

dr inż. Jan Urban

Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk
Kraków

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko:

Jan Urban

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Tytuł magistra inżyniera geologa górniczego uzyskałem na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie dnia 1 kwietnia **1978 r.** na podstawie pracy magisterskiej p.t.: „Mineralizacja strefy utlenionej złoza w Ławecznie (Góry Świętokrzyskie)”. Promotorem pracy była ówczesna doc. dr hab. inż. Ksenia Mochacka z Akademii Górniczo-Hutniczej, natomiast bezpośrednim opiekunem terenowym był doc. dr inż. Zbigniew Rubinowski z Oddziału Świętokrzyskiego Instytutu Geologicznego (obecnie Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB).

Stopień doktora nauk o Ziemi w specjalności „geologia” uzyskałem na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu na podstawie obrony pracy doktorskiej pt. „Kras kopalny trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich”, która odbyła się w dniu 11 czerwca **2001 r.** Promotorem pracy był prof. dr hab. Jerzy Głazek z Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

1978-1989 – Państwowy Instytut Geologiczny (początkowo Instytut Geologiczny), Oddział Świętokrzyski w Kielcach

1978-1980 – geolog,

1980-1985 – asystent

1985-1989 – starszy asystent

1990-1991 – Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie – geolog kartograf

Od 1991 – Instytut Ochrony Przyrody (do 1991 r. funkcjonujący jako Zakład Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych) Polskiej Akademii Nauk w Krakowie:

- 1991-1995 – pracownik naukowo-techniczny

- 1995-2001 – asystent

- 2002-2010 – adiunkt

- od 2011 – specjalista geolog (pracownik naukowo-techniczny)

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego: Litologiczne, tektoniczne i egzogeniczne uwarunkowania rozwoju oraz ewolucji świętokrzyskich skałek piaskowcowych

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

1. Urban J. 2015 – The role of gravitational processes in shaping sandstone rock landforms in low mountains: Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, central Poland. Zeitschrift für Geomorphologie, 59, suppl. 1: 35-79.

2. Urban J., Pánek T., Hradecký J., Tábořík P. 2015 – Deep structures of slopes connected with sandstone crags in the upland area of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Central Poland. Geomorphology 246: 519-530.

Mój wkład w publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań, wyborze miejsca wykonania terenowych prac geofizycznych metodą ERT a następnie na interpretacji geologiczno-geomorfologicznej wyników prac. Współautorzy wykonali techniczną część pomiarów terenowych (przy moim udziale) oraz przeprowadzili interpretację techniczną ich wyników. Jestem autorem zdecydowanej większości tekstu artykułu (w tym wniosków), który został zweryfikowany merytorycznie oraz językowo przez współautorów. Oceniam swój wkład na 60%.

3. Urban J. 2016 – The geological constraints of the development of sandstone landforms in Central Europe, a case study of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Poland. Geomorphology 274: 31-49.

4. Urban J., Górnik M. 2017 – Some aspects of lithological and exogenic control of sandstone morphology, the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts. case study, Poland. Geomorphology 295: 773-789.

Mój wkład polegał na opracowaniu koncepcji badań i wykonaniu prac terenowych oraz wstępnym zestawieniu ich wyników a następnie na interpretacji rezultatów badań zestawionych statystycznie przez współautora. Współautor zaproponował i przygotował statystyczne opracowanie pomiarów. Jestem autorem tekstu artykułu, który został zweryfikowany (zaakceptowany) przez współautora. Oceniam swój wkład na co najmniej 80%.

c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Problematyką występowania form skałkowych na terenie regionu świętokrzyskiego zainteresowałem się w czasie wykonywania inwentaryzacji stanowisk dziedzictwa geologicznego województwa kieleckiego w latach 1984-86. Zagadnieniem, które mnie wówczas zafascynowało był fakt, iż niektóre z tych skałek występują na terenach o bardzo niewielkich, kilkumetrowych różnicach wysokości lub/oraz na powierzchniach o znikomym niekiedy nachyleniu rzędu 5°. W konsekwencji pojawiło się pytanie w jaki sposób powstały te formy i jak przebiega ich ewolucja morfologiczna (Urban 1986). Rozwiązanie problemu występowania i ewolucji rzeźby skałek piaskowcowych w tym regionie było celem projektu badawczego „Litologiczne, tektoniczne i egzogeniczne uwarunkowania rozwoju oraz ewolucji świętokrzyskich skałek piaskowcowych” (2 P04E 049 29), finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego realizowanego przeze mnie w Instytucie Ochrony Przyrody PAN w latach 2006-2010.

Region świętokrzyski jest bardzo dogodnym miejscem do realizacji takiego problemu badawczego, ponieważ na jego obszarze o generalnie jednolitym typie rzeźby (Urban 2014), zbliżonych warunkach klimatycznych i uwarunkowaniach morfogenezy występują skałki zbudowane z piaskowców, piaskowców kwarcytowych oraz krzemionkowych zlepieńców o różnej litologii i warunkach tektonicznych. Skałki te powstały w obrębie utworów następujących jednostek litostratygraficznych: a) górnokambryjskiej formacji piaskowców z Wiśniówki, która tworzy pasma najwyższych wzniesień w regionie (np. Pasma Łysogórskie), b) dolnodewońskich formacji z Barczy oraz z Zagórza, występujących w różnych częściach trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, c) dolnotriasowej (induan) formacji z Zagnańska w zachodniej i północnej części obrzeżenia permsko-mezozoicznego, d) dolnotriasowych (olenek) warstw z Krynek w północnym odcinku obrzeżenia permsko-mezozoicznego, e) dolnojurańskiej (hettang) formacji skłobskiej w północnym odcinku obrzeżenia permsko-mezozoicznego, f) dolnojurańskiej (synemur) formacji ostrowieckiej w północnej i północno-zachodniej części obrzeżenia. Ważny z punktu widzenia celu i metod badań był fakt, że w profilu świętokrzyskich skał paleozoicznych oraz triasowych i jurajskich, oprócz wymienionych wyżej skałotwórczych piaskowców, występują serie piaskowcowe tworzące jedynie pojedyncze formy skałkowe lub wręcz nie

budujące skałek (w badaniach nie uwzględniono piaskowców wieku kredowego, jako nie leżących w granicach regionu).

Świętokrzyskie formy skałkowe są zazwyczaj niewielkie (o wysokości 4-6 m, maksymalnie 12 m), ale zróżnicowane pod względem kształtu i sposobu występowania. Skałki powstałe w piaskowcach kwarcytowych wieku górnokambryjskiego (15 stanowisk) tworzą pojedyncze grzebienie oraz nieregularne kopuły skalne na grzbietach pasm górskich. Piaskowce i piaskowce kwarcytowe dewonu tworzą zazwyczaj niewielkie i pojedyncze formy skałkowe usytuowane w różnych częściach wzniesień: nachylone (zgodnie z zapadaniem warstw) stoły skalne na stokach, jak również przygrzbietowe oraz grzbietowe ambony i grzędy (10 stanowisk). Skałki zbudowane z dolnotriasowych piaskowców formacji z Zagnańska (11 stanowisk) występują w dwu większych grupach złożonych z progów, ambon i licznych bloków (*ex situ*), jak również tworzą pojedyncze grzebienie na grzbietach, a także progi i ambony skalne występujące w pozycjach przygrzbietowych i stokowych. Skałki zbudowane z piaskowców dolnotriasowych warstw z Krynek (19 stanowisk) oraz z piaskowców dolnojurańskich (15 stanowisk) tworzą w większości generalnie podobne do siebie grupy złożone z przywierzchwinowych progów, ścian i ambon skalnych (rozcłonkowanych czół kuest), którym towarzyszą położone niżej na stoku, niekiedy bardzo liczne bloki (*ex situ*) o różnej wielkości i pokroju.

Problematyka uwarunkowań morfogenezy skałek w Górach Świętokrzyskich może być sformułowana szerzej, niż w publikacjach dotyczących skałek w suchych strefach klimatycznych, w których piaskowce powszechnie tworzą odsłonięte powierzchnie (np. Cilek et al. 2007; Young et al. 2009). W strefie klimatów umiarkowanych Europy Środkowej, gdzie wiele formacji piaskowcowych w ogóle nie tworzy form skałkowych, zagadnienie morfogenezy skałek dotyczy bowiem nie tylko wpływu cech litologicznych i tektoniczno-strukturalnych na ich kształt, lecz skupia się na samym ich powstawaniu, odpowiadając na pytanie w jaki sposób cechy litologiczne i tektoniczne warunkują w ogóle istnienie form skałkowych (np. Robinson 2007). Dlatego celem moich badań było w szczególności:

- a) wyjaśnienie w jaki sposób pozycja serii skał piaskowcowych w profilu litostratygraficznym, makrostruktury piaskowców, ich skład mineralny i tekstury (w sensie wzajemnego ułożenia składników), własności mechaniczne, gęstość spękań ciosowych oraz powierzchni oddzielności poziomej a także kierunki tych spękań i powierzchni uwarstwienia, wpływają na powstawanie, występowanie oraz kształt form skałkowych (temu zagadnieniu poświęcona jest publikacja Urban 2016);

- b) rekonstrukcja procesów, które doprowadziły do powstania form skałkowych (czyli obnażenia i fragmentacji skał piaskowcowych oraz utrzymywania się stromo nachylonych ścian skalnych – Cilek et al. 2007) oraz decydowały/decydują o ich dalszej ewolucji, m.in. o powstawaniu grup skałkowych, kształcie skałek (temu zagadnieniu poświęcone są publikacje Urban 2015a; Urban et al. 2015c);
- c) wyjaśnienie, w jaki sposób cechy wewnętrzne (litologia, struktura, tekstura skał) oraz czynniki zewnętrzne decydują o rzeźbie powierzchni skałkowych (temu zagadnieniu poświęcona jest publikacja Urban, Górnik 2017).

Przedmiotem badań były wszystkie znane stanowiska skałkowe regionu świętokrzyskiego (80 stanowisk). Oprócz obserwacji ogólnych (kształtu i wielkości form skałkowych, makrostruktur), kartowania grup skałkowych (mapy 22 stanowisk) oraz zestawienia profilów morfologicznych stoków powyżej, w obrębie oraz poniżej skałek (100 profilów w 79 stanowiskach; prace wykonywane były przed powszechnym udostępnieniem map lidarowych), badania obejmowały pomiary określonych cech, takich jak: miąższości warstw skalnych, odległości pomiędzy powierzchniami ciosowymi, orientacja powierzchni ciosowych i ławicowych (w celu określenia uwarunkowań tektonicznych oraz oceny zmiany położenia form skałkowych *ex situ*), nachylenie stoku w poszczególnych jego odcinkach, kierunek ekspozycji poszczególnych typów rzeźby skałkowej. Badania laboratoryjne objęły: pomiary własności fizyczno-mechanicznych piaskowców, w tym przede wszystkim nasiąkliwości (porowatości efektywnej), a także obserwacje mikroskopowe, w tym analizy procentowego składu mineralnego badanych skał. Takie same pomiary terenowe a także badania laboratoryjne, przeprowadziłem dla piaskowców nie tworzących form skałkowych (odsłoniętych w kamieniołomach) w celu analizy porównawczej. Szereg danych dotyczących zwłaszcza składu mineralnego oraz własności fizyczno-mechanicznych uzyskałem z publikacji oraz materiałów archiwalnych (za zgodą autorów tych materiałów). **Analiza oparta na danych pomiarowych wyrażonych konkretnymi, obiektywnymi wartościami, jest nowatorskim podejściem do analizy uwarunkowań genetycznych form skałkowych,** która dotąd polegała głównie na subiektywnych opisach (ilustrują to opracowania omawiające dotychczasowy dorobek w tym zakresie, np. Cilek et al. 2007; Young et al. 2009; Migoń et al. 2017). Liczba danych pomiarowych, sięgająca od kilkudziesięciu (niektóre własności mechaniczne) do kilku tysięcy (pomiary terenowe), pozwoliła na wykorzystywanie metod statystycznych, co umożliwiło obiektywne wnioskowanie.

Oprócz form skałkowych badaniami objąłem również osady stokowe towarzyszące skałkom obserwowane i opróbowane w naturalnych oraz sztucznych odsłonięciach. W ramach tych badań wykonane zostały analizy składu petrograficznego (w tym minerałów ciężkich) oraz wielkości, kształtu i obtoczenia ziarn a także datowania OSL (Urban 2015). Ponadto wykonane zostały 4 profile tomografii elektrooporowej (ERT) wzdłuż stoków, na których występowały skałki (Urban et al. 2015c).

Analiza cech skałek oraz towarzyszących im osadów, obejmowała również przegląd wyników badań tych samych cech/parametrów prowadzonych na innych obszarach piaskowcowych, zwłaszcza na obszarze Europy, gdzie skałki formowane były w podobnych warunkach klimatycznych (publikacje te nie są tu cytowane, ze względu na skondensowany charakter prezentacji zagadnienia w autoreferacie). Niestety, w zdecydowanej większości przypadków opinie te mają charakter opisowy, zaś parametry nie są wyrażone konkretnymi wartościami.

Analiza uwarunkowań geologicznych formowania się skałek w regionie świętokrzyskim wykazuje, że żadna z cech piaskowców nie decyduje niezależnie o zdolności do tworzenia się skałek (Urban 2016). Każdy z branych pod uwagę parametrów warunkuje morfogenezę skałek powstałych w utworach poszczególnych jednostek litologicznych w swoisty sposób, w korelacji z innymi cechami (co podkreślane było już przez innych autorów, np. Cilek et al. 2007; Young et al. 2009). Cechami typowymi dla piaskowców tworzących skałki świętokrzyskie są: (i) wysokoenergetyczne warunki sedymentacji odzwierciedlone w specyficznych makrostrukturach skał, takich jak nieregularne uławicenie i brak wkładek ilastych, mułowcowych lub piaszczysto-mułowcowych, nierówne uziarnienie, przekątna laminacja (pewne odmienności w tym zakresie wykazują tylko drobnoziarniste i bardzo drobnoziarniste kambryjskie piaskowce kwarcytowe); (ii) głównie krzemionkowy, kwarcowy skład zarówno szkieletu ziarnowego jak i spoiwa, a także (iii) występowanie skałkotwórczych serii piaskowcowych o miąższości od kilku do kilkudziesięciu metrów, w sekwencjach geologicznych o dużej zmienności litologicznej, z udziałem serii ilastych, mułowcowych i heterolitycznych. Pozostałe parametry geologiczne i fizyczno-mechaniczne piaskowców skałkotwórczych wykazują wyraźne zróżnicowanie warunkowane ilością cementu krzemionkowego (tab. 1). Paleozoiczne piaskowce kwarcytowe mają przestrzeń intergranularną wypełnioną krzemionką, podczas gdy piaskowce triasowe warstw z Krynek oraz piaskowce skałkotwórcze wieku jurajskiego są bardzo ubogie w cement, mając krzemionkowe spoiwo kontaktowe (co powoduje, iż cechują

się wysoką porowatością otwartą). W konsekwencji, w przypadku skał paleozoicznych, wysoka odporność na wietrzenie i erozję (i – tym samym – trwałość przy obnażaniu na powierzchni oraz stabilność pionowych ścian skalnych) jest warunkowana dużą ilością spoiwa krzemionkowego i wyrażona odpowiednimi parametrami fizyczno-mechanicznymi, takimi jak mierzone laboratoryjnie wysoka wytrzymałość na ściskanie oraz niska ścieralność. Z kolei w przypadku piaskowców mezozoicznych (z pewnymi wyjątkami dotyczącymi skał formacji z Zagnańska) kluczową cechą decydującą o wytrzymałości na wietrzenie jest specyficzna kohezja spowodowana bardzo gęstym upakowaniem ziarn szkieletu oraz ich cementacją niemal wyłącznie krzemionką. Ziarna szkieletu tych skał, oprócz kontaktów punktowych, często wykazują kontakty wklęsło-wypukłe, wydłużone a nawet suturowe, powstałe w rezultacie kompaktacji chemicznej. Dolnotriasowe piaskowce formacji z Zagnańska zajmują pozycję pośrednią: z jednej strony mają więcej spoiwa krzemionkowego (i – w konsekwencji – wyższe niż inne piaskowce mezozoiczne parametry fizyczno-mechaniczne), z drugiej – także ich szkielet ziarnowy jest silnie upakowany. Stopień upakowania szkieletu ziarnowego oraz krzemionkowy charakter spoiwa, jak również skład litologiczny (brak wkładek ilastych i mułowcowych) odróżnia mezozoiczne piaskowce skałkotwórcze od triasowych i jurajskich piaskowców nie tworzących form skałkowych na obszarze badań (Urban 2016).

Bardzo istotnymi cechami warunkującymi powstawanie oraz kształt form skałkowych, są też: miąższość ławic oraz odległość (gęstość) spękań ciosowych, które z jednej strony warunkują bezpośrednią odporność piaskowców na procesy denudacyjne (wietrzenie i erozję), z drugiej zaś mają istotne znaczenie dla rozwoju procesów grawitacyjnych, formujących skałki/grupy skałkowe (omówionych niżej). Wielkości odległości spękań i grubości ławic mieszczą się statystycznie w określonych granicach dla poszczególnych typów piaskowców skałkotwórczych (tab. 1). Szczególne znaczenie cechy te mają dla mniej odpornych na wietrzenie mezozoicznych piaskowców skałkotwórczych, dla których można określić optymalne (dla rozwoju skałek) wartości grubości ławic oraz odległości spękań (dwa zespołów ciosu ortogonalnego). Wartości optymalne warunkowane są przez dwa czynniki: (i) tempo wietrzenia postępującego od granic fragmentu masywu odciętego powierzchniami ławicowymi i ciosowymi oraz (ii) możliwości grawitacyjnego rozpadu masywu (odsuwania się fragmentów odciętych spękaniami od wychodni serii piaskowcowej). Zbyt gęsty cios i uławicenie powodują w przypadku tych piaskowców szybki i całkowity rozpad fragmentów skalnych, natomiast duże, odcięte rzadkim ciosem fragmenty

skalne nie mają możliwości odsuwania się od wychodni serii, co uniemożliwia kształtowanie się ścian skalnych (przykładem takich piaskowców nie tworzących skałek z powodów niewłaściwej gęstości ciosu oraz uławicenia są triasowe piaskowce tumlińskie i jurajskie piaskowce szydlowieckie). Z kolei istotnym czynnikiem warunkującym formowanie się skałek zbudowanych z piaskowców paleozoicznych o gęstych spękaniach ciosowych jest wyraźne nachylenie ławic w kierunku przeciwnym do ekspozycji ścian skalnych, utrudniające więc grawitacyjne odpadanie stosunkowo niewielkich i niestabilnych fragmentów skalnych odciętych tymi powierzchniami (Urban 2016).

Obok bezpośredniej denudacji (wietrzenia i erozji) powierzchni piaskowcowych, czynnikiem niezbędnym do powstania i ukształtowania skałek był zespół procesów odsłaniających serie piaskowcowe oraz kształtujących pionowe lub stromo nachylone ściany utworzone w piaskowcach. Badania głębokich struktur stokowych (w oparciu o ERT oraz obserwacje powierzchniowe – Urban et al. 2015c), powierzchniowych elementów skalnych (form skałkowych) *in situ* oraz *ex situ* (przemieszczonych grawitacyjnie bloków skalnych), jak również struktur i składu petrograficznego pokryw stokowych występujących w otoczeniu skałek wskazują, że odpowiedzialne za odsłanianie i ewolucję form skałkowych w regionie świętokrzyskim są trzy główne procesy generowane czynnikiem grawitacyjnym: (i) deformacje dużych masywów skalnych w obrębie stoków, (ii) ruchy bloków piaskowcowych na powierzchni stoku, (iii) transformacje pokryw stokowych.

Deformacje dużych mas skalnych polegają na rozpadzie, rozsuwaniu się (*lateral spreading*) i przechylaniu (*toppling*) (w różnej skali: od kilku metrów do kilkuset metrów) fragmentów serii piaskowcowych w obrębie niektórych stoków na obszarze Gór Świętokrzyskich, na których występują formy skałkowe. Zjawisko to, powszechnie obserwowane w wysokich górach (Agliardi et al. 2012), wydaje się wyjątkowe w regionie o bardzo małym gradiencie topograficznym, w którym nie obserwuje się współcześnie głębokich osuwisk. Podstawowymi warunkami powstawania takich deformacji były: litologiczna zmienność utworów podczwartorzędowego podłoża (obecność litotypów podatnych na plastyczne deformacje: iłów, iłowców, mułowców, heterolitów) oraz istnienie czynników zewnętrznych generujących takie deformacje. Najbardziej prawdopodobnym mechanizmem generującym takie deformacje było uplastycznienie utworów podłoża piaskowców w rezultacie wzrostu ciśnienia porowego wody, niszczącego struktury skały w czasie jej rozmrażania, tzw. *cambering* (Parks 1991). Proces taki mógł wielokrotnie występować podczas oscylacji zasięgu wieloletniej zmarzliny w późnym glacie, zwłaszcza

w trakcie starszego i młodszego dryasu. Inną przyczyną deformowania stoków mogło być rozmrażanie wieloletniej zmarzliny powiązane z naciskiem lądolodu i głębokimi rozmyciami podłoża podczas maksymalnego zasięgu lądolodu zlodowacenia odry. Duże deformacje mają więc charakter kopalny (są zamaskowane przez młodsze, plejstoceńskie procesy peryglacjalne), jednak niewielkie deformacje masywów na stosunkowo stromych stokach zachodziły również w holocenie (Urban et al. 2015c). **Istotnym osiągnięciem tej części moich badań jest stwierdzenie występowania takich deformacji oraz określenie przyczyn ich powstawania na terenach wyżynnych, na których dotychczas nie rejestrowano ich występowania i – w konsekwencji – nie były one badane.**

Tab. 1. Cechy (właściwości) typowe lub optymalne dla skałotwórczych piaskowców i piaskowców kwarcytowych w Górach Świętokrzyskich. Cechy szczególnie ważne (korzystne lub ograniczające możliwości tworzenia skałek) pokazano na szarym tle; strzałki wskazują zależności istotne dla rozwoju i występowania skałek (za: Urban 2016).

Cechy, parametry - typowe lub optymalne wartości	Kambr	Dewon	Trias		Jura	
	Form. piaskowców z Wiśniówki	Form. z Barczy, form. z Zagorza	Formacja z Zagnańska	Warstwy z Krynek	Formacja ze Skłobów	Formacja ostrowiecka
System depozycyjny (warunkujący wykształcenie strukturalne)	wysokoenergetyczne, wodne warunki depozycyjne					
Skład mineralogiczny	kwarcowe lub sublityczne arenity, przeważnie krzemionkowy cement					
Tekstura (główne cechy)	morskie: płytkie lub głęb.	plytkomorskie i/lub rzeczne	rzeczne (rzeki roztokowe)	plytkomorskie lub rzeczne	plytkomorskie (przybrzeżne)	
Pusta przestrzeń intergran. [%]	0	0-2	5-10	5-15	10-15	
Nasiąkliwość [%]	ca 0.5	0-2	3-5	4-6	4-8	
Wytrzym. na ściskanie [Mpa]	ca 200	ca 150	30-60	30-80	20-80	30-50
Ścieralność [cm]	ca 0.5			1-5		
Grubość ławic [m]	0.7 (0.3-1.0)	1.2 (0.7-2.0)	1.3 (0.9-2.1)	0.9 (0.2-2.1)	1.1 (0.9-1.6)	
Odl. spękań ciosowych [m]	ca 1	ca 2	3 (2-6)	6 (3-11)	4 (2-6)	
Nachylenie warstw [°]	10-50	10-40	5-20	0-5		

Podstawowe znaczenie dla powstawania ścian skalnych (progów, ambon skalnych) oraz kształtu grup skałkowych miały grawitacyjne przemieszczenia bloków skalnych (o średnicy do 20 m) na powierzchni stoku, odizolowanych od serii skalnych *in situ* powierzchniami spękań ciosowych. Przemieszczenia te o charakterze translacyjnym i/lub rotacyjnym (np. przechył, rotacja wsteczna lub boczna, rotacja wokół osi pionowej) a nawet wypiętrzania (dla wielu bloków ruch ten został szczegółowo określony na podstawie pomiarów), następowały na powierzchniach stokowych często o bardzo niewielkim (rzędu 5° a nawet mniejszym) nachyleniu. Ruch bloków na słabo nachylonych powierzchniach stokowych związany jest z obecnością serii ilasto-pyłastych lub marglistych w podłożu serii

piaskowcowej. Pozycje bloków wskazują na **dwa mechanizmy ich transportu: (i) pasywny transport spowodowany plastycznymi deformacjami podłoża** (np. podnoszenie bloków w wyniku wygniatania plastycznych osadów spod serii piaskowcowej i ich spiętrzania na przedpolu wychodni skalnych); **(ii) powolne, indywidualne spelzwanie bloków po powierzchni o zmniejszonym współczynniku tarcia**. Uplastycznienie i zmniejszenie oporów tarcia następowało głównie w wyniku opisywanego już wyżej procesu zwanego *cambering*. Proces ten na obszarze badań rozwijał się w późnym glacie (co potwierdzają datowania OSL) w trakcie oscylacji klimatycznych starszego i młodszego dryasu, powodujących zmiany zasięgu (rozmrzanie i zamrażanie) wieloletniej zmarzliny. Dopływ wód w okresach zwilgotnienia klimatu występujących w tym czasie przyczyniał się do zwiększenia plastyczności i zmniejszenia sił tarcia skał występujących w podłożu piaskowców. Bloki występujące w świętokrzyskich grupach skałkowych nie powinny być więc utożsamiane z tak zwanymi blokami płużącymi (*ploughing boulders*), które są mniejsze i których ruchy, związane z sezonowymi zmianami temperatury, następują w obrębie soliflukcyjnych pokryw stokowych (Urban 2015a). Podobnie do koncepcji sformułowanej w opisie pozycji bloków skalnych w Górach Stołowych przez Duszyńskiego i Migonia (2015), większość bloków w skałkach świętokrzyskich nie podlegała gwałtownym ruchom, takim jak obrywy czy ruchy osuwiskowe, jednakże – inaczej niż w Górach Stołowych – rola ruchów poziomych w przypadku skałek świętokrzyskich wydaje się ewidentna i jest udokumentowana zróżnicowaną pozycją bloków, ich stopniem zwietrzenia podobnym do ścian skalnych *in situ* oraz uzasadniona podatnością podłoża na uplastycznienie w określonych warunkach. Specyfika recepcji i transferu ciepła w otoczeniu bloków skalnych (analizowana w artykule – Urban 2015a) mogła powodować różną ich rotację wokół osi pionowej: prawoskrętną na stokach o ekspozycji południowo-zachodniej i lewoskrętną na stokach południowo-wschodnich, co może być potwierdzone obserwacjami w niektórych grupach skałkowych.

Pozycja skałek w obrębie większych form rzeźby (grzbietów, stoków) oraz ich kształt (wydłużenie) wykazują wyraźny związek z kierunkami tektonicznymi: orientacją ławic oraz spękań ciosowych. Biorąc pod uwagę alternatywnie obie cechy tektoniczne – kierunki rozciągłości ławic oraz kierunki płaszczyzn ciosowych – zgodność pomiędzy tymi cechami oraz rozciągłością powierzchni skalnych eksponowanych w obrębie form skałkowych (ścian, progów lub grzęd skalnych) lub rozciągłością grup skałkowych, występuje w przypadku 75% stanowisk. W świetle tej zgodności oraz szczegółowej analizy powiązań pomiędzy badanymi

cechami piaskowców skałotwórczych można sformułować tezę, że **odpowiednie relacje pomiędzy odpornością skał na wietrzenie, gęstością ciosu i ulawicenia oraz tektoniką (orientacją ciosu i ulawicenia) decydowały o rozwoju skałek, ich kształcie oraz charakterze grup skałkowych** (tab. 1). W przypadku poziomo leżących lub słabo pochylonych serii piaskowców mezozoicznych, które tworzą przywierzchwinowe ściany, progi i ambony skalne oraz bloki na stokach, odpowiednie odległości spękań warunkowały: (i) grawitacyjną stabilność części masywu skalnego, (ii) stopniową progresję wietrzenia fragmentów skalnych postępującą od powierzchni ciosowych i ławicowych. Jednocześnie odpowiednie odległości ciosowe umożliwiły w warunkach peryglacjalnych późnego glacjału dylatacyjno-grawitacyjną fragmentację brzeżnych części masywu – proces, który miał zasadnicze znaczenie dla tworzenia się grup skałkowych. W przypadku kambryjskich piaskowców kwarcytowych oraz części triasowych piaskowców formacji z Zagnańska, strome nachylenie warstw oraz ich gęste spękania były czynnikami decydującymi o powstawaniu skałek mających charakter grzęd, murów i stożków skalnych wieńczących grzbiety. Podobne nachylenie warstw lecz rzadsze spękania w obrębie piaskowców wieku dewońskiego, sprzyjały z kolei powstawaniu form przygrzbietowych i stokowych o charakterze stołów i progów (Urban 2016).

Powstawanie oraz usuwanie materiału zwietrzelinowego i innych osadów przykrywających serie piaskowcowe, miało podstawowe znaczenie dla odsłaniania form skałkowych. Pokrywy stokowe w otoczeniu skałek reprezentują piaski i diamiktony powstałe z materiału pochodzącego z otaczających piaskowców, w których występuje domieszka ziarn piaszczystych pochodzenia eolicznego. Znikomy udział lub brak w tych utworach materiału fluwioglacjalnego i glacialnego, sugeruje szybki transport i usuwanie osadu (bowiem tego typu sedymenty wcześniejszych zlodowaceń, nie tylko kompleksu południowopolskiego, ale w przypadku skałek północnej części regionu, także zlodowacenia odry zostały usunięte prawie w całości z otoczenia skałek). Jak wskazują datowania OSL (Urban 2015a), **obecnie istniejące pokrywy stokowe utworzyły się podczas pleniglacialnego pessimum Vistulianu oraz w późnym glacialu** (najmłodsze daty OSL sugerują wczesno holoceniński wiek osadów, ale mogą być odmłodzone). Pokrywy stokowe powstały w wyniku mechanicznego wietrzenia piaskowców, znacznie intensywniejszego w warunkach peryglacjalnych niż obecnie oraz grawitacyjnego pełznięcia tego osadu (z domieszką ziaren eolicznych) w dół stoku. Ze względu na uziarnienie (przewaga średnich ziarn frakcji piaszczystej, brak frakcji pylasto-ilastych) osady nie stanowiły jednak typowych pokryw soliflukcyjnych. Rola procesów

eolicznych w formowaniu skałek świętokrzyskich uznawana dawniej za podstawową (Lindner 1972) jest trudna do oceny, aczkolwiek obecność ziarn pochodzących z transportu eolicznego w pokrywach, wskazuje na aktywność tych procesów podczas górnego pleniglacjału i późnego glacjału (Urban 2015a).

Analizując procesy formowania się skałek w różnych skalach, badałem również wpływ litologii oraz czynników zewnętrznych (insolacja, infiltracja wód opadowych, wiatr) na kształtowanie rzeźby powierzchni skalnych. Ten kierunek badań miał charakter komplementarny do omówionych wyżej i, koncentrując się na skali „mikro-”, uzupełniał rozważania genetyczne w skali „mezo-” (Urban, Górnik 2017). Badania te obejmowały: (i) analizę występowania różnych typów rzeźby powierzchni skalnych w zależności od nasiąkliwości (porowatości otwartej) skał; (ii) analizę występowania poszczególnych typów rzeźby powierzchni skałek w zależności od ich ekspozycji. W piaskowcach zbudowanych prawie wyłącznie z krzemionki i różniących się ilością krzemionkowego spoiwa – a tak jest w przypadku skałotwórczych piaskowców świętokrzyskich – zmienność nasiąkliwości dobrze wyraża główne cechy litologiczne i jest skorelowana z innymi mechanicznymi właściwościami skał, takich jak odporność na wietrzenie (Peszat 1973; Stück et al. 2013).

Na pionowych (stromych) powierzchniach skałkowych wyróżniłem (posługując się w miarę możliwości klasyfikacją Mikulaša 2007) następujące, dominujące typy rzeźby: 1) rzeźba spękaniowa (powstająca w rezultacie pękania skały wzdłuż osłabionych mikrostraf i odspajania fragmentów skalnych wzdłuż tych spękań), typowa dla skał o bardzo niskiej nasiąkliwości, poniżej 1,5%; 2) rzeźba gładka, powszechnie występująca w przypadku skał o nasiąkliwości większej niż 1,5%; 3) morfologia odzwierciedlająca sedymentacyjne i diagenetyczne makrostruktury skały, powszechna również na powierzchniach skał o nasiąkliwości przewyższającej 1,5%; 4) struktury typu plastra miodu (*honeycombs*) występująca na powierzchniach skał o nasiąkliwości 5-8%; 5) powierzchnie podlegające dezintegracji ziarnowej oraz/lub łuszczeniu naskorupień występujące w obrębie ścian piaskowców o nasiąkliwości rzędu 3,5–8%. Rzeźba gładka oraz morfologia odzwierciedlająca sedymentacyjne i diagenetyczne makrostruktury, występują jako wzajemne substytuty, w zależności od nachylenia ścian skalnych: pierwsza dominuje na powierzchniach eksponowanych bezpośrednio na opad deszczu i pozbawionych naskorupień, co wskazuje, że warunkowana jest m.in. erozją deszczową. Pod względem litologicznych uwarunkowań morfologii powierzchni skalnych można wyróżnić następujące typy rzeźby: a) formy bardzo

wyraźnie warunkowane litologią o bardzo niskiej porowatości, powstające przy praktycznym braku porowego krążenia wód, reprezentowane przez rzeźbę spękania (1); b) formy rzeźby, których rozwój jest również ograniczony do skał o specyficznej nasiąkliwości, silnie jednak związane genetycznie z krążeniem wód, takie jak struktury typu plastra miodu (4), a także szybka dezintegracja ziarnowa i struktury złuszczeniowe (5); c) typy rzeźby słabo warunkowane litologią, ale powstające jedynie w warunkach krążenia wód porowych, takie jak rzeźba gładka (2) oraz morfologia odzwierciedlająca makrostruktury skały (3), (Urban, Górnik 2017).

Występowanie rzeźby typu plastra miodu (4) głównie na powierzchniach skalnych o ekspozycji od południowo-wschodniej do północno-zachodniej, sugeruje istotną rolę w jej formowaniu takich czynników, jak insolacja oraz dominujący, zachodni kierunek wiatru i deszczu. **Rozwój rzeźby typu plastra miodu jest więc warunkowany dwoma zjawiskami: naprzemiennym wysuszaniem oraz zwilgoceniem skały powodowanym przez czynniki zewnętrzne oraz specyfiką litologiczną skały wyrażoną porowatością mieszczącą się w określonych granicach.** W ten sposób rezultaty badań potwierdzają tezę, że rzeźba typu plastra miodu, tak trudna do genetycznego opisu, bo występująca we wszystkich strefach klimatycznych oraz w bardzo różnych skałach magmowych i osadowych (Groom et al. 2016), jest zależna od tempa oraz kierunków krążenia porowego wody w skale, stymulowanego zarówno przez litologię, jak i czynniki zewnętrzne. W formowaniu się innych (badanych) typów rzeźby, których występowanie jest niezależne od kierunku ekspozycji powierzchni skalnych, litologia odgrywa istotną rolę ograniczając krążenie porowe, bądź też umożliwiając takie krążenie, w którego (szerokim) zakresie rozwijają się te typy rzeźby. W konsekwencji występowanie tych typów rzeźby nie jest warunkowane przez czynniki zewnętrzne z wyjątkiem erozji deszczowej (Urban, Górnik 2017). **Badane typy rzeźby wpisują się dobrze w klasyfikację morfofacjalną zaproponowaną przez czeskich autorów** (Adamovič et al. 2011), rozszerzając tę klasyfikację w zakresie morfofacji charakterystycznych dla piaskowców o niskiej porowatości reprezentowanych przez spękaniaowy typ rzeźby (Urban, Górnik 2017).

Wykonane przeze mnie badania litologicznych, tektonicznych oraz egzogenicznych uwarunkowań powstania i ewolucji skałek objęły procesy i cechy w bardzo rozległej skali przestrzennej – od skali całych stoków, po skałę poszczególnych powierzchni skałkowych. W tych badaniach starałem się jednocześnie uwzględnić jak największą ilość cech

i czynników oraz powiązań pomiędzy nimi. Dzięki zróżnicowaniu cech geologicznych, a także wykorzystaniu wymiernych (uzyskanych z pomiarów) i wobec tego w miarę obiektywnych danych, zebrałem materiał porównawczy, który może być wykorzystany do interpretacji wyników badań w innych regionach a także do formułowania ogólniejszych hipotez. W konsekwencji, wyniki tych badań pozwalają na identyfikację zarówno cech lokalnych specyficznych dla skałek świętokrzyskich, jak i generalnych prawidłowości związanych z powstawaniem i ewolucją form skałkowych. W szczególności moje badania wykazały wiele podobieństw ewolucji, wykształcenia i pozycji form skałkowych pomiędzy skałkami świętokrzyskimi a skałkami zbudowanymi z piaskowców występujących w stosunkowo cienkich seriach skalnych w innych regionach Europy (np. w Anglii i Walii: Robinson, Williams 2005; Robinson 2007), ale też różnice w stosunku do „miast skalnych” tworzonych przez grube kompleksy piaskowcowe, np. czeskiej niecki kredowej (opisane np. przez: Young, Young 1992; Young et al. 2009; Migoń et al. 2017). Dokładniejsze porównania będą jednak możliwe dopiero po uzyskaniu danych pomiarowych (wyrażonych wartościami liczbowymi) z tych obszarów skałkowych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

5.1. Kras gipsowy na Ponidziu

Oprócz badań skałek piaskowcowych, w okresie od obrony pracy doktorskiej (2001 r.) do dziś, podejmowałem wiele innych kierunków badań naukowych, prowadząc prace samodzielnie, lub – częściej – w zespołach, którymi praktycznie kierowałem lub też byłem jednym ze współpracowników. Do najważniejszych takich kierunków badawczych należy problematyka krasu gipsowego na Ponidziu (SE część Niecki Nidziańskiej) koncentrująca się zwłaszcza na terenie Niecki Soleckiej, na którym występuje zdecydowana większość jaskiń krasowych wykształconych w gipsach mioceńskich polskiej części zapadliska przedkarpackiego. Problematyka ta, kontynuowana od czasu realizacji inwentarza jaskiń Ponidzia (Gubała i in. 1998), została zaprezentowana w wielu artykułach naukowych (Urban i in. 2003, 2008, 2009, 2012a) oraz monografii o charakterze popularnonaukowym (Urban 2008). W publikacjach tych tematyka krasu była stopniowo rozwijana (wraz z postępami prac dokumentacyjnych), ostatnio zaś została podsumowana w syntetycznej publikacji (Urban i in. 2015). Badania zespołu, którym praktycznie kierowałem (wyznaczając cele i metody prac) polegały przede wszystkim na charakterystyce opisowej różnych form krasu gipsowego: ich kształtu, rzeźby, jak również sytuacji geologiczno-strukturalnej, hydrogeologicznej

i geomorfologicznej. Na podstawie tych badań udało się zrekonstruować okresy ewolucji krasu gipsowego na terenie Niecki Soleckiej, poczynając od mezogenetycznego stadium ewolucji serii ewaporatowej i etapu rozwoju krasu międzywarstwowego, rozwijanego w warunkach głębokiego krążenia wód, poprzez etap krasu rozcinanego, po etap krasu denudowanego, które należą już do telogenetycznego stadium ewolucji formacji. Formami powstałymi na etapie krasu międzywarstwowego (*intrastratal karst*) są jedynie dwie jaskinie: Jaskinia w Krzyżanowicach Górna oraz Jaskinia Chotelecka, w rzeźbie których zachowały się świadectwa konwekcyjnego krążenia wód w warunkach freatycznych. Najstarszymi przejawami krasu rozcinanego (*entrenched karst*), rozwijanego w warunkach bezpośredniego rozcinania masywu krasowiejącego, są duże obniżenia krasowo-denudacyjne powstałe w obrębie form brachyantyklinalnych. Obniżenia te były szczegółowo badane przez A. Chwalik-Borowiec (2007), która na podstawie oceny tempa denudacji chemicznej i mechanicznej oszacowała ich wiek na starszy plejstocen, ewentualnie pliocen. Natomiast zdecydowana większość jaskiń (około 100) oraz lejów krasowych reprezentuje (prawie) współczesny etap krasu denudowanego (*denuded karst*) i powstała w strefie swobodnego zwierciadła wód podziemnych, w warunkach przepływu lub stagnacji wód oraz stopniowego obniżania się tego zwierciadła. Dokumentują to zarówno strukturalne oraz topograficzno-hipsometryczne cechy występowania jaskiń, jak i formy ich rzeźby (Urban i in. 2015a).

W tym kontekście Niecka Solecka jest jedynym regionem w Polsce, w którym aktywny kras jest powszechnie dostępny do bezpośredniej obserwacji (Urban i in. 2012a, 2015a), co decyduje o jego unikatowej wartości naukowej i edukacyjnej. Wydaje się, że na aktualnym etapie możliwości metodycznych, zagadnienia speleogenezy krasu gipsowego Niecki Soleckiej zostały rozwiązane w sposób wystarczający. Bardzo interesującym problemem badawczym pozostaje natomiast kras środkowej i wschodniej części Poniżnia, który wyraźne różnice w stosunku do krasu Niecki Soleckiej (brak jaskiń, przy występowaniu licznych i rozległych depresji oraz lejów krasowych), warunkowane prawdopodobnie odmienną litologią podłoża serii ewaporatowej (Liszkowski 1979; Urban i in. 2017).

Ważnym wątkiem badań krasu gipsowego była analiza podobieństw i różnic pomiędzy jaskiniami Niecki Soleckiej a wielkimi systemami jaskiniowymi zachodniej Ukrainy, które występują w obrębie serii ewaporatowej tego samego wieku i basenu sedymentacyjnego. Szczegółowo opisane (Urban et al. 2008) znaczne różnice wielkości, występowania przestrzennego, kształtu i rzeźby a nawet utworów wtórnych (nacieków) pomiędzy jaskiniami Poniżnia i zachodniej Ukrainy wynikają z faktu, że systemy te powstały na zupełnie innych

etapach ewolucji geologiczno-geomorfologicznej obszaru. Mianowicie systemy jaskiniowe zachodniej Ukrainy powstały w mezogenetycznym stadium ewolucji serii ewaporatowej, na etapie krasu głębokiego, w warunkach ascensyjnego krążenia wód, stąd w Niecce Soleckiej ich genetycznym odpowiednikiem są jedynie dwie jaskinie wspomniane wyżej: Jaskinia w Krzyżanowicach Górna oraz Jaskinia Chotelecka. Natomiast wszystkie inne znane dotąd jaskinie Niecki Soleckiej reprezentują telogentyczne stadium ewolucji serii, etap krasu denudowanego. Przyczynami takich różnic speleogenezy na terenach Niecki Soleckiej i Zachodniej Ukrainy są: odmienna litologia i w konsekwencji przewodność hydrologiczna skał nadkładu oraz podłoża serii ewaporatowej, odmienna litologia i w konsekwencji szczelinowatość samej serii ewaporatowej oraz nieco odmienna ewolucja tektoniczna porównywanych obszarów. Taką konkluzję potwierdza specyfika występowania dwu jaskiń Niecki Soleckiej powstałych na etapie krasu głębokiego, z których jedna związana jest ze strefą uskokuwą, druga zaś – z wąskopromienną synkliną zanurzoną w górnokredowych marglach podłoża (Urban et al. 2008, 2009, 2017).

5.2. Zjawiska krasowe i jaskinie Gór Świętokrzyskich

Drugim kierunkiem moich badań jest rozwój jaskiń i krasu w skałach węglanowych Gór Świętokrzyskich. Temat ten jest kontynuacją studiów podjętych podczas przygotowania pracy doktorskiej. W tym zakresie należy wymienić trzy ważniejsze publikacje podsumowujące doktorat: Urban (2007, 2013) oraz Urban, Kasza (2010). Jednak pozostałe publikacje z tego zakresu tylko w części wykorzystują materiał zebrany podczas prac nad doktoratem lub dotyczą zupełnie odrębnych zagadnień. Nowym (choć opartym na danych zebranych w ramach przygotowywania pracy doktorskiej) i ważnym wątkiem badawczym było opracowanie metodyki analizy ilościowego i przestrzennego występowania krasu na podstawie danych z otworów wiertniczych. Szczegółowej analizie statystycznej poddano dane z otworów wiertniczych wykonanych w ramach rozpoznawania zasobów złóż wapieni i dolomitów na terenie Gór Świętokrzyskich (od kilkunastu do ponad stu otworów w jednym złożu), testując możliwość i prawidłowość interpretacji takich danych w zależności od uwarunkowań litologicznych oraz strukturalnych a także „czynnika antropogenicznego”, czyli charakteru informacji (jakości danych archiwalnych). Mimo istnienia kilku ograniczeń, które trzeba uwzględnić stosując zaproponowaną metodykę, jej podstawową zaletą jest reprezentatywność danych – właściwość rzadko występująca w badaniach podziemnych systemów krasowych. Przedstawiając tę metodykę (m.in. w wysoko notowanym czasopiśmie:

Urban, Rzonca 2009), wykorzystano ją jednocześnie do rekonstrukcji etapów rozwoju charakterystyki krasu neogeńskiego w centralnej części regionu świętokrzyskiego (Urban, Rzonca 2009; Urban 2013).

Kierunkiem badań speleologicznych w Górach Świętokrzyskich, który niespodziewanie okazał się ważny dla nauki światowej, była analiza genezy tzw. kaszki kalcytowej (*CCC – cryogenic calcite crystals*) – nagromadzeń luźnych krystalicznych agregatów kalcytu odkrytych po raz pierwszy w jaskini Chelosiowa Jama w Górach Świętokrzyskich oraz w jaskini WUML koło czeskiej Pragi. Na podstawie obserwacji kształtu tych agregatów oraz formy ich występowania doszedłem do wniosku, że powstały one w rezultacie wielokrotnego zamrażania i rozmrażania wód wypełniających jaskinię (oscylacji zasięgu wieloletniej zmarzliny) w plejstocenie. Ta hipoteza nie została w ogóle uwzględniona w pierwszej publikacji dotyczącej tego zagadnienia (Durakiewicz et al. 1995), natomiast została udowodniona przez K. Žáka, pierwszego autora następnej publikacji, której jestem współautorem (Žák et al. 2004) na podstawie analizy izotopowego składu agregatów. Po ukazaniu się tego artykułu podobne agregaty zostały odkryte w wielu jaskiniach Europy i świata, zaś badania ich wieku, wykształcenia oraz składu izotopowego służą do oceny występowania wieloletniej zmarzliny w masywach krasowych podczas ostatniego okresu glacialnego (podsumowanie – patrz: Žák et al. 2012). Ponieważ problem występowania i zaniku wiecznej zmarzliny jest istotny w związku ze współczesnymi zmianami klimatycznymi, poszukiwania CCC stały się ważnym celem naukowym a nawet przedmiotem rywalizacji speleologicznej (<http://darknessbelow.co.uk/news-bcras-cryogenic-cave-calcite-competition/>).

Znacznym poszerzeniem w stosunku do danych zaprezentowanych w pracy doktorskiej są też: monografia (Urban i in. 2011a), rozdział (Urban i in. 2011b) oraz książka popularnonaukowa (Urban i in. 2013) poświęcone jaskiniom i innym formom krasowym Kadzielni w Kielcach. Publikacje te są wynikiem prac prowadzonych od 2004 r. w jaskiniach Kadzielni udostępnianych dla ruchu turystycznego, aczkolwiek uwzględniają rezultaty wcześniejszych badań. Obserwacje kształtu systemu jaskiniowego oraz analizy osadów częściowo go wypełniających (w tym badania składu petrograficznego, paleontologiczne i datowania uranowo-torowe) pozwoliły na rekonstrukcję warunków środowiska głównie w niedawnym, późnoplejstoceno-holoceno etapie ewolucji systemu. Uzyskano jednak również świadectwa (datowania osadów i szczątki fauny) wcześniejszych, plejstoceno etatów rozwoju systemu jaskiniowego.

Tematem wiążącym moje zainteresowania jaskiniowe oraz badania piaskowcowych form skałkowych w Górach Świętokrzyskich była analiza genetyczna jaskiń w piaskowcach Gór Świętokrzyskich. Wśród prawie 50 niewielkich jaskiń i schronisk skalnych występujących w tych skałach (z najdłuższą Jaskinią Ponurego liczącą 25 m) większość jest w różny sposób genetycznie warunkowana czynnikiem grawitacyjnym: przesuwaniem się lub/oraz przechylaniem (*toppling*, rotacja wsteczna) bloków skalnych, przewracaniem się bloków, rozsuwaniem się mas skalnych w obrębie stoków, powstawaniem pustek w obrębie blokowisk typu gołoborzy. Do najciekawszych należą jednak jaskinie powstające w rezultacie podziemnej erozji wodnej wzdłuż szczelin skalnych a także niewielkie formy prawdopodobnie zoogeniczne, tworzące się w wyniku erozyjnego przekształcenia systemów nor zwierzęcych pod blokami skalnymi (Urban, Kasza 2008, 2009).

5.3. Jaskinie niekrasowe Karpat fliszowych

Trzecim, bardzo ważnym w moim dorobku, kierunkiem badań, w którym brałem udział, była analiza mechanizmów rozwoju, wieku oraz ewolucji jaskiń niekrasowych, grawitacyjnych w polskich Karpatach fliszowych (Beskidach). Badania te, realizowane częściowo w ramach projektu badawczego finansowanego przez MNiSW (lata 2010-2015) i kierowanego przez dr hab. W. Margielewskiego, związane są z szerszą analizą grawitacyjnych deformacji stoków górskich (osuwisk) prowadzonych przez tego badacza. Moja rola polegała przede wszystkim na obserwacji (pomiarach) procesów ewolucji jaskiń, a także (w ramach wymienionego projektu) badaniach mineralogii i petrografii wtórnych form mineralnych w tych jaskiniach (wraz z dr inż. M. Schejbal-Chwastek). Propozycje opisu genezy, klasyfikacji i roli jaskiń w formowaniu się fliszowych stoków górskich, opublikowane na początku tego wieku (Margielewski, Urban 2002, 2003) spotkały się z dużym odzewem wśród badaczy (i dlatego są często cytowane), bowiem proponowały zupełnie nowy kierunek badań deformacji stoków górskich – ich obserwacji „od środka”, w podziemnych (jaskiniowych) częściach deformowanego stoku. Jedną z następnych metod wspierających badania jaskiniowe w analizie deformacji stoków okazała się tomografia elektrooporowa (ERT) zastosowana przez nas do analizy osuwisk z dużymi jaskiniami (Panek et al. 2010).

Podsumowaniem studiów dotyczących speleogenezy jaskiń grawitacyjnych jest propozycja morfogenetycznej i geomechanicznej klasyfikacji jaskiń powstających w rezultacie grawitacyjnego rozpadu stoków górskich. W klasyfikacji morfogenetycznej,

której głównym kryterium jest stosunek momentu formowania się jaskini do etapu ewolucji grawitacyjnej stoku wyróżniono: *initial caves* (jaskinie inicjalne), *subsequent caves* (jaskinie wtórne) oraz *intermediate (multi-stage) caves* (jaskinie pośrednie, wielofazowe). Natomiast w klasyfikacji geomechanicznej, uwzględniającej mechanizm dominujący w procesie powstawania jaskiń wyróżniono: *dilational caves* (jaskinie dylatacyjne), *dilatancy caves* (jaskinie z dylatacji) oraz *boulder caves* (jaskinie w blokowiskach), zakładając możliwości istnienia również *complex caves*, grupujących cechy pozostałych. Klasyfikacje te, zaproponowane przez nas po raz pierwszy podczas International Congress of Speleology w Brnie (Urban, Margielewski 2013) i uwzględniane już w innych publikacjach (Lenart, Miklin 2017), zostały ostatnio szczegółowo opisane i zilustrowane przykładami (Margielewski, Urban 2017).

Badania jaskiń beskidzkich, realizowane w ramach projektu naukowego (grantu) zmierzały także do określenia składu mineralnego i struktur nacieków (generalnie: wtórnych form) występujących w tych jaskiniach oraz ich wieku, warunkowanego ewolucją jaskiń i całego stoku. Obok nacieków kalcytowych i aragonitowych (te ostatnie powstały w warunkach wysokiego stosunku Mg/Ca i niestabilnej kinetyki procesu precypitacji minerału, np. zamrażania i ulegają obecnie rekrystalizacji) występujących głównie w jaskiniach utworzonych w piaskowcach o spoiwie węglanowym (piaskowcach cergowskich), w beskidzkich jaskiniach stwierdzono występowanie licznych form o kształtach nacieków, zbudowanych z materiału detrytycznego (pochodzącego z otaczających skał), lokalnie gipsu oraz z amorficznych mineraloidów krzemionkowych (opalu) i glinokrzemianowych „bezkationowych” (typu alofanu), które miejscami uległy krystalizacji. Wśród tych nowych (powstałych w wyniku krystalizacji mineraloidów) faz mineralnych stwierdzono niskotemperaturowy, metastabilny krystobalit oraz imogolit – efekt krystalizacji alofanu, minerał po raz pierwszy notowany w Polsce (Urban et al. 2007b, c, 2012b). Wykryte fazy mineralne wskazują, że wbrew sugestiom Gradzińskiego et al. (2010), formy wtórne występujące w jaskiniach beskidzkich nie są wyłącznie utworami biogeniczno-detrytycznymi i spełniają definicję nacieków, aczkolwiek ich struktura, skład i rola czynnika biologicznego w ich formowaniu, wymaga dalszych szczegółowych badań (które będą przez nasz zespół kontynuowane).

Porównanie datowań badanych nacieków węglanowych wykonanych metodą radiowęglową i uranowo–torową (z uwzględnieniem także badań palinologicznych) wykazało niską przydatność tej drugiej metody do określenia wieku nacieków ze względu na bardzo

niską zawartość uranu, obecność toru detrytycznego oraz rekrytalizacyjne przemiany minerałów tworzących nacieki (Urban et al. 2015b). Datowania inicjalnego stadium powstawania, intensywnego wzrostu nacieków oraz ich deformacji (związanych z przekształceniami jaskiń wskutek przemieszczeń grawitacyjnych) potwierdzają związek okresów intensyfikacji grawitacyjnych deformacji stoków z wilgotnymi fazami klimatycznymi stwierdzony już datowaniami osuwisk (dokładnie: osadów torfowisk osuwiskowych). Wskazuje jednak również na stosunkowo długotrwałe (od schyłku plejstocenu) i stabilne funkcjonowanie systemów szczelinowych (jaskiniowych) w deformowanych masywach (Urban et al. 2015b; Margielewski, Urban 2017).

5.4. Jaskinie i skałki Niziu Polskiego

Kolejnym, istotnym tematem speleologicznym w mojej działalności naukowej była problematyka jaskiń i skałek Niziu Polskiego. Jaskinie – w liczbie około 20, z najdłuższymi Grotami Mechowskimi o długości 61 m – występują na Niziu Polskim głównie w obrębie skałek i naturalnych lub sztucznych (antropogenicznych) ścian skalnych zbudowanych ze scementowanych kalcytem piaskowców i zlepieńców plejstocenijskich. Pierwsze wnioski dotyczące powstawania tych jaskiń, sformułowane na podstawie inwentaryzacji jaskiń i – przy okazji – form skałkowych, opublikowałem w 2000 r. (Urban 2000). Jednak ich szczegółowe badania, obejmujące dokładne prace kartograficzne, analizę materiałów historycznych oraz datowania uranowo-torowe nacieków, przeprowadziłem wraz z zespołem współpracowników kilka lat później. W rezultacie udowodniono grawitacyjną lub wietrzeniowo-grawitacyjną speleogenezę większości form podziemnych, w niektórych przypadkach z udziałem człowieka jako bezpośredniego lub pośredniego czynnika powodującego powstawanie pustek skalnych. Datowania oraz materiały historyczne wskazują na bardzo młody, kilkusetletni lub nawet kilkudziesięcioletni wiek jaskiń (Urban et al. 2007a; Urban 2015b).

5.5. Ochrona i waloryzacja dziedzictwa geologicznego

Bardzo ważny kierunek mojej aktywności zawodowej dotyczył szeroko pojętej problematyki ochrony i udostępnienia dziedzictwa geologicznego, czyli dokumentacji, waloryzacji i metodyki ochrony geostanowisk. Przede wszystkim obejmował on prace praktyczne, w tym głównie udział w opracowaniach planów ochrony kilkunastu rezerwatów przyrody (od 2001 r.: „Skałki Piekło pod Niekłaniem”, „Góra Perzowa”, „Kamienne Kręgi”,

„Góra Żakowa”, „Biesak-Białogon”, „Sokole Góry”, „Wąwóz Homole”, „Góra Dobrzeszowska”, „Gagaty Sołtykowskie”, „Piekielko Szkuckie”, „Diable Skały na Bukowcu”, „Skorocice”, „Góra Miedzianka”) oraz dwu parków narodowych (Magurskiego i Świętokrzyskiego), jak również dokumentacje projektowe stanowisk dokumentacyjnych i pomników przyrody oraz opinie o walorach i warunkach ochrony określonych stanowisk geologicznych. Z tą tematyką wiąże się także moje zaangażowanie w praktycznej edukacji geologicznej i geoturystycznej, której efektem jest kilka książek popularno-naukowych (Urban, Kowalski 2000, drugie, poprawione wydanie 2008; Król Urban 2007, 2012; Urban 2007; Król i in. 20110; Urban i in. 2013), szereg artykułów o takim charakterze oraz udział w licznych konferencjach a także prowadzenie szkoleń (np. dla przewodników terenowych) i wycieczek dla szerokiego grona uczestników.

Do ważniejszych moich naukowych publikacji regionalnych dotyczących ochrony, waloryzacji i udostępnienia edukacyjnego dziedzictwa geologicznego można zaliczyć następujące pozycje: Urban, Wróblewski (2004) (projekt Geoparku Świętokrzyskiego); Alexandrowicz, Urban (2007b) (dziedzictwo geologiczne Beskidów); Czajkowska i in. (2007) (projekt Geoparku Świętokrzyskiego); Urban, Gągól (2008) (dziedzictwo geologiczne regionu świętokrzyskiego i Niecki Nidziańskiej); Urban (2010) (dziedzictwo geologiczne Chęcińsko-Kieleckiego P. K.); Urban (2012a) (dziedzictwo geologiczne Nadnidziańskiego P. K.) oraz Krąpiec i in. (2012) (dziedzictwo geologiczne Roztocza). Są to publikacje opisowe, większość zawiera jednak również waloryzacje geostanowisk oraz analizy wskazujące zagrożenia i przedstawiające postulaty ochronne.

W pracy naukowej w tym zakresie koncentrowałem się głównie nad problematyką kilku typów stanowisk geologicznych: jaskiń, skałek, źródeł oraz stanowisk górnictwa skalnego i kruszcowego. Zagadnienia ochrony jaskiń i innych obiektów podziemnych znalazły swe naukowe odzwierciedlenie w następujących publikacjach: Urban, Gradziński (2004) (jaskinie i skałki rezerwatu „Sokole Góry”); Urban (2004b) (waloryzacja polskich stanowisk krasu kopalnego i jaskiń); Urban (2006a, b) (kompleksowa charakterystyka warunków ochrony jaskiń w Polsce i sformułowanie postulatów ochronnych); Urban (2011) (ochrona i dostępność turystyczna jaskiń w Polsce); Urban, Piksa (2015) (metodyka monitoringu jaskiń jako siedlisk Natura 2000). W pracach powyższych analizowałem prawne i praktyczne aspekty ochrony jaskiń, zwracając uwagę na dobre praktyki i doświadczenia w krajach sąsiednich w tym zakresie. Innym, oryginalnym dokonaniem w ochronie elementów badaniach speleologicznych, jest analiza specyficznego dziedzictwa kulturowego jakim jest

terminologia i nazewnictwo jaskiniowe używane w języku polskim w ostatnich 200 latach (Urban 2012b).

Ochrona skałek była tematem tylko jednego z artykułów, którego jestem współautorem (Alexandrowicz, Urban 2005), jednakże skałki były charakteryzowane w wyżej wymienianych artykułach dotyczących zagadnień regionalnych. Ochrona źródeł w Polsce została przedstawiona kompleksowo w dwu artykułach (Baścik, Urban 2007; Baścik et al. 2010), ale była też przedmiotem szczegółowych rozważań w kontekście kulturowym i historycznym (Gągol, Urban 2000).

Również zagadnienia inwentaryzacji, waloryzacji i ochrony stanowisk górniczych miały zawsze historyczny kontekst. Publikacje w tym zakresie dotyczyły następujących obiektów/zagadnień: 1) historii kopalni rud miedzi w Miedzianej Górze i ochrony jej pozostałości (Król, Urban 2003, 2007, 2017), które znam od czasów pisania pracy magisterskiej; 2) Grot Kryształowych w Kopalni Soli „Wieliczka” (Alexandrowicz, Urban 2007a), w przypadku których jestem sekretarzem komisji do spraw ochrony tych obiektów; 3) historii przedsiębiorstwa „Marmury Kieleckie” (Gągol i in. 2017); 4) poszukiwania i eksploatacji (ślądów wydobywania) specyficznych kopalni na terenie Ponidzia (Urban, Gągol 2015).

5.6. Inne prace badawcze

W ramach badań speleogenetycznych prowadziłem także kilkuletnie obserwacje ewolucji kanałów lessowych na terenie Ponidzia (Alexandrowicz W., Urban 2002; Urban 2004a).

Uczestniczyłem również w niewielkim zakresie (wykonując niektóre analizy laboratoryjne i prace terenowe) w badaniach geologicznych Roztocza, wyniki których zostały opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym (Margielewski et al. 2015, 2017).

Do ważniejszych swoich publikacji chciałbym także zaliczyć kompleksową analizę rzeźby strukturalnej regionu świętokrzyskiego i Ponidzia (Urban 2014).

Spis cytowanej literatury

Adamovič J., Mikulaš R., Schweigstillová J. 2011 – Lithological controls on sandstone weathering – a proposal of morpho-facies for the humid temperate zone of Europe. In: Simmert J., (Ed.), Proc. 11th Intern. Symp. on Pseudokarst. 12-16.05.2010, Saupsdorf, Germany. Dresden, pp. 44-46.

- Agliardi F., Crosta G.B., Frattini P. 2012 – Slow rock-slope deformation. In: Clogue J.J., Stead D. (Eds.), *Landslides. Types, mechanics and modelling*. Cambridge Univ.Press, New York: 207–221..
- Alexandrowicz W., Urban J. 2002 – Stanowiska lessowe Kozubowskiego Parku Krajobrazowego. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 4: 5-36.
- Alexandrowicz Z., Urban J. 2005 – Sandstone regions of Poland – geomorphological types, scientific importance and problems of protection. *Ferrantia* 44: 131-136.
- Alexandrowicz Z., Urban J. 2007a – Historia i działalność Komisji Ochrony Grot Kryształowych w Kopalni Soli Wieliczka. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 4: 3-16.
- Alexandrowicz Z., Urban J. 2007b – Ochrona przyrody nieożywionej na przykładzie polskich Karpat zewnętrznych. W: Mastej J. (red.), *Sympozja i konferencje 2005-2007, Zespół Parków Krajobr. Woj. Śląskiego*. Będzin: 16-24.
- Baścik M., Urban J. 2007 – Konserwatorska ochrona źródeł w Polsce. W: Jokiel P., Moniewski P., Ziulkiewicz M. (red.), *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne.*, Wyd. Wyd. Nauk Geogr. Uniw. Łódzkiego, Łódź: 320-329.
- Baścik M., Chełmicki W., Urban J. 2009 – Geoconservation of springs in Poland. *Episodes* 32, 3: 177-185.
- Cilek V., Williams R., Osborne A., Migoń P., Mikulaš R. 2007 – The origin and development of sandstone landscapes. W: Härtel H., Cilek V., Herben T., Jackson A., Williams R. (red.): *Sandstone landscapes*. Academia, Praha: 34-43.
- Chwalik-Borowiec A. 2007 – Rzeźba krasu gipsowego Niecki Soleckiej i Połanieckiej oraz tempo jej rozwoju. W: Strzyż M., Świercz A. (red.), *Zróżnicowanie regionalne Pomorza. Nauki geograficzne w badaniach regionalnych, t. 9*. Inst. Geogr. Akad. Świętokrz. w Kielcach, Kielce: 27–37.
- Czajkowska E., Urban J., Wróblewski T. 2007 – Geopark Kielce – potencjał geoturystyczny i praktyczne możliwości jego wykorzystania. W: Mastej J. (red.), *Sympozja i konferencje 2005-2007, Zespół Parków Krajobr. Woj. Śląskiego*. Będzin: 30-38.
- Durakiewicz T., Hałas S., Migaszewski Z., Urban J. 1995 – Origin of the "calcite groats" in the Chelosiowa Cave near Kielce (Holy Cross Mts.) inferred from petrographic and isotopic investigation. *Geolog. Quarterly* 39, 1: 75-94.
- Duszyński P., Migoń P. 2015 – Boulder aprons indicate long-term gradual and non-catastrophic evolution of cliffed escarpments, Stołowe Mts, Poland. *Geomorphology* 250: 63-77.
- Gągól J., Urban J. 2000 – Jerzy Bogumił Pusch prekursorem ochrony geologicznych stanowisk dokumentacyjnych. *Przegl. Geolog.* 48, 1: 55-56.
- Gągól J., Król P., Urban J. 2017 – Kartki z dziejów „Marmurów Kieleckich”. *Kieleckie Towarzystwo Naukowe*, Kielce, ss. 62.
- Gradziński M., Chmiel M. J., Lewandowska A., Michalska-Kasperkiewicz B. 2010 – Siliciclastic microstromatolites in a sandstone cave: role of trapping and binding of detrital particles in formation of cave deposits. *Ann. Soc. Geolog. Pol.* 80: 303-314.
- Groom K.M., Allen C.D., Mol L., Paradise T.R., Hall K. 2015 – Defining tafoni: re-examining terminological ambiguity for cavernous rock decay phenomena. *Progress in Physical Geogr.* 39 (6), 775-793.
- Gubała J., Kasza A., Urban J. 1998 – Jaskinie Niecki Nidziańskiej. *Wyd. PTPNoZ, Warszawa*, ss. 173.
- Krąpiec M., Jankowski L., Margielewski W., Urban J., Krąpiec P. 2012 – Geopark “Kamienny Las na Roztoczu” i jego walory geoturystyczne. *Przegl. Geolog.* 60, 9: 468-479.

- Król P., Urban J. 2003 – Kopalnie w Miedzianej Górze i Ławęcznej oraz ochrona ich pozostałości. *Rocznik Świętokrzyski, Ser. B – Nauki Przyr.*, 29: 1-44.
- Król P., Urban J. 2007 – Kopalnie miedzianogórskie. Agencja JP sc, Kielce, ss. 112.
- Król P., Urban J., Garus R. 2010 – Zabytki górnictwa i hutnictwa Staropolskiego Okręgu Przemysłowego w dolinie górnej Bobrzy. Agencja JP s.c., Kielce, ss. 84.
- Król P., Urban J. 2012 – Geologiczne i historyczne dziedzictwo górnictwa miedzianogórskiego. Agencja JP s.c., Kielce, ss. 112.
- Król P., Urban J. 2017 – Działalność kopalni miedzianogórskich w latach 1915-1922. *Studia Muzealno-Historyczne* 9: 11-30.
- Lenart J., Miklin J. 2017 – Pseudokarst caves of the Western Carpathians, Czechia. *Journal of Maps* 13, 2: 37-46.
- Lindner L. 1972 – Geneza i wiek skałek piaskowcowych góry Piekło koło Nieklania. *Acta Geolog. Pol.* 22, 1: 168-180.
- Liszkowski J. 1979 — Typy morfogenetyczne oraz mechanizmy rozwoju powierzchniowego form krasu zakrytego w Polsce. *Biul. Geolog. Wydz. Geolog. Uniw. Warsz.* 23: 155–169.
- Margielewski W., Urban J. 2002 – Initiation of mass movement in the Polish Flysch Carpathians studied in the selected crevice type caves. W: Rybář J., Stemberk J., Wagner P. (red.), *Landslides*. AA Balkema Publ., Lisse-Abingdon-Exton-Tokyo: 405-409.
- Margielewski W., Urban J. 2003 – Crevice-type caves as initial forms of rock landslide development in the Flysch Carpathians. *Geomorphology* 54, 3-4: 325-338.
- Margielewski W., Krapiec M., Jankowski L., Urban J., Zernitska V. 2015 – Impact of aeolian processes on peat accumulation: Late Glacial-Holocene history of the Hamernia peat-bog (Roztocze region, south-eastern Poland). *Quaternary International* 386: 212-225.
- Margielewski W., Jankowski L., Krapiec M., Garecka M., Hałas S., Urban J. 2017 – Analysis of reworked sediments as a basis of the Palaeogene-Neogene palaeography reinterpretation: case study of the Roztocze region (SE Poland). *Sedimentary Geology* 352: 14-29.
- Margielewski W., Urban J., 2017 – Gravitationally induced non-karst caves: tectonic and morphological constrains, classification and dating; Polish Flysch Carpathians case study. *Geomorphology* 296: 160-181.
- Migoń P., Duszyński F., Goudie A. 2017 – Rock cities and ruiniform relief: forms – processes – terminology. *Earth Science Reviews* 171: 78-104.
- Mikuláš R. 2007 – Microforms of the sandstone relief. W: Härtel H., Cílek V., Herben T., Jackson A., Williams R. (red.), *Sandstone landscapes*. Academia, Praha: 66-75.
- Pánek T., Margielewski W., Tábořík P., Urban J., Hradecký J., Szura C. 2010 – Gravitationally induced caves and other discontinuities detected by 2D electrical resistivity tomography: case studies from the Polish Flysch Carpathians. *Geomorphology* 123, 165-180.
- Parks C. D. 1991 – A review of the mechanism of cambering and valley bulging. W: Forster A., Culshaw M.G., Cripps J.C., Little J.A., Moon C.F. (red.), *Engineering Geology Spec. Publ.* 7, Geolog. Society, London: 373-380.
- Peszat C. 1973 – Własności techniczne piaskowców Gór Świętokrzyskich. *Zesz. Nauk. AGH*, 378. *Geologia* 18, ss. 59.
- Robinson D.A. 2007 – Geomorphology of the inland sandstone cliffs of Southeast England. W: Härtel H., Cílek V., Herben T., Jackson A., Williams R. (red.), *Sandstone Landscapes*. Academia, Praha: 44-51.
- Robinson D.A., Williams R.B.G. 2005 – Comparative morphology and weathering characteristic of sandstone outcrops in England, UK. *Ferrantia* 44: 41-46.

- Stück H., Koch R., Siegesmund S. 2013 – Petrographical and petrophysical properties of sandstones: statistical analysis as an approach to predict material behaviour and construction suitability. *Environ. Earth Sci.* 69: 1299-1332.
- Urban J. 1986 – Mezozoiczne skałki piaskowcowe w północnej części województwa kieleckiego. *Kwart. Geolog.* 30, 2 (streszcz. ref.): 421-422.
- Urban J. 2000 – Skałki i jaskinie piaskowcowe na Nizinie Polskiej. *Przeł. Geolog.* 48, 5: 409-411.
- Urban J., Kowalski W. 2000 – Szydłowiec – miasto na kamieniu. *Urz. Miejski w Szydłowcu, Centrum Eduk. Ekolog w Radomiu, Radom*, ss. 64
- Urban J., Gubała J., Kasza A. 2003 – Jaskinie w gipsach Niecki Nidziańskiej. *Przeł. Geolog.* 51, 1: 79-86.
- Urban J. 2004a – Morphological evolution of the pseudokarst forms in Quaternary loesses of Southern Poland – a case study of Bugaj near Pińczów, Nida Basin. W: Gaal L (red.) *Proc. of the 8th Intern. Symp. on Pseudokarst, Teply Vrch – Slovakia, 2004. Slovak Cave Adm., Liptovský Mikuláš*: 75-83.
- Urban J. 2004b – Caves and karst sites of Poland as a contribution to geological heritage of Central Europe. *Pol. Geolog. Inst. Special Papers* 13: 89-96.
- Urban J., Gradziński M. 2004 – Tradycje i perspektywy ochrony przyrody nieożywionej rezerwatu “Sokole Góry”. W: Partyka J. (red.) *Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, t. 1. *Przyroda. Wyd. Ojcowski Park Narodowy, Ojców*: 89-95.
- Urban J., Wróblewski T. 2004 – Chęciny-Kielce Landscape Park – an example of officially not proclaimed geopark. *Pol. Geolog. Inst. Special Papers* 13: 131-136.
- Urban J. 2006a – Prawna i praktyczna ochrona jaskiń w Polsce. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 62, 1: 53-72.
- Urban J. 2006b – Evaluation and protection of caves and karst sites on the state and international level – Polish example. W: Bella P. (red.), *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*, 5 (5 vedecká konf. s medzinárodnou účasťou, 26-29.09.2005, Demänovská Dolina, Zborník referátov), *Liptovský Mikuláš*: 230-237.
- Urban J. 2007 – Permian to Triassic paleokarst of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts., Central Poland. *Kwartalnik AGH, Geologia* 33, 1: 5-50.
- Urban J., Ciborowski T., Paternoga R., Hercman H., Sujka G. 2007a – The genetical types of caves in the Polish Lowlands. *Nature Conservation* 63 (7): 85-94.
- Urban J., Margielewski W., Schejbal-Chwastek M., Szura C. 2007b – Speleothems in some caves of the Beskidy Mts., Poland. *Nature Conservation* 63 (7): 109-117.
- Urban J., Margielewski W., Żak K., Hercman H., Sujka G., Mleczek T. 2007c – Calcareous speleothems in the pseudokarst Jaskinia Słowiańska-Drwali cave, Beskid Niski Mts., Poland. *Nature Conservation* 63 (7): 119-128.
- Urban J. 2008 – Kras gipsowy w Nadnidziańskim i Szanieckim Parku Krajobrazowym. *Wyd. Zespół. Nadnidziańskich i Świętokrzyskich PK, Kielce*, ss. 87.
- Urban J., Andreychouk V., Gubała J., Kasza A. 2008 – Caves in gypsum of the Southern Poland and the Western Ukraine – a comparison. *Kras i Speleologia* 12 (21): 15-38.
- Urban J., Gągól J. 2008 – Geological heritage of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains (Central Poland). *Przeł. Geolog.* 56, 8/1: 618-628.
- Urban J., Kasza A. 2008 – Jaskinie w piaskowcach i piaskowcach kwarcytowych Gór Świętokrzyskich. W: Szelerewicz M., Urban J., Polonius A. (red.), *Materiały 42. Symp. Speleol., Tarnowskie Góry, 24-26.10.2008. Sekcja Speleol. Pol. Tow. Przyr. im. Kopernika, Kraków*: 86-87.

- Urban J., Andreychouk V., Kasza A. 2009 – Epigene and hypogene caves in the Neogene gypsum of the Poniżanie area (Niedziańska region), Poland. W: Klimchouk A.B., Ford D. (red.), Hypogene speleogenesis and karst hydrology of artesian basins, Ukrainian Inst. Speleology and Karstology, Simferopol. 223-232.
- Urban J., Kasza A. 2009 – Genetical types of the caves in sandstones of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Central Poland. W: Proceedings of the 10th Intern. Symp. on Pseudokarst, 29.04-2.05.2008, Gorizia :43-52.
- Urban J., Rzonca B. 2009 – Karst systems analyzed using borehole logs – Devonian carbonates of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Central Poland. *Geomorphology*, 112: 27-47.
- Urban J. 2010 – Dziedzictwo geologiczne. W: Świercz A. (red.), Monografia Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego. Uniw. Humanistyczno-Przyrodniczy J. Kochanowskiego w Kielcach. Kielce: 30-72.
- Urban J., Kasza A. 2010 – Jaskinie i stanowiska krasowe. W: Świercz A. (red.), Monografia Chęcińsko-Kieleckiego Parku Krajobrazowego. Uniw. Humanistyczno-Przyrodniczy J. Kochanowskiego w Kielcach. Kielce: 73-92.
- Urban J. 2011 – Tourist accessibility of caves in Poland – description of the problems. W: Słomka T. (red.), Geotourism. A variety of aspects. AGH Univ. of Science and Technology, Kraków: 55-70.
- Urban J., Kasza A., Ochman K., Malec J. 2011a – Jaskinie Kadzielni. Urząd Miasta Kielce – Geopark Kielce., Kielce, ss. 93.
- Urban J., Kasza A., Ochman K., Hercman H. 2011b – Kenozoiczny kras Kadzielni. W: Ludwikowska-Kędzia M., Wiatrak M. (red.), Geologia i geomorfologia regionu świętokrzyskiego, Inst. Geogr. Uniw. J. Kochanowskiego w Kielcach, Kielce: 9-28.
- Urban J. 2012a – Dziedzictwo geologiczne. W: Świercz A. (red.), Monografia Nadnidziańskiego Parku Krajobrazowego. Uniw. J. Kochanowskiego w Kielcach, Kielce: 35-81.
- Urban J. 2012b – Terminy *jaskinia*, *pieczara* i *grota* jako dziedzictwo kulturowe. *Prądnik. Prace Muz. Szafera* 22: 111-122.
- Urban J., Chwalik-Borowiec A., Kasza A., Gubała J. 2012a – Jaskinie i stanowiska krasowe. W: Świercz A. (red.), Monografia Nadnidziańskiego Parku Krajobrazowego. Uniw. J. Kochanowskiego w Kielcach, Kielce: 82-121.
- Urban J., Schejbal-Chwastek M., Margielewski W., Żák K. 2012b – Mineralogic and isotopic (O and C) composition of selected secondary formations in the non-karst caves in sandstones of the Outer Carpathians, southern Poland. W: Vaquero-Rodrigues M., Vidal Romani J. R. (red.), Programme and abstracts. 12th Intern. Symp. on Pseudokarst. 11-14.09.2012 – Tui, Galicia (Spain): 25-26.
- Urban J. 2013 – Zapis lądowych etapów historii geologicznej Gór Świętokrzyskich w osadach i formach krasowych - wybrane przykłady. *Biuletyn Państw. Inst. Geolog.* 454: 77-102.
- Urban J., Kasza A., Ochman K., Malec J., Wołoszyński M. 2013 – Kadzielnia i jej jaskinie. Przewodnik geoturystyczny. Manufaktura Geoturystyczna, Warszawa, ss. 63.
- Urban J., Margielewski W. 2013 – Types of non-karst caves in Polish Outer Carpathians – historical review and perspectives. W: Filippi M., Bosak P. (red.), Proceedings of the 16th International Congress of Speleology, 21-18.07., Brno, vol. 3: 314-319.
- Urban J. 2014 – Cechy rzeźby strukturalnej Gór Świętokrzyskich oraz południowo-wschodniej części Nidziańskiej. *Przeł. Geolog.* 62, 1: 44-50.
- Urban J. 2015a – The role of gravitational processes in shaping sandstone rock landforms in low mountains: Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, central Poland. *Zeitschrift für Geomorphologie* 59, Suppl. 1: 35-79.

- Urban J. 2015b – Jaskinie w rejonie Doliny Dolnej Wisły. W: Pająkowski J. (red.), Zespół Parków Krajobrazowych Nadwiślańskiego i Chełmińskiego t. 1. Pol. Wyd. Rekl., Toruń: 138-144.
- Urban J., Chwalik-Borowiec A., Kasza A. 2015a – Warunki rozwoju i wiek krasu w gipsach Niecki Soleckiej. Biuletyn Państw. Inst. Geolog. 462: 125-152.
- Urban J., Gągól J. 2015 – Tradycje poszukiwań i wykorzystania surowców mineralnych na Pomordziu. Przegl. Geolog. 63, 8: 475-484, 503.
- Urban J., Margielewski W., Hercman H., Žák K., Zernitska V., Pawlak J. Schejbal-Chwastek M. 2015b – Dating of speleothems in non-karst caves – methodological aspects and practical application, Polish Outer Carpathians case study. Zeitschrift für Geomorphologie 59, Suppl. 1: 183-208.
- Urban J., Pánek T., Hradecký J., Tábořík P. 2015c – Deep structures of slopes connected with sandstone crags in the upland area of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Central Poland. Geomorphology 246: 519-530.
- Urban J., Piksa K. 2015 – 8310. Jaskinie nie udostępnione do zwiedzania. W: Mróz W. (red.), Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Część 4. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa; 211-230.
- Urban J. 2016 – The geological constraints of the development of sandstone landforms in Central Europe, a case study of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Poland. Geomorphology 274: 31-49.
- Urban J., Andrejczuk W. Kasza A., 2017 – Warunki genetyczne jako czynnik determinujący morfologię systemów jaskiniowych w gipsach – przykłady Niecki Soleckiej (południowa Polska) oraz Bukowiny i Podola (zachodnia Ukraina). W: Bąbel M., Olszewska-Nejbert D., Nejbert K., Kotowski J. (red.), Wietrzenie skał gipsowych i anhydrytowych, 19-21.01.2017, Warszawa. Inst. Geolog. Podst., Wydz. Geolog. Uniw. Warsz., Warszawa: 77-78.
- Urban J., Górnik M. 2017 – Some aspects of lithological and exogenic control of sandstone morphology, the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts. case study, Poland. Geomorphology 295: 773-789.
- Young R.W., Wray R.A.L., Young A.R. 2009 – Sandstone landforms. Cambridge Univ. Press, Cambridge, ss. 314.
- Young R.W., Young A.R. 1992 – Sandstone landforms. Springer, Berlin, ss. 163.
- Žák K., Urban J., Cilek V., Hercman H. 2004 – Cryogenic cave calcite from the several Central European caves: age, carbon and oxygen isotopes and genetic model. Chem. Geol. 206: 119-136.
- Žák K., Richter D.K., Filippi M., Živor R., Deininger M., Mangini A., Scholz D. 2012 – Coarsely crystalline cryogenic cave carbonate – a new archive to estimate the Last Glacial minimum permafrost depth in Central Europe. Climate of the Past 8: 1821-1837.

Kraków, 29.12.2017

