



Tomasz Kolarski

Hochwasserschutz an der Unteroder  
und am Dammscher See (Jezioro Dąbie)

## Inhaltsverzeichnis

1	Bildung von Eiskappen auf Binnenwasserstraßen .....	2
2	Eisstau .....	7
3	Verfahren zur Bekämpfung von Eisstauungen .....	10
3.1	Passive Methoden .....	10
3.1.1	Permanente Trennwände .....	10
3.1.2	Schwimmende Trennwände .....	11
3.2	Aktive Methoden.....	13
3.2.1	Eisbrechen mit dem Einsatz von Luftkissenfahrzeugen .....	14
3.2.2	Eisbrechen mit Sprengstoff .....	14
3.2.3	Enteisung mit Baumaschinen.....	15
3.2.4	Eisbrecher.....	15
4	Bewertung der Rechtmäßigkeit des durchgeführten Projekts.....	18
5	Zusammenfassung.....	19
6	Literaturverzeichnis .....	21

## 1 Bildung von Eiskappen auf Binnenwasserstraßen

Die Eiskappe auf Binnenwasserstraßen entsteht durch Abkühlung des Wassers auf eine Temperatur von nahe Null. Unter polnischen Bedingungen bildet sich das Eis in der Regel um Herbst-Winter-Wende durch die intensive Wärmestrahlung der Wasseroberfläche und deren Kühlung. In der Wärmebilanz

Die dominierenden Faktoren sind die kurzwellige Strahlung der Sonne und die langwellige Strahlung der Wasseroberfläche. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass sich in bewölkten und frostfreien Nächten die ersten Eiskristalle im unterkühlten Wasser bilden werden.

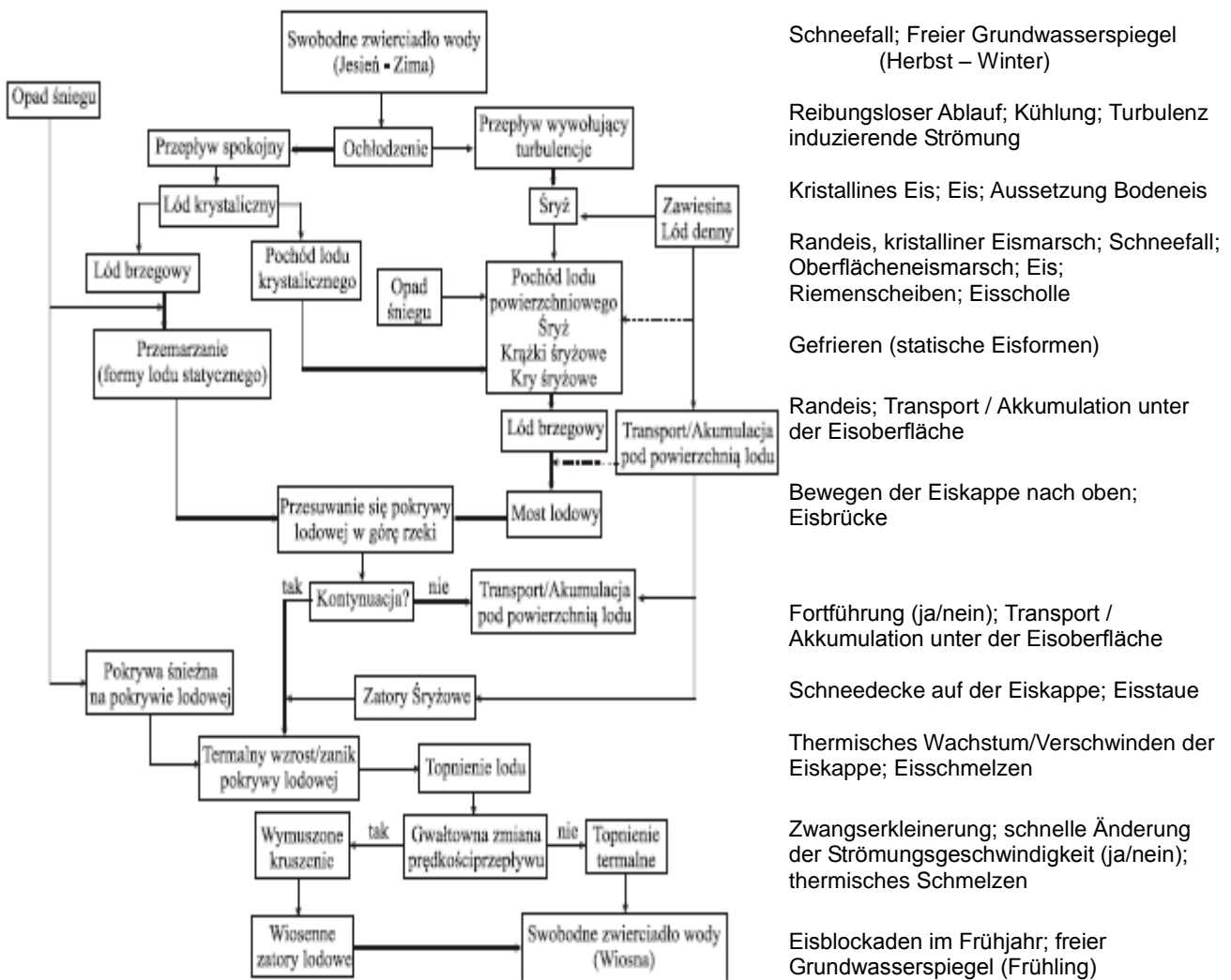


Fig. 1.1 Schematische Darstellung der Eisprozesse in Binnengewässern [29].

Abbildung 1.1 Schematische Darstellung der Eisprozesse in Binnengewässern[29].

Wir unterscheiden zwei grundlegende Mechanismen der Eisbildung in Binnengewässern (Abb. 1.1).

Sie führen zur Schöpfung:

1. glattes kristallines Eis (Abbi. 1.2) oder
2. aktuelles Eis (Abb. 1.6).

Der erste Mechanismus betrifft stehendes Wasser oder turbulenzarmes Fließwasser. Zu Beginn ist daran zu erinnern, dass die Dichte des Wassers mit abnehmender Temperatur zunimmt (Abb. 1.3). Aufgrund der physikalischen Eigenschaften des hier genannten Wassers wird das Wasser beim Abkühlen gemischt.

vertikal. Dies geschieht, bis das Wasser seine maximale Dichte bei Temperatur von 4°C. Eine weitere Kühlung des Wassers führt nicht zu einer konvektiven Vermischung, da sich eine leichtere Schicht kühleren Wassers auf der Oberfläche des wärmeren Wassers ablagert. In einer solchen Situation wird nur die Wasseroberfläche abgekühlt und relativ schnell unterkühlt (Temperatur knapp unter 0°C) und es bildet sich eine permanente Eiskappe. Die durch die vertikale Schichtung der Wasserdichte gebildete Abdeckung zeichnet sich durch eine homogene und gleichmäßige Struktur aus. Dicke und glatte Unterseite. Das beschriebene Phänomen ist charakteristisch für Seen und Stauseen sowie Flussabschnitte mit geringer Strömungsgeschwindigkeit. Die notwendige Bedingung ist die fehlende Vermischung durch Windstärke oder Bewegung des fließenden Wassers. In Flüssen bildet sich Kristalleis am häufigsten in flachen Küstenregionen in Form von Strandeis. Für den analysierten Abschnitt der Unter Oder wird der beschriebene Prozess sehr wahrscheinlich im Dammscher See (Jezioro Dąbie) und in den Küstengebieten des Flusses auftreten, insbesondere im Bereich der bestehenden Bühnen und Zwischenbühnenfelder. Auf dem Fairway im Dammscher See (Jezioro Dąbie) bildet sich je nach Strömungsverhältnissen durch die Ansammlung von einströmenden Eisformen glattes Eis oder Eisdecke. Im oberen Teil des Sees, im Bereich des Eingangs zum Regalica River. Es wird erwartet, dass der Zufluss von erwärmtem Wasser aus dem Kraftwerk Gryfino eine Flamme erzeugt. Um das genaue Verständnis der Eisverhältnisse am Dammscher See (Jezioro Dąbie) erfordert numerische Simulationen unter verschiedenen hydraulischen Bedingungen (variable Durchflussmenge) und vergleichen Sie dann die Ergebnisse mit Feldbeobachtungen. Das Oderufer-Eis dürfte einen geringen Einfluss auf die Dynamik der Eisstauung haben, aber es ist wichtig, sich daran zu erinnern, dass es sie gibt.



Abbildung 1.2. Glatte kristallines Eis, das im HSVA-Labor erzeugt wurde, Stahlgewebe mit einem Abstand von 0,5 cm[13].

