

INŻYNIERSKO-GEOLOGICZNA CHARAKTERYSTYKA LUBELSKIEJ KREDY PISZĄCEJ

UKD 624.131.43:552.54:553.555:551.763.3(438.14LZW)

W związku z prowadzonymi pracami poszukiwawczymi nad złożem węgla kamiennego występującego na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego oraz w ramach ogólnego problemu badań, dotyczącego zależności własności fizyczno-mechanicznych skał od ich genezy, składu mineralnego, struktury, tekstury, historii geologicznej i warunków występowania, realizowanego w Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW podjęto badania utworów kredy górnej, wykształconych w facji kredy piszącej, występującej, jako znacznej miąższości nadkład nad złożem węgla kamiennego na obszarze wspomnianego zagłębia węglowego.

Podjęto więc problematykę badawczą inżyniersko-geologicznej charakterystyki utworów wykształconych w facji kredy piszącej, aby między innymi, w formie badań wyprzedzających fazy projektowania inwestycji udostępnić ją gospodarce narodowej. Wiadomo bowiem, że obok warunków hydrogeologicznych i gazowych, tektoniki masywu, znajomość własności fizyczno-mechanicznych skał stanowi podstawę projektowania i wykonawstwa robót górniczych dla udostępnienia złoża.

Celem więc badań było nie tylko określenie własności fizyczno-mechanicznych kredy piszącej występującej na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego, jak też określenie zmienności tych własności w profilu pionowym badanego masywu kredowego, lecz również starano się wychwycić główne czynniki, które wpływają na zmienność tych własności. Istotnym zagadnieniem było uchwycenie funkcyjnych zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami kredy piszącej, co z kolei pozwoliłoby w przyszłości na prognozowanie warunków inżyniersko-geologicznych w masywie skalnym zbudowanym z utworów wykształconych w facji kredy piszącej, jak też pozwoliłoby na prognozowanie zmian tych warunków spowodowanych gospodarczą działalnością człowieka, bez wykonywania lub też przy znacznym zmniejszeniu ilości i zakresu bardzo pracochłonnych i kosztownych badań laboratoryjnych.

Materiał do badań laboratoryjnych pobrano z odkrywki eksploatacyjnej w Chełmie (w strefie głębo-

kości od powierzchni terenu do 30 m) oraz rdzeni wiertniczych z następujących otworów: Chełm — IG 1 (z głębokości: 296—303, 312—313, 319—326, 330—334, 341—368, 404—411, 435—442 m), Kock — IG 1 (z głębokości: 203—208, 382—387, 407—410 m), Dorohucza — IG 2 (z głębokości: 586—590, 596—600 m), Ostrówek IG 2 (z głębokości: 195—200, 202—210, 330—341, 348—351, 362—365, 444—447 m), Łęczna — IG 3 (z głębokości: 201—205 m), IG-9 (z głębokości: 111—116, 153—157, 168—169, 193—196, 200—201, 239—240, 251—252, 302—303 m), IG-14 (z głębokości: 248—250 m), IG-15 (z głębokości: 151—155, 306—309, 401—405, 451—456, 552—558 m), IG-16 (z głębokości: 115, 158—159, 316—319, 425—428, 480—486 m), IG-18 (z głębokości: 341—344, 404—409, 442—445 m). Pobrane do badań materiał pozwolił na scharakteryzowanie masywu kredowego wykształconego w facji kredy piszącej w strefie od powierzchni terenu do głębokości 600 m.

Masyw kredowy reprezentowany jest w tej strefie głębokości przez osady kredy górnej zaliczone do mastychtu, kampanu, santonu, koniak i turonu. Przeprowadzone badania chemiczne i mineralogiczne pozwalają stwierdzić, że badane utwory kredowe są mało zróżnicowane mineralogicznie (tabela I). Głównym składnikiem jest węglan wapnia, którego zawartość waha się od 80 do 95,36%. Całkowita zawartość krzemionki wynosi od 2,07 do 11,47%, a suma tlenków trójwartościowych (R_2O_3) w badanej kredzie piszącej wynosi 0,2—5,46%. Pozostałe domieszki występują w ilościach minimalnych i wahają się od 0,1 do 10,19%. Jak wynika z danych zestawionych w tabeli I, a w szczególności biorąc pod uwagę zawartość węglanu wapnia, jako głównego składnika, przyjęto umownie, że próbki zawierające powyżej 90% węglanu wapnia stanowią typową kredę piszącą, natomiast próbki zawierające od 80 do 90% węglanu wapnia zaliczono do marglistej kredy piszącej.

Uzyskane wyniki badań własności fizycznych kredy piszącej zestawiono w tabeli II. Ciężar właściwy, będący głównie funkcją składu mineralnego, dla typowej kredy piszącej waha się w bardzo wąskich

Tabela I

SKŁAD CHEMICZNY I TYPY LITOLOGICZNE LUBELSKIEJ KREDY PISZĄCEJ

Wiek	Głębokość (m)	Ilość zbadanych próbek	Skład chemiczny				Ilość próbek wydzielonych typów litologicznych	
			CaCO ₃ (%)	SiO ₂ (%)	R ₂ O ₃ (%)	inne (%)	typowej kredy piszącej	marglistej kredy piszącej
mastrycht	0,00 172	12	85,49—92,96	4,30—9,25	1,40—2,51	0,03—3,44	9	3
kampan	242	10	80,40—87,06	6,87—11,47	1,04—5,46	0,58—8,77	—	10
santon	303	4	84,70—90,98	5,93—10,10	1,50—3,64	0,1—1,68	2	2
koniak	330	6	81,02—94,00	5,40—8,47	0,46—2,00	0,53—10,19	2	4
turon	600	19	82,00—95,36	2,07—9,32	0,20—2,90	0,42—8,27	11	8

WŁASNOŚCI FIZYCZNE LUBELSKIEJ KREDY PISZĄCEJ

Tabela II

Wiek	Głębokość: (m)	Ciężar właściwy: γ G.cm ⁻³	Ciężar objętościowy: γ_0 G.cm ⁻³	Porowatość n %	Porowatość efektywna: n_e %	Różnica pomiędzy $n-n_e$ %	Szczelność S	Wilgotność w stanie powietrzno-suchym. W %	Wilgotność w stanie pełnego nasycenia wodą W_c %
mastycht	0,00 172	2,64—2,73	1,45—1,64	46,7—39,4	45,1—37,4	0,6—2,9	0,53—0,61	0,35—0,75	28,09—36,23
kampan	242	2,69—2,76	1,60—1,28	42,4—35,9	38,8—33,1	0,9—5,6	0,58—0,64	0,68—1,87	21,42—31,58
santon	303	2,70—2,73	1,66—1,92	39,9—30,1	37,5—24,6	2,3—5,4	0,64—0,70	0,74—0,92	20,96—23,97
koniak	330	2,70—2,73	1,89—2,06	30,4—25,3	29,4—24,5	1,0—5,3	0,70—0,75	0,45—0,80	13,41—24,30
turon	600	2,68—2,78	1,60—2,28	40,9—18,7	39,3—10,96	0,3—15,5	0,52—0,81	0,17—0,87	10,02—24,96

Tabela III

WŁASNOŚCI MECHANICZNE LUBELSKIEJ KREDY PISZĄCEJ

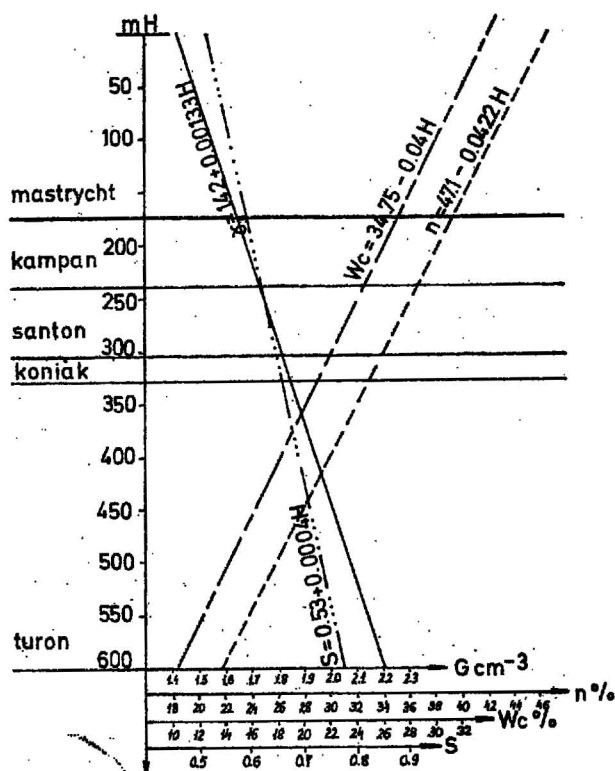
Wiek	Głębokość (m)	Wytrzymałość na ściskanie próbek w stanie powietrzno-suchym R_{cs} w kG.cm ⁻²	Wytrzymałość na ściskanie próbek w stanie pełnego nasycenia wodą R_{cw} w kG.cm ⁻²	Wytrzymałość na rozciąganie próbek w stanie powietrzno-suchym R_{rs} w kG.cm ⁻²	Spójność σ w kG.cm ⁻²
mastycht	0,00 172	22,0—79,0	5,0—19,0	2,0—5,0	4,0—10,0
kampan	242	73,0—130,0	15,0—26,0	3,5—15,5	8,0—21,0
santon	303	120,0—150,0	27,0—49,0	10,0—17,0	19,5—24,5
koniak	330	140,0—210,0	43,0—58,0	8,5—12,5	17,5—22,5
turon	600	120,0—300,0	44,0—190,0	8,0—24,5	16,0—43,0

granicach od 2,69 do 2,73 G.cm⁻³, gdy ciężar właściwy marglistej kredy piszącej waha się w szerokich granicach — od 2,69 do 2,78 G.cm⁻³.

Ciężar objętościowy, będący z jednej strony funkcją ciężaru właściwego, z drugiej zaś porowatości i wilgotności, waha się dla typowej kredy piszącej od 1,46 do 2,11 G.cm⁻³, a dla marglistej kredy piszącej od 1,48 do 2,28 G.cm⁻³.

Uzyskane znaczne różnice w wartościach ciężaru objętościowego wydzielonych dwóch typów litologicznych kredy piszącej, z których każdy charakteryzuje się bardzo zbliżonym, niemal jednolitym dla każdego typu składem mineralnym wskazują, że głównym czynnikiem wpływającym na wartość ciężaru objętościowego jest głębokość, z której pobrano próbkę do badań z masywu skalnego. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono funkcyjną zależność pomiędzy ciężarem objętościowym a głębokością występowania próbki w profilu pionowym. Zależność tę przedstawiono na ryc. 1, z której wynika wyraźnie, że ciężar objętościowy wzrasta wraz z głębokością. Zależność tę można opisać równaniem: $\gamma_0 = 1,42 + 0,00133 \cdot H$.

Wpływ głębokości występowania próbek w profilu pionowym badanego masywu skalnego ujawnia się również w porowatości całkowitej i porowatości efektywnej kredy piszącej. Jak wynika z wykresu przedstawionego na ryc. 1, porowatość całkowita waha się w znacznych granicach — od 18,7% do 46,7%, a porowatość efektywna (zawsze mniejsza od porowatości całkowitej) od 10,9 do 45,1%. Zarówno porowatość całkowita, jak i porowatość efektywna badanej kredy piszącej maleje wraz z głębokością, co jest odbiciem procesów zachodzących w czasie sedymentogenezy, litogenezy, epigenezy i diagenety oraz grawitacyjnego działania nadkładu, co w efekcie doprowadziło do zagęszczenia cząstek szkieletu mineralnego, powodując znaczne zmniejszenie objętości skały. Potwierdzają to właśnie przeprowadzone badania, które ujawniły znaczne zmniejszenie się porowatości w obrębie zarówno typowej kredy piszącej, jak i marglistej kredy piszącej, wraz ze wzrostem głębokości. Funkcyjną zależność porowatości od głębokości można opisać równaniem: $n = 47,1 - 0,0422 \cdot H$.



Ryc. 1. Funkcyjne zależności pomiędzy średnimi wartościami: ciężaru objętościowego (γ_0), porowatości całkowitej (n), wilgotności całkowitej (W_c), szczelności (S) a głębokością (H) występowania próbek w masywie kredy piszącej.

Fig. 1. Functional dependences of mean values of volume weight (γ_0), total porosity (n), total humidity (W_c), impermeability (S) on depth of occurrence of samples in the chalk mass (H).

Tabela IV
FUNKCYJNE ZALEŻNOŚCI WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNYCH

od głębokości (H)	od innych czynników
$\gamma_0 = 1,42 - 0,00133 \cdot H$	
$n = 47,1 - 0,0422 \cdot H$	$n = 91,99 - 31,9 \cdot \gamma_0$
$n_s = 44,26 - 0,046 \cdot H$	$n_s = 100 - 38 \cdot \gamma_0$
$S = 0,53 - 0,0004 \cdot H$	
$W_c = 35 - 0,0421 \cdot H$	$W_c = 0,95 n - 10$
$R_{cs}(t.k.p.) = 0,4 \cdot H$	$R_{cs} = 300 \cdot \gamma_0 - 416$
$R_{cs}(m.k.p.) = 0,5 \cdot H$	$R_{cs} = 505 - 10,33 n$
$R_{cs} = 0,05(0,1 \cdot H)^2$	
$R_{rs} = 2 + 0,03 \cdot H$	$R_{rs} = 0,58 \cdot C$
$C = 2,5 + 0,065 \cdot H$	$C = 50 \cdot \gamma_0 - 1,4$

* Szczelność badanej kredy piszącej, będąca funkcją ciężaru objętościowego i porowatości, waha się od 0,53 do 0,91 (tabela II) i, jak to wynika z wykresu przedstawionego na ryc. 1, wzrasta wraz z głębokością ($S = 0,53 + 0,0004 \cdot H$).

Wilgotność całkowita badanej kredy piszącej, będąca funkcją składu mineralnego, wielkości i kształtu porów, a zatem i porowatości, waha się w szerokich granicach od 10,2 do 36,23% i, jak to widać z wykresu na ryc. 1, jest również funkcją głębokości i maleje wraz ze wzrostem głębokości. Zależność tę opisuje równanie:

$$W_c = 34,75 - 0,04 \cdot H.$$

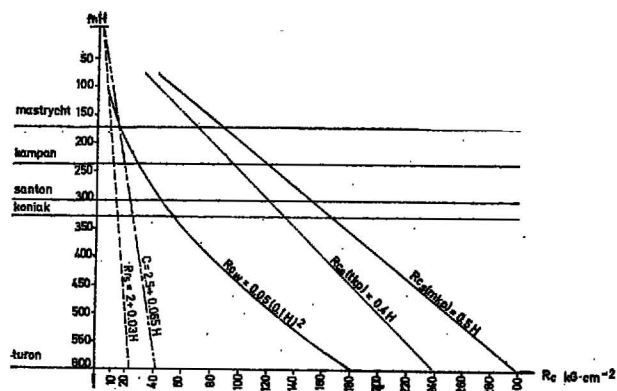
Własności mechaniczne są funkcją wielu czynników, takich jak: skład mineralny, porowatość, wilgotność osadu oraz procesów sedymentogenezy, litogenezy, epigenezy i diagenety oraz hipogenezy, które w historii geologicznej badanych utworów wywarły decydujący wpływ na wykształcenie i ukształtowanie ostatecznej postaci omawianej kredy piszącej.

Określona laboratoryjnie wytrzymałość na ściskanie próbek lubelskiej kredy piszącej, znajdujące się w stanie powietrzno suchym, waha się w szerokich granicach od 22 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$, w strefie przypowierzchniowej, do 300 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$ — na głębokości 600 m (tabela III). Znacznie niższe wartości wytrzymałościowe na ściskanie wykazały próbki nasycone wodą, których wytrzymałość waha się podobnie, w granicach od 5 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$ do 150 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Jak wynika z wykresów przedstawionych na ryc. 2, wytrzymałość na ściskanie badanej kredy piszącej wzrasta wraz z głębokością występowania próbek w masywie skalnym. Obserwuje się więc wyraźną funkcyjną zależność pomiędzy wytrzymałością na ściskanie a głębokością, którą to zależność można opisać równaniem: $R_{cs}(t.k.p.) = 0,4 \cdot H$ (dla typowej kredy piszącej) oraz $R_{cs}(m.k.p.) = 0,5 \cdot H$ (dla marglistej kredy piszącej). Wartość wytrzymałości kredy piszącej na ściskanie, znajdujące się w stanie pełnego nasycenia wodą, zmienia się zgodnie z równaniem: $R_{cs} = 0,05(0,1 \cdot H)^2$. Podobną zależność stwierdzono również i dla próbek kredy piszącej badanej na rozciąganie. Wytrzymałość na rozciąganie próbek w stanie powietrzno suchym w strefie przypowierzchniowej wynosi 2 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$, gdy na głębokości 600 m dochodzi do 24 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$. Wytrzymałość na rozciąganie w funkcji głębokości opