

1. Aktualne kierunki badawcze i najważniejsze osiągnięcia Zakładu Inżynierii Leśnej

W Zakładzie Inżynierii Leśnej podejmowane są badania w zakresie kształtowania środowiska leśnego i rozwijania przyrodniczych podstaw dla inżynierskich rozwiązań technicznych.

Problemy hydrologiczno-inżynierskie rozwiązywane są w sposób kompleksowy z uwzględnieniem czynników przyrodniczych. Do badań nad materiałem roślinnym i glebowym implementowane są metody badawcze z wielu dziedzin nauki i techniki.

Badanie bilansu wodnego ekosystemów leśnych.

Równania bilansu wodnego atmosfera-drzewostan-gleba są skutecznym sposobem badania stosunków wodnych ekosystemów leśnych, jeśli wiążą zmiany zapasu wody glebowej z cechami biometrycznymi drzewostanów. Cechy te odzwierciedlają dynamikę ich wzrostu, są także modulowane przez zabiegi gospodarcze oraz czynniki biotyczne i abiotyczne. Pozwala to na ustalenie, w jakim zakresie przemiany postaci lasu mogą zmieniać bilans wodny ekosystemu leśnego i odpływ wody ze zlewni w cyklach długoterminowych. Publikacje i wystąpienia konferencyjne w jakich podejmowane są te tematy to:

- Suliński J., Starzak R. 2019. Wybrane aspekty badania długoterminowych cykli zmian zapasu wody glebowej w drzewostanach jednogeneracyjnych. Sylwan (złożony do druku po recenzjach).
- Starzak R., Kucza J., Suliński J. 2015. Dynamika zapasu wody w glebach pod wybranymi drzewostanami świerkowymi Beskidu Śląskiego w latach 1999–2004. [red.] Małek S., Ekologiczne i hodowlane uwarunkowania przebudowy drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim. Wydawnictwo UR, Kraków.
- Starzak R.: The dynamics of the soil water reserve within the whole vegetation period in an all-aged fir stand (poster). V Międzynarodowa Konferencja „Las i Woda”. Supraśl, 16-18.10.2017
- Starzak R., Kucza J., Ilek A.: Distribution of the degree of saturation in selected profiles of mountains forest soils (poster). VIII International Agriculture Symposium “AGROSYM 2017”. Jahorina, Bośnia i Hercegowina, 5-8.10.2017
- Starzak R.: Potential and actual water retention of a selected soil profile in a spruce stand at a high-mountain coniferous forests site (poster). II Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych" w 65 roku powołania Wydziału Leśnego w Krakowie. Kraków, 22-23.09.2014.

Ilość wody opadowej zatrzymanej w koronach drzew jest jedną z głównych składowych bilansu wodnego ekosystemów leśnych i miejskich. W równaniach bilansów hydrologicznych intercepcja jest traktowana jako bezpośrednia strata wody opadowej i kluczowy element procesów ekohydrologicznych. Przebieg procesu intercepcji jest między innymi ściśle powiązany z pojemnością wodną koron drzew. Pojemność wodna koron drzew jest mierzona różnymi metodami terenowymi i

laboratoryjnymi. Wzrost zanieczyszczenia powietrza substancjami smolistymi bogatymi w wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, zmiany temperatury czy choroby nie są obojętne dla stanu powierzchni aparatu asymilacyjnego. Pojemność wodna koron drzew jest ściśle powiązana z cechą fizyczną samego materiału roślinnego jaką jest zwilżalność. Istnieje zbudowany system podziału roślin od najbardziej hydrofilnych po superhydrofilowe. Klasyfikacja ta opiera się na wielkości kąta pod jakim kropla wody przylega do liścia. Za nowatorskie osiągnięcia w kwestii ustalenia czynników wpływających na pojemność wodną materiału roślinnego można uznać:

- opracowanie kalkulatora pojemności wodnej koron drzew i stopnia zwilżalności liści w zależności od zmiany temperatury wody opadowej, dla 6 gatunków drzew lasotwórczych gatunków.
- określenie różnic gatunkowych w ilości wody zatrzymanej przez korony drzew oraz w zwilżalności materiału roślinnego oraz, że wraz z wiekiem liści rośnie pojemność wodna koron drzew i kąty nachylenia kropeł wody do powierzchni liści
- stwierdzenie, że zanieczyszczenie materiału roślinnego przez wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne wpływa na pojemność wodną koron drzew i zwilżalność liści. Wpływ ten jest tym silniejszy im wyższy poziom zanieczyszczenia ale także zależy od długości ekspozycji liści na działanie zanieczyszczeń. Bardzo istotne jest stwierdzenie, że hydrofobowe węglowodory aromatyczne na początku przenoszą swoje właściwości na liście i w efekcie zmniejszają ilość zatrzymanej wody opadowej. Dłuższe i narastające zanieczyszczenie powoduje uszkodzenia w wierzchniej warstwie powierzchni liści przez co stają się one bardziej hydrofilne
- zbadanie wpływu grzybni mączniaka prawdziwego na pojemność wodną koron i zwilżalność liści dębu szypułkowego. Bez względu na czas i miejsce poboru próbek liście z wyższym stopniem pokrycia białym nalotem grzybni zatrzymywały więcej wody opadowej i charakteryzowały się wyższą hydrofilnością
- uzyskanie informacji, że czynniki warunkujące ekohydrologiczne właściwości materiału roślinnego trudno rozpatrywać indywidualnie. Zarówno wiek liści związany z procesami sezonowymi jak i zanieczyszczenie akumulowane w trakcie trwania okresu wegetacyjnego a także stopień infekcji grzybami nawzajem potęgują lub zmniejszają przylepność kropeł i zmieniają możliwości retencyjne koron drzew.
- wykazanie zależności pomiędzy cechą fizyczną materiału roślinnego jaką jest zwilżalność z pojemnością wodną.

- Klamerus-Iwan A., Błońska E. 2018. *Canopy storage capacity and wettability of leaves and needles: the effect of water temperature changes*. Journal of Hydrology, 559, 534-540

- Klamerus-Iwan A., Błońska E., Lasota J., Waligórski P., Kalandyk A., 2018 Seasonal variability of leaf water capacity and wettability under the influence of pollution in different city zones. *Atmospheric Pollution Research*, 9, 455 – 463; doi.org/10.1016/j.apr.2017.11.006
- Klamerus-Iwan A., Błońska E., 2017. Seasonal variability of interception and water wettability of common oak leaves. *Annals of Forest Research* 60(1), 63 - 73. DOI: 10.15287/afr.2016.706
- Klamerus-Iwan A., Witek W. 2018. Variability in the Wettability and Water Storage Capacity of Common Oak Leaves (*Quercus robur* L.). *Water*, 10, 695.
- Klamerus-Iwan A., Kraj W. 2017. Wettability and interception in relationship with the seasonal changes on the *Fagus sylvatica* leaf surface. *Forest Research Papers* 78 (3), 210–217
- Klamerus-Iwan A., 2014. Potential interception in laboratory condition under simulated rain with low intensity. *Sylwan* 158 (4): 291-297.
- Klamerus-Iwan A., Słowik-Opoka E., Owsiak K., Gołąb J. The hydrological response of silver fir (*Abies alba* L.) to a change in rainwater temperature and pollution accumulation; IUFRO Ecology and Silviculture Fir conference, 28039.05.2019
- Klamerus-Iwan A, Kucza J, Błońska E, Lasota J. The effect of polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in the cities on the retention capability of tree crowns. International Conference „Green Infrastructure”; 04-07 April 2017, Orvieto, Italy

Podsumowaniem dotychczasowych badań dr hab. inż. Anny Klamerus-Iwan nad pojemnością wodną materiału roślinnego są dwa rozdziały w monografii: *Precipitation Partitioning by Vegetation: A Global Synthesis*, Springer Nature: Berlin, Germany:

- Klamerus-Iwan A., Link T.E., Keim R.F., Van Stan II J.T. 2020. Storage and Routing of Precipitation Through Canopies. In *Precipitation Partitioning by Vegetation: A Global Synthesis*, Van Stan II, J.; Gutmann, E.; Friesen, J., Eds; Springer Nature: Berlin, Germany; pp: 17-34
- Allen S.T. et al. 2020. Key Questions on the Evaporation and Transport of Intercepted Precipitation. In *Precipitation Partitioning by Vegetation: A Global Synthesis*, Van Stan II, J.; Gutmann, E.; Friesen, J., Eds; Springer Nature: Berlin, Germany; pp: 269-280

Na intercepcję oraz pojemność wodną koron drzew, poza charakterystyką opadu, wpływa również wielkość powierzchni aparatu asymilacyjnego. W kontekście dostępnych badań nad pojemnością wodną zbiornika intercepcyjnego powierzchnię igieł/liści oblicza się jako ich rzut na płaszczyznę poziomą. Zaproponowana została metodyka obliczania powierzchni igieł i pędów, która pozwala na dokładniejsze określenie zbiornika intercepcyjnego pojedynczego drzewa, ponieważ uwzględnia ona kształt igły.

W badaniach wykorzystano zdigitalizowany obraz igieł i pędów (SigmaScan 5.0 Pro). Zastosowano dwie metody uzyskania obrazów igieł – za pomocą skanera oraz aparatu fotograficznego. Uzyskane w ten sposób dane skutecznie posłużyły jako zmienne do modelowania zależności pomiędzy powierzchnią materiału roślinnego a intercepcją potencjalną. Rezultatem tych badań jest prezentacja na konferencji krajowej:

- Owsiak K., Klamerus-Iwan A., 3D models of pine, spruce and fir branches. V National Conference The use of video-computer methods in scientific research, 24 lutego 2017, Kraków, Polska:

Właściwości fizyczne materiału roślinnego w aspekcie badań hydrologicznych

Fizyczny aspekt pomiarów zmian swobodnej energii powierzchniowej liści wpływających na pojemność wodną i zwilżalność materiału roślinnego jest przedmiotem trwających obecnie badań w Zakładzie Inżynierii Leśnej. Wartość swobodnej energii powierzchniowej wyznaczana jest w oparciu o pomiar kąta zwilżania powierzchni przez różne ciecze. Uważa się, że zjawisko zwilżalności zależne jest od wielu czynników, m.in. napięcia powierzchniowego cieczy (napięcie powierzchniowe zależy od temperatury) czy też wzajemnego oddziaływania cząstek ciała stałego i cieczy. Wyniki uzyskane przy współpracy z badaczem z Zakładu Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki PK w Krakowie zostały przedstawione w postaci referatu na krajowej konferencji:

- Łagan S., Klamerus-Iwan A., Selected methods of imaging in the evaluation of the properties of the surface of needle trees – preliminary report. V National Conference The use of video-computer methods in scientific research, 24 lutego 2017, Kraków, Polska

Zmiany swobodnej energii powierzchniowej uzyskane z modelu van Oss-Gooda wykorzystującego trzy ciecze pomiarowe (wodę, djodometan i glicerynę) obliczane na podstawie kątów nachylenia tych cieczy do powierzchni materiału roślinnego są aktualnie rozszerzane o wpływ zawartości wosków i zanieczyszczeń w liściach.

- Klamerus-Iwan A., Łagan S., Sadowska-Rociek A. Relationship of hydrological properties of tree crowns with washing up polycyclic aromatic hydrocarbons. European Geoscience Union General Assembly 7-12.04.2019, Wiena

Właściwości fizyczne wpływające na retencyjne zdolności martwego drewna zostały przedstawione w publikacji:

- Błońska E., Klamerus-Iwan A., Łagan S., Lasota J. 2018. Changes to the water repellency and storage of different species of deadwood based on decomposition rate in a temperate climate. *Ecohydrology* 11(8)

Rozwijanie przyrodniczych podstaw budowy równań bilansu wodnego atmosfera-drzewostan-gleba wiążących dynamikę zapasu wody glebowej ze zmiennością cech biometrycznych drzewostanu.

Promieniowanie słoneczne jest jednym z głównych czynników zewnętrznych wpływających na bilans wodny pomiędzy atmosferą, drzewostanem i glebą. Ilość promieniowania docierającego do powierzchni zależy od jej położenia geograficznego, dnia roku oraz wyniesienia nad poziom morza, wystawy i pochylenia. W pracy przedstawiono metodologię szacowania zmienności w zakresie promieniowania słonecznego w małej dolinie górskiej z uwzględnieniem przesłonięcia horyzontu przez drzewostan. Wykazano związek pomiędzy ilością bezpośredniego promieniowania słonecznego a efektem zacienienia spowodowanym konturem otaczającego drzewostanu. Zaproponowano empiryczny model nasłonecznienia oparty na współczynniku widoczności nieba. Podczas

modelowania dopływu energii słonecznej konieczna jest znajomość cyfrowego modelu powierzchni, obejmującego zarówno cyfrowy model wysokościowy jak i wysokość drzewostanów. Efektem badań jest publikacja:

- Sypka P., Starzak R., Owsiak K. 2016. *Methodology to estimate variations in solar radiation reaching densely forested slopes in mountainous terrain*. International Journal of Biometeorology, 60, 12, 1983-1994.

Temperatura powierzchni gruntu, obok prędkości wiatru i obecności wody w glebie, jest głównym czynnikiem decydującym o wysokości parowania z przestrzeni międzycząsteczkowych gleby, a w konsekwencji podstawowym składnikiem bilansu wymiany wody między atmosferą, drzewostanem i gruntem. W pracy posłużono się algorytmami obliczeniowymi wykorzystywanymi w teorii przetwarzania sygnałów do opisu relacji między amplitudami zmienności dobowej temperatury pod drzewostanami świerkowymi różnego wieku z pomierzonymi na terenie otwartym. Amplitudy cyklu dobowego temperatury przypowierzchniowej warstwy gruntu wyrażono za pomocą charakterystyk drzewostanów. Opracowane modele, wyrażające ogólne zależności, mogą być wykorzystane podczas ekstrapolacji wyników pomiarów punktowych na duże obszary przestrzenne. Takie modele, opisujące ogólne zależności, są ważne w praktyce leśnej do przewidywania skutków czynności gospodarczych np. trzebieży. Szczegółowe informacje dotyczące proponowanych modeli dotyczących dobowych zmian temperatury w górnej warstwie gleby znajdują się w pracy powstałej we współpracy z badaczem z Katedry Elektroniki AGH w Krakowie.

- Sypka P., Kucza J., Starzak R. 2016. *Assumptions for Fourier-based modelling of diurnal temperature variations in the top soil layer under Istebna spruce stands*. Agricultural and Forest Meteorology, 222, 71-86.

W Zakładzie Inżynierii Leśnej podejmowane są również badania dotyczące prędkości wiatru jako jednego z głównych czynników kształtujących bilans wymiany wody pomiędzy atmosferą i gruntem. Wewnątrz kompleksów leśnych można zauważyć, że pionowy profil prędkości wiatru przyjmuje bardzo charakterystyczny kształt litery S. Uzyskane wyniki stanowią założenia od modelowania S-kształtnego profilu prędkości wiatru w drzewostanach świerkowych. Głównym aspektem tych badań było uzależnienie parametrów empirycznego modelu pionowego profilu prędkości wiatru w warstwie pni od cech biometrycznych drzewostanów, a także od położenia stanowisk badawczych na zboczach doliny górskiej. Parametry opisujące model bardzo ściśle zależą od wprowadzonego wskaźnika powierzchni pni drzew SAI [$m^2 \cdot h^{-1}$]. Przedstawione analizy wykazują, że wartość maksymalna, a także wartość średnia prędkości wiatru w warstwie pni zależą od zagęszczenia biomasy w warstwie koron oraz od wyniesienia warstwy koron. Zaproponowany dla drzewostanów świerkowych model, wraz z jego parametryzacją od łatwych do zmierzenia cech biometrycznych, powinien być łatwo adaptowalny w drzewostanach zawierających inne gatunki drzew, przy zachowaniu odpowiednich

różnic pomiędzy gatunkami. Wyjaśnienie zjawiska powstawania S kształtnego pionowego rozkładu prędkości wiatru z biologicznego punktu widzenia, powinno w znaczący sposób poszerzyć wiedzę o „przewietrzaniu” lasu, który ma główny wpływ na parowanie oraz stężenie CO₂.

- Sypka P., Starzak R. 2013. *Simplified, empirical model of wind speed profile under canopy of Istebna spruce stand in mountain valley*. Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 171–172, 220–233.

Wpływ budowy leśnych dróg stokowych w terenach górskich na bilans wodny w strefie przydrożnej

Badania dotyczące wpływu budowy leśnych dróg stokowych w terenach górskich na bilans wodny w strefie przydrożnej skupiały się na przedstawieniu rozkładu przestrzennego wilgotności gruntu w obszarze za wylotami obiektów odwadniających drogi, na określeniu zmian erozyjnych powstających w wyniku ruchu zrywkowego w nawierzchniach szlaków operacyjnych, oraz stosowania modeli erozyjnych w określaniu potencjalnego zagrożenia erozyjnego obszarów leśnych wylesionych pod nartostrady. Prace te podejmowano samodzielnie, bądź też we współpracy z instytucjami zainteresowanymi tą tematyką – np. RDOŚ w Krakowie, LZD UR w Krakowie, Gorczańskim i Roztoczańskim Parkiem Narodowym, czy Katedrą Mechanizacji Prac Leśnych UR w Krakowie. Do badań wykorzystywano między innymi mierniki wilgotności gruntu własnej konstrukcji oraz oparte na technologii FDR laserowe mierniki odległości połączone z automatycznym oprzyrządowaniem pozycjonującym, pomiarowym i zapisującym, urządzenia polowe i laboratoryjne do określania współczynnika filtracji gruntu, pozycjonowanie GPS. Do opracowywania wyników stosowano zaawansowane programy, min. Surfer, czy QGIS.

- Gołąb J., Urban K. 2017. „Potential erosion of the areas deforested for ski slopes - an example of Mount Jaworzyna Krynicka”. Infr. I Ekol. Ter. Wiejskich. IV/1/2017, s. 1415-1426.
- Słowik-Opoka E. 2015. Przeciwdziałanie erozji wodnej w obiektach inżynierskich. Inżynier Budownictwa. Nr 6/2015, s. 82-86.
- Słowik-Opoka E. 2013. Przeciwdziałanie erozji wodnej i powstawaniu osuwisk w projektowaniu obiektów inżynierskich. Konferencja naukowa "Infrastruktura leśna na terenie Nadleśnictw RDLP w Krakowie". Stary Sącz.
- Gołąb J., Plewniak J. 2014. „Aktualne uwarunkowania kształtowania sieci dróg leśnych w górach”. Infr. I Ekol. Ter. Wiejskich. II/1/2014, s. 195-206
- Gołąb J. „Hydrologiczne aspekty budowy dróg stokowych w lasach górskich”. Konferencja GDLP „Strategia Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe w zakresie drogownictwa leśnego”, Rydzyna, 2015.
- Gołąb J. „Analizy GIS danych zawartych w LMN w projektowaniu sieci dróg leśnych w terenach górskich”. XIX Konferencja Naukowa POLSITA „Zastosowanie technologii informacyjnych w rolnictwie”, Czajowice, 2016.
- Gołąb J. „Analizy GIS podstawą optymalizacji sieci dróg leśnych w terenach górskich”. Konferencja DGLP „Funkcjonowanie infrastruktury komunikacyjnej w Lasach Państwowych”, Muczne, 2016.
- Gołąb J., Urban K. „Erozja potencjalna obszarów wylesionych pod budowę nartostrad na przykładzie Jaworzyny Krynickiej”. XXIV Konferencja Naukowa „INFRASTRUKTURA I ŚRODOWISKO”, Dabczyce, 2017.
- Gołąb J. „Próba automatyzacji trasowania korytarzy drogowych w optymalizacji leśnych sieci komunikacyjnych”. XXI Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Zastosowanie Technologii Informacyjnych w Rolnictwie", Kórnik, 2018.

- Gołąb J., Badach E., Urban K. „Wilgotność gruntu na stoku za wylotem urządzeń odwadniających drogi leśne”. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Hydrology in natural and anthropogenic environments”, Kraków, 2018.

Ocena wpływu charakterystyk lasu na odpływ wody ze zlewni hydrologicznych, w szczególności badanie ilościowe związków między zdolnością retencyjną lasu a cechami środowiska geograficznego w ujęciu czasowym i przestrzennym.

Spływ po powierzchni z terenu zalesionego stanowi niewielką część opadu atmosferycznego i nie przekracza w zbadanych przypadkach 0,5% jego wysokości. W stosunku do odpływu wody ze zlewni, wysokość spływu powierzchniowego wynosiła maksymalnie nie więcej niż 6% warstwy odpływu. Powierzchnie zlokalizowane w drzewostanach świerkowych, różnych klas wieku, nie generują spływu powierzchniowego istotnie różniącego się od spływu obserwowanego na niekoszonej łące śródleśnej zlokalizowanej na tej samej zlewni.

- Starzak R., Ilek A., Kucza J., Prochot W.: Surface runoff from the spruce stands in the Beskid Śląski (poster). V Międzynarodowa Konferencja „Las i Woda”. Supraśl, 16-18.10.2017.

Doskonalenie wiedzy o retencji wodnej lasu oraz podstaw do sporządzania fakultatywnych warstw Leśnej Mapy Numerycznej obrazujących jej przestrzenne zróżnicowanie.

- Starzak R.: Potential and actual water retention of a selected soil profile in a spruce stand at a high-mountain coniferous forests site (poster). II Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych" w 65 roku powołania Wydziału Leśnego w Krakowie. Kraków, 22-23.09.2014.

Określenie oddziaływania rozlewisk utworzonych przez bobry na otaczające siedliska

W ostatnich latach obserwujemy znaczny wzrost populacji bobra europejskiego (*Castor fiber*). Gatunek wywiera wpływ na środowisko przez swoją działalność inżynierską, m.in. przez budowę tam których efektem są rozlewiska, które wpływają na sąsiadujące ekosystemy leśne oraz mogą powodować zalanie lub podtopienie istniejącej infrastruktury transportowej co może wydłużyć lub uniemożliwić dojazd do danego obszaru. W 2015 roku w Nadleśnictwie Koszęcin RDLP Katowice przeprowadzono inwentaryzację stanowisk bobrzyczych. Na podstawie preferencji pokarmowej, średniej wielkości terytorium, danych z opisów taksacyjnych drzewostanów oraz map sieci rzecznej, leśnej mapy numerycznej i numerycznego modelu terenu wytypowano możliwe miejsca występowania bobra. W obrębie dwóch leśnictw zlokalizowano 9 stanowisk występowania bobra europejskiego. Przeprowadzono analizę wielkości obszarów zalania przy stanie aktualnym jak i przy podniesieniu przez bobry tam i określono które fragmenty infrastruktury transportowej mogą być zagrożone. Analizę wykonano na podstawie danych z pomiarów bezpośrednich oraz numerycznym modelem terenu uzyskanym z danych LIDAR w programie AutoCad Civil 3D

- Owsiak K., Golasz A. Zagrożenia infrastruktury transportowej spowodowane działalnością bobra europejskiego (*Castor fiber*) na terenie Nadleśnictwa Koszęcin. Konferencja Katedr Jednoimiennych Puszczykowo; 31 maj - 1 czerwca 2016

- Owsiak K., Golasz A., Występowanie bobra europejskiego (*Castor fiber*) na terenach leśnych w kontekście ekonomicznym. I Międzynarodowa Konferencja Naukowa HYDRO2018, 5-7.09.2018, Kraków - referat.

Kolejnym efektem powstania rozlewisk utworzonych przez bobry jest jego oddziaływanie na zwierciadło wody gruntowej w sąsiadujących siedliskach. Na podstawie wcześniejszych badań na terenie Nadleśnictwa Koszęcin wytypowano lokalizację rozlewiska gdzie aktywność borów była wzmożona. Na wytypowanym rozlewisku rozmieszczono 3 przekroje w pobliżu większych tam i w każdym z nich zainstalowano po 6 piezometrów. Położenie tam i piezometrów określono metodami geodezyjnymi oraz utworzono numeryczny model terenu na podstawie danych LIDAR-owych, na który naniesiono położenie tam i piezometrów. W okresie od lipca do października w piezometrach mierzono położenie zwierciadła wody oraz dla tego okresu uzyskano dane meteorologiczne dla najbliższych położonych posterunków meteorologicznych. Oznaczono również skład granulometryczny warstw gruntu, co pozwoliło określić współczynnik filtracji oraz współczynnik odsączalności grawitacyjnej. Dla ekosystemów leśnych tak bliski kontakt z rozlewiskiem wpływa na zmiany poziomu wód gruntowych. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów wahań zwierciadła wody w rozlewisku i w piezometrach można zauważyć, że ma ono wpływ na poziom zwierciadła wody gruntowej. Woda zgromadzona w stawach bobrowych stopniowo zaczyna nawadniać teren w pobliżu rozlewiska, wpływając przez to na zmianę poziomu wód gruntowych. Bóbr stara się regulować poziom wody rozlewiska po przez rozbudowę bądź rozbiórkę tam. Równy poziom zwierciadła stawu bobrego wpływa również na stabilizację poziomu wody gruntowej. W okolicy danego rozlewiska pomimo zmiennych warunków atmosferycznych, zwierciadło utrzymywało się na w miarę równym poziomie mimo pewnych wahań które jednak nie były, aż tak znaczne. Określenie oddziaływania rozlewisk utworzonych przez bobry na otaczające siedliska wymagają dłuższego okresu pomiarowego wahań zwierciadła wody gruntowej z powiązaniem ich z przyrostem drzewostanów będących w obrębie oddziaływania takiego rozlewiska.

- Owsiak K., Jędrzejewski J., Dynamika wahań zwierciadła wody gruntowej w pobliżu rozlewiska bobrego w Nadleśnictwie Koszęcin I Międzynarodowa Konferencja Naukowa HYDRO2018, 5-7.09.2018, Kraków

Metodyka badań właściwości infiltracyjnych szkieletowych gleb leśnych

Współczynnik filtracji decyduje o infiltracji wody w głąb profilu glebowego i spływie powierzchniowym. Jest jedną z najważniejszych, a zarazem jedną z najtrudniejszych do zmierzenia właściwości hydraulicznych gleby. Metody badania współczynnika filtracji są ciągle rozwijane i udoskonalane, przy czym największym problemem metod laboratoryjnych jest pobór prób i ich transport. Niewłaściwa technika poboru próbek może prowadzić do powstawania luk pomiędzy pierścieniem a próbką gleby, a także do naruszenia ich wewnętrznej struktury. W trakcie wbijania pierścienia w grunt następuje przesunięcie systemów korzeniowych i szkieletu glebowego oraz

niszczenie i zagęszczanie makroporów glebowych. Dlatego też pobór prób i ich transport mogą być czynnikami wpływającymi w sposób nieokreślony na błędy w czasie pomiarów laboratoryjnych.

W Zakładzie Inżynierii Leśnej opracowano laboratoryjną metodę badania współczynnika filtracji górskich gleb leśnych, która obejmuje technikę poboru prób o nienaruszonej strukturze, sposób przygotowywania prób i badania współczynnika filtracji oraz urządzenie do jego pomiaru. Metoda ta zapewnia:

1. Zachowanie naturalnego układu szkieletu glebowego, systemów korzeniowych i makroporów glebowych wewnątrz i na granicy próbki.
2. Zachowanie naturalnej porowatości ośrodka glebowego.
3. Zachowanie naturalnego kierunku infiltracji przepływającej przez próbkę wody w czasie badań.
4. Eliminację błędów przy pomiarze współczynnika filtracji spowodowanych przeciekiem przyściennym.

- Ilek A., Kucza J., Witek W., 2019. Using undisturbed soil samples to study how rock fragments and soil macropores affect the hydraulic conductivity of forest soils: Some methodological aspects. *Journal of Hydrology* 570: 132-140.
- Ilek A., Kucza J., 2014. A laboratory method to determine the hydraulic conductivity of mountain forest soils using undisturbed soil samples. *Journal of Hydrology* 519: 1649-1659.
- Kucza J., Ilek A., 2016. The effect of the shape parameters of a sample on the hydraulic conductivity. *Journal of Hydrology* 534: 230-236.

Efektom prac w zakresie ustalania metodyki badań właściwości infiltracyjnych szkieletowych gleb leśnych są również patenty:

- Kucza J., Ilek A. 2017. Method of collecting, preparing and analyzing undisturbed soil samples for purposes of defining soil hydraulic conductivity and equipment for collecting, preparing and analyzing undisturbed soil samples for purposes of defining soil hydraulic conductivity. PCT/PL2013/000001. United States Patent and Trademark Office.
- Kucza J., Ilek A. 2015. Urządzenie do oznaczania współczynnika filtracji gleby. P. 398168. Urząd Patentowy RP.
- Kucza J., Ilek A. 2015. Sposób pobierania, przygotowywania oraz badania próbek gleby o nienaruszonej strukturze w celu oznaczenia współczynnika filtracji. P.398167. Urząd Patentowy RP.
- Kucza J., Ilek A. 2014. Pojemnik do pobierania próbek gleby o nienaruszonej strukturze. Wzór użytkowy nr 67028. Urząd Patentowy RP.

Metody wyznaczania stopnia zwietrzenia szkieletu glebowego w środowisku suchym i wodnym

Erozja wietrzna powoduje zmiany powierzchni łądów oraz bierze udział m.in. w modelowaniu stoków, które pokryte są utworami glebowymi, złożonymi głównie z frakcji szkieletowej oraz części ziemistych. Zwietrzeniu skał towarzyszą zmiany składu mechanicznego i chemicznego szkieletu glebowego oraz jego właściwości w warstwie zwietrzałej. Natężenie procesu wietrzenia jest silnie uzależnione od dostępności wody, która jest bardzo dobrym rozpuszczalnikiem. Procesy wietrzenia, występujące w warunkach naturalnych są procesami niezwykle złożonymi i długotrwałymi, które

przyczyniają się do powstawania gleb. Natomiast, w wyniku działania procesów glebotwórczych, rozumianych jako całokształt zjawisk fizycznych, chemicznych i biologicznych zachodzących w powierzchniowej warstwie skorupy ziemskiej powstaje siedlisko – naturalny i zasadniczy czynnik produkcji roślinnej i leśnej. Miąższość substratu, z którego tworzą się gleby oraz jego warstwowe zróżnicowanie powodowane różnym stopniem zaawansowania procesów wietrzenia jest trudne do określenia na podstawie zmian wyglądu zewnętrznego. Efektem prac zespołu: Kucza J., Słowik-Opoka E., Klamerus-Iwan A. stały się 2 patenty udzielone przez Urząd Patentowy RP w 2017r.:

- PAT.223736 Sposób wyznaczania miar stopnia zwietrzenia szkieletu glebowego w środowisku suchym i wodnym,
- PAT.223735 Urządzenie do pozyskiwania materiału badawczego w celu wyznaczenia miar stopnia zwietrzenia szkieletu glebowego.

W wyniku przeprowadzonych badań laboratoryjnych stwierdzono, m.in., że nasiąkliwość szkieletu w przypadku badanych profili glebowych w sposób istotny uzależniona była od głębokości położenia szkieletu w profilu glebowym oraz w mniejszym stopniu od wielkości frakcji cząstek szkieletu. Największe zmiany nasiąkliwości zaobserwowano w przypadku najmniejszych frakcji szkieletu oraz w cząstkach pobranych z warstwy organicznej. Uchwycone zmiany wartości nasiąkliwości objętościowej malały wraz ze wzrostem frakcji szkieletu oraz w głąb profilu glebowego. Zarówno wartości nasiąkliwości, jak i ścieralność ulegały zmniejszeniu po każdym kolejnym przebiegu symulacji procesu wietrzenia. Zmiany fizyko-mechaniczne powiązane były bardziej z wielkością średnicy cząstek szkieletu niż z ich położeniem w profilu genetycznym. Jednakże, bezspornym jest, że zmiany wielkości uziarnienia w głównej mierze zależą od położenia w profilu glebowym.

- Słowik-Opoka E., Klamerus-Iwan A. 2015. Study of absorption changes in soil skeleton at selected genetic horizons using the laboratory method of abrasive wear – Magura sandstone case study. Sylwan, 159 (6): 452-460.
- Słowik-Opoka E., Klamerus-Iwan A., Gołąb J. 2014. Research on the changes in the water absorption capacity of the soil skeleton in selected genetic horizons using a laboratory method of abrasive wear; A case study of Magura sandstone. 2nd International Scientific Conference; Forestry In The Mountains and Industrial Regions, 22.09-23.09. 2014, Kraków, Poland

2. Realizowane i zrealizowane w ostatnich latach (max 5 lat) projekty badawcze wraz z głównymi celami oraz osiągnięciami

2014-2017 Projekt naukowo-badawczy Pol-Nor/209947/52/2013: „Application of laboratory method of selfabrasion to determine the pace of erosion processes occurring in mountains streams” (akronim: Abrasion), Polish-Norwegian Research Programme (SGS). Instytucja finansująca NCBiR w Warszawie.

Przedmiot i cel badań

Zagadnienia dotyczące procesu erozji wodnej w korytach rzek i potoków w leśnych zlewniach górskich, w szczególności procesy rumowiskowe stanowią jeden z wątków badawczych realizowanych w ZIL. problematyka badawcza podjęta w projekcie jest zagadnieniem ważnym z punktu widzenia poznawczego oraz praktyki inżynierskiej. Jednym z ważniejszych zadań w projekcie *Abrasion* było przeprowadzenie laboratoryjnych badań ścieralności cząstek rumowiska rzecznoego z uwzględnieniem cech materiału skalnego w celu określenia możliwości przewidywania tempa procesów erozyjnych zachodzących naturalnie w korytach rzek i potoków górskich. Poznanie złożoności procesu erozji wodnej jest zagadnieniem wysoce istotnym z punktu widzenia ochrony zasobów naturalnych, w tym występowania osuwisk, będących efektem złożonych procesów, m.in. geologicznych, meteorologicznych oraz hydrologicznych.

Efekty końcowe realizacji projektu

Przeprowadzenie badań ścieralności cząstek rumowiska rzecznoego z wykorzystaniem, skonstruowanych w ramach projektu *Abrasion* aparatów umożliwiło pozyskanie, zwietrzałych warstw ze ścieranych okruchów skalnych oraz pozwoliło na przeprowadzenie dalszych badań i analiz, mających na celu, m.in. określenie cech morfologicznych pozyskanego materiału mineralnego. Uzyskane rezultaty projektu zostały częściowo opublikowane oraz zaprezentowane podczas konferencji krajowych i międzynarodowych.

- Słowik-Opoka E., Wrońska-Wałach D., Michno A. 2018. Analysis of sediment from steps in a small catchment in the Polish Carpathians in relation to the transition zone between the hillslope and fluvial system. *Catena* 165 (2018) pp. 237-250.
- Słowik-Opoka E., Wrońska-Wałach D., Panaś E., Michno A. 2018. Analysis of the shape of quartz grains of mineral sediments collected from log steps and boulder steps located in the mountain stream channel in a small basins – flysh Carpathian case study. Ist International Scientific Conference Hydrology in Natural and Anthropogenic Environments (HYDRO2018), 4-7 September 2018, Krakow, Poland.
- Słowik-Opoka E., Michno A., Wrońska-Wałach D. 2018. Characteristics of differentiation of features of the mineral material taken from log steps and boulder steps located in stream channel in a small mountain basins in the Silesian Beskids (Polish Carpathians). Ist International Scientific Conference Hydrology in Natural and Anthropogenic Environments (HYDRO2018), 4-7 September 2018, Krakow, Poland.
- Słowik-Opoka E. Application of laboratory method of selfabrasion to determine the pace of erosion processes occurring in mountains streams. Polish-Norwegian Research Programme Final Conference; Warsaw, 21 October 2017. Poland.
- Słowik-Opoka E., Wrońska-Wałach D., Michno A. 2016. Importance of woody debris thresholds to formation and differentiation of sediment in mountain stream channels. II International Conference Reforestation Challenges: Opportunities for sustainable development in a degraded forestry environment; Krakow, 27-29 June 2016, Poland.
- Słowik-Opoka E., Wrońska-Wałach D. 2015. 3rd International Scientific Conference „WOOD IN WORLD RIVERS 2015” (WWR3). Znaczenie rumoszu drzewnego w dynamice ruchu rumowiska (Polskie Karpaty fliszowe). Padova, Italy.
- Słowik-Opoka E., Gąsior A. 2015. The use of equipment constructed as part of the Abrasion project for testing the abrasionability of mountains stream rock debris in terms of the possibility of forecasting the rate of erosion processes in mountains catchments. W: Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych, Polska Akademia Umiejętności, vol. 22, nr 5, s. 147-155, ISSN 1733-5183.

- Słowik-Opoka E., Brożek M. 2015. Badanie wpływu zmian współczynnika szorstkości na wielkość przepływu obliczeniowego. *Landform Analysis*, 30: 49–56.
- Słowik-Opoka E., Kołodziej G. 2014. Determination of the abrasion of bedload in a mountain stream using a laboratory test method as a potential means for predicting the transformations of riverbeds. II International Scientific Conference Forestry in the Mountains and Industrial Regions, Krakow, 22-23 September 2014. Poland.
- Słowik-Opoka E. 2014. Badanie zmian wybranych własności mechanicznych i fizycznych rumowiska wleczonego potoku górskiego przy zastosowaniu laboratoryjnej metody samościerania szkieletu glebowego w środowisku suchym i wodnym. Konferencja Naukowa "Geomorfologia stosowana - zastosowanie metod badań geomorfologicznych w inżynierii i kształtowaniu środowiska". Warszawa, SGGW.

Istotnym elementem realizacji projektu *Abrasion* jest fakt współpracy kierownika projektu, pani dr inż. Ewy Słowik-Opoka z naukowcami z rodzimej jednostki, tj. z Wydziału Leśnego UR w Krakowie oraz z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, jak również z naukowcami z zagranicy, m.in. z Panem Profesorem Paulem A. Carlingiem (Southampton University, UK).

2013-2019. Projekt badawczy w ramach Badań Zamawianych (nr umowy EO-2717-24/13) pt. „Zbadanie retencji wodnej drzewostanów górskich i podgórskich wytypowanych jako wzorcowe dla LKP Lasy Beskidu Sądeckiego oraz przyległych lasów podgórskich, w kontekście możliwości jej modulowania przez czynności gospodarcze”. Zlecony przez PGL Lasy Państwowe – Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie.

Przedmiot i cel badań

Badania dotyczą retencji wodnej lasu, czyli roślinności leśnej i pokrywy glebowej, w drzewostanach górskich i podgórskich, wybranych jako pożądane wzorce dla LKP Lasy Beskidu Sądeckiego, z perspektywą uogólnienia opracowanych kryteriów wyboru dla innych części Karpat. Rozróżniana jest retencja wodna potencjalna i aktualna.

Na retencję potencjalną składają się maksymalne ilości wody deszczowej, która może być zatrzymana na powierzchni roślin i ściółki leśnej oraz maksymalna pojemność wodna profilu glebowego. Jej wartości wynikają z właściwości zbiorowiska leśnego oraz materii organicznej i gruntu mineralnego w profilu glebowym. Retencja potencjalna roślin zmienia się wraz z fazami rozwojowymi drzewostanu oraz w wyniku gwałtownych zdarzeń o charakterze biotycznym i abiotycznym. Retencja potencjalna pokrywy glebowej jest nieporównywalnie mniej wrażliwa na wymienione czynniki, jednak wiedza na ten temat wymaga weryfikacji, szczególnie w odniesieniu do materii organicznej.

Retencją aktualną są określane ilości deszczu rzeczywiście zatrzymane na roślinach i w profilu glebowym po pojedynczym opadzie. Jej wartości zmieniają się pod wpływem bieżących warunków hydro-klimatycznych, głównie natężenia i czasu trwania deszczu.

Ponadto weryfikowana jest teza, że narzędziem do oceny stopnia, w jakim czynności gospodarcze modulują retencyjność wodną lasu, mogą być relacje między cechami biometrycznymi drzewostanu a

komponentami bilansu wodnego atmosfera-drzewostan-gleba. Relacje te należy ująć w stosowne regresyjne równania bilansowe, identyfikowane w oparciu o wyniki bezpośrednich pomiarów terenowych.

Efekty końcowe realizacji projektu:

Efekty końcowe wynikają z założonych celów badawczych.

Wyznaczenie w terenie i opisanie drzewostanów wzorcowych, polecanych dla obszaru LKP Lasy Beskidu Sądeckiego, wraz z kryteriami ich wyboru przydatnymi dla innych części Karpat oraz wskazanie praktycznych działań, jakie należałoby podjąć w celu przebudowy lub przemiany drzewostanów, które tego wymagają, na zgodne z wzorcowymi.

Weryfikacja równań regresyjnych opisujących: (a) zależności między potencjalną retencją wodną pokrywy glebowej a czynnikami hydrogeologicznymi, orograficznymi oraz drzewostanowymi, (b) zależności między retencją aktualną a czynnikami drzewostanowymi przy zachowaniu zasady ceteris paribus w odniesieniu do warunków hydrogeologicznych i bieżących warunków hydro-klimatycznych.

Warstwa Leśnej Mapy Numerycznej z rozkładem obszarowym wartości retencji potencjalnej i aktualnej, wykreślone dla obszaru LKP Lasy Beskidu Sądeckiego oraz instruktaż sporządzania takich map dla innych części Karpat przy użyciu równań regresji wyszczególnionych w punkcie wyżej.

Wyniki analizy zebranych danych pod kątem odpowiedzi na pytania: (a) czy i w jakim stopniu można sterować retencją wodną lasu podejmując określone czynności gospodarcze, (b) w jakim stopniu przebudowa lub przemiana drzewostanów zgodna ze wskazanymi wzorcami może się przyczynić do modulacji ich funkcji retencyjnych, (c) czy jest możliwa bezkonfliktowa realizacja postulatów stawianych z punktu widzenia retencyjnych funkcji lasu oraz optymalnego uwilgotnienia gleb leśnych w kontekście ich produktywności.

3. Informacja o współpracy międzynarodowej w zakresie badań

Pracownicy Zakładu Inżynierii Leśnej czynnie włączają się w prace Komitetów Zarządzających akcji COST (European Cooperation in Science and Technology) zarówno jako członkowie głównej rady naukowej (Management CommitteeMember) jak i jako członkowie pomocniczy.

- a) COST Action TU1302:SatellitePositioning Performance Assessment for Road Transport (SaPPART)
- b) COST action FP1204: Green Infrastructure approach: linking environmental with social aspects in studying and managing Urban forests.
- c) COST Action ES1404: A European network for a harmonised monitoring of snow for the benefit of climate change scenarios, hydrology and numerical weather prediction;
- d) COST Action CA15206: Payments for Ecosystem Services (Forests for Water);

- e) COST Action CA16209: Natural FloodRetention on Private Land;
- f) COST Action CA16219: Harmonization of UAS techniques for agricultural andnaturalecosystems monitoring.

Rezultatem działalności w akcjach COST jest międzynarodowe opracowanie naukowo-informacyjne powstałe w ramach prac COST Action CA15206, a dotyczącego możliwości poprawy efektywności retencyjnej terenów zalesionych:

- Valatin G., Klamerus-Iwan A i in., 2017. PESFORW: Improving the design and environmental effectiveness of woodlands for water Payments for Ecosystem Services. Research Ideas and Outcomes.3: e13828. <https://doi.org/10.3897/rio.3.e13828>.

W ramach pobytu badawczego z COST Action TU1302 w 2015 roku w Zakładzie Inżynierii Leśnej gościł prof. F-L. Pau z Uniwersytetu w Kopenhadze a rezultatem pomiarów wykonanych w tym czasie w Nadleśnictwie Wisła i Nadleśnictwie Niepołomice jest publikacja:

- Klamerus-Iwan A., Pau L-F., Kormanek M., Gołąb J., Owsiak K. 2018. Robotic forest harvesting process using gnss satellite positioning data: effects of gnss trajectory inaccuracies in forest environments. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, vol. 21, nr 4

Pobyt badawczy na Uniwersytecie w Monachium, w czasie którego pobrano próbki gleby w Niemczech a później także w Polsce zakończył się współautorską publikacją:

- Błońska E., Klamerus-Iwan A., Lasota J., Gruba P., Pach M., Pretzsch H., 2017. WhatCharacteristics of SoilFertilityCanImprove in Mixed Stands of ScotsPine and EuropeanBeechCompared with MonospecificStands?. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 49:2, 237-247.

