły ponad 20 zatorów lodowych których łączna długość przekraczała 40 km biegu rzeki.

W tym sezonie zimowym prowadzono jeszcze dwie fazy lodołamania, z których faza III trwała łącznie trzy dni i objęła odcinek Odry wschodniej i granicznej na długości 46 km. Faza IV trwała zaledwie 1 dzień, podczas którego prowadzono lodołamanie na odrze zachodniej.

6.2 Lodołamanie w sezonie zimowym 2009/2010

Sezon zimowy 2009/2010 był jednym z najcięższych w ostatnich latach i obfitującym w wiele zjawisk zatorowych. Dzięki właściwie podejmowanym decyzjom na szczeblu kierownictwa akcji, zaangażowania i determinacji załóg lodołamaczy, pomimo wyjątkowo ciężkich warunków lodowych nie doszło do poważnych strat powodziowych.

Temperatury powietrza spadły znacznie poniżej zera w drugiej połowie grudnia 2009 r. Po krótkotrwałej odwilży znów nastąpiło ochłodzenie utrzymujące się przez niemal cały styczeń i połowę lutego. W rezultacie tych warunków atmosferycznych Odra zamarzła do km 491 wytwarzając liczne zatory lodowe powstające na skutek nierównomiernie przyrastającej dynamicznej pokrywy lodowej. Łącznie zaobserwowano 22 zatorowe spiętrzenia pokryw lodowej oraz jeden poważny zator w Słubicach powstały na skutek zsuwu lodu powstałego w efekcie zrzutu wody ze stopnia Brzeg Dolny. Największe wypiętrzenia lodu zaobserwowano w rejonie Ognicy, Krajnika Dolnego, Kostrzyna i Słubic.



Rysunek 12 Zator lodowy w rejonie miejscowości Kunice (km 571,5) źródło RZGW Szczecin

Najważniejsze problemy zaistniałe podczas akcji lodołamania 2009/2010 to przede wszystkim brak odpływu lodu poniżej jeziora Dąbie z uwagi na sytuację lodową na wewnętrznych wodach morskich. W trakcie zimy 2009/2010 odpływ lodu z jeziora był praktycznie przez większą część akcji lodołamania uniemożliwiony przez zalodzenie morskiego odcinka rzeki Odry, Domiąży, Roztoki Odrzańskiej oraz Zalewu Szczecińskiego. Skutkowało to bezpośrednio tym, że akcja lodołamania na śródlądowym odcinku rzeki Odry i Warty była bardzo skomplikowana i mało skuteczna, pomimo zaangażowania, szczególnie w trakcie akcji w lutym br., trzynastu lodołamaczy, tzn. całej dostępnej polsko-niemieckiej flotyli lodołamaczy.

Pośrednio, niezadowalające tempo i skuteczność prowadzenia akcji lodołamania na Odrze granicznej, skutkowało opóźnieniem działań na rzece Warcie oraz na Odrze powyżej Warty, gdzie wskutek nadejścia ocieplenia oraz rozpoczęcia łamania lodu na odcinku skanalizowanym przez RZGW Wrocław, lodołamacze niemal w ostatniej chwili zdążyły zapobiec realnemu zagrożeniu powodzią zatorową Słubic, działając w sytuacji dużego ryzyka.

Kolejnym problemem jaki wystąpił w tegorocznej akcji lodołamania, a związanym ze znacznym przedłużeniem akcji lodowej na Odrze, z uwagi na surową zimę i przede wszystkim z powodów, o których mowa w pkt 1, jest łamanie pokrywy lodowej na odcinku skanalizowanym rzeki Odry, bez wcześniejszego skoordynowania i skonsultowania tej decyzji z koordynującym akcję lodołamania na Odrze kierownictwem polsko-niemieckiej akcji lodołamania. Łamanie pokrywy lodowej na odcinku skanalizowanym wiąże się ze zwiększonymi zrzutami kry lodowej i masy wody ze stopnia wodnego Brzeg Dolny.

W przypadku, gdy działania takie są podejmowane na długo przed dotarciem lodołamaczy do końcówki pokrywy lodowej, muszą być one maksymalnie przesunięte i rozłożone w czasie, tak by skala tych zrzutów nie była tak duża jak tegoroczna (przyrost wody na wodowskazie poniżej ww. stopnia wodnego w ciągu niespełna trzech dni wyniósł prawie 300 cm) i niebezpieczna dla obszarów położonych w dole

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

rzeki. Zrzucone masy wody ze stopnia wodnego spowodowały porwanie z wodą zalegającego na odcinku swobodnie płynącym rzeki Odry lodu, osłabionego już działaniem dodatniej temperatury, wskutek czego powstało wiele groźnych zsuwów lodowych, których kulminacja nastąpiła w rejonie mostu drogowego w Słubicach w nocy z 27 na 28 lutego 2010 r. Wówczas zbite i spiętrzone masy kry lodowej samoczynnie ruszyły w dół rzeki, zabierając ze sobą drzewa z międzywala, oznakowania nawigacyjne niszcząc zabudowę regulacyjną oraz stanowiąc duże realne niebezpieczeństwo dla lodołamaczy i ich załóg.

Lodołamacze wobec takiego zagrożenia musiały awaryjnie w nocy uciekać przed lodem na rzekę Wartę. Jednocześnie wskutek wcześniejszej całonocnej wytężonej pracy czołówki, po połamaniu około 24 kilometrowego odcinka stałej pokrywy lodowej, lodołamacze zrobili miejsce tak by samoistny zsuw lodowy rozpułnął się na tym całym odcinku, nie napotykając na kolejne bariery lodowe, co uchroniło miasto Słubice od coraz bardziej realnej z godziny na godzinę powodzi zatorowej.

Bardzo niebezpieczną przeszkodą na Odrze są zbyt niskie mosty na swobodnie płynącym odcinku rzeki Odry i na Warcie. Ucieczka lodołamaczy w nocy z 27 na 28 lutego 2010 r. z koryta rzeki Odry na Wartę była skuteczna i mogła się odbyć tylko wówczas, gdy prześwit pionowy pod mostami gwarantował przejście pod nimi lodołamaczy. Nocny spływ lodołamaczy okazał się skuteczny, jednakże dokonany został przy minimalnym zapasie prześwitu pod mostem, który kilka godzin później okazałby się niewystarczający, zamykając wówczas jedyną drogę ucieczki statkom.

Niskie mosty zlokalizowane również w Kostrzynie nad Odrą, ale na rzece Warcie w trakcie akcji lodołamania spowodowały, że lodołamacze na Warcie zostały odcięte od możliwości powrotu na Odrę. Również mosty zlokalizowane powyżej odcinka granicznego, m. in. w Krośnie Odrzańskim, wielokrotnie w zeszłych latach okazywały się zbyt niskie, odcinając lodołamacze od możliwości przejścia w górę rzeki, wymagały ich nadmiernego balastowania lub rozbierania konstrukcji.



Rysunek 13 Lodołamacze przepływają pod mostem kolejowym w Kostrzynie nad Odrą (km 615,1 (źródło RZGW Szczecin)

Podczas akcji lodołamania w sezonie 2009/2010 stwierdzono również niewystarczające głębokości wody na Jeziorze Dąbie, szczególnie na głównym torze wodnym (ok 2,5 m przy SW). Taki stan rzeczy ogranicza

możliwość gromadzenia kry lodowej, spływającej z rejonów objętych akcją, jak również skuteczne jej odprowadzanie z jeziora na Zalew Szczeciński (w przypadku istnienia takiego odpływu). Podczas tej zimy, jezioro Dąbie musiało przyjmować krę lodową z rzeki, bez możliwości odpływu kry z jeziora. W tej sytuacji istotną sprawą było połamanie jak największej powierzchni lodu na jeziorze, również poza torem wodnym, co dodatkowo narażało lodołamacze na wchodzenie na mielizny.

6.3 Lodołamanie w sezonie zimowym 2010/2011

Sezon zimowy 2010/2011, był kolejnym ciężkim sezonem, podczas którego lodołamanie prowadzono przez 22 dni, a lód zlegał na Odrze do km 663. Akcja lodołamania w pierwszej fazie była związana z asystowaniem uwieczonim w lodzie barek i innych jednostek pływających. Czynnikiem który znacznie utrudniał działanie lodołamaczy w sezonie 2010/2011 był silny wiatr wiejący z kierunku przeciwnego do przepływu wody w rzece. Na skutek tego nie było możliwości spławiania lodu do jeziora Dąbie, w którym pozostawiono pokrywę lodową. Część lodu pochodzącego z lodołamania na Odrze kierowano przez Parnicę i przekop Mieleński w stronę Rostoki Odrzańskiej.

Temperatura powietrza w sezonie 2010/2011 spadła poniżej zera stosunkowo wcześnie i już 3 grudnia 2010 r. osiągnęła -17°C . po niewielkim ociepleniu pod koniec grudnia z początkiem 2011 r. temperatura powietrza znowu spadła znacznie poniżej zera. Tak wczesne wystąpienie niskich temperatur powietrza zaskoczyło użytkowników rzeki i konieczne było interwencyjne ściąganie zestawów pchanych i innych jednostek pływających z rzek z wykorzystaniem lodołamaczy. W lutym temperatury były zmienne, natomiast w marcu, pomimo niskich temperatur powietrza nie obserwowano rozbudowy zjawisk lodowych ze względu na znacznie dłuższe dni i intensywniejsze działanie słońca.



Rysunek 14 Sytuacja lodowa w sezonie zimowym 2010/2011 (a) Holowane dwa zestawy pływające (km 25,0 rz. Odry Zach.) (b) Zator lodowy w rejonie miejscowości Widuchowa; źródło RZGW Szczecin

Pierwszy zator lodowy w sezonie zimowym 2010/2011 wystąpił 22 grudnia 2010 r. w rejonie Widuchowej. Na skutek tego zdarzenia stan wody podniósł się do stanu 730 cm, nieobserwowanego od

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

1940 r. W dniu 23 grudnia 2010 r. zdecydowano rozpocząć ponownie akcję lodołamania całą flotą polskich lodołamaczy. Po wyłamaniu rynny na jeziorze Dąbie 3 polskie lodołamacze utworzyły grupę lodołamaczy czołowych, które skierowane zostały w rejon Gryfina. W dniu 24 grudnia 2010 r. czołówka lodołamaczy rozpoczęła pracę od rozbicia zatoru lodowego w km 715. Dalszy postęp prac w górę rzeki i rozbicie zatoru w Widuchowej został wstrzymany ze względu na wysokie stany wody w Gryfinie spowodowany wtórnym zatorom na Regalicy. Niestety praca była tam utrudniona z powodu trudności z podnoszeniem przęsła zwodzonego mostu kolejowego w km 733,7.

W tym okresie na zalodzonych odcinkach rzek zaobserwowano zatory lodowe: km 677,0 – 681,8 spiętrzenie 80 – 120 cm, km; km 687,0 – 690,5 spiętrzenie do 150 cm; km 694,5 – 695,5 spiętrzenie ponad 150 cm; km 698,0 – 699,5 spiętrzenie ponad 150 cm oraz km 703,8 – 705,5 (Widuchowa) największe spiętrzenie ponad 200 cm. Usunięcie zatoru w Widuchowej nastąpiło dopiero 31 grudnia 2010 r., gdy warunki pogodowe poprawiły się umożliwiając sławianie lodu przez jezioro Dąbie. W dniu 01 stycznia 2011 r. ze względu na utrzymujące się korzystne warunki hydrologiczno-meteorologiczne kontynuowana była akcja kruszenia lodu zarówno w rejonie m. Widuchowa jak i również na jeziorze Dąbie. W akcji brało udział 10 lodołamaczy, w tym 7 polskich i 3 niemieckie. Czołówka lodołamaczy dotarła do km 696 krusząc zatory lodowe.

Pomimo podjętych prac, ze względu na niekorzystne kierunki wiatru i brak odpływu lodu z Jeziora Dąbie do Zalewu Szczecińskiego spływ lodu z rzeki nie następował w wystarczająco szybkim tempie. W rezultacie w dniu 02 stycznia 2011 r. zlokalizowano przerwanie się wału przeciwpowodziowego po stronie niemieckiej w km 686,0 na długości ok. 20 m.

W kolejnych dniach zdecydowano o podjęciu intensywnej akcji oczyszczania z lodu zalewu Szczecińskiego z wykorzystaniem statków morskich i dwóch lodołamaczy rzecznych. Następnie wszystkie 13 lodołamaczy (7 polskich i 6 niemieckich) ruszyły na Odrę graniczną gdzie rozpoczęły kruszenie zatorów lodowych. Podczas pracy niemiecki lodołamacz Kienitz wszedł na mieliznę, a jego ściągnięcie wymagało użycia dwóch polskich jednostek (Odyniec i Lis). W styczniu lodołamacze pracowały w sumie przez 10 dni operując na Odrze granicznej i Warcie.