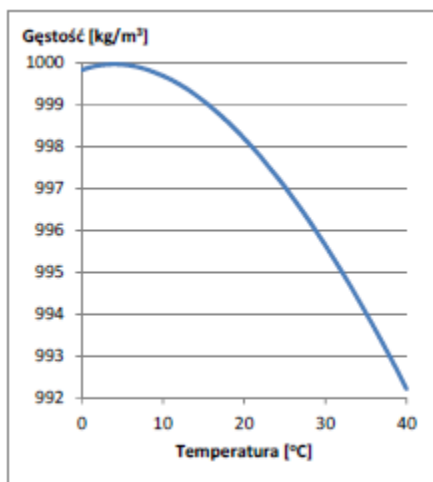


Abbildung 1.3 Abhängigkeit der Wasserdichte von ihrer Temperatur (nach Daten aus[7])

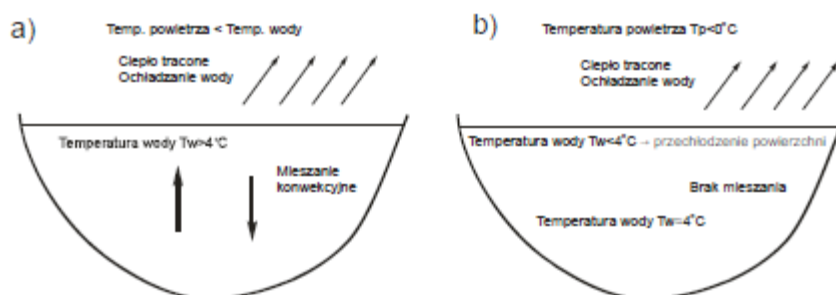


Abbildung 1.4: Thermische Schichtung des Wassers während der Abkühlung (a) und nach der Abkühlung auf eine Grenztemperatur von 4°C (b)

Der zweite Prozess, der zur Bildung von Eis führt, ist die Situation, die oft in Flüssen vorkommt. Es ist die Turbulenz der Strömung, die verhindert, dass das Wasser durch Abkühlung eine dauerhafte Dichtebilanz bildet. In einer solchen Situation kann das Wasser bei niedrigen Lufttemperaturen

T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie)  
2014

vollständig unterkühlt werden, was zur Bildung von Eiskristallen im gesamten Wasservolumen führt. Die durch turbulente Vermischung gebildeten Eiskristalle werden als aktuelles Eis oder Eis bezeichnet. Das Eis im unterkühlten Wasser hat die Fähigkeit, sein Volumen durch Einfrieren der Wassermoleküle zu vergrößern, sowie größere Konglomerate zu verbinden und sich an die Flussreste oder andere Objekte im Wasser zu binden. Dieser Zustand des aktuellen Eises wird als Eis in einer aktiveren Form bezeichnet. Dies ist eine gefährliche Situation für die Wassernutzer und das biologische Leben. Aktives Eis kann Wassereinlässe und Einlässe von Wasserkraftwerken blockieren, indem es sich auf Einlassnetzen ablagert. Es kann sich auch an Stahl- und Betonelementen anderer hydrotechnischer Konstruktionen befestigen, was es schwierig oder sogar unmöglich macht, die Tore von Schleusen und Verschlüssen an Staudämmen zu bewegen. Die Entfernung eines Bisses von hydrotechnischen Strukturen ist schwierig und teuer. Aktuelles Eis im unterkühlten Wasser ist für Fische gefährlich, da es an den Kiemen haften bleiben kann, was in vielen Situationen zum Tod dieser Tiere führt. Eis, das am Boden eines Gewässers haftet, wird als Bodeneis bezeichnet und ist ein wichtiger Bestandteil der Dynamik des Flusseises.

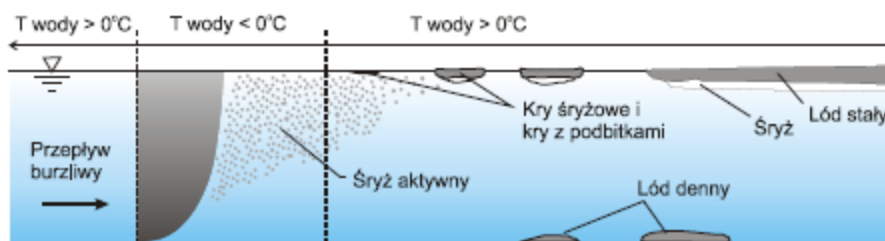


Abbildung 1.5: Transformation von aktuellem Eis in einem Fluss mit einer turbulenten Strömung



Abbildung 1.6. Eis (aktuelles Eis), erstellt im HSVA-Labor, Stahlgewebe mit einem Abstand von 0,5 cm[13].

Die Eisdichte ist etwa 10% niedriger als die Wasserdichte, daher ist es eine natürliche Tendenz, Eis an die Oberfläche zu bringen. Dies ist natürlich nur möglich, wenn die Auftriebskraft auf dem Eis größer ist als die vertikale Komponente der Kraft aus der turbulenten Bewegung des Wassers. Das bedeutet, dass das aktuelle Eis in der turbulenten Strömung schwebend bleibt, bis ein ausreichendes Volumen erreicht ist, um es an die Wasseroberfläche anzuheben. Anschließend kann der auf der Wasseroberfläche schwimmende Bruyère durch Hinzufügen weiterer Eiskristalle weiter an Volumen zunehmen und in Form von sogenannten Briketts den Fluss hinunterfließen.

Die Schneescheiben haben eine charakteristische scheibenförmige Form und tragen oft eine große Anzahl von losen Schneescheiben in Form von Untersichten[12]. Der Transport der Schneeflocken dauert so lange, bis die Eisform auf ein Hindernis in der Flusströmung trifft. Ein solches Hindernis kann ein umgestürzter Baum, ein bedeutender Abfluss des Flusses, Brückenpfeiler oder eine andere hydrotechnische Struktur sein, die den freien Abfluss von Eis blockiert. Meistens stoppt der Eistransport entlang des Flusses an der Stirn der vorhandenen Eiskappe. Je nach den örtlichen hydraulischen Bedingungen kann dann Eis unter der vorhandenen Eiskappe aufsteigen, Eisansammlungen in Form einer Stauung oder Ausdehnung der Eiskappe stromaufwärts bilden (Abb. 1.7). Das Kriterium, das bestimmt, ob sich die Eiskappe stromaufwärts ausdehnt, ist die als  $Fr = V/h$  definierte Froudezahl, wobei  $V$  die Durchschnittsgeschwindigkeit des Wassers ist,  $h$  die Wassertiefe ist und  $g$  die Erdbeschleunigung ist. Feldbeobachtungen, die für verschiedene Eisgrößen durchgeführt wurden, die an die Vorderseite der bestehenden Eiskappe strömen, zeigen den Bereich von Froude  $Fr = 0,05 - 0,10$ [19]. Daraus folgt, dass der Fluss in bestimmten Situationen trotz günstiger meteorologischer Bedingungen aufgrund der hydraulischen Bedingungen frei von kontinuierlicher Eisbedeckung bleibt.

Natürlich ist die Strömungsgeschwindigkeit in den Flüssen variabel und wird sich trotz der anfänglichen Verlangsamung der Entwicklung der Eiskappe zu einem späteren Zeitpunkt fortsetzen. Wenn es keine Hindernisse gibt, wird das Eis in den Mund abgelassen, ohne eine Eiskappe zu bilden.

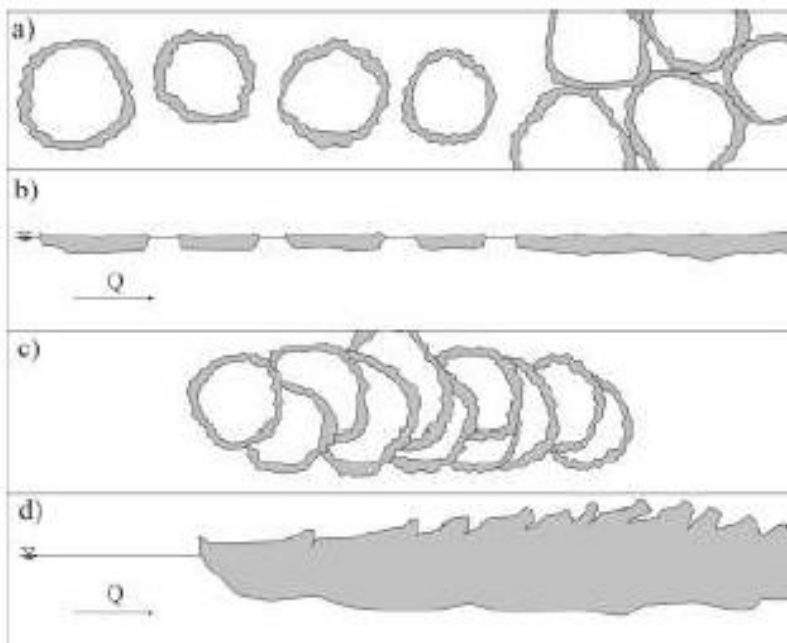


Abbildung 1.7. Eiskappentypen, bestehend aus lose verbundenen (a) und (b) und geschichteten (c) und (d) Eiskappentypen nach[12]

Es ist zu beachten, dass die dynamisch gebaute Eiskappe ungleichmäßig dick und viel rauer ist als die statische Eiskappe. Häufig gibt es unter der dynamischen Eiskappe auch śryżowe Untersichten aus schwammigen und stark porösen śryżowa Lampen. Es kann auch verschiedene andere Formen von Eis geben, die unter der Abdeckung von der Vorderseite der Abdeckung aus fließen und sich unter ihr den Fluss hinunter bewegen. Diese Art von Eiskappe ist für die Flussnutzer ungünstig, da sie höhere Wasserstände erzeugt und bei Eisbruch viel schwieriger sicher zu entfernen ist.