Celem tych badań była ocena wpływu monokultur bukowych i sosnowych oraz drzewostanów mieszanych (sosna-buk) na właściwości gleby. Analizowano zawartość węgla organicznego i azotu, pH i teksturę gleby. Przeprowadzone badania potwierdziły pozytywny wpływ drzewostanów bukowych i mieszanych na zakwaszenie powierzchniowych poziomów gleby. Testowane drzewostany zostały uszeregowane malejąco w zależności od efektu zakwaszenia: drzewostan sosnowy > drzewostan mieszany (sosna + buk) > drzewostan bukowy, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami. Najkorzystniejszy wpływ na akumulację węgla organicznego miały drzewostany mieszane. Niższe stosunki C/N potwierdzają dużą szybkość rozkładu materii organicznej. Niższy stosunek C/N odnotowano w glebie pod drzewostanem bukowym w porównaniu do drzewostanów sosnowych.

W czasie stażu naukowego odbywanego na Wydziale Geografii Uniwersytetu w Leeds (Anglia) dr hab. inż. Anna Klamerus-Iwan realizowała temat badawczy: „An effect of pollution with aromatic hydrocarbons on the water storage capacity of conifer trees”. Badania zaplanowane wspólnie z prof. Emanuelem Gloor były kontynuacją prowadzonych analiz zmierzających do ustalenia czynników

wpływających na dynamikę procesu intercepcji wodnej szaty roślinnej. Efektem tej współpracy jest publikacja:

- Klamerus-Iwan A., Gloor E., Sadowska-Rociek A., Błońska E., Lasota J., Łagan S. 2018. Linking the contents of hydrophobic PAHs with the canopy water storage capacity of coniferous trees. *Environmental Pollution* 242:1176 - 1184

W 2019 roku dr inż. Słowik-Opoka zrealizowała 3 miesięczny staż naukowy w Columbia University, Department of Earth and Environmental Sciences, L-DEO, New York, USA. Celem naukowym projektu pn. "Studies of alluvial sediments formed as a result of erosion processes in Holocene (Poland) and as a result of glaciation (USA)" jest, między innymi określenie składu mineralogicznego i chemicznego próbek osadów mineralnych, określenie wieku oraz środowiska ich powstawania. Badania przeprowadzone zostaną w geochemicznym laboratorium badawczym The Argon Geochronology for the Earth Sciences (LDEO) z użyciem izotopów argonu (Ar), które znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach, w tym m.in. dotyczących badań zmian klimatu czy chronologii procesów kształtujących powierzchnię Ziemi. Przeprowadzenie założonych w projekcie badań laboratoryjnych umożliwi scharakteryzowanie czynników determinujących procesy erozyjne w leśnych zlewniach górskich, w głównej mierze odpowiadające za dostawę materiału klastycznego do koryt rzek i potoków górskich. Możliwym będzie również podjęcie próby opisu przebiegu procesów wietrzenia zachodzących w materiale skalnym w różnym stopniu zwiertzałym oraz scharakteryzowanie parametrów determinujących dynamikę tego zjawiska. Zespół naukowców tworzą: Profesor Sidney R. Hemming (USA), Profesor Steven Goldstein (USA), Dr Michael Kaplan (USA), Dr inż. Ewa Słowik-Opoka (POLAND).

4. Wizja przyszłości badań naukowych w jednostce, najważniejsze wyzwania na przyszłość

Z uwagi na fakt, że tereny górskie i podgórskie charakteryzują się stokami o znacznych pochyleniach oraz stosunkowo wysokimi, w odniesieniu do danych dot. obszaru Polski wartościami średnich rocznych opadów atmosferycznych, należy podejmować przemyślane działania inżynierskie zmierzające do opóźniania odpływu wód ze zlewni. Zwiększenie możliwości retencyjnych w zlewniach górskich można osiągnąć m.in. poprzez zapewnienie odpowiedniego zagospodarowania dolin rzecznych. Zachodzące w rzekach i potokach górskich procesy erozyjne mogą bowiem powodować wymierne szkody w infrastrukturze technicznej w dolinach (drogi leśne, przepusty, mosty), jak również, w przypadku powstania osuwisk, ograniczać leśne powierzchnie produkcyjne. Podejmowanie działań zmierzających do przeciwdziałania erozji wodnej wymaga, w pierwszej kolejności, dysponowania rzetelną wiedzą dot. inicjowania, rozwoju i dynamiki procesów erozyjnych w leśnych zlewniach górskich.

Z podejmowanych obecnie w Zakładzie Inżynierii Leśnej badań konsekwentnie wynika dalsze badanie zmian składowych bilansu wodnego atmosfera-drzewostan-gleba w różnych scenariuszach zmian klimatu i opracowanie działań zmierzających do ograniczenia wpływu na zbiorowiska leśne niekorzystanych zjawisk atmosferycznych takich jak deszcze nawalne czy okresy suszy. Wyzwaniem jest również opracowanie modeli przydatnych do ekstrapolacji na duże obszary przestrzenne właściwości retencyjnych ekosystemów leśnych oraz zastosowanie w modelach odpływu wody ze zlewni hydrologicznej charakterystyk lasu jako parametrów rozproszonych i zmiennych w czasie.

Dotychczasowe wyniki w zakresie związku pojemności wodnej i zwilżalności materiału roślinnego stanowią fundament metodyczny a opisane zależności są ważne z punktu widzenia ekologicznego. Ideą planowanych w tym zakresie badań jest przeniesienie doświadczeń z laboratorium w teren i rozbudowanie doświadczeń o tereny zurbanizowane. Wykorzystanie wniosków wyciągniętych na podstawie dotychczasowych eksperymentów będzie skutkowało wyborem najlepszych metod badawczych i pozwoli na precyzyjne opracowanie modeli eko-hydrologicznych.

W 2018 roku Zakład Inżynierii Leśnej zorganizował I Międzynarodową Konferencję Naukową „Hydrologia w Środowisku Naturalnym i Antropogenicznym (HYDRO2018). Konferencja adresowana była do naukowców oraz praktyków z kraju i zagranicy, zajmujących się zagadnieniami z zakresu szeroko rozumianej hydrologii oraz inżynierskiego zagospodarowania w obszarach naturalnych i antropogenicznych, jak również z innych dyscyplin, pokrewnych dziedzinie Nauk o Ziemi. Mamy nadzieję, że Konferencja stanie się cykliczną i będzie doskonałą okazją do prezentowania wyników badań naukowych oraz dyskusji o aktualnych trendach w hydrologii, jak również stworzy płaszczyznę służącą wymianie doświadczeń na styku teorii oraz praktyki.