Największym problemem podczas akcji lodołamania w sezonie zimowym 2010/2011 był niewątpliwie brak odpływu lodu poniżej jeziora Dąbie. Było to wynikiem zarówno niekorzystnych warunków meteorologicznych jak również złą sytuacją na wewnętrznych wodach morskich.

Ilość dni prowadzenia akcji lodołamania wynika z bardzo wysokich stanów wody jakie w tym okresie występowały, a które osiągnęły niemalże stany absolutnego maksimum z lat 40-tych XX wieku. Tak wysokie stany wody spowodowały wystąpienie poważnych zatorów lodowych. Dlatego też prowadzenie akcji lodołamania w tak trudnych warunkach musiało być rozważne i stopniowe, gdyż zagrożone zalaniem były zarówno miejscowości położone w rejonie zatorów lodowych, a także poniżej czoła akcji lodołamania, co wynikało ze spływu kry oraz wtórnych zatorów lodowych.

6.4 Lodołamanie w sezonie zimowym 2011/2012

W sezonie zimowym 2011/2012 silny mróz wystąpił dopiero 24 stycznia i utrzymywał się do 15 lutego. W efekcie niskich temperatur powietrza zjawiska lodowe zaczęły rozwijać się dynamicznie na Odrze od 31 stycznia 2012 r. Zlodzenie na Odrze postępuje na tyle szybko, że 7 stycznia 2012 r. pokrywa lodowa sięga Świecka, ale z uwagi na szybki postęp zlodzenia nie obserwuje się znacznych spiętrzeń lodu i zatorów. Ostatecznie czoło pokrywy lodowej dociera powyżej ujścia Nysy Łużyckiej, czyli poza obszar administrowany przez RZGW Szczecin.

Akcję lodołamania podjęto z dniem 13 lutego 2012 r. w konsekwencji prognoz zapowiadających wzrost temperatury powietrza. Polskie lodołamacze pracowały w 2 rejonach operacyjnych tj.: 4 lodołamacze wyłamywały rynnę na jeziorze Dąbie, którą odprowadzony był cały lód z rzeki Odry granicznej w kierunku Zalewu Szczecińskiego. Trzy lodołamacze kruszyły lód na rzece Odrze Wschodniej od m. Gryfino do rejonu m. Marwice (km 710,0). W czasie zimy 2011/2012 zanotowano następujące spiętrzenia pokrywy lodowej:

- km 703,0–704,0 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.
- km 694,0–699,0 spiętrzenie lodu 1,0 m.
- km 677,8–682,7 spiętrzenie lodu 1,0 m.
- km 672,0–674,1 spiętrzenie lodu 1,5 m.
- km 648,7–661,2 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.
- km 630,7–633,6 spiętrzenie lodu 1,0 m.
- km 626,3–628,3 spiętrzenie lodu od 1,0 m do 1,5 m.
- km 624,1–625,1 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.
- km 617,0–618,0 spiętrzenie lodu 1,0 m.
- km 600,5–601,0 spiętrzenie lodu 0,8 m.
- km 597,0–597,5 spiętrzenie lodu 0,8 m.
- km 594,0–596,0 spiętrzenie lodu 0,9 m.
- km 583,0–583,7 spiętrzenie lodu 0,8 m.
- km 578,0–579,0 spiętrzenie lodu 0,8 m.
- km 564,0–565,5 spiętrzenie lodu od 1,0 m do 1,5 m.
- km 553,0–555,0 spiętrzenie lodu 1,5 m
- km 547,0–548,0 spiętrzenie lodu 0,7 m



Rysunek 15 Czołowe lodołamacze pracujące w rejonie m. Siekierki (km 654); źródło RZGW Szczecin

Sytuacja hydrologiczna w okresie rozwoju i zalegania na rzece zjawisk lodowych charakteryzowała się stanami wód na poziomie poniżej stanów ostrzegawczych. Stany ostrzegawcze na niektórych wodowskazach były przekroczone w wyniku rozwoju pokrywy lodowej. Stany wody nie przekroczyły ostatecznie stanów alarmowych, również pod wpływem spływu wód roztopowych, co związane było z usunięciem na czas z rzeki pokrywy lodowej.

Pokrywa lodowa na odcinku swobodnie płynącym rzeki Odry w jej środkowym i dolnym biegu osiągnęła łącznie długość około 300 km i zalegała od jeziora Dąbie w Szczecinie do km 493,9 (rejon Cigacic) oraz dodatkowo na Warcie, gdzie lodołamanie prowadzi się zwyczajowo na długości 68 km w ujściowym odcinku rzeki.

W km 704,1 rzeka dzieli się na dwa ramiona: Odrę Wschodnią i Odrę Zachodnią. Ze względu na jaz zastawkowy, uniemożliwiający żeglugę oraz prowadzenie akcji lodołamania na Odrze Zachodniej zaległy lód z rzeki Odry granicznej musi być odprowadzony rzeką Odrę Wschodnią. W rejonie km 705 i 706 widoczne jest zawężenie koryta rzeki, przez które połamany lód idący z góry rzeki (z szerszego profilu rzecznoego) zatrzymuje się dociskając do brzegów. Tylko intensywna praca lodołamaczy umożliwia ponowne uruchomienie stojącej kry lodowej. Podczas opisywanej w tym rozdziale zimy kilka razy zaszła konieczność zaprzestania pracy w górnym biegu rzeki (powyżej m. Widuchowej) celem podjęcia pracy w km 704 – 710 rzeki Odry Wschodniej. Działania te w znaczny sposób utrudniają i przedłużają prowadzenie akcji lodołamania.

Sezon zimowy 2011/2012 charakteryzowały działania lodołamaczy przy dosyć niskich stanach wody. W niektórych rejonach kapitanowie lodołamaczy meldowali o problemach z głębokościami tranzytowymi.

Dotyczyło to przede wszystkim środkowego odcinka rzeki Odry granicznej oraz niektórych wejść do kanałów. Niskie stany wody mogły powodować utrudnienia w ruchu lodołamaczy podczas trwania akcji jednak nie powodowały jednak zbyt wielkich zagrożeń dla mieszkańców nadodrzańskich miejscowości.