Die Oder ist ein Fluss, der von Süden nach Norden fließt, was Auswirkungen auf die Art und Weise hat, wie die Eiskappe gebildet wird. Im südwestlichen Polen sind die durchschnittlichen Lufttemperaturen meist höher als am Unterlauf der Oder. Daher kann mit hoher Wahrscheinlichkeit gesagt werden, dass die Eiskappe an der unteren Oder durch statisch geformtes glattes Eis am Dammscher See (Jezioro Dąbie) ausgelöst wird. Dies steht im Einklang mit den Beobachtungen, die darauf hindeuten, dass Eisphänomene am Dammscher See (Jezioro Dąbie) am längsten und intensivsten sind[27]. Auf dem verbleibenden Teil des Flusses wird sich höchstwahrscheinlich Eis in Form von Eis bilden, was jedoch sowohl von den meteorologischen als auch von den hydrodynamischen Bedingungen abhängt. Unter der Annahme eines solchen Szenarios ist in vereinfachter Form zu erwarten, dass das aus der Oder fließende Eis an der am Dammscher See (Jezioro Dąbie) vorhandenen Eiskappe aufhört. Dann wird die Eiskappe stromaufwärts verlängert, bis es die hydrodynamischen Bedingungen zulassen (Grenzwert von Froude).

Die Entwicklung der Eiskappe kann auch durch Erhöhen der Lufttemperatur auf über 0°C gestoppt werden, was dazu führt, dass die Bildung eines Bisses im Fluss, der frei im Abschnitt über der bestehenden Eiskappe fließt, aufhört. Ist die Lufttemperatur über einen längeren Zeitraum extrem niedrig, kann die sich dynamisch entwickelnde Eiskappe theoretisch die Wassersperre Brzeg Dolny erreichen. Wahrscheinlich. Natürlich kann es in anderen Ländern vorkommen, dass der Eisformmarsch gestoppt wird. Standorte entlang der gesamten Oder, zu denen sowohl Brücken- als auch Brückenbauwerke beitragen können. aktuellen Zusammenbruchs und alle Arten von Hindernissen und Untiefen, die auf dem Fluss auftreten. Es ist dies desto wahrscheinlicher ist es, dass je höher die Konzentration des fließenden Eises ist und je langsamer die Geschwindigkeit ist. Durchfluss[31]. Die Standorte potenziell initiierender Eiskappen können sich mit den Standorten von der in[14] angegebenen Zartorogene. Der vorstehend beschriebene Eisbildungsprozess an der unteren Oder ist nur eine spekulative Situation, die auf theoretischen Erkenntnissen und geschätzten Strömungsbedingungen am Fluss beruht. Um eine gründliche Analyse durchführen zu können, wäre es notwendig, im Abschnitt Mitte und Untere Oder ein mathematisches Modell zu implementieren, das Eisphänomene in Flüssen erfasst. Es wird vorgeschlagen, ein eindimensionales Modell ähnlich dem an der Elbe zu verwenden[18].

## 2 Eisstau

Das Phänomen der Eisstauung ist sehr dynamisch und schwer vorherzusagen, aber seine Auswirkungen sind vielfältig. normalerweise lokal. Eisblockaden können sich sowohl bei der Bildung der Eiskappe als auch bei der Bildung der Eiskappe bilden. während seines Zerfalls. Zu Beginn der Wintersaison haben wir es in der Regel mit relativ kleinen Mengen zu tun. das Eisvolumen, so dass selbst dann, wenn der Abfluss von Eis und dessen Ansammlung gestoppt wird, Die so entstehende Stauung ist harmlos und erfordert keine besondere Aufmerksamkeit seitens des Wassermanagers. Anders sieht es aus, wenn die Eiskappe zerfällt, was im Frühjahr am häufigsten vorkommt, aber nicht so schlimm ist wie im Frühjahr. Sie wird auch immer häufiger in typischen Wintermonaten beobachtet.

Der Zerfall der Eiskappe ist ein komplizierter Prozess und wird noch nicht vollständig erkannt. Die aktuelle wissenschaftliche Forschung befasst sich sowohl mit den Ursachen als auch mit den Mechanismen, die mit dem Zerfall der Eiskappe einhergehen. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Eiskappe zu zerfallen beginnt, wenn sie durch hohe Luft- und Wassertemperaturen



geschwächt wird (thermische Zersetzung) oder wenn die auf die Eiskappe in Strömungsrichtung wirkende Kraft deutlich zunimmt (erzwungene Zersetzung). Beide diese Mechanismen treten in der Regel gleichzeitig auf und ergänzen sich gegenseitig[17].

Die thermische Zersetzung geht einher mit einer intensiven Aufnahme von Wärme durch die Oberfläche von Eis und Wasser. Die Wärmebilanz wird von der kurzwelligen Strahlung, deren Wert im Frühjahr mit zunehmender Sommersonnenwende zunimmt, und der Langzeitstrahlung der Eisoberfläche geprägt sein. Der von der Langzeitstrahlung absorbierte Wärmestrom steht in engem Zusammenhang mit dem Temperaturunterschied zwischen Luft und Oberfläche. Daraus folgt, dass eine Erhöhung der Temperatur der Luft oder des Wassers zu einer Erhöhung der Wärmeaufnahme durch das Eis führt. Darüber hinaus kann das Schmelzen der Eiskappe durch Niederschläge an Tagen mit hoher Lufttemperatur deutlich beschleunigt werden. Der vom Regen übertragene Wärmestrom ist direkt proportional zu folgendem Lufttemperatur und Niederschlagsintensität[2]

Die Eisbewegung tritt auch bei einer Erhöhung der auf die Abdeckung wirkenden Kraft auf. Eis und gerichtet auf den Wasserfluss im Fluss. Die Zunahme der krafterzeugenden Eisbewegung beträgt am häufigsten verursacht durch eine plötzliche Änderung des Wasserspiegels ([4],[16] und[28]). Aufstieg Der Grundwasserspiegel im Frühjahr kann durch Schneeschmelze oder Regenfälle verursacht werden, die auf den noch gefrorenen Boden fällt und so effektivere Niederschläge erzeugt. Stärke das Biegeeis ist nicht signifikant, insbesondere wenn seine Temperatur nahe 0°C liegt. In der beschriebenen über den Bedingungen, verursacht eine nach unten fließende Flutwelle Aggregate. der Eiskappe auf dem Fluss.

Die Situation, in der der Abfluss von Crushed Ice durch die Flutwelle aufgrund der untenstehenden Eiskappe schwierig ist, stellt eine potenzielle Bedrohung für die Bildung von Eisstau dar. Leider ist dies unter Unter-Oder-Bedingungen ein typischer Prozess, da die Strömung von Süden nach Norden gerichtet ist. Normalerweise beginnt sich das Eis aufgrund höherer Lufttemperaturen im Südwesten des Landes stromaufwärts und stromabwärts zu bewegen. Ob sich die zerkleinerte Eisscholle den Fluss hinunterbewegt oder von der Eiskappe am unteren Ende des Flusses gestoppt wird, hängt vom Gleichgewicht der Kräfte auf das Eis ab. Das Eis fließt den Fluss hinunter, wenn die Schwerkraft und die Wasserbewegungskräfte über die inneren Widerstandskräfte des Eises und die Reibung an der Schnittstelle zwischen Eisland und Eis und Fluss überwiegen. Die inneren Widerstandskräfte des Eises werden durch die positiven Lufttemperaturen, die normalerweise während der Eisbewegung beobachtet werden, geschwächt. Daher kann die Eiskappe auf der Straße des zerstoßenen Eises, das sich den Fluss hinunter bewegt, relativ leicht zerstört werden und so dem sich bewegenden Eis Masse hinzufügen. In Situationen, in denen die Längskomponente der Schwerkraft durch eine Absenkung des Wasserspiegels reduziert wird (z.B. Rückstau durch Stauung oder Reduzierung des Bodenabfalls), kann die Eiskappe jedoch den Eisstrom effektiv blockieren. Dies wird oft beobachtet, wenn Eisschollen in das Wasserreservoir gelangen, und ein Beispiel für eine so entstandene Stauung kann die Situation eines Stauhochwassers an der Weichsel im Jahr 1982 sein. [21]. Eine ähnliche Situation wurde 1954 und 1992 im Mündungsabschnitt der Weichsel beobachtet, aber in diesem Fall wurde eine intensive Aktion durchgeführt. Der Eisbruch schützte die Küstengebiete vor Überschwemmungen[23].

