



PROP-KOE/2025-02

12 lutego 2025 r.

Opinia

w sprawie wpływu gospodarki leśnej w ekosystemach lasów górkich i podgórkich na zagrożenie powodziowe

Niniejsza opinia została opracowana na prośbę Głównego Konserwatora Przyrody p. Mikołaja Dorożały wyrażoną w piśmie DLL-WNO.050.191.2024.BW z dnia 9.01.2025. W piśmie tym Główny Konserwator przyrody prosi o odniesienie się do zapytania nr 2065 z dnia 18.12.2024 Posła na Sejm RP Macieja Koniecznego w sprawie analizy możliwego wpływu wycinek prowadzonych w lasach górskich na pogorszenie warunków hydrologicznych w zlewniach górskich, ze szczególnym uwzględnieniem rejonu Bielska Białej.

Uwarunkowania wynikające ze zmiany klimatu

Dane klimatyczne z terenu Europy nie pozostawiają złudzeń co do pogłębiającego się ocieplenia klimatu oraz związanych z nim ekstremalnych zjawisk pogodowych, wywołujących powodzie, w tym gwałtowne, wywołane opadami nawałnymi (Copernicus... 2022). W raporcie *World Weather Attribution*, który ukazał się 24 sierpnia 2024 (Kimutai i in. 2024), autorzy szczegółowo analizowali intensywność opadów deszczu w Europie Środkowej. Wszystkie modele wykazały wzrost intensywności o 7% i prawdopodobieństwa pojawienia się opadów nawałnych o 50%, jako skutek zmiany klimatu związanej z działalnością człowieka. W scenariuszu przyszłego ocieplenia, w którym globalna temperatura jest o 2°C wyższa niż poziom sprzed epoki przemysłowej, modele klimatyczne przewidują jeszcze gwałtowniejsze, 4-dniowe opady deszczu, z dalszym spodziewanym wzrostem intensywności opadów o około 5% i dalszym 50% wzrostem prawdopodobieństwa w porównaniu z dniem dzisiejszym. Liczby te mogą być zaniżone, z powodu niedoszacowania możliwej intensywności opadów związanych ze zjawiskami konwekcyjnymi w dostępnych modelach klimatycznych (Kimutai i in. 2024).

Należy więc z wysokim prawdopodobieństwem założyć, że nagłe opady nawałne w najbliższej przyszłości będą bardziej intensywne i częstsze niż dotychczas. Przekłada się to na stale rosnące ryzyko występowania powodzi błyskawicznych, którymi szczególnie dotknięte będą tereny górskie i podgórskie. Duża część tych obszarów porośnięta jest lasami, stąd naturalne jest zainteresowanie ich funkcją retencyjną, która pozwala zarówno na gromadzenie wód opadowych, jak i spowalnianie odpływu z terenów leśnych, co może zmniejszyć zagrożenie powodziowe dla miejscowości leżących poniżej tych terenów. Intensywna dyskusja na temat tego problemu przetoczyła się w polskich mediach po powodzi błyskawicznej z dni 12-15 września 2024 r., która dotknęła szczególnie miasta i wsie leżące w paśmie Sudetów, wiele z nich częściowo niszcząc. Dyskusja ta jednak wygasła, nie prowadząc jak dotąd do żadnych

konkluzji, które przełożyłyby się na wypracowanie i zatwierdzenie nowych, skodyfikowanych i zaakceptowanych przez podmioty odpowiedzialne za gospodarkę leśną, wytycznych do zagospodarowania lasów górskich.

Zagospodarowanie i znaczenie lasów górskich dla obniżenia ryzyka powodzi

Lasy, tak w górach jak i na nizinach, wywierają znaczący wpływ na hydrologię zlewni. Mają duży potencjał retencji wody, a w konsekwencji znacząco wpływają na odpływ wody ze zlewni, jednak ich znaczenie jest ograniczone w przypadku odpływów ekstremalnych, zwłaszcza pojawiających się po długich okresach suszy. Wpływ ten zależy od warunków lokalnych i struktury lasów (EEA 2015). W górach retencyjna rola lasów ma szczególne znaczenie, ze względu na większe opady, większe prawdopodobieństwo wystąpienia opadów ekstremalnych oraz ukształtowanie terenu sprzyjające kumulacji wód opadowych w niżej położonych odcinkach dolin.

Lasom o szczególnym znaczeniu dla ochrony zasobów wodnych nadaje się status lasów ochronnych. Zgodnie z Ustawą o lasach z dnia 28 września 1991 r. oraz Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 25 sierpnia 1992 r. w sprawie szczegółowych zasad i trybu uznawania lasów za ochronne oraz szczegółowych zasad prowadzenia w nich gospodarki leśnej, las wodochronny *„chroni zasoby wód powierzchniowych i podziemnych, reguluje stosunki hydrologiczne w zlewni oraz na obszarach wododziałów”*. Lasy wodochronne, w skali krajowej, mają największy udział wśród ustanowionych lasów ochronnych (Nowakowska, Orzechowski 2018). Funkcję wodochronną i retencyjną spełniają także lasy na stokach, uznawane za glebochronne. Większość lasów górskich i podgórskich (w niektórych regionalnych dyrekcjach lasów państwowych, jak Kraków czy Krosno, stanowią powyżej 80%) to lasy uznane za wodo- i glebochronne.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 sierpnia 1992 r., wymienia tylko ogólne zasady, nie formułując jednak szczegółowych wytycznych co do właściwego sposobu gospodarowania w lasach chroniących zasoby wodne. Zasady Hodowli Lasu (załącznik do Zarządzenia DGLP nr 108 z dnia 05 grudnia 2023 r.) odnoszą się do funkcji wodochronnej wskazując ogólnie, że *„Podstawowe działania hodowli lasu powinny być ukierunkowane na wzmacnianie funkcji wodochronnych lasu (...) z uwzględnieniem potrzeby spowalniania spływu wód opadowych”* i wskazują rębnię stopniową gniazdową udoskonaloną IVd jako tę, którą *„zaleca się stosować w drzewostanach pełniących zarówno funkcje produkcyjne, jak i pozaprodukcyjne, którymi w warunkach górskich i wyżynnych są przeważnie funkcje glebo- i wodochronne”*.

Rębnia stopniowa gniazdowa udoskonalona jest bardzo często wpisana do planów urządzenia lasu, ponieważ w założeniu *„Podstawową cechą rębni IVd jest dążenie do zachowania ładu przestrzennego. Polega on na ograniczeniu czynności odnowieniowych do pewnych stref w drzewostanie, wyznaczeniu granic transportu i rozpoczynaniu od nich prac odnowieniowych, a także prowadzeniu wszystkich cięć oraz zrywki w sposób zapewniający maksymalną ochronę istniejących odnowień i drzew stojących. W celu uzyskania założonego, zgodnego z siedliskiem składu gatunkowego przyszłego drzewostanu, w rębni tej dopuszcza się elastyczne stosowanie różnych sposobów odnowienia – zarówno naturalnego, jak i sztucznego, a także zmienną wielkość gniazd i różne rodzaje cięć – dostosowane do potrzeb odnawianych gatunków i stanu gleby. Możliwe jest stosowanie cięć brzegowych na gniazdach i smugach, częściowych i przerębowych, a nawet zupełnych (na małych powierzchniach). Wielkość gniazd powinna być zróżnicowana, zależnie od właściwości odnawianego na danym gnieździe gatunku”* (Brzeziecki i in. npbl). Efekty stosowania rębni IVd są silnie zróżnicowane nawet w obrębie

poszczególnych nadleśnictw, więc znamy przykłady jej stosowania zgodne z powyższą definicją, ale i takie w których ten złożony proces został ograniczony do cięć zupełnych (w *Zasadach Hodowli Lasu* z roku 2003 opisywanych wprost jako zręby zupełne) i sztucznego nasadzenia. Samo zapisanie więc powyższej rębni w planie urządzenia lasu nie jest rozwiązaniem gwarantującym zachowanie stanu siedlisk leśnych w sposób zapewniający właściwe pełnienie przez nie funkcji wodochronnych.

Natomiast Instrukcja Urządzania Lasu, wprowadzona zarządzeniem 116/2023 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych zawiera w II części fragment (paragrafy od 13 do 33; „Instrukcja sporządzania planu gospodarowania zasobami wodnymi w lasach”) dotyczący zarządzania zasobami wodnymi w lesie. Zaleca ona opracowanie planu gospodarowania zasobami wodnymi w nadleśnictwie w podziale na zlewnie. Instrukcja zwraca uwagę na konieczność pilnego opracowania takich planów w jednostkach, w których warunki wodne w siedliskach leśnych są szczególnie istotne dla zachowania ich w stanie zbliżonym do naturalnego lub gdy istnieją zagrożenia dla utrzymania trwałości lasu związane z deficytem wody. Plan gospodarowania zasobami wodnymi powinien być interdyscyplinarny, zindywidualizowany i uwzględniać różne scenariusze klimatyczne, gospodarcze i ochronne. Powinien także koordynować działania gospodarki wodnej i gospodarki leśnej przy zachowaniu zasady zrównoważonego rozwoju ekosystemu leśnego.

Reasumując: wodochronna funkcja lasów jest odnotowana i zauważona zarówno w literaturze leśnej (np. Twaróg 1984; Marszałek 1933; Nowakowska, Orzechowski 2018), jak i w wytycznych branżowych regulujących gospodarkę leśną. W praktyce leśnej jednak lasy wodochronne były traktowane dotychczas w sposób niewiele odbiegający od lasów, w których funkcja ta nie jest wiodąca. Znowelizowana Instrukcja Urządzania Lasu weszła w życie dopiero w 2024 roku, więc pierwsze plany gospodarowania zasobami wodnymi zostaną wprowadzone w obowiązujących planach urządzenia lasu dopiero w 2026 roku. Teoretycznie jest to odpowiedź na potrzebę zwiększenia wodochronnych właściwości ekosystemów leśnych, jednak trudno ocenić jak zapisy Instrukcji przełożą się na praktykę leśną.

Możliwości retencji wody w górskich ekosystemach leśnych

Zatrzymywanie wody w koronach drzew (intercepcja), runie leśnym i glebie odgrywa ważną rolę w retencji wody opadowej. Korony drzew mogą zatrzymać od 2 do 4 litrów wody na m² listowia (w zależności od gatunku, pory roku i stanu zdrowotnego drzewa). Ponieważ liście w koronie umieszczone są na wielu poziomach to nad 1 m² gruntu może znajdować się od 3 do 9 m² listowia (lub igliwia). Wartości te podsumowali Socha i in. (2024), szacując, że las może maksymalnie przechwycić do 30 l opadu na 1 m², przy czym wartość ta jest w praktyce niższa – z uwagi na oddziaływanie wiatru czy luki w drzewostanie, a także efekt wysycenia pojemności wodnej w czasie opadu (Klamerus-Iwan, Szymański 2017). Analiza ta nie uwzględniła jednak innych elementów środowiska leśnego, które same co prawda mają niewielkie możliwości retencji, jednak występują powszechnie. Właściwości retencji posiada kora drzew (Van Stan i in. 2021), szczególnie iglastych (Ilek, Kucza 2014; Ilek i in. 2017) – zaś na pniach występują mszaki i porosty, również magazynujące pewne ilości wody (Klamerus-Iwan i in. 2020). Kolejną część opadu zatrzymuje runo leśne. Badania nad intercepcją deszczu przez runo w różnych typach zbiorowisk leśnych na świecie, podsumowane przez Gerritsa i Savenije (2011) również wskazują na wartości między 0,6 do 3 l/m². Zależności między intercepcją w koronach drzew i w roślinności runa nadal jednak wymagają badań. Część

wód opadowych wsiąka w glebę – znacznie szybciej w starodrzewach o charakterze naturalnym niż w uprawach (Twaróg 1984) – jednak i tu pojemność wodna gleby jest zależna od jej struktury, zawartości materii organicznej oraz stopnia przesuszenia. Dodatkowym elementem przechwytyjącym wody opadowe w lesie jest martwe drewno leżące, głównie butwiejące pnie o dużych gabarytach. Bezpośrednia „pojemność retencyjna” butwiejącego drewna, czyli możliwość nasycenia go wodą, wynosi 100-850 litrów wody/m³ martwego drewna. Wartości te zależą od stopnia rozkładu drewna i od gatunku. Najwyższą zdolnością magazynowania wody i nasiąkliwością wśród polskich gatunków lasotwórczych cechuje się drewno jodłowe. Pojedyncza kłoda, szczególnie silnie rozłożona, może zachować nawet kilkaset litrów wody (Gutowski i in. 2022), zaś w modelach Przybylskiego i in. (2019) oszacowano, że samo tylko zwiększenie zasobów martwego drewna leżącego może zapewnić w badanych w zlewniach 9,3% retencji całkowitej.

Reasumując: Teoretycznie las o charakterze gospodarczym może zatrzymać do 36 l wody na m², jednak w praktyce wartość ta jest znacznie niższa. Szczególnym przypadkiem są powszechne w górach lite drzewostany świerkowe, powstałe z nasadzeń – w wielu nadleśnictwach górskich, zgodnie z oficjalnie udostępnionymi przez nie danymi, udział sztucznych drzewostanów świerkowych nadal przekracza 75%. Kwaśna gleba z próchnicą typu moor, typowa dla takich drzewostanów, jest spoista i mało przepuszczalna, stąd stosunek spływu powierzchniowego do śródpokrywowego kształtuje się w nich niekorzystnie. Powoduje to, że obszary o dużym pokryciu antropogenicznymi monokulturami świerkowymi są bardziej narażone na gwałtowne zjawiska powodziowe. Hodowlę tych drzewostanów już w XX wieku oceniano jako błędną z punktu widzenia gospodarki wodnej (Twaróg 1984). Po wysyceniu wodami opadowymi las przestaje pełnić rolę naturalnego zbiornika i wody zaczynają swobodnie spływać w dół stoków po powierzchni gleby, a procent zatrzymywanej przez las wody opadowej zmniejsza się wraz z intensywnością opadu.

Spowolnienie odpływu i retencja powierzchniowa

Lasy posiadają znaczne możliwości w zakresie spowolnienia odpływu wód opadowych z uwagi na wysoką szorstkość podłoża – czyli obecność elementów zatrzymujących chwilowo wodę spływającą w dół stoków. Wskazują na to nawet wielkoskalowe analizy hydrologiczne, w których posłużono się uproszczonym podziałem na zlewnie zalesione i niezalesione (Salazar i in. 2012; Blöschl 2022; Xiao i in. 2022), choć wypływające z nich wnioski dotyczą skuteczności zalesień głównie dla spowolnienia odpływu opadów o niskiej intensywności i małych wezbrań, przy niskiej skuteczności w przypadku opadów nawalnych. Robinson i in. (2003) po szczegółowej analizie 28 opracowań pochodzących z różnych części Europy wykazali, że oddziaływania gospodarki leśnej na zmiany przepływów szczytowych są znaczące tylko dla części badanych zlewni.

Szorstkość terenów górskich jest zwiększana przez poziome przeszkody i obniżenia na stokach, które hamują szybkość spływu wód. Szczególnie istotne są zalegające na dnie lasu kłody – o ile zalegają w poprzek stoku lub w dolinie cieku (Przybylski in. 2019). Powalone, duże drzewa blokują najkrótszą drogę spływu wody, która tworzy zastoiska, piętrzy się, a następnie opływa kłodę. Dodatkowo wsiąka ona w grube warstwy ścióły zbierające się od górnej strony stoku. Częste zmiany linii spływu, powodowane wywracaniem się kolejnych drzew, zapobiegają wykształcaniu się stałych rozcięć erozyjnych, którymi woda spływałaby szybciej (Gutowski i in. 2022) oraz sprzyja powstawaniu niewielkich rozlewisk. Retencja takich form terenu jest niewielka (choć wzrasta w miarę zwiększania się liczby przeszkód) jednak powoduje wyraźne

spowolnienie spływu powierzchniowego. Zjawiska takie udokumentowane są np. w Alpach, gdzie stwierdzono wyraźne zmniejszenie odpływu w obecności martwego drewna zarówno w zlewniach o małej i średniej powierzchni (<100 km²) jak i w zlewniach o powierzchniach powyżej 100 km² (Markart i in. 2022). Ważnym czynnikiem jest obecność wykrotów, które tworzą na stokach naturalne mikroziorniki wodne (w dołach powykrotowych), istotne zarówno dla zatrzymywania wód jak i kluczowe dla różnorodności biologicznej w zbiorowiskach leśnych. Niewiele wiadomo jednak o retencyjnej roli i wpływie na szorstkość podłoża mikroreliefu stoków. Należy także zauważyć, że najwyższą szorstkością charakteryzują się lasy o gęstym podszyciu, z rozwiniętą warstwą krzewów i podrostu. Szorstkość ich podłoża jest dwukrotnie wyższa niż lasu bez podszytu i od 2 do 4 razy wyższa niż szorstkość terenów pokrytych przez trawy – na przykład otwarte zręby lub gniazda porośnięte trzcinnikiem (Manning's N for Overland Flow 2021).

Robocze analizy, oparte na modelowaniu hydrologicznym, a wykonane w zlewni Bobru (R. Warmuz, P. Pawlaczyk inf. npbl) wykazały, że modyfikacje sposobów prowadzenia gospodarki leśnej (unaturalnienie drzewostanów, przejście na *leśnictwo zapewniające ciągłość pokrywy leśnej* lub zaprzestanie użytkowania, zwiększenie zasobów martwego drewna), mogłyby, w przypadku opadu stuletniego, zmniejszyć odpływ szczytowy z poszczególnych zlewni cząstkowych o 1-18% (zależnie od udziału lasów w zlewni cząstkowej, cech lasu oraz aktualnej gospodarki leśnej), a w przypadku opadu dziesięcioletniego – o 1-28%.

Szorstkość podłoża w ekosystemie leśnym jest zmniejszana przez występowanie elementów liniowych prowadzących w dół stoków, którymi woda podczas opadów spływa w sposób swobodny. Należą do nich zarówno elementy naturalnego pochodzenia – doliny cieków czy naturalne rynny erozyjne – jak i antropogeniczne, czyli drogi, szlaki zrywkowe, szlaki piesze.

W przypadku cieków podkreślić należy, że Lasy Państwowe już od lat 90-tych XX wieku prowadzą działania małej retencji (Nowakowska, Orzechowski 2018). Nie wszystkie działania podejmowane w ramach tego przedsięwzięcia były trafne, ale niektóre z nich są cenne dla retencyjnej roli krajobrazu leśnego. Spływy na ciekach w lasach górskich są w wielu nadleśnictwach ograniczane albo przez intencjonalne pozostawianie martwych pni w ich korycie, albo też poprzez budowę niewielkich piętrzeń, często z wykorzystaniem lokalnie pozyskanego drewna lub kamieni. Trzeba zwrócić jednak uwagę, że duża część zrealizowanych zadań ma na celu gromadzenie wody. Dodatkowo prace te wykonywane są lokalnie, dotyczą zwykle cieków lub innych liniowych spływów wody (np. rynny erozyjne) i nie wykorzystują pełnej gamy rozwiązań, w tym możliwych zmian w prowadzeniu gospodarki leśnej w lasach wodochronnych.

Literatura przedmiotu regularnie podkreśla, że zasadnicze ograniczenia wodochronnych funkcji lasów zachodzą wskutek działalności człowieka, a w szczególności wysokiego zagęszczenia sieci dróg, błędnego projektowania szlaków zrywkowych, nadmiernego wykorzystania ciężkiego sprzętu czy prac leśnych prowadzonych przy niesprzyjającej pogodzie na podatnych na rozjeżdżanie typach gleb lub podłożach skalnych łatwo ulegających erozji (Twaróg 1984; Eisenbies i in. 2007; Affek i in. 2017; 2019; Affek 2019; Cambi i in. 2015; Markart i in. 2022). Symulacje numeryczne w warunkach lasów alpejskich wykazały, że budowa dróg leśnych może spowodować wzrost szczytów powodziowych w małych zlewniach nawet o 75% (Stecher 2023). Prowadzi to do wniosku, że najważniejszym działaniem, które można podjąć w celu ograniczenia spływu wód opadowych w górach, jest zmniejszenie zagęszczenia elementów o charakterze liniowym.

W przypadku szlaków zrywkowych istnieje cały szereg zasad ich projektowania i tworzenia, które uwzględniają także elementy związane z ograniczaniem ich negatywnego wpływu na stosunki wodne i erozję gleb (Sosnowski 2002a, 2002b), jednak ich stosowanie nie zawsze jest możliwe z uwagi na zróżnicowaną w górach rzeźbę terenu lub też wytyczne te nie są przestrzegane. Już 40 lat temu proponowano stosowanie w lasach wodochronnych zrywki w zawieszeniu, przy zastosowaniu wyciągów linowych (Twaróg 1984).

Szczegółowe badania prowadzone na terenie wschodniej części Karpat w Polsce wykazały, że średnie zagęszczenie dróg leśnych (z uwzględnieniem szlaków zrywkowych) wynosi tu ponad 12 km na 1 km² powierzchni, średnie nachylenie drogi w oddziale leśnym waha się od 2,5° do 15°, zaś maksymalne nachylenie odcinków dróg wynosi od 9° do 38°. Analiza wykazała także, że około 8% dróg leśnych we wschodniej części polskich Karpat przebiega po stokach o nachyleniu powyżej 20° (Affek 2019). Są to parametry znacząco wpływające na przyspieszenie spływu wód opadowych, szczególnie w przypadku opadów nawalnych (Soja 2002). Zagęszczenie dróg leśnych w nadleśnictwach beskidzkich, w okolicach Bielska-Białej, Skoczowa i Cieszyna, gdzie wystąpiła powódź we wrześniu 2024 r. wynosi od 7,3 do 9 km/km², a plany urządzania lasu dla tych nadleśnictw zakładają ich dalszy rozwój i modernizację. Tymczasem zgodnie z opracowaniem Antończyka i Dzikowskiego (1984) optymalna gęstość sieci drogowej (bez szlaków zrywkowych) przeznaczonej do pozyskania drewna w Karpatach powinna wynosić od 1,84 do 2,78 km/km².

Istotnym problemem jest także sposób wykorzystania dróg leśnych. Powszechną praktyką jest stosowanie deflektorów – najczęściej drewnianych, niskich przegród wmontowanych w drogę skośnie, tak by woda spływała do lasu tworząc w nim rozlewiska. Jednak to rozwiązanie jest skuteczne tylko w przypadku opadów o niskiej intensywności – opady nawalne przelewają się nad tymi zabezpieczeniami. Na wielu drogach śródleśnych, w miejscach gdzie wprowadzany jest sprzęt mechaniczny, widoczne są zniszczenia i ryny erozyjne, które są uaktywniane nawet w przypadku opadów o niskiej intensywności (Soja 2002); to samo dotyczy szlaków zrywkowych i miejsc, gdzie ciężki sprzęt wjeżdża po stokach. Intensywność wykorzystywania tych dróg jest nierozzerwalnie związana z intensywnością prowadzonej gospodarki leśnej (Gullison, Hardner 1993; Wendland i in. 2011; Kolkos i in. 2023).

Reasumując: lasy, szczególnie lasy o charakterze naturalnym, gęstym poszyciu i z leżącymi kłodami drzew wielkogabarytowych dysponują wysokim potencjałem spowalniania szybkości powierzchniowego spływu wód opadowych. Elementami przyspieszającymi spływ są natomiast elementy liniowe o charakterze naturalnym (jak doliny cieków) oraz antropogenicznym (drogi, szlaki piesze i szlaki zrywkowe). Możliwe jest stopniowe zwiększanie szorstkości dna lasu poprzez wyłączenie z użytkowania lub prowadzenie zmodyfikowanej gospodarki leśnej w celu zmniejszenia zagrożeń związanych ze spływami liniowymi. Obie grupy rozwiązań są jednak ściśle uzależnione od jasnego określenia priorytetu wodochronnej funkcji lasów nad innymi, w tym nad funkcją produkcyjną, co przełoży się na intensywność gospodarki.

Proponowane rozwiązania

Zarządzanie ryzykiem powodzi w regionach górskich powinno obejmować środki ograniczania ryzyka klęsk żywiołowych oparte na rozwiązaniach ekosystemowych (tzw. *Nature-based-solution*). Środki ograniczenia ryzyka powinny objąć przede wszystkim zrównoważone i dostosowane do zmiany klimatu zarządzanie lasami w zlewniach górskich. Będzie to wymagało podejść zintegrowanych i opartych na zarządzaniu zlewniowym, przy ścisłej

koordynacji planów urządzenia lasu, zarządzania wodami oraz planowania przestrzennego w dolnych częściach zlewni (Markart i in. 2022). Wodochronna funkcja lasów górskich powinna otrzymać wyraźny priorytet nad funkcją produkcji drewna, aż po całkowite wyłączenie lasów górskich z funkcji produkcyjnej, o ile jest to konieczne dla maksymalizacji ich funkcji wodochronnej¹. Każde górskie i wyżynne nadleśnictwo, a także niektóre nadleśnictwa na niżu, powinny posiadać plan zarządzania wodami powierzchniowymi i ryzykiem powodziowym, z dostosowaną do jego specyfiki i zróżnicowania szczegółową mapą rozwiązań oraz ograniczeń w gospodarowaniu w poszczególnych wydzieleniach. Plan taki potencjalnie może być częścią „*Planu gospodarowania wodami w nadleśnictwie*”, którego sporządzanie (fakultatywne) przewiduje aktualna Instrukcja Urządzania Lasu (Załącznik do Zarządzenia nr 116 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 14 grudnia 2023 r.). Konieczne jest jednak, by zidentyfikowane w tym planie potrzeby zostały przełożone na konkretne wskazówki gospodarcze dla poszczególnych wydziałów leśnych, w tym na decyzje o zaniechaniu użytkowania niektórych drzewostanów, a określone sposoby gospodarowania w innych.

W niektórych sytuacjach rozwiązaniem korzystnym z punktu widzenia wzmocnienia retencyjnej roli lasu może być brak ingerencji. Wiele lasów pozostawionych naturalnym procesom rozwija złożoną strukturę i wysokie zasoby martwego drewna, sprzyjające pełnieniu retencyjnej funkcji. Przy braku użytkowania nie dochodzi do kompaktacji gleby i nie są generowane antropogeniczne linie spływu powierzchniowego na szlakach zrywkowych i drogach leśnych. Z tego powodu, niekiedy strategia nieingerencji może być korzystniejsza nawet w przypadku zamierania lub zniszczenia drzewostanu przez czynniki naturalne, jak np. gradacje owadów, wiatrołomy lub pożar – tj. pozostawienie lasu do naturalnej regeneracji może w mniejszym stopniu i na krócej upośledzać jego funkcję retencyjną, niż uprzątnięcie resztek drzewostanu i sztuczne odnowienie (Lindenmeyer i in. 2012, Leverkus i in. 2018). Należy uwzględnić, że art. 9 ust. 1 Ustawy o lasach nakłada na zarządców lasów obowiązek zapobiegania powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożarów oraz zapobiegania, wykrywania i zwalczania nadmiernie pojawiających się organizmów szkodliwych. Przepis ten interpretowany jest przez Lasy Państwowe tak, że nakłada on na nadleśniczych obowiązek ingerowania w przebieg tak skrajnych procesów w lasach. Zmiana tego podejścia wymaga wypracowania dobrych praktyk odnośnie tego, kiedy organizm szkodliwy pojawia się „nadmiernie” (z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań i dbałością o to, aby skutki działań zapobiegawczych i zwalczających nie były bardziej negatywne dla funkcji lasu niż oddziaływanie samego "organizmu szkodliwego") lub zmiany ww. przepisu.

W innych sytuacjach las o wysokiej zdolności retencyjnej może być intencjonalnie kształtowany metodami gospodarki leśnej. Szczególnie przydatny jest do tego schemat gospodarowania określany na świecie jako *leśnictwo zapewniające ciągłość pokrywy leśnej* albo *leśnictwo ciągle* (*continuous cover forestry* – por. Gadów i in. 2002), polegający na trwałym utrzymywaniu złożonego strukturalnie lasu przez cięcia punktowe pojedynczych drzew, odpowiadający w polskiej terminologii rębni przerębowej. Badania w lasach alpejskich (Markart i in. 2022) sugerują, że przybliżonym wskaźnikiem zdolności retencyjnej górskich borów świerkowych może być wysoka (>250 m³/ha) zasobność drzewostanu; co sugerowałoby,

¹ Wyłączenie funkcji produkcyjnej będzie z czasem prowadziło do pojawienia się w lesie martwych drzew stojących, zwiększających ryzyko wypadków powodujących szkody na mieniu i zdrowiu osób odwiedzających las, a powodowanych przez upadek drzew. W związku z tym należy jak najszybciej podjąć prace nad zmianą uregulowań prawnych określających odpowiedzialność karną i cywilną zarządców lasów za wypadki losowe osób korzystających z terenów leśnych (opinia PROP-KPOP 2024-06).

że stałe utrzymywanie lasu przerębowego o wysokiej zasobności może maksymalizować retencję. Możliwość wprowadzenia rębni przerębowej jest jednak uwarunkowana składem gatunkowym drzewostanu. Dotychczas była ona stosowana prawie wyłącznie w drzewostanach złożonych z gatunków cienioznośnych, które mogą odnawiać się pod okapem drzew.

We wszystkich systemach zakładających użytkowanie lasu pełniącego funkcję wodochronną, problemem są uszkodzenia gleby i jej okrywy roślinnej powstające przy ścinie i zrywce drzew, a w szczególności liniowe naruszenia gleby na stokach, przyspieszające spływ wody.

Możliwe jest stosowanie w lesie środków mikroretencji, bądź o charakterze technicznym (takich jak przetamowania, deflektory na drogach leśnych, murki, zagłębienia sztuczne – wykonywane z użyciem materiałów lokalnych, jak drewno i kamień), bądź biologicznym (odpowiednio rozłożone martwe kłody, zagłębienia naturalne, wykroty po wywróconych drzewach).

Koncepcja zwiększenia retencji leśnej w celu powstrzymania odpływu wód opadowych, choć na znacznie mniejszą skalę, została opracowana dla fragmentów nadleśnictwa Gdańsk (Przybylski i in. 2019), położonego wprawdzie na niżu Polski, ale obejmującego strome zbocza wysoczyzny morenowej. Bazowała ona właśnie na biologicznych i technicznych elementach mikroretencji. Modelowana wielkość retencji wzrosła dla dwóch analizowanych zlewni z 23 do 48% opadów oraz z 26 do 52% (Przybylski i in. 2019). Modele nie uwzględniały jednak efektów wywołanych opadami nawalnymi.

W przypadku pozostawiania większej liczby martwych pni wielkogabarytowych należy uwzględnić możliwość ich wynoszenia przez wody z opadów nawalnych poza obszar lasu i tworzenie przetamowań w obiektach hydrotechnicznych na rzekach, zwiększające zagrożenie powodziowe w dole cieku (Markart i in. 2022; Rackelmann i in. 2023). W przypadku, gdy ryzyko tamowania infrastruktury jest oceniane jako zbyt wysokie, można mu zapobiegać za pomocą prostych urządzeń na ciekach (“łapacze rumoszu”, por. Pawlaczyk i in. 2020) lub rozważyć selektywne usuwanie lub skracanie pni wielkogabarytowych w korycie lub odpowiednie zagospodarowanie stoków leżących bezpośrednio nad ciekami, jednak na podstawie przeglądu literatury ryzyko to zostało ocenione jako stosunkowo niskie (Rackelmann i in. 2023).

Problemem jest wspomniany już powyżej fakt wysokiego udziału w polskich górach sztucznych monokultur świerkowych, które z uwagi na zmiany klimatu i postępujące wraz z nim inwazje patogenów znajdują się w złym stanie zdrowotnym, a ich funkcje wodochronne są zaburzone. Część z tych drzewostanów wymaga stopniowej przebudowy na liściaste, co rodzi szereg pytań o sposób i intensywność tej przebudowy oraz warunki, na jakich powinna się odbywać. Zdecydowanie wskazane jest jej kontynuowanie, jednak rozważyć należy przede wszystkim, czy naruszenia gleby oraz prace zrywkowe prowadzone na stokach powyżej 20° nachylenia nie spowodują pogorszenia właściwości retencji i szorstkości pokrywy glebowej – czyli obrazowo mówiąc, czy straty w tym zakresie nie przewyższą zysku. Pozostawienie przynajmniej części zamierających świerków oraz ścinanie pojedynczych martwych drzew po to, by je położyć w poprzek stoku opierając o inne pnie, przyczyni się do poprawy stosunków wodnych i przyspieszy spontaniczną regenerację drzewostanu. Prace te należy prowadzić dopiero w momencie pojawiania się symptomów rozpadu drzewostanu. Należy unikać na tych stokach pozyskania drewna prowadzonego w okresach, kiedy gleba jest wysycona wodą, ponieważ prowadzi ono do tworzenia szlaków spływu wód.

Dojrzałe drzewostany liściaste i mieszane na stokach powyżej 20° nachylenia, nie powinny być przedmiotem zabiegów hodowlanych nastawionych na pozyskanie surowca, a ich funkcja wodochronna powinna być funkcją dominującą. W otoczeniu szczególnie zagrożonych zlewni dla lasów tych nie powinny być planowane cięcia rębne. Dla drzewostanów o nachyleniu 30° i większym zabiegi hodowlane nie powinny być planowane. Wiodąca rola wodochronnej funkcji lasów górskich jest zgodna z wnioskami badań hydrologicznych, które jednoznacznie wskazują, że usługi ekosystemowe związane z ochroną wód w optymalnym stopniu pełnią lasy, w których nie prowadzi się regularnych zabiegów hodowlanych (Sing i in. 2018; Markart 2022).

Konieczne jest masowe wdrażanie środków zmniejszających spływ powierzchniowy podczas opadów nawałnych na drogach, szlakach zrywkowych i szlakach pieszych, ponieważ obecnie stosowane rozwiązania są dalece niewystarczające. Poprawę stanu w tym zakresie mogłoby spowodować już samo zmniejszenie intensywności prac leśnych, jednak nie rozwiązuje to całkowicie ich opisywanego wcześniej negatywnego oddziaływania. Należy rozważyć likwidację części dróg, szczególnie na stokach o wysokich nachyleniach, a także skrupulatnie, niezwłocznie po zakończeniu zrywki, zabezpieczać szlaki zrywkowe przed erozją.

Należy podkreślić, że powyższe propozycje zgodne są z Wytocznymi i Rekomendacjami opracowanymi przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska w ramach procesu Ogólnopolskiej Narady o Lasach (MKiŚ 2025), w których dla lasów o dominującej *Funkcji 4: Funkcja wodochronna, retencyjna i przeciwpowodziowa* zdefiniowano następujące cele szczegółowe:

- ciągłość przestrzenna i czasowa leśnej pokrywy terenu;
- zróżnicowana struktura pionowa;
- zachowanie udziału dojrzałych/ starych drzewostanów;
- maksymalizacja retencji glebowej;
- ograniczanie spływu powierzchniowego na zboczach.

Ich realizacja powinna odbywać się przez szereg działań, obejmujących wyłączenia z użytkowania części drzewostanów oraz ograniczenia i modyfikacje w gospodarce leśnej opisane w projekcie dokumentu *Wzmocnienie ochrony lasów cennych przyrodniczo i społecznie – wytyczne i rekomendacje Ogólnopolskiej Narady o Lasach*. Szczegółowe środki, jakie mogą być w tym celu stosowane, wylicza dokument WiR, ale ich dobór powinien być dokonywany po rozpoznaniu lokalnych potrzeb i uwarunkowań.

Na konieczność szybkiego podjęcia działań w celu przywrócenia lasom górskim możliwości przeciwdziałania zmianom klimatu oraz łagodzenia ich skutków, także w aspekcie retencji wód i ochrony przeciwpowodziowej, zwracały także uwagę komunikaty 01/2024 oraz 6/2024 Komitetu Problemowego ds. Kryzysu Klimatycznego przy Prezydium PAN (PAN 2024a, b).

Konieczne jest także wprowadzenie zmian w Ustawie *o lasach*, tak by: 1) wodochronna funkcja lasów była na terenach górskich i podgórskich faktycznie pierwszoplanową, przy uznaniu że gospodarka leśna będzie tu pełniła tylko funkcje regulacyjne, 2) optymalna realizacja wodochronnej funkcji lasu nie była ograniczana restrykcyjną wykładnią przepisów o odpowiedzialności karnej i cywilnej za wypadki w lasach spowodowane czynnikami naturalnymi, ani obowiązkami nałożonymi na zarządców lasów w art. 9 ust. 1 pkt. 1-2 i 13 ust. 1 pkt. 1-4 Ustawy *o lasach*.

Reasumując: zwiększenie roli retencyjnej i przeciwpowodziowej lasów górskich jest konieczne, szczególnie w obliczu zmian klimatu, z którymi wiąże się zagrożenie dla trwałości niektórych gatunków drzew iglastych oraz prognozowany wzrost intensywności

i częstotliwości opadów nawaalnych. Wymaga jednak znaczących zmian w podejściu do lasów wodochronnych, zarówno na etapie urządzania lasu, jak i praktycznych rozwiązań stosowanych w gospodarce leśnej. Powinno obejmować zarówno priorytetowe traktowanie wodochronnych i przeciwoerozyjnych funkcji lasu (w tym drzewostanów pochodzenia antropogenicznego), jak i ingerencję w oddziaływanie elementów liniowych (w tym dróg, szlaków zrywkowych i pieszych) oraz rozbudowę mikroretencji, zarówno w postaci obiektów technicznych, jak i rozwiązań naturalnych, związanych z regeneracją ekosystemów leśnych. Będzie to wiązać się ze zmniejszeniem, a miejscami zaniechaniem funkcji produkcyjnej lasów górskich. Konieczne jest również utrwalenie wypracowanych rozwiązań w prawie regulującym gospodarkę leśną oraz ich powiązanie z innymi elementami strategii przeciwpowodziowych poza terenami leśnymi.

Możliwości maksymalizacji wodochronnej funkcji lasów w otoczeniu Bielska-Białej

Lasy wokół Bielska Białej to zlewnie górskie o dużych deniwelacjach (o dużym potencjale powodziowym), silnie rozwinięta sieć hydrograficzna (o dużym potencjalnie erozyjnym), niskiej wodonośności skał podłoża, co skutkuje potrzebą wzmożonej ochrony zasobów wód podziemnych, o niskiej wytrzymałości skał podłoża i dużym udziale łupków ilastych, co oznacza wysoką podatność na osuwiska. Taka budowa geologiczna sprawia, że struktura lasu i sposób jego zagospodarowania są kluczowe dla pełnienia przez lasy funkcji wodochronnej. W masywie Klimczoka, wznoszącym się nad Bielskiem od pd.-zach. i będącym częścią Beskidu Śląskiego, dominują drzewostany jodłowo-bukowe i bukowe, typowe dla buczyny karpackiej, z wyspami drzewostanów świerkowych, sosnowych i modrzewiowych. W masywie Czupła, wznoszącym się nad Białą od pd.-wsch. i będącym częścią Beskidu Małego, szatę leśną buduje mozaika drzewostanów złożona z podobnych elementów, ale z nieco większym udziałem sztucznych drzewostanów świerkowych oraz z nieco większym udziałem jodły w płatach buczyny karpackiej.

Jeśli chodzi o buczyny (drzewostany jodłowo-bukowe i bukowe), to najprawdopodobniej maksymalną funkcję retencyjną można w nich osiągnąć jak najbardziej ograniczając ich użytkowanie, przede wszystkim rębne. Doświadczenia z obiektów leśnych Europy wskazują, że zwykle takie lasy, nawet zupełnie pozostawione naturalnym procesom, cechują się wysoką trwałością (choć skład gatunkowy i struktura faz rozwojowych podlega fluktuacjom), zaś wzrost różnorodności gatunkowej i strukturalnej wzmacnia ich odporność na zmiany klimatu (np. Isbell i in. 2015; Vacek i in. 2019; Billing i in. 2022).

Do wyłączenia z użytkowania predestynowane są szczególnie strome stoki, drzewostany w wieku 120 lat i starsze, proponowane rezerваты przyrody, bufory wzdłuż cieków, bufory wzdłuż szlaków i dróg.

Jeżeli lasy te miałyby być użytkowane, to zachowanie funkcji retencyjnej prawdopodobnie byłoby najwyższe przy zagospodarowaniu rębnią przerębową (z pozyskaniem z jednostki kontrolnej nie więcej niż 80-100% przyrostu w tej jednostce). Rębnią przerębową może być też szczególnie odpowiednia dla litych jedlin. Drzewostany świerkowe, sosnowe i modrzewiowe sztucznego pochodzenia mogą, ze względu na wysokie prawdopodobieństwo ich zamierania pod wpływem ocieplenia klimatu (Dyderski i in. 2025), wymagać przebudowy w kierunku lasów jodłowo-bukowych i bukowych, przede wszystkim po to, by zagwarantować trwałość dostarczanej przez nie funkcji retencyjnej, także w przyszłości. Planując tempo tej przebudowy, a także szczegóły wykonania ścinki i zrywki, należy jednak zachować dużą ostrożność, by

uniknąć negatywnych oddziaływań na funkcję retencyjną, zwłaszcza spływu wody szlakami zrywkowymi i drogami leśnymi. Zastosowanie mają także ogólne propozycje rozwiązań, przedstawione wyżej. W praktyce, można przewidywać, że maksymalizacja funkcji retencyjnej tych lasów spowodowałaby w nich ograniczenie w najbliższych dekadach pozyskania buka i jodły, przy koncentracji pozyskania na świerku i innych sztucznie wprowadzonych gatunkach. Wyjątkowej ostrożności wymaga w tym obszarze planowanie, budowa, rozbudowa i remontowanie dróg leśnych, a także realizacja ewentualnej zrywki drewna, zaś istniejące drogi i szlaki zrywkowe mogą wymagać działań zapobiegających liniowemu spływowi wody wzdłuż nich.

Literatura

Affek AN, Gerlée A, Sosnowska A, Zachwatowicz M. Oszacowanie skali wpływu pozyskiwania drewna na wybrane elementy środowiska we wschodniej części polskich Karpat. *Prz Geogr.* 2019;91: 83–106.

Affek AN, Zachwatowicz M, Sosnowska A, Gerlée A, Kiszka K. Impacts of modern mechanised skidding on the natural and cultural heritage of the Polish Carpathian Mountains. *For Ecol Manage.* 2017;405: 391–403.

Affek AN. Wpływ gospodarki leśnej na terenach górskich na wybrane elementy środowiska – aktualny stan wiedzy. *Prz Geogr.* 2019;91: 63–81.

Antończyk S, Dzikowski J. Tabele optymalnych wskaźników gęstości dróg na powierzchni leśnej. *Sylwan.* 1984;128: 23–34.

Billing M, Thonicke K, Sakschewski B, von Bloh W, Walz A. Future tree survival in European forests depends on understorey tree diversity. *Sci Rep.* 2022;12(1):20750.

Blöschl G. Three hypotheses on changing river flood hazards. *Hydrol Earth Syst Sci.* 2022;26: 5015–5033.

Brzeziecki B., Zajączkowski J., Drozdowski S. Rębnia stopniowa gniazdowa udoskonalona IVd; Internet <http://rebnie.wl.sggw.pl/RebniaIVd.htm>, dostęp 18.01.2025)

Cambi M, Certini G, Neri F, Marchi E. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *For Ecol Manage.* 2015;338: 124–138.

Copernicus Climate Change Service (C3S). European state of the climate 2022. Copernicus Climate Change Service (C3S); 2023. doi:10.24381/GVAF-H066

Dyderski, M.K., Paż-Dyderska, S., Jagodziński, A.M., Puchałka, R. Shifts in native tree species distributions in Europe under climate change. *J Environ Manage.* 2025; 373:123504

Eisenbies MH, Aust WM, Burger JA, Adams MB. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians—A review. *For Ecol Manage.* 2007;242: 77–98.

European Environment Agency. Water-retention potential of Europe's forests. A European overview to support natural water-retention measures. 2015, EEA Technical Report No 13/2015.

Gadow, K., Nagel, J., & Saborowski, J. (Red.). Continuous cover forestry: assessment, analysis, scenarios. 2002, Springer Netherlands.

Gerrits AMJ, Savenije HHG. Forest Floor Interception. *Forest Hydrology and Biogeochemistry.* Dordrecht: Springer Netherlands; 2011. pp. 445–454.

- Gullison RE, Hardner JJ. The effects of road design and harvest intensity on forest damage caused by selective logging: empirical results and a simulation model from the Bosque Chimanes, Bolivia. *For Ecol Manage.* 1993;59(1–2):1–14.
- Gutowski JM, Bobiec A, Ciach M, Kujawa A, Zub K, Pawlaczyk P. *Drugie życie drzewa*. Fundacja WWF Polska; 2022.
- Ilek A, Kucza J. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part I: the coefficient of development of the interception surface of bark. *Trees (Berl West)*. 2014;28: 831–839.
- Ilek A, Kucza J, Morkisz K. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part 2: Interspecific variability of bark water storage capacity. *Folia For Pol Ser A For.* 2017;59: 110–122.
- Isbell F, Craven D, Connolly J, Loreau M, Schmid B, Beierkuhnlein C, Bezemer TM, Bonin C, Bruelheide H, de Luca E, Ebeling A, Griffin JN, Guo Q, Hautier Y, Hector A, Jentsch A, Kreyling J, Lanta V, Manning P, Meyer ST, Mori AS, Naeem S, Niklaus PA, Polley HW, Reich PB, Roscher C, Seabloom EW, Smith MD, Thakur MP, Tilman D, Tracy BF, van der Putten WH, van Ruijven J, Weigelt A, Weisser WW, Wilsey B, Eisenhauer N. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*. 2015;526(7574):574–7.
- Kimutai J, Vautard R, Zachariah M, Tolasz R, Šustková V, Cassou C, et al. Climate change and high exposure increased costs and disruption to lives and livelihoods from flooding associated with exceptionally heavy rainfall in Central Europe. Imperial College London; 2024 Sep. doi:10.25561/114694
- Klamerus-Iwan A, Kozłowski R, Przybylska J, Solarz W, Sikora W. Variability of water storage capacity in three lichen species. *Biologia (Bratisl)*. 2020;75: 899–906.
- Klamerus-Iwan A, Szymański W. Przestrzenno–czasowe zróżnicowanie pojemności wodnej koron drzew leśnych na przykładzie buka zwyczajnego. *Sylvan*. 2017;161: 142–148.
- Kolkos G, Stergiadou A, Kantartzis A, Tampekis S, Arabatzis G. Effects of forest roads and an assessment of their disturbance of the natural environment based on GIS spatial multi-criteria analysis: case study of the University Forest of Taxiarchis, Chalkidiki, Greece. *Euro-Mediterr J Environ Integr*. 2023;8(2):425–40.
- Leverkus A.B., Rey Benayas J.M., Castro J., Boucher D., Brewer S., Collins B.M., Donato D. Fraver S., Kiszczuk B.E., Lee E-J, Lindenmayer D.B., Język E., Macdonald E., Marzano R., Rhoades Ch.C., Royo A., Thorn S., Wagenbrenner J.W., Waldron K., Wohlgemuthi T., Gustafsson L. Salvage logging effects on regulating and supporting ecosystem services - A systematic map. *Can J For Res*. 2018;48(9):983-1000.
- Lindenmayer, D.B., Burton, P.J., Franklin, J.F. *Salvage logging and its ecological consequences*. 2012, Island Press.
- Manning's N for Overland Flow. 2021 [cited 18 Jan 2025]. Available: <https://help.innovyze.com/space/infoswmm/17597387/Manning's+N+for+Overland+Flow>
- Markart G, Teich M, Scheidl C, Kohl B. Flood protection by forests in Alpine watersheds: Lessons learned from Austrian case studies. *Protective Forests as Ecosystem-based Solution for Disaster Risk Reduction (Eco-DRR)*. IntechOpen; 2022.
- Marszałek T. Klasyfikacja lasów państwowego gospodarstwa leśnego według funkcji wiodących. *Sylvan*. 1993;87: 37–44.
- MKiŚ. Wzmocnienie ochrony lasów cennych przyrodniczo i ważnych społecznie. wytyczne i Rekomendacje Ogólnopolskiej Narady o Lasach. Ministerstwo Środowiska, styczeń 2025 r.
- Nowakowska J, Orzechowski M. Lasy ochronne w Polsce – zarys historii na tle Europy. *Sylvan*. 2018;162: 598–609.

- PAN 2024a. Komitet Problemowy ds. Kryzysu Klimatycznego przy Prezydium PAN. Komunikat 01/2024 Komitetu Problemowego ds. Kryzysu Klimatycznego przy Prezydium PAN na temat wpływu zmiany klimatu na lasy i lasów na klimat. 2024. Available: https://pan.pl/wp-content/uploads/2024/01/Komunikat_01_2024_Lasy.pdf
- PAN 2024b. Komunikat Komitetu Problemowego ds. Kryzysu Klimatycznego o uwzględnieniu wyzwań klimatycznych w działaniach po powodzi we wrześniu 2024 roku. In: Polska Akademia Nauk [Internet]. 8 Oct 2024 [cited 20 Jan 2025]. Available: <https://pan.pl/komunikat-06-2024-komitetu-problemowego-ds-kryzysu-klimatycznego-przy-prezydium-pan-o-uwzględnieniu-wyzwan-klimatycznych-w-dzialaniach-po-powodzi-we-wrzesniu> (Lond). 2018;91: 151–164.
- Pawlaczyk P. (red.), Biedroń I., Brzóska P. Dondajewska-Pielka R., Furdyna A., Gołdyn R., Grygoruk M., Grześkowiak A., Horska-Schwarz S., Jusik Sz., Klósek K., Krzysiński W., Ligieza J., Łapuszek M., Okrański K., Przesmycki M., Popek Z., Szalkiewicz E., Suska K., Żak J. Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych. Oprac. w ramach przedsięwzięcia „Opracowanie krajowego programu renaturyzacji wód powierzchniowych”. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa 2020.
- Pötzelsberger E, Hasenauer H. Forest–water dynamics within a mountainous catchment in Austria. *Nat. Hazards*. 2015;77: 625–644.
- Przybylski M, Słupecki R, Duda F. Koncepcja retencji ograniczającej gwałtowne odpływy wód po ulewnych deszczach w lasach nadleśnictwa Gdańsk. Nadleśnictwo Gdańsk - Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Gdyni; 2019.
- Rackelmann F, Sebesvari Z, Bell R. Synergies and trade-offs in the management objectives forest health and flood risk reduction. *Front For Glob Chang*. 2023;6: 1208032.
- Robinson M, Cognard-Plancq A-L, Cosandey C, David J, Durand P, Führer H-W, et al. Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: a European perspective. *For Ecol Manage*. 2003;186: 85–97.
- Salazar S, Francés F, Komma J, Blume T, Francke T, Bronstert A, et al. A comparative analysis of the effectiveness of flood management measures based on the concept of “retaining water in the landscape” in different European hydro-climatic regions. *Nat Hazards Earth Syst Sci*. 2012;12: 3287–3306.
- Socha J, Chojnicki B, Piotr IJ, i, in. Zarządzanie lasami a powódź w południowo-zachodniej Polsce. In: *Lasy Państwowe* [Internet]. 10 Feb 2024 [cited 17 Jan 2025]. Available: <https://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/aktualnosci/zarządzanie-lasami-a-powodz-w-poludniowo-zachodniej-polsce>
- Soja R. Hydrologiczne aspekty antropopresji w polskich Karpatach. *Prace Geograficzne - Polska Akademia Nauk*. 2002;186: 1–135.
- Sosnowski J. Szlaki zrywkowe w proekologicznym gospodarstwie leśnym. Część I - Szlaki a przygotowanie stanowisk roboczych. *Sylwan*. 2002a;146: 73–80.
- Sosnowski J. Szlaki zrywkowe w proekologicznym gospodarstwie leśnym. Część II - Projektowanie, wykonawstwo i użytkowanie szlaków zrywkowych. *Sylwan*. 2002b;168: 93–99.
- Stecher G, Hohensinner S, Herrnegger M. Changes in the water retention of mountainous landscapes since the 1820s in the Austrian Alps. *Front. Environ Sci*. 2023;11: 1219030.
- Twaróg J. Wodochronne i glebochronne znaczenie lasów górskich. *Sylwan*. 1984;12: 17–25.
- Vacek Z, Vacek S, Slanař J, Bílek L, Bulušek D, Štefančík I, Králíček I, Vančura K. Adaption of Norway spruce and European beech forests under climate change: from resistance to close-to-nature silviculture. *Cent Eur For J*. 2019;65(2):129–44.

Van Stan JT, Dymond SF, Klamerus-Iwan A. Bark-water interactions across ecosystem states and fluxes. *Front For Glob Chang*. 2021;4: 660662.

Wendland KJ, Lewis DJ, Alix-Garcia J, Ozdogan M, Baumann M, Radeloff VC. Regional- and district-level drivers of timber harvesting in European Russia after the collapse of the Soviet Union. *Glob Environ Change*. 2011;21(4):1290–300.

Xiao L, Robinson M, O'Connor M. Woodland's role in natural flood management: Evidence from catchment studies in Britain and Ireland. *Sci Total Environ*. 2022;813: 151877.

dr hab., prof. UW Wiktor Kotowski
Przewodniczący KOE PROP
[podpisano elektronicznie]

Otrzymuje:

- Pan Mikołaj Dorożala, Podsekretarz Stanu, Główny Konserwator Przyrody