6.5 Lodołamanie w sezonie zimowym 2012/2013

Sezon zimowy 2012/2013 to okres ciągłego występowania ujemnych temperatur powietrza (od grudnia do końca marca) z okresami wyraźnego ocieplenia trwającego od kilku do kilkunastu dni uniemożliwiającego kształtowanie się ponownie pokrywy lodowej. W zimie 2012/2013 należy wyróżnić dwa etapy czynnej akcji lodołamania tj. w grudniu 2012 r. i na przełomie stycznia i lutego 2013 r. Wysokie ujemne temperatury występujące w marcu 2013 r., nie powodują występowania zjawisk lodowych na rzece Odrze.

W dniach 22.01-30.01.2013 r. stała pokrywa lodowa objęła swym zasięgiem obszar ok. 150 km (od 717,3 do km 640,0 Odry, Odrę Wschodnią oraz Odrę Zachodnią na całej długości 0,0 – 36,6 oraz jezioro Dąbie).

W tym czasie obserwuje się osiem spiętrzeń pokrywy lodowej na odcinku od Widuchowej do Starych Łysogórek. Spiętrzenie zatorów sięgało do 150 cm ponad lustro wody i ograniczało przepływ wód w Odrze. Poniżej zestawiono spiętrzenia pokrywy lodowej na granicznym odcinku rzeki Odry w sezonie zimowym 2012/2013:

1. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 704,0–708,0 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m. –rozbite przez lodołamacze w dniu 29.01.2013 r.
2. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 698,0–699,7 spiętrzenie lodu od 1,0 m do 1,5 m. –rozbite przez lodołamacze w dniu 29.01.2013 r.
3. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 694,1–696,5 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.-rozbite przez lodołamacze w dniu 30.01.2013 r.
4. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 690,0–690,4 spiętrzenie lodu od 1,0 m do 1,5 m. -rozbite przez lodołamacze w dniu 30.01.2013r.
5. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 677,3–680,1 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.–rozbite przez lodołamacze w dniu 30.01.2013r.
6. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 669,0–676,4 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.- samoczynny zsuw lodu w dniu 30.01.2013 r.
7. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 664,6–666,7 spiętrzenie lodu od 1,0 m do 1,5 m. .- samoczynny zsuw lodu w dniu 30.01.2013 r.
8. Spiętrzenie pokrywy lodowej w km 649,9–662,3 spiętrzenie lodu od 0,5 m do 1,0 m.- rozbite przez lodołamacze w dniu 31.01.2013 r.

6.6 Lodołamanie w sezonie zimowym 2013/2014

Sezon zimowy 2013]2014 w znacznym stopniu charakteryzował się występowaniem dodatnich temperatur powietrza. Ujemne średnie miesięcznych temperatur wystąpiły jedynie w miesiącu styczniu. Wówczas to zaistniały warunki sprzyjające kształtowaniu się pokrywy lodowej. Akcję lodołamania

prowadzono od dnia 30 stycznia do dnia 11 lutego. W pozostałym okresie lodołamacze znajdowały się w pogotowiu.

Podczas akcji lodołamania lodołamacze kierowano sukcesywnie w górę rzeki, gdzie rozbiły dziewięć zatorów lodowych zlokalizowanych wzdłuż biegu rzeki na przestrzeni od Widuchowej do Kostrzyna nad Odrą. Spiętrzenie zatorów sięgało do 150 cm. Podczas prowadzonej akcji zlokalizowano i rozbito następujące spiętrzenia pokrywy lodowej:

1. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 621,3 do km 634,2 - spiętrzenie lodu od 50 - 150 cm - rozbite dnia 07.02.2014 r.
2. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 618,0 do km 619,4 - spiętrzenie lodu od 50 - 150 cm - rozbite dnia 07.02.2014 r.
3. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 634,2 do km 621,3 - spiętrzenie lodu od 50 - 150 cm - rozbite dnia 07.02.2014 r.
4. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 616,0 do km 615,0 - spiętrzenie lodu od 50 - 70 cm - rozbite dnia 07.02.2014 r.
5. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 636,2 do km 643,3 - spiętrzenie lodu od 50 - 100 cm - rozbite dnia 04.02.2014 r.
6. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 668,0 do km 665,3 - spiętrzenie lodu od 50 - 100 cm - rozbite dnia 03.02.2014 r.
7. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 700,3 do km 694 - spiętrzenie lodu do 50 cm – rozbite dnia 01.02.2014 r.
8. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 675,5 do km 672,4 - spiętrzenie lodu od 50 - 100 cm – rozbite dnia 02.02.2014 r.
9. Spiętrzenie pokrywy lodowej od km 705 do km 703 - spiętrzenie lodu do 40 cm – rozbite dnia 31.01.2014 r.
10. Wtórne spiętrzenie kry lodowej od km 672,8 do km 706.

6.7 Sezon zimowy 2014/2015

Sezon zimowy 2014/2015 był okresem występowania dodatnich temperatur ze sporadycznie występującymi przymrozkami. Warunki takie nie sprzyjały kształtowaniu się pokrywy lodowej, brak było zjawisk lodowych na rzece, a co za tym idzie – nie prowadzono akcji lodołamania. Lodołamacze utrzymywane były w pogotowiu.

6.8 Lodołamanie w sezonie zimowym 2015/2016

Zima 2015/2016 sprzyjał powstawaniu zjawisk lodowych, do czego przyczyniły się ujemne temperatury powietrza odnotowane szczególnie w styczniu 2016 r. (Najniższą temperaturę zanotowano w Szczecinie-Podjuchach, która wyniosła -14°C). Jest to niewątpliwie znamienny sezon dla funkcjonowania akcji lodołamania ze względu na przejęcie w posiadanie floty 6 lodołamaczy przez administrację państwową. W rezultacie, łącznie z dwoma zbudowanymi dla RZGW Szczecin jednostkami (Stanisław i Andrzej), w dyspozycji regionalnego zarządu było 8 lodołamaczy. Od czasu przejęcia lodołamaczy RZGW w Szczecinie jest niezależny od podmiotów zewnętrznych, w zakresie wystawiania floty lodołamaczy, przy realizacji statutowego działania polegającego na zapewnieniu czynnej zimowej osłony przeciwpowodziowej

Akcja lodołamania w sezonie 2015/2016 była zdominowana przez niekorzystne zjawisko niżówki, skutkujące bardzo niskimi głębokościami wody w Odrze. W grudniu 2015 r. średnie głębokości tranzytowe na Odrze granicznej nie przekraczały 120 cm, a na odcinku ujściowym dochodziły maksymalnie do 160 cm. W tak zastanych warunkach hydrologicznych, prowadzenie akcji lodołamania było dużym wyzwaniem. Pomimo że na początku 2016 r. stany wody zaczęły się podnosić, to wciąż oscylowały w zakresach stanów niskich, co spowodowały poważne kłopoty w usuwaniu zatorów z Odry granicznej powyżej Bielinka (km 677,2). Ze względu na niskie głębokości tranzytowe występujące w tym rejonie, lodołamacze nie miały możliwości przemieszczania się w górę rzeki, powyżej tego kilometra. Praca lodołamaczy w sezonie zimowym 2015/2016, na rzekach administrowanych przez RZGW w Szczecinie, trwała łącznie 10 dni. Odnotowano 9 spiętrzeń zatorowych z których usunięto tylko część znajdujących się dolnym biegu rzeki. Przyczyną braku pracy lodołamaczy na rzece powyżej żwirowni Bielinek były zbyt niskie stany wody, uniemożliwiające bezpieczną pracę lodołamaczy.