## T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie) 2014

Eisstaus bilden sich viel wahrscheinlicher als Folge eines erhöhten Widerstands aufgrund von Eis, das auf dem Ufer oder Boden eines Flusses liegt. Dies ist der Fall, wenn es zu einer plötzlichen Änderung der Strömungsrichtung kommt (scharfe Kurven am Fluss) oder wenn Zählungen im Fluss aus den abgelagerten Ablagerungen erfolgen. Wenn dann die Dicke des transportierten Eises groß ist, kann es an diesen Stellen gestoppt werden, was aber nicht unbedingt zu einer permanenten Eisstauung führt. Ob eine Stauung noch in Bewegung ist, ist das Ergebnis einer Komponente der darauf wirkenden Kräfte. Wenn die in Strömungsrichtung wirkenden Kräfte die Widerstandskräfte dominieren, ist die Stauung nicht stabil und langsam, sondern bewegt sich ständig in Richtung Auslass. Es ist zu beachten, dass die Durchflussmenge kein konstanter Wert ist und entweder den Transport von Eis während eines Hochwassers erleichtern oder den Eisfluss behindern kann, wenn um den Durchfluss zu reduzieren.

Ein weiterer Faktor, der die Stabilisierung der Eisstauung bestimmt, ist die Lufttemperatur. In Extremsituationen, bedingt durch einen starken Abfall der Lufttemperatur, instabile Eisstauung, etc. kann einfrieren und für viele Monate an Ort und Stelle bleiben, wie das Phänomen der wurde im Winter 1986 an der Themse in Ontario beobachtet. [5]. Oftmals wird das Gegenteil beobachtet. bei der Aufnahme von Wärme durch die verbleibenden Eismassen, was zur Schwächung ihrer Kräfte beiträgt. intern und zum Schmelzen (z.B. Beginn der Stauung auf dem St. Clair-Fluss um April und Mai 1984). [24]). Dann ist es leicht, zu einer spontanen Bewegung des Eises und zur Bildung einer Welle von durch Freisetzung von Wasser, das über der Eisstau gespeichert ist. Das ist sehr gefährlich. eine Situation, die oft eine Bedrohung für Eisbrecher darstellt, die an der Beseitigung von Eisstauen arbeiten.

Eisstaus an der unteren Oder entstehen am häufigsten an den in[27] dargestellten Stellen. Die Ursache der Staus an diesen Orten wurde in diesem Beitrag nicht diskutiert. Basierend auf den verfügbaren Informationen ([14],[25]) ist es möglich, eine Reihe von Ursachen aufzulisten, die dazu führen, dass die Bildung von Eisblockaden an der unteren Oder:

1. der Einfluss des auch in Gozdowice beobachteten Rückstroms (km 645)
2. Wind, der aus der entgegengesetzten Richtung der Strömung weht; ein Problem, das für den Dammscher See (Jezioro Dąbie), aber auch an jedem anderen Ort besonders wichtig ist.
3. Aktuelle Richtungsänderung (z.B. für km 673 Weiß)
4. Verengung des Flussbettes (z.B. Bielinek oder Widuchowa)
5. Stoppen des Eisablaufs an den Pfeilern von Brückenbauwerken im Flusslauf (z.B. Flussbett, Flussbett, Flussbett, Flussbett, Flussbett, Flussbett usw.). (z.B. Stubice)
6. Abflüsse, die in der Strömung des Flusses zu den durch die Ablagerung abgelagerten Ablagerungen auftreten; daher Mangel an durchgeführten Baggararbeiten und schlechte Qualität der Kontrollgeräte . Problem betrifft fast den gesamten Abschnitt der Oder.
7. Die Oder wird von linken Nebenflüssen (z.B. Gozdowice oder Ognica) mit Eis versorgt.

Die in den Punkten 1 und 2 aufgeführten Probleme können nicht behoben werden. Die Punkte 2 und 3 beziehen sich auf folgende Punkte hydrographisches System der Oder, das durch die Arbeiten teilweise korrigiert werden kann. regulatorisch. Andere Ursachen können durch entsprechende Maßnahmen minimiert werden. Hydrotechnisch.

### 3 Verfahren zur Bekämpfung von Eisstauungen

Um das gefährliche Phänomen der Eisstauung zu bekämpfen, wurden eine Reihe von Methoden entwickelt, die sich in aktive und passive Methoden unterteilen lassen. Passive Methoden sind hauptsächlich Eisbarrieren, die gebaut wurden, um die Eiskappe zu stabilisieren, den Eisfluss zu lenken oder den Eisfluss zu bestimmten Teilen von Flüssen zu stoppen. Aktive Methoden sind der Eisbruch, der durchgeführt wird, um das Flussbett zu reinigen und einen effizienten Eisfluss zur Mündung zu gewährleisten.

#### 3.1 Passive Methoden

Eisbarrieren werden hauptsächlich eingesetzt, um die Menge des fließenden Eises in Flüssen zu kontrollieren. Durch die Regulierung des Eisflusses wird in der Regel verhindert, die Bildung von Eisstauungen an einem Ort zu verhindern, an dem sie erhebliche wirtschaftliche Verluste verursachen. Es gibt zwei Arten von Eisbarrieren: feste und schwimmende.

##### 3.1.1 Permanente Trennwände

Von den festen Trennwänden werden am häufigsten Pfeiler-Fixtrennwände verwendet. Sie bestehen aus Stahl- oder Stahlbetonpfählen, die am Flussbett befestigt sind. Je nach Bedarf und örtlichen Gegebenheiten werden auch Beton- oder Steinblöcke verwendet. Der Bau einer permanenten Eisbarriere wird an einem zuvor dafür vorgesehenen Standort zu Staus führen und dort keine größeren Verluste verursachen. Die Stellen, an denen die Eisbarriere geplant ist, werden speziell für diesen Zweck angepasst, indem der Boden verstärkt wird (Pflasterung) und ein Entlastungskanal für das Fließwasser vorbereitet wird (Bild 3.1). Dadurch verursacht die Eisstau keine Erosion des Bodens und stellt durch die Bereitstellung von Wasserabfluss kein Hochwasserrisiko dar. Darüber hinaus vermeidet die kontrollierte Stauberzeugung den Einfluss signifikanter Kräfte aus angesammeltem Eis auf hydrotechnische Strukturen. Es ist bekannt, dass die Kraft der dynamischen und statischen Eiswirkung 10 kN pro laufendem Meter Struktur überschreiten kann. Eine solche Größenordnung wird in vielen Fällen zum vollständigen Versagen der Struktur führen. Feste Eisbarrieren werden hauptsächlich in Flüssen mit geringen Durchflussmengen und bei denen das Volumen an Rückhalteeis nicht zu groß ist, eingesetzt. Es ist nicht möglich, einen solchen Damm an der unteren Oder zu setzen. Dies würde dazu führen, dass sich riesige Mengen an Eis ansammeln, die sowohl aus der oberen und mittleren Oder als auch aus allen Nebenflüssen, die den Fluss unterhalb des Unterufers speisen, fließen. Zu berücksichtigen ist nur die Positionierung der Säulenbarriere als Führungsvorrichtung und Hilfsmittel für den Eisfluss auf der zuvor ausgewählten Strecke. Ich denke hier an den unteren Teil des Dammscher See (Jezioro Dąbie). im Bereich der Ina-Mündung, wo die Variante IIIB eine Wende auf dem geplanten Fairway vorsieht[27]. Aufgrund der hohen Kosten einer solchen Investition erfordert die vorgeschlagene Lösung natürlich eine detaillierte Analyse der folgenden Faktoren und multivariate Analyse mit einem mathematischen Modell.

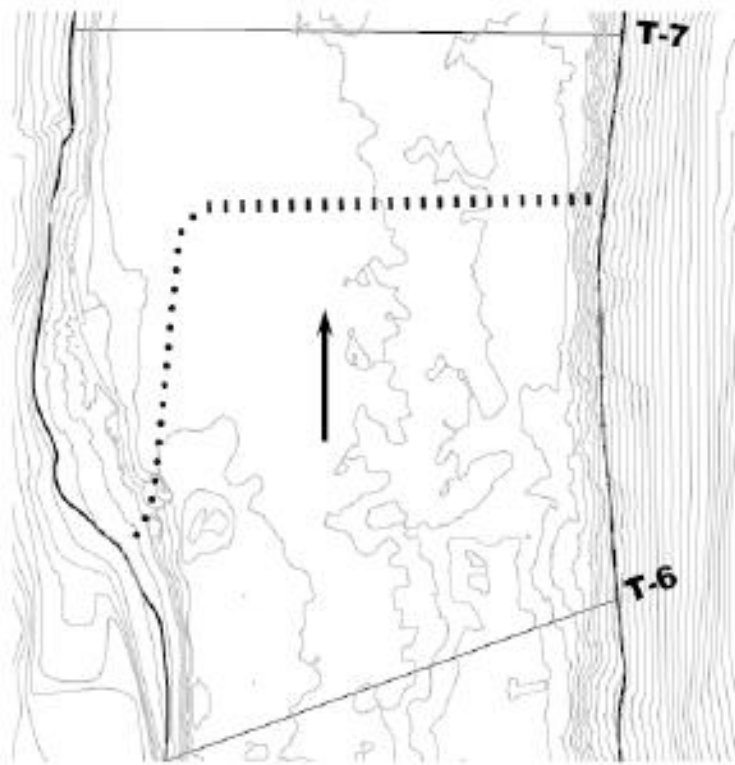


Abbildung 3.1: Das Konzept einer Säulen-Eisbarriere am Grasse River, New York State; die Strömungsrichtung ist mit einem Pfeil markiert; der Entlastungskanal[1] am linken Rand ist sichtbar.

### 3.1.2 Schwimmende Trennwände

Schwimmende Schotte sind viel häufiger anzutreffen, da der Anwendungsbereich zur Kontrolle des Eisabflusses erweitert wurde. Sie bestehen aus Holzbalken oder Stahlpontons, die auf der Wasseroberfläche schwimmen und durch ein Stahlseil oder eine Kette verbunden sind. Das Ganze ist am Boden und am Ufer des Flusses verankert. Dadurch kann die Schottwand zu Beginn der Wintersaison installiert und nach dem Abklingen des Eises entfernt werden. Dies ist eine sehr praktische Lösung, da während der Schifffahrtssaison keine Kollisionen mit anderen Flussnutzern stattgefunden haben. Die Aufgabe der schwimmenden Barriere besteht darin, die Ausdehnung der Eiskappe während ihrer Entstehung einzuleiten. Die Barrieren spielen auch eine wichtige Rolle beim Beginn des Eises, indem sie den Eisfluss von Seen zu Flüssen (z.B. zwischen dem Erie-See und dem Niagara-Fluss) oder den Eisfluss von Flüssen zu Wasserspeichern begrenzen (z.B. die Barriere auf dem Stausee Włocławek[12]).

Die hängende Barriere verhindert, dass das Eis an einem dafür vorgesehenen Ort den Fluss hinunterfließt.

Da es sich um eine schwimmende Konstruktion handelt, wird Eis bedingt zurückgehalten, d.h. bis die von den Schwimmelementen der Trennwand übertragene Kraft die Grenzkraft nicht überschreitet, die eine Komponente des Pontonauftriebs und der Seilzugkräfte ist. Nach Überschreitung des Grenzwertes, werden die Pontons sinken und das Eis wird sich über sie bewegen. Die Schottwand wird wieder herauskommen, wenn die Auftriebskraft die Schwerkraft des fließenden Eises übersteigt.

T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie) 2014

Mit anderen Worten, der Schott strömt an die Oberfläche, wenn die Dicke des fließenden Eises relativ gering ist, so dass der Ponton durch das sich bewegende Eis hindurchbrechen kann. Aufgrund der oben beschriebenen Funktionsweise der Barriere besteht sie aus unabhängigen Segmenten, um nicht den Abfluss des gesamten angesammelten Eises über der Barriere zu verursachen. Ein Beispiel für die am Eriesee verwendete Schottwand ist in Figur 3.2 dargestellt, während die strukturellen Details der Verbindung zwischen dem Stahlponton und dem Seil in Figur 3.3 dargestellt sind.

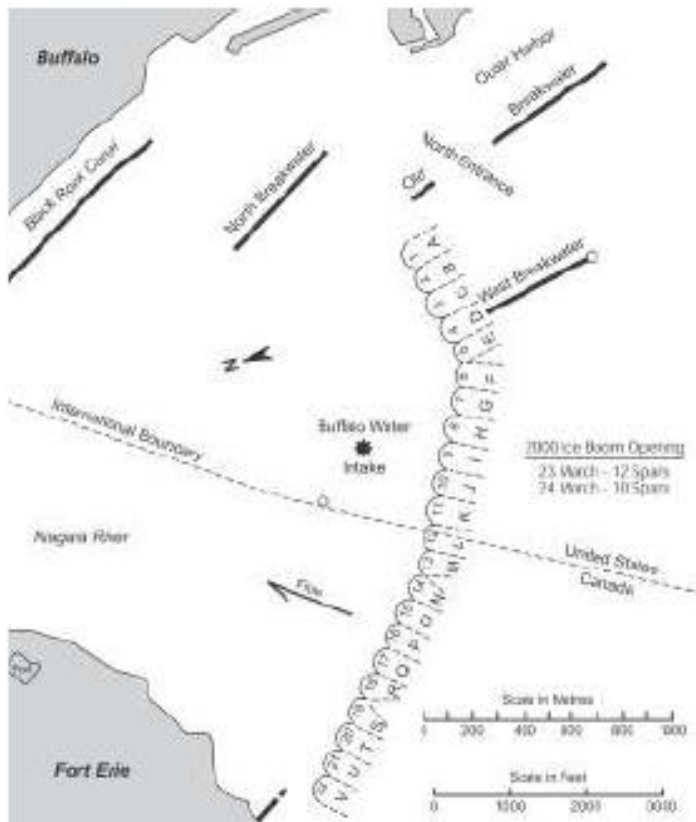


Abbildung 3.2: Schematische Darstellung einer schwimmenden Eisbarriere am Eriesee[15].

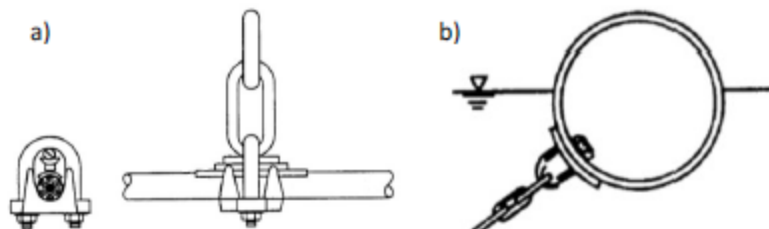


Abbildung 3.3.3 Statische Details der Pontonbefestigung in schwimmendem Trennwände; Sattelkupplung zwischen Stahlseil und Kette (a); Befestigung des Pontons an der Kette (b);[6].

An der Unteren Oder kann die Installation einer schwimmenden Eisbarriere in Betracht gezogen werden, wenn wir die Stabilisierung der Eiskappe sicherstellen wollen oder wenn wir die

## T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie) 2014

Stromversorgung der Oder auf das aus ihren Nebenflüssen fließende Eis beschränken wollen. Der Bau einer Sperre an der Oder kann in den Abschnitten über besonders geschützten Orten wie Słubice oder Kostrzyń oder dem Wehr in Widuchowa berücksichtigt werden. Die Installation einer schwimmenden Barriere in den linken Nebenflüssen der Oder würde zu folgenden Problemen führen: Begrenzung des Eisflusses zum Hauptfluss und damit Verringerung des Risikos einer möglichen Stauung. Es scheint, dass es möglich ist, Nebenflüsse zu berücksichtigen, unterhalb derer häufig Eisstaus beobachtet werden, wie z.B.

- Fluss Rurzyca - Reduzierung des Staupotenzials im Gebiet von Ognica km 697
- Fluss Kurzyca und Fluss Myśla - - Reduzierung des Staupotenzials im Gebiet Gozdowice km 645 und indirekt im Gebiet Szumiłowo km 621
- Fluss Ilanka - Reduzierung des Staupotenzials in der Region Słubice km 584

Die oben vorgestellten Vorschläge sind das Ergebnis der Analyse der unter[14] und[27] genannten Engpässe im Hinblick auf die Ursachen der Stauung an diesen Standorten. Für die Standorte Ognica und Gozdowice scheint eine der Ursachen für Staus neben den Auswirkungen des odmorskie-Rückstaus eine Zunahme der Eiskonzentration in der Oder durch zusätzliche Versorgung aus Nebenflüssen zu sein. Der Mangel an Brückenbauwerken und Biegungen an der Oder in den oben genannten Flussabschnitten spricht für sich. Aufgrund fehlender bathymetrischer Daten aus diesen Teilen des Flusses ist es nicht möglich, auf die Bodenbeschaffenheit und den Einfluss von potentiellm Flachwasser auf das Stoppen und Ansammeln von Eis, das zu Staus führt, hinzuweisen. Jeder Entscheidung, das Problem der Eisstauung durch die Installation einer Eisbarriere zu lösen, sollte eine gründliche theoretische Analyse vorausgehen, die durch numerische Berechnungen gestützt wird. Analoge Berechnungen wurden für die Grasse[20] und für die Eisbarriere an der Der Notorosee[22]. Das Fehlen solcher Analysen kann zu einer fehlerhaften Auslegung der Eisbarriere führen und zwar trotz der Tatsache, dass Kosten entstehen, werden die erforderlichen Effekte nicht erreicht.