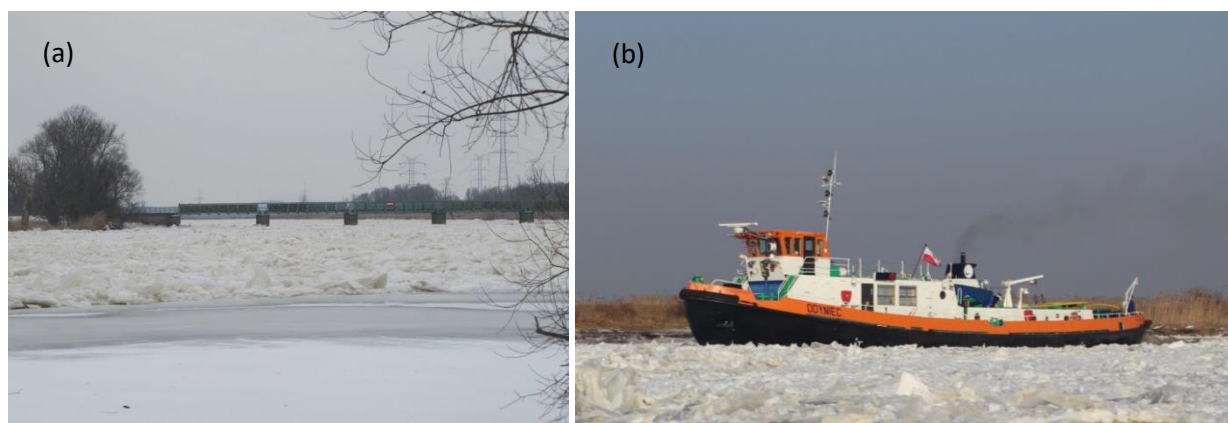
6.9 Lodołamanie w sezonie zimowym 2016/2017

Zimny styczeń 2017 r., z temperaturą średnią od -2,5 °C (Słubice) do -1,6 °C (Szczecin), sprzyjał rozwojowi zjawisk lodowych na Odrze granicznej. Spiętrzenia zatorowe pokazały się w 5 lokalizacjach, głównie na Odrze wschodniej i w rejonie Widuchowej (spiętrzenie lodu do 150 cm ponad górna powierzchnie pokrywy). W zimie 2016/2017 należy wyróżnić trzy etapy czynnej akcji lodołamania tj. dwukrotnie w styczniu oraz w lutym:

- Etap I trwał 3 dni, pracowało 5 polskich lodołamaczy i udrożniły odcinek od km 699 do km 718.
- Etap II trwał 2 dni, udział wzięło w nim 9 lodołamaczy (5 polskich i 4 niemieckie) i udrożniły one odcinek od km 699 do km 707.
- W etapie 3 udział wzięło 5 polskich lodołamaczy, udrożniły odcinek od km 696 do km 717, a akcja trwała dwa dni.

W sumie cała akcja lodołamania w bieżącym sezonie zimowym trwała 7 dni, a lodołamacze połamały 48 km pokrywy lodowej, przy czym rozbijały wtórne spiętrzenia pokrywy lodowej oraz poszerzały rynnę na jeziorze Dąbie.

Tradycyjnie jako problemy przy usuwaniu lodu wymienia się niski most i filary w nurcie rzeki Regalicy. Most kolejowy, zlokalizowany w km 733,7 posiada jedno przęsło zwodzone, którego otwieranie jest mocno awaryjne. Most ten stanowi dla prowadzenia akcji lodołamania bardzo duże utrudnienie, wpływające na strategię prowadzenia akcji lodołamania na Odrze. W roku 2016 prowadzone były prace rozbiórkowe starych filarów mostu Cłowego (km 737,6), jednak nie zakończono rozbiórki przed wstąpieniem zjawisk lodowych na Odrze wschodniej. W związku z powyższym akcja lodołamania na Regalicy i Odrze Wschodniej mogła rozpocząć się najwcześniej w połowie dnia 11.01.2017 r. Rozpoczęcie akcji lodołamania (puszczenie mas lodu w kierunku mostu Cłowego) podczas prac rozbiórkowych mogłoby doprowadzić do zagrożenia bezpieczeństwa ludzi pracujących przy rozbiórce ostatniego (wschodniego) przęsła mostu Cłowego, do czego nie można było dopuścić.



Rysunek 16 Sytuacja lodowa w sezonie 2016/2017 (a) Spiętrzenie lodowe przy jazie w Widuchowej w lutym 2017r., (b) lodołamacz Odyniec w km 706 Odry źródło: RZGW Szczecin

6.10 Lodołamanie w sezonie zimowym 2017/2018

Sezon zimowy 2017/2018 charakteryzował się stosunkowo wysokimi temperaturami powietrza w grudniu i styczniu, oraz stosunkowo mroźnym lutym. Akcję lodołamania prowadzono od 5 marca do 10 marca (7 dni) angażując 13 lodołamaczy, które wyłamały rynnę na jeziorze Dąbie, udrożniły 90,4 kilometra pokrywy lodowej, i usunęły 11 spiętrzeń dochodzące do 1,5m oraz zatory wtórne.



Rysunek 17 Fotografia Lodołamacz Dzik w zatorze lodowym w km 704

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.

Tabela 6.1. Zasięg stałej pokrywy lodowej na Odrze (bez j. Dąbie – 10 km i Odry Zachodniej – 36,55 km) oraz udział polskich i niemieckich lodołamaczy w akcji lodołamania w latach 1990-2017 (na podstawie Sprawozdanie z akcji lodołamania 2017/2018; RZGW Szczecin, marzec 2018)

Lp.	Sezon zimowy	Zasięg pokrywy lodowej	Długość [km]	Czas trwania akcji [dni]	Liczba lodołamaczy w akcji	
					polskich	niemieckich
1.	2017/2018	651,2-741,6	90,4	7	7	6
2.	2016/2017	696,5- 741,6	45,1	7	6	4
3.	2015/2016	597,0-741,6	144,6	10	8	5
4.	2014/2015	0	0	0	0	0
5.	2013/2014	609,0-741,6	132,6	13	7	6
6.	2012/2013	640,0-741,6	101,6	9	7	6
7.	2011/2012	493,5-741,6	248,1	12	7	6
8.	2010/2011	663,2-741,6	124,4	22	7	6
9.	2009/2010	491,4-741,6	250,2	31	7	6
10.	2008/2009	576,6-741,6	165,0	18	7	6
11.	2007/2008	688,5 – 717,3	28,3	3	4	3
12.	2006/2007	0	0	0	0	0
13.	2005/2006	444,8-741,6	296,8	29	7	7
14.	2004/2005	703,3-730,5	27,2	0	0	0
15.	2003/2004	615,3-741,6	126,3	16	7	6
16.	2002/2003	559,5-741,6	182,1	19	7	7
17.	2001/2002	645,4-717,3	71,9	23	8	6
18.	2000/2001	0	0	0	0	0
19.	1999/2000	673,0-717,3	44,3	6	3	4
20.	1998/1999	681,0-717,3	36,3	11	7	0
21.	1997/1998	685,0-717,3	32,3	15	7	0
22.	1996/1997	411,5-717,3	305,8	35	8	7
23.	1995/1996	345,0-717,3	372,3	63	8	6
24.	1994/1995	697,0-717,3	20,3	9	4	0
25.	1993/1994	661,0-717,3	56,3	30	8	4
26.	1992/1993	542,0-717,3	175,3	18	7	4
27.	1991/1992	684,0-717,3	33,3	7	6	2
28.	1990/1991	522,0-717,3	195,3	27	8	4

6.11 Podsumowanie

Analizując poszczególne sytuacje lodowe z lat ubiegłych i podjęte działania techniczne, można z całą stanowczością stwierdzić, że wszystkie akcje lodołamania zostały przeprowadzone skutecznie. W efekcie podjętych czynności udrożniono koryto Odry i nie dopuszczono do powstania powodzi zatorowych. Najbardziej spektakularnym przykładem może być usunięcie zatoru lodowego w Słubicach, który został zneutralizowany niemal w ostatnim momencie.

Czynniki utrudniające akcje lodołamania w opisywanych sezonach to najczęściej problemy związane z opływem lodu poniżej jeziora Dąbie, oraz warunki pogodowe (niska temperatura powietrza, przeciwny wiatr, zamglenia). Dodatkowo, znacznym utrudnieniem są niewystarczające głębokości wody zarówno na Odrze jak i na Jeziorze Dąbie oraz zbyt niskie prześwity pionowe mostów. Pomimo tych przeszkód, dzięki determinacji i zaangażowania osób biorących udział w akcjach lodołamania wszystkie zagrożenia zostały w porę opanowane.

Spis literatury

- [1] Alcoa, 2007. Grasse River T6.75 Ice Control Structure, Basis of Design Report, October
- [2] Ashton, G.D., 1986. River and Lake Ice Engineering. Water Resources Publications, Littleton, CO, USA.
- [3] Banasiak R., Garncarz-Wilk B., Wytypowanie newralgicznych miejsc zagrożenia powodzią zatorową na Odrze od stopnia wodnego Malczyce do ujścia Nysy Łużyckiej wraz z oszacowaniem potencjalnych strat powodziowych na tym odcinku rzeki, IMGW Wrocław, październik 2015
- [4] Beltaos, S. 1990. Fracture and break-up of a river ice cover. Canadian Journal of Civil Engineering, 17: 173-183.
- [5] Beltaos, S., 1988. Configuration and Properties of a breakup jam. Can. J. Civ. Eng. 15, 685-697.
- [6] Bigg, P.H., *Brit. J. Appl. Phys.* 18, 521 (1967).
- [7] Biuro Koordynacji Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry, Dokument koncepcyjny nowego projektu ochrony przeciwpowodziowej, Ochrona przed powodzią zimowymi (Odra Środkowa i Dolna), Warszawa 2013
- [8] Buchholz, 2011, Analiza potrzeb i możliwości uzyskania głębokości 1,80 m na Odrze granicznej przy możliwie największej gwarancji, Logistyka 6/2011, 4575-4588
- [9] Chang H.H., 2008, Fluvial Processes in River Engineering, Krieger Publishing Co, Florida
- [10] Foltyn E.P., Tuthill A.M.: Design of Ice Booms. „Cold Regions Technical Digest” April 1996, No. 96-1
- [11] Girjatowicz, J. 2014. Ice Thrusting and Hummocking on the Shores of the Southern Baltic Sea's Coastal Lagoons, Journal of Coastal Research, vol. 30. 456-464
- [12] Grześ, M., 1991. Zatory i powodzie zatorowe na dolnej Wiśle, Mechanizmy i warunki, Polska Akad. Nauk, Inst. Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Warszawa

- [13] Hammar, L., Shen, H.T., Evers, K-U., Kolerski, T., Yuan, Y., Sobczak, L., 2002. A laboratory study of freeze-up ice runs in river channels. 16th IAHR International Symposium on Ice, Dunedin, NZ, vol.3; 22–29.
- [14] Hydro-Eko, 2004. Zestawienie wielkości strat powodziowych spowodowanych powodziami zatorowymi, Poznań
- [15] International Niagara Working Committee, 2000. Report to The International Niagara Board of Control On the 1999-2000 Operation of The Lake Erie-Niagara River Ice Boom.
- [16] Jasek, M. 2003a. Ice jam release surges, ice runs and breaking fronts – field measurements, physical descriptions and research needs. Canadian Journal of Civil Engineering. 30: 113-127.
- [17] Jasek, M. 2003b. Ice jam release and break-up front propagation, Proceedings of the 12th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers, Edmonton, AB,
- [18] Kandamby A., Jayasundara N. and Shen H. T. A numerical river ice model for Elbe River. 20th IAHR International Symposium on Ice. Lahti, Finland, 2010.
- [19] Kivisild, H.R., 1959. Hydrodynamic analysis of ice floods. Proc., 8th IAHR Congress, Delft, The Netherlands, Paper 23F.
- [20] Kolerski T., 2011. Numerical Modeling of Ice Jam Formation in The Włocławek Reservoir, Task Quarterly, Vol. 15 No 3–4, 283–295.
- [21] Kolerski T., Modelowanie matematyczne zjawisk lodowych na wodach śródlądowych, Wyd. Politechniki Gdańskiej, 2016
- [22] Kolerski T., Shen H.T., 2009. DynaRICE Modeling to Assess the Performance of an Ice Control Structure on the Lower Grasse River, 19th IAHR International Symposium on Ice, Vancouver, Canada
- [23] Kolerski, T. 2014. Modeling of ice phenomena in the mouth of the Vistula River. Acta Geophys. Vol. 62, Issue 1, 11–22,
- [24] Kolerski, T., and H.T. Shen 2010. St. Clair River ice jam dynamics and possible effect on bed changes. In: Proc. 20th IAHR Int. Symposium on Ice, 14-18 June 2010, Lahti, Finland.
- [25] Kolerski, T., H.T. Shen, and S. Kioka, 2013. A numerical model study on ice boom in a coastal lake, J. Coastal Res. 29, 6a, 177-186,
- [26] Konieczny L., Analiza Techniczna wraz z koncepcją budowy lodołamaczy liniowych w ramach projektu pn. „Kontynuacja programu budowy lodołamaczy dla RZGW Szczecin”, z dnia 30 stycznia 2017 r.
- [27] Kreft, A. 2011. Przebieg akcji lodołamania na dolnym i granicznym odcinku rzeki Odry w sezonie zimowym 2010/2011, Logistyka 6/2011, 4837-4850
- [28] Kreft, A. 2013, Korespondencja z Biurem Koordynacji Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry, Szczecin, 11.10.2013 r.
- [29] Popielawska E., Zestawienie stanów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla stacji wodowskazowych Słubice, Gozdowice, Bielinek, Widuchowa zlokalizowanych na Odrze, Poznań, kwiecień 2017
- [30] PROEKO, 2003. Udrożnienie toru wodnego na Jeziorze Dąbie, Studium wykonalności inwestycji,

- [31] Shen H.T. 2010, Mathematical modeling of river ice processes, Cold Regions Science and Technology 62, 3–13
- [32] Shen H.T., Wang D.S., Lal A.M.W. (1995). Numerical simulation of river ice processes. Journal of Cold Regions Engineering, ASCE 9 (3), pp. 107–118.
- [33] Shen, H. T., and Lu, S. 1996. Dynamics of river ice jam release. Proc., 8th Int. Conf. Cold Regions Engineering, ASCE, New York, 594–605.
- [34] Shen, H.T., Gao, L., Kolerski, T., and Liu, L. 2008. Dynamics of Ice Jam Formation and Release, Journal of Coastal Research, Vol. S52, 25-32.
- [35] Shen, H.T., 1996. River Ice processes – State of Research, Invited Lecture, 13th IAHR International Ice Symposium, Beijing, China, 825-833
- [36] Szwalgin D., Zagożdżon J., Studium wykonalności; Kontynuacja programu budowy lodołamaczy dla RZGW Szczecin, Kancelaria VIP Spółka z o. o. Olsztyn marzec 2017
- [37] Woś, K. 2013, Analiza nawigacyjna dolnego odcinka Odry objętego obowiązkiem wdrożenia systemu RIS, Logistyka 6/2011, 5101-5116

Załączniki

Poniższa sekcja zawiera materiał fotograficzny wykonany podczas trzech akcji lodołamania w sezonach zimowych 2009/2010, 2010/2011 oraz 2011/2012. Wszystkie zdjęcia pochodzą z materiałów RZGW Szczecin

Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2008/2009



Zdjęcie 1 Tworzenie się zjawisk lodowych – Widuchowa początek stycznia 2009



Zdjęcie 2 Lodołamacze podczas I Fazy lodołamania 11.01.2009 rejon Widuchowa



Zdjęcie 3 Lodołamacz Frankfurt – łamanie stałej pokrywy lodowej do m. Słubice



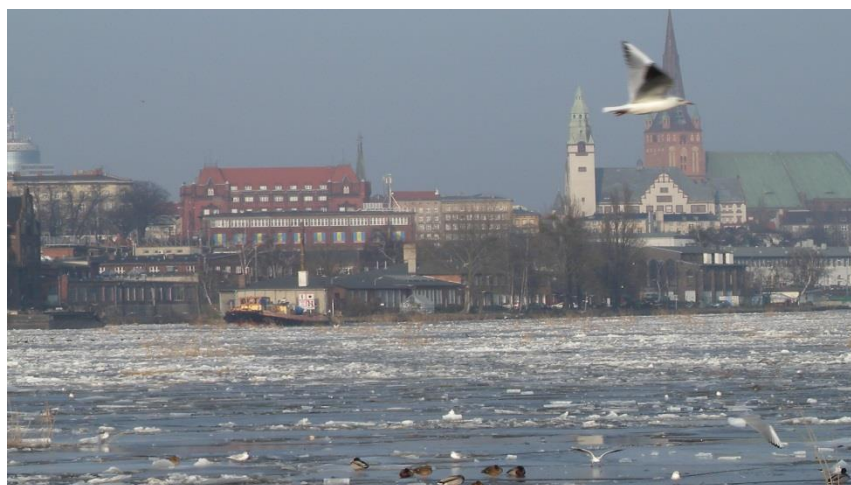
Zdjęcie 4 Wyłamana „rynna” podczas 3 fazy akcji lodołamania (km 700 – 671)



Zdjęcie 5 Przekroczony stan alarmowy w m. Bielinek



Zdjęcie 6 Zwaławanie kry przy Nadzorze Wodnym Widuchowa



Zdjęcie 7 Łamanie lodu na Odrze Zachodniej – końcowy etap lodołamania

Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2009/2010



Zdjęcie 8 Wykształcające się zjawiska lodowe (krążki śryżowe – most Krajnik Dolny km 690,5 rz. Odry)



Zdjęcie 9 Lodołamacze podczas pracy w rejonie miejscowości Widuchowa



Zdjęcie 10 Zwałowanie kry lodowej w rejonie miejscowości Zatoń Dolna



Zdjęcie 11 Wodowskaz w Gozdowicach (km 645,3)



Zdjęcie 12: *Pomiar grubości lodu.*



Zdjęcie 13 Lodołamacz Dzik pracujący w rejonie Widuchowej.