### 3.2 Aktive Methoden

Eisbrechen ist das am häufigsten verwendete technische Mittel, um den Fluss zu räumen, um Eis zu schwimmen oder Eisstaus zu beseitigen. Im Laufe der Jahre wurden mehrere Methoden entwickelt, von denen das häufigste die Eiszerkleinerung mit speziell angepassten verstärkten Rumpfschiffen ist, nachstehend Eisbrecher genannt. Hovercrafts, Sprengstoffe oder die Enteisung durch Bagger werden auch zum Zerkleinern von Eis und zur Beseitigung von Eisstauen eingesetzt. Unter den Bedingungen der unteren Oder ist der Einsatz von Eisbrechern die einzige Möglichkeit, Stauüberflutungen wirksam entgegenzuwirken. Andere Methoden sind aufgrund der Beschaffenheit des Flusses ineffektiv oder nicht anwendbar, werden aber im Folgenden beschrieben, um diese Schlussfolgerung zu überprüfen.

### 3.2.1 Eisbrechen mit dem Einsatz von Luftkissenfahrzeugen

Luftkissenboote werden seit den 1970er Jahren in Kanada getestet. Es wurde festgestellt, dass die von diesen Fahrzeugen erzeugte Luftwelle die Durchbiegung der Eiskappe verursacht, und bei geringer Festigkeit der Eiskappe bricht Eis. Luftkissenboote werden erfolgreich eingesetzt, um Eis aus Seen und Stauseen in Kanada zu entfernen, aber sie können nicht an Orten eingesetzt werden, an denen die Eiskappe uneben ist und eine unterschiedliche Oberschicht oder mehrere Untersichten aufweist. Das bedeutet, dass Luftkissenfahrzeuge in der unteren Oder nicht eingesetzt werden können. Auch Der Einsatz dieser Fahrzeuge in der Stettiner Haff ist aufgrund folgender Umstände recht schwierig durchzuführen auf zahlreichen vom Wind verursachten Eisdeichen[11].

### 3.2.2 Eisbrechen mit Sprengstoff

Der Einsatz von Sprengstoffen unter Eis war in den letzten Jahren relativ häufig, aber ihre Wirksamkeit ist, gelinde gesagt, fragwürdig. Die Essenz dieser Methode besteht darin, relativ kleine Sprengladungen unter eine Eiskappe zu legen, die zum Zerkleinern bestimmt ist. Meistens werden solche Aktionen unter starkem sozialem Druck durchgeführt, um die Brücke vor dem Bruch oder der Zerstörung anderer hydrotechnischer Objekte zu schützen. Es konzentriert sich in der Regel auf den Versuch, die Staus zu lösen, ohne die Möglichkeit, das Eis den Fluss hinunter zu entleeren. Es ist zu beachten, dass eine Eisbrechaktion nur dann die gewünschte Wirkung haben kann, wenn das zerstoßene Eis abgelassen wird. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, kann die Punkt-Eiszerkleinerung nur dazu beitragen, die Stauung auf einen niedrigeren Teil des Flusses zu verlagern. In Anbetracht dessen ist es leicht zu erkennen, dass ein Eisbrechvorgang mit einem Sprengstoff unter dem Eis zu einer lokalen Stauung führt und ihn leicht stromabwärts bewegt, ohne das gewünschte Ergebnis zu erzielen oder die Situation sogar zu verschlimmern. Ein gutes Beispiel ist die Überschwemmung auf Płock, die durch eine Eisstauung im Februar 1982 verursacht wurde. Aufgrund der Bedrohung der Friendship-Pipeline wurde versucht, die Eisstauung durch Sprengstoffexplosion zu lösen. Diese Aktion hatte keine Auswirkungen, wie die registrierten Wasserstände unter Płock zeigen. Erst als die Eisbrecher Płock erreichten und auf der gesamten Länge des Stausees Włocławek eine eisfreie Rinne schufen, wurde der Wasserstand um 2 Meter reduziert. Auch an der Oder wurden in den 1940er Jahren Eisbombardierungen aus Flugzeugen oder Artillerie eingesetzt. Wie zeigen die Beziehung aus dieser Zeit, sie brachte nicht die angenommene Wirkung[14]. Natürlich lasse ich hier aus. die Auswirkungen einer solchen Lösung auf Lebensräume oder Vogelgebiete "Natura 2000".



Abbildung 3.4. Versuch, Eisstau im Bereich der Holzbrücke in Wyszogród mit Lasten zu beseitigen. Explosivstoff im Winter 1998; nach der Explosion wurde kein Eisstrom den Fluss hinunter festgestellt (Pfeil zeigt Strömungsrichtung an).

### 3.2.3 Enteisung mit Baumaschinen

Die Eisbefreiung mit Baggern wird erfolgreich in kleinen und flachen Gewässern (z.B. Grasse;  $SQ = 32 \text{ m}^3/\text{s}$ ) eingesetzt. Bei diesem Vorgang wird das Eis mit einem Bagger vom Flussufer entfernt. Wenn die Reichweite des Baggerarms unzureichend ist, bewegt sich der Baggerarm auf einen schwimmenden Lastkahn, von dem aus er seine Arbeit fortsetzen kann. Der Bagger entfernt langsam, aber stetig Eis vom Fluss zum Binnenschiff und dann an den Ort, an dem es außerhalb des Wassers gelagert wird. Dieser Vorgang kann lange dauern, aber bei kleinen Flüssen ist er effektiv, da wir das Eis aus dem Wasser physisch entsorgen. Natürlich sollte die Entscheidung, eine solche Aktion zu starten, auf der Grundlage meteorologischer Prognosen getroffen werden, die das voraussichtliche Datum des automatischen Starts des Eises angeben können. Die Gefahr, die Eisstauen durch den Einsatz eines Baggers zu beheben, ist mit der Gefahr verbunden, dass die Ausrüstung zusammen mit der bei der Überflutung des Flusses entstehenden Flutwelle entführt wird. Daher wird die Operation in der Regel in Ufernähe durchgeführt, ohne unnötige Risiken einzugehen. Diese Lösung ist für die untere Oder unmöglich. Die Arbeiten sind langsam, was im Vergleich zu den riesigen Eismengen, die entfernt werden müssen, ein sehr langsamer Prozess ist. ist eine unrealistische Aufgabe. Darüber hinaus können Bagger nur in der Nähe des Flussufers eingesetzt werden, was bedeutet, dass die Beseitigung von Eisstauen in der gesamten Oderbreite (ca. 200 Meter über Widuchowa) nicht möglich ist. wird technisch möglich sein.

### 3.2.4 Eisbrecher

Die beliebteste und wirksamste technische Maßnahme zur Bekämpfung von Eisstaus ist der Einsatz von Eisbrechern. Eisbrecheranlagen für den Eisbrecherbetrieb werden aufgrund spezifischer Anforderungen in der Regel speziell für diesen Zweck ausgeführt. Sie müssen Schiffe mit einem relativ geringen Tiefgang, hoher Masse und einem leistungsstarken Motor sein. Der Eisbrecher zerkleinert das Eis mit seiner Masse (frontale Eisbrecher) oder erzeugt eine Welle auf einem eisfreien Teil des Flusses. Der vordere Eisbrecher, der sich stromaufwärts im Fluss bewegt,



T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie)  
2014

fließt auf eine feste Eisfläche, die unter ihrem Gewicht bricht. Die Eisscholle bewegt sich dann entlang der Flussströmung zur Mündung. Um den Abfluss von Eis den Fluss hinunter zu gewährleisten, ist es notwendig, dass Eisbrecher, die die Eisbrecher unterstützen, die eisfreie Rinne reinigen. Darüber hinaus verursachen die mit hoher Geschwindigkeit entlang der Rinne fließenden Eisbrecher Wellen, die die Eiskappe zum Brechen bringen und somit zur Verbreiterung des eisfreien Kanals führen.



Abbildung 3.5: Eisbrecher bei der Rodung der Weichselmündung im Januar 2003.

Grundvoraussetzung für den effektiven Betrieb von Eisbrechern zur Beseitigung von Eiskappen ist, dass der Eisfluss den Fluss hinunter erhalten bleibt. Daher muss der Eisbrechvorgang immer im Bereich des Auslasses oder des Wasserbehälters beginnen, in dem das zerkleinerte Eis aufgetragen wird. An der Weichsel beginnt die eisbrechende Wirkung vom Golf von Danzig aus und setzt sich je nach Bedarf und Möglichkeiten flussaufwärts fort. Normalerweise ist es nicht erforderlich, die Eisbrecheraktion über Tczew durchzuführen, aber in manchen Jahreszeiten erreichten die Eisbrecher weit über diesem Ort. Separate Aktion wird auf dem Stausee Włocławek durchgeführt, wo die eisschwimmende Eisscholle von Wasserständen getrieben wird.

Der Dąbie See ist ein Reservoir, das Eiskreise sammelt und speichert, die aus der unteren und mittleren Oder, der Warthe und anderen Nebenflüssen kommen. Natürlich ist es nicht möglich, das gesamte Eis der Oder in diesem See zu speichern, daher sollte der Eiskreis möglichst über Babina, Czapina, Iński Current, Westoder und Domiążę zur Stettiner Haff, und von dort zur Pommerschen Bucht[25] geführt werden. Aufgrund des spezifischen Hydrauliksystems des Systems, Dammscher See (Jezioro Dąbie) - Stettiner Haff, ist die Lage des Grundwasserspiegels in beiden Stauseen strikt abhängig von den Wasserständen im Meer und Wind. Das bedeutet, dass der Eisbruch in diesem Teil der Oder sehr kompliziert ist. Zur Vereinfachung der Situation kann gesagt werden, dass es von der Lufttemperatur sowie der Stärke und Richtung des Windes abhängt, ob der Dammscher See (Jezioro Dąbie) die eisbrechenden Maßnahmen im höheren Teil der Oder wirksam schützt. Die in[14] zitierte Eisbrechanweisung an der Unteren Oder informiert

## T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie) 2014

darüber, dass aufgrund der geringen Wassertiefe im Dammscher See (Jezioro Dąbie) bei Frost und ungünstiger Windrichtung Eisdeiche auf dem unten liegenden Speicher gebildet werden, die den Eisbrechervorgang blockieren. Der Wasserweg, der derzeit von Regalica nach Babina verläuft, ist ein natürlicher Korridor, auf dem die Eisscholle zur Mündung der Eisscholle treibt. Eine Änderung des Layouts des Fairways gemäß Option IIIB (Reagalica-Inska Current[27]) sollte den Eisfluss durch den Dammscher See (Jezioro Dąbie) nicht beeinträchtigen. Dies ist nur eine Spekulation, die durch numerische Simulationen unter verschiedenen hydraulischen (Durchfluss und Wasserzustand) und meteorologischen Bedingungen (Einfluss von Temperatur und Wind auf die Eisbewegung) überprüft werden sollte. Die Gewährleistung einer größeren Wassertiefe im Fahrwasser trägt zu mehr Sicherheit bei und erleichtert den Betrieb von Eisbrechern auf dem Wasser. Andererseits kann eine größere Wassertiefe die Wassergeschwindigkeit im See leicht verringern, was wiederum nachteilig ist, wenn Eisschwimmer schwimmen. Die obige Aussage ist ebenfalls eine reine Annahme, die nicht durch Berechnungen gestützt wird. Die Berechnungen können zu dem Schluss führen, dass die durch die Vertiefung des Fahrwassers reduzierte Strömungsgeschwindigkeit vernachlässigbar ist im Vergleich zu anderen Faktoren, die die Strömung im Dammscher See (Jezioro Dąbie) beeinflussen.

Die Eisbrecheranweisung sieht auch eine Sprungaktion (mit 1-2-tägigen Pausen) vor, bei der erwärmtes Wasser aus einem Wärmekraftwerk in Gryfino eingeleitet wird. Die Verwendung von erwärmtem Wasser ist eine Lösung, die Eis aus dem Fluss entfernt, aber aufgrund ihrer langen Lebensdauer ineffizient ist. In der Regel wird beim Eisbrechen ein kombiniertes Verfahren eingesetzt. Es besteht darin, mit dem Eisbrechen bei einer negativen Lufttemperatur zu beginnen, wenn es entscheidend ist, das Eis mit Wasser aus dem Kraftwerk Gryfino zu schmelzen. Wenn die Lufttemperatur über Null steigt, wird das Eis zum Dammscher See (Jezioro Dąbie) transportiert, wo die Eiskappe vorher zerkleinert wird. Es ist notwendig, das Problem zu erwähnen, das sich aus dem Vorhandensein von Netzstationen am Dammscher See (Jezioro Dąbie) ergibt. Die Netzgeräte werden von Berufsfischern ausgestellt, die in zahlreichen Genossenschaften organisiert sind. Angeln im See. Die Positionen der Netting-Sets können wie folgt eingestellt werden nur an Orten, die nur in mit der Wasserbehörde vereinbarten Gebieten liegen. Lageplan Netzwerkstationen sind in[32] dargestellt. Die Fischer sind verpflichtet, die Fanggeräte unverzüglich zu entfernen, wenn vorhergesagt wird, dass Eisphänomene auf dem See auftreten werden. Doch oft als Ergebnis einer gewalttätigen Auseinandersetzung mit dem Thema. Netzwerk-Wetteränderungen bleiben im Eis gefangen. Ein solches Hindernis ist sehr belastend für die Eisbrecher.

Die Wirkung des Eisbruchs an der unteren Oder wird durch die Sicherstellung ausreichender Tiefen und der Abwesenheit von Hindernissen in der Strömung bedingt. Der Rest bleibt in den Händen von Eisbrechern, die seit vielen Jahren zeigen, dass trotz aller Widrigkeiten fast unmögliches möglich ist. Dies zeigt sich daran, dass es an der Unter Oder trotz des jährlichen Eisbruchs und vieler Blockaden an verschiedenen Orten praktisch keine ernsthaften Auenlagen gibt. Die Untere Oder am Grenzabschnitt ist durch große Veränderungen in der Breite des Flussbettes (von 165 bis 275 m) gekennzeichnet. Die heterogene Breite des Flusses verändert die Konzentration des fließenden Eises und kann zu Eisstauen führen. Zudem sind die Tiefen an der Oder bei mittlerer Strömung derzeit sehr gering. Von der Mündung der Łużycka Nysa bis zur Mündung der Warthe wird die Tiefe von 0,95 m erfasst, bis nach Hohenstaaten im Bereich von 0,8 - 1,2 m und über Widuchowa nicht mehr als 1,8 m[8]. Vergleicht man dies mit dem Eintauchen von Eisbrechern, das bei den größten Frontaleinheiten 1,65 m erreicht, so ist die praktische

T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie)  
2014

Unmöglichkeit des Eisbrechens über km 670 leicht zu erkennen, dennoch erreichen die Besatzungen von Eisbrechern Gozdowice mehrmals (km 645) oder sogar über der Mündung der Warthe. Dies ist sowohl auf Fahrlässigkeit beim Baggern als auch auf den schlechten Zustand der Regulierungsstrukturen zurückzuführen. Der Zustand der meisten Buhnen, die in den 1920er Jahren hergestellt wurden, ist schlecht und erfordert sofortiges Eingreifen.

Eine weitere Voraussetzung für die effiziente Neutralisierung von Eisblockaden an der Oder ist die Beseitigung aller Hindernisse aus dem Flussstrom, die das Durchfahren von Schiffen verhindern. Das in den Quellen[26] und Fachzeitschriften[25],[32] mehrfach beschriebene Grundproblem ist ein Brückenobjekt. Ein großer Teil der Brücken über die Oderwasserstraße hat definitiv zu wenig vertikale und horizontale Bodenfreiheit. Niedrige Brücken stellen ein echtes Problem für die Bewegung von Schiffen bei hohen Wasserständen dar. Viele der Brückenobjekte haben eine so niedrige Unterkante der Spannweite, dass Eisbrecher nicht unter der Brücke hindurchkommen können. Beispiele sind die Eisenbahnbrücke über den Fluss Regalica bei km 733+700 oder die Brücke Długi bei km 35+950 der Westoder. Beide Objekte machten es immer wieder schwierig oder unmöglich, die Eisbrecheraktion durchzuführen.

#### **4 Bewertung der Rechtmäßigkeit des durchgeführten Projekts**

Es ist sehr schwierig, die Legitimität der Arbeiten, die voraussichtlich an der unteren Oder durchgeführt werden, ohne mathematische Berechnungen zu diskutieren. In meiner Arbeit beziehe ich mich auf das Konzept der Räumung des Fahrwassers am Dammscher See (Jezioro Dąbie) und auf die Modernisierungsarbeiten an der Odergrenze, um den Winter-Eisbruch zu gewährleisten. Zunächst muss ich darauf hinweisen, dass im Zusammenhang mit der Vertiefung des Fairways am Dammscher See (Jezioro Dąbie) keine Ich habe kein Material zu den Berechnungen für dieses Projekt gefunden. Das einzige Dokument ist die Machbarkeitsstudie[27], die von Hydroprojekt in Auftrag gegeben wurde. Trotz des großen Volumens der Studie und der damit verbundenen Vielen wichtigen Botschaften fehlen Informationen über die Verteilung der Wassergeschwindigkeit im Dammscher See (Jezioro Dąbie) vor und nach dem Erdbeben. nach der Durchführung der Investition bei unterschiedlichen Windverhältnissen, unterschiedlichen Seegangszuständen und verschiedenen die Durchflussmenge. Informationen über die Strömungsgeschwindigkeit sind notwendig, um die Gültigkeit von die getätigten Investitionen. Ohne diese Berechnung bleibt nur ein Verweis auf allgemein anerkannte Regeln und Beobachtungen aus den Vorjahren, wie ich es in den vorangegangenen Kapiteln getan habe.