Zdjęcie 14 Lodołamacz Żbik podczas pracy na jeziorze Dąbie



Zdjęcie 15 Lodołamacz Dzik pracujący w km 704,1 (w tle jaz Widuchowa)



Zdjęcie 16 Lodołamacz Hohensaaten pracujący w rejonie miejscowości Ognica.



Zdjęcie 17 Czołówka lodołamaczy (Frankfurt, Dzik, Wilk, Hohensaaten) w km 677.



Zdjęcie 18 Lodołamacze przepływają pod mostem kolejowym w Kostrzynie nad Odrą (km 615,1)



Zdjęcie 19 Zator lodowy w rejonie miejscowości Kunice (km 571,5)



Zdjęcie 20 Lodołamacze Hohensaaten i Wilk podczas pracy w lodzie.



Zdjęcie 21 27.02 zator lodowy w Słubicach powyżej mostu drogowego (zdjęcie sprzed napłynięcia na ten zator kolejnych zatorów z góry rzeki).



Zdjęcie 22 Pochód lodu w rejonie Gozdowic.



Zdjęcie 23 Usuwanie przeszkód nawigacyjnych z koryta rzeki po przejściu lodów

Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2010/2011



Zdjęcie 24 Pierwsze zjawiska lodowe – Gozdowice (km 645,3 rz. Odry)



Zdjęcie 25 Spiętrzenie pokrywy lodowej na rzece Regalicy (km 730,5)



Zdjęcie 26 Spływające w lodzie 5 zestawów pływających (km 9,0 rz. Odry Zach.)



Zdjęcie 27 Holowane dwa zestawy pływające (km 25,0 rz. Odry Zach.)



Zdjęcie 28 Obserwacja zjawisk lodowych przez pracownika RZGW Szczecin



Zdjęcie 29 Zalodzenie w rejonie byłego Granicznego Punktu Kontrolnego w Widuchowej



Zdjęcie 30 Zator lodowy w rejonie miejscowości Widuchowa



Zdjęcie 31 Widok ze sterówki lodołamacza Odyniec na lód zatorowy w rejonie Gryfina



Zdjęcie 32 Lodołamacz Odyniec wchodzi w lód zatorowy km 714,9



Zdjęcie 33 Struktura lodu zatorowego przy jazie w Widuchowej km 704,1



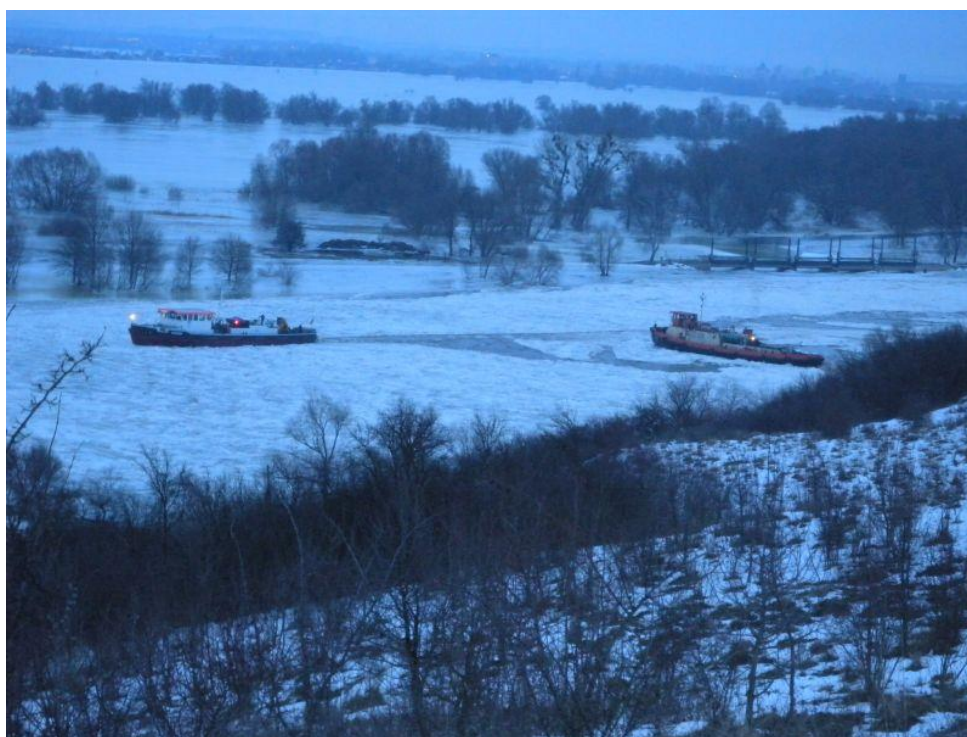
Zdjęcie 34 Lodołamacz Schwedt pracujący na Regalicy



Zdjęcie 35 Przerwany wał letni na polder na wysokości Zatoni Dolnej



Zdjęcie 36 Czołówka lodołamaczy pracująca w rejonie mostu w Krajniku Dolnym



Zdjęcie 37 Czołówka lodołamaczy w km 686,0 zawracają aby udać się na nocny postój



Zdjęcie 38 Miejsowa ludności oczekująca na lodołamacze (Zatoń Dolna)



Zdjęcie 39 Odyniec i Lis pomagają wydostać się z mielizny lodołamaczowi Kienitz



Zdjęcie 40 Lodołamacze pracujące na Odrze Zachodniej

Materiał fotograficzny z akcji lodołamania w sezonie 2011/2012



Zdjęcie 41 Pierwsze zjawiska lodowe – Widuchowa (km 701,8 rz. Odry

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.



Zdjęcie 42 Zjawiska lodowe w dniu 04 lutego (km 628,3 –m. Chlewice)



Zdjęcie 43 Polski lodołamacz czołowy w rejonie km 713,0 (Kanał Zimy Elektrowni w Gryfinie)

Raport podsumowujący uwarunkowania związane z prowadzeniem akcji lodołamania na Odrze granicznej.



Zdjęcie 44 Lodołamanie w dniu 16 lutego 2012 r. w rejonie Widuchowej



Zdjęcie 45 Czołowe lodołamacze pracujące w rejonie m. Siekierki (km 654)



Zdjęcie 46 Zsuwy lodowe w rejonie km 559,0 obserwowane w dniu 21.02.2012 r.



Zdjęcie 47 Stare filary po moście kolejowym na rzece Regalicy w Szczecinie, przyczyna częstego zatrzymywania spływającego lodu z góry rzeki.



Zdjęcie 48 Polskie lodołamacze czołowe w pogotowiu lodowym na rzece Regalicy po zakończeniu akcji lodołamania w sezonie zimowym 2011/2012