In diesem Stadium der Arbeit kann ich die Frage nicht beantworten, ob die vorgeschlagene Investition unter dem Gesichtspunkt der Lagerung und der Eisdurchfahrt durch den Dammscher See (Jezioro Dąbie) angemessen ist. Es wird vorgeschlagen, ein zweidimensionales mathematisches Modell (vertikale Geschwindigkeitsmittelwertbildung) für das Gebiet von Regalica - Dammscher See (Jezioro Dąbie) - Inski Nurt zu implementieren. Aufgrund der Notwendigkeit, die Bedingungen für die Eisströmung im See zu bestimmen, scheint das DynaRICE[30]-Modell eine ideale Lösung zu sein, und dank der SPH-Methode ermöglicht das DynaRICE[30]-Modell numerische Simulationen des dynamischen Eistransports in Flüssen und Wasserspeichern. Die Informationen, die aus diesem Modell gewonnen werden können, sind sowohl die Verteilung von Geschwindigkeit und Wasserständen unter transienten Bedingungen als auch der dynamische

Transport von Eis. Aufgrund der Spezifität des angewandten Modells ist es möglich, Eisblockaden zu modellieren, aber die anfängliche Annahme über Ort und Zeitpunkt seiner Entstehung ist nicht erforderlich. Damit ist es möglich, den gesamten Dammscher See (Jezioro Dąbie) aus der Sicht potenzieller Brutplätze zu verfolgen und festzustellen, ob die geplante Umsetzung der Vertiefung des Fairways den erwarteten Effekt bringt. Darüber hinaus, durch die Möglichkeit, die Auswirkungen von des Windes zur Eisansammlung kann bestimmt werden, unter welchen Bedingungen die Eisbrechaktion durchgeführt wird.

die angetrieben werden können. Das zweite Element der geplanten Investition, nämlich die Rekonstruktion den Bühnen an der unteren Oder, erscheint aus der Sicht der Eisbrecherkampagne richtig. Aufgrund des Fehlens mathematischer Berechnungen kann ich aber auch nicht bestätigen oder leugnen, ob die geplante Investition den gewünschten Effekt bringt. Ich meine zunächst die Garantie, die Tiefe von 1,8 m mit einer Garantie von mindestens 85 % zu gewährleisten. Was die so genannte Grenz-Oder betrifft, so habe ich neben meiner Arbeit[8] keine Dokumente gefunden, die theoretische Annahmen und Berechnungen zu neuen Regulierungsbauten an der Unter-Oder enthalten. Die oben genannten Arbeiten behandeln die Auswirkungen der Umwandlung der Bühne an der unteren Oder auf die Bedingungen der Scheuerung und Ansammlung von Bodenmaterial. In diesem Beitrag wurde eine sehr vereinfachte Methode basierend auf der Manning-Gleichung verwendet. Auf dieser Grundlage wurden die Kontrollbreiten für die Oder von km 542+400 bis km 695+000 sowie die Neigung der Hänge der Steilhänge ermittelt. Das Papier verweist auf die granulometrische Zusammensetzung des Oderbodens mit Hilfe einer stark vereinfachten Formel für die so genannte Geschwindigkeit der Tenside. Leider wurden keine tangentialen Spannungen am Flussboden berechnet, die die Grundlage für die Schätzung der Stabilität des Flussbettes bilden (siehe Kapitel 5 in[9]). Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass die intensivsten Erosions- und Akkumulationsprozesse während des Durchzugs einer Hochwasserwelle, d.h. unter transienten Bedingungen, beobachtet werden. Die Manning-Gleichung liefert gute Ergebnisse unter stationären Bedingungen, während bei zeitvariablen Strömungen der Anwendungsbereich der Gleichung fraglich ist. Ein wichtiges Element bei der Konstruktion von hydrotechnischen Anlagen, die in direktem Kontakt mit fließendem Wasser stehen, ist die Überprüfung ihrer möglichen Schäden bei Kontakt mit fließenden Eisbergen. Dies ist besonders wichtig, wenn eine Eisstauung einsetzt, bei der sich die angesammelte Eisscholle mit hoher Geschwindigkeit zum Auslass bewegt. Es lohnt sich, einen Blick darauf zu werfen. am Beispiel einer idealisierten Situation, die für die gesamte untere Oder typisch ist, oder einer Situation, die für die gesamte untere Oder typisch ist, oder von den unter dem Gesichtspunkt des Eisdurchgangs ungünstigsten Abschnitt des regulierten Kanals.

## 5 Zusammenfassung

Da es keine mathematischen Berechnungen gibt, ist das Fachwissen allgemeiner Natur und führt nicht zu klaren Schlussfolgerungen über die vorgeschlagenen technischen Lösungen. Die folgenden Ausführungen können auf der Grundlage der verfügbaren Materialien und des allgemeinen Wissens über die Eisdynamik gemacht werden:

1. die Eiskappe an der Oder besteht aus aktuellem Eis. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Eiskappe. Dicke der Eiskappe, hohe Rauigkeit der Bodenoberfläche und hohe die Wahrscheinlichkeit von Eisblockaden über den Fluss.

T. Kolarski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie)  
2014

2. Die Ursachen für die Eisstauung an der Unteren Oder sind sowohl Naturphänomene, die wir nicht können (Hochsee und Wind), als auch Ursachen für Fahrlässigkeit bei der Flussregulierung (Untiefe, Verengung des Flussbettes, scharfe Kurven). Darüber hinaus sind die Auswirkungen von Hindernissen im Strom (Brückenpfeiler) und die Eisversorgung des Flusses aus den linken Nebenflüssen zu nennen. Es sollten alle Anstrengungen unternommen werden, um so viele Ursachen wie möglich für Eisstaus zu beseitigen. Auf diese Weise werden wir das bereits große Staupotenzial der Oder nicht zusätzlich erhöhen.
3. Unter den vorgestellten alternativen Methoden zur Bekämpfung von Eisstauungen ist die einzig richtige Lösung für die Untere Oder das Eisbrechen mit Hilfe von speziell angepassten Einheiten (Eisbrechern). Der Bau von Eisbarrieren kann als Hilfsmaßnahme betrachtet werden, ohne jedoch das Risiko von Stauüberflutungen auszuschließen.
4. Um einen wirksamen Eisbrecherbetrieb durchführen zu können, ist sicherzustellen, dass ausreichende Tiefen entlang der gesamten Oderstrecke (mindestens 1,8 m) und ausreichende vertikale (5,25 m) und horizontale Bodenfreiheit unter Brücken.
5. Um auf das Projekt zu verweisen, sollten numerische Berechnungen mit Hilfe mathematischer Modelle durchgeführt werden, die eine Antwort darauf geben, ob und inwieweit die vorgeschlagene Lösung das Problem der Eisstauung an der Unter Oder lösen wird. Es ist notwendig, ein zweidimensionales Modell auf den Dammscher See (Jezioro Dąbie) und ein eindimensionales Modell für die gesamte Untere Oder sowie ein zweidimensionales Modell auf die besonders homogenen Abschnitte der Unteren Oder anzuwenden (10 in[14] genannte Standorte).

An dieser Stelle möchte ich noch einmal meine Bewunderung für die Eisbrechaktion an der Unteren Oder zum Ausdruck bringen, die jedes Jahr unter extrem schwierigen Bedingungen stattfindet. Ich bin sicher, dass ohne die tägliche harte Arbeit der Eisbrecher und der hochqualifizierten Spezialisten, die den gesamten Betrieb leiten, die Tragödien entlang der Unteren Oder schwer einzuschätzen wären.

## 6 Literaturverzeichnis

- [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] Biuro Koordynacji Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry, Dokument koncepcyjny nowego projektu ochrony przeciwpowodziowej, Ochrona przed powodzią zimowymi (Odra Środkowa i Dolna), Warszawa 2013
- [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] Bień R., 2014. Koncepcja przegrody kierującej lód przed projektowanym stopniem wodnym w Nieszawie, praca magisterska, Politechnika Gdańska
- [7] Bigg, P.H., *Brit. J. Appl. Phys.* 18, 521 (1967).
- [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 powódzie 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 powodzią 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., 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
- [21] Kolerski T., 2011. Numerical Modeling of Ice Jam Formation in The Włocławek Reservoir, *Task Quarterly*, Vol. 15 No 3–4, 283–295.
- [22] 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,
- [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] Kreft, A. 2011. Przebieg akcji lodolamania na dolnym i granicznym odcinku rzeki Odry w

T. Kolerski, Hochwasserschutz an der Unteroder und am Dammscher See (Jezioro Dąbie)  
2014

sezonie zimowym 2010/2011, Logistyka 6/2011, 4837-4850

[26] Kreft, A. 2013, Korespondencja z Biurem Koordynacji Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry, Szczecin, 11.10.2013 r.

[27] PROEKO, 2003. Udrożnienie toru wodnego na Jeziorze Dąbie, Studium wykonalności inwestycji,

[28] 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.

[29] Shen, H.T., 1996. River Ice processes – State of Research, Invited Lecture, 13<sup>th</sup> IAHR International Ice Symposium, Beijing, China, 825-833

[30] Shen H.T. 2010, Mathematical modeling of river ice processes, Cold Regions Science and Technology 62, 3–13

[31] 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.

[32] Woś, K. 2013, Analiza nawigacyjna dolnego odcinka Odry objętego obowiązkiem wdrożenia systemu RIS, Logistyka 6/2011, 5101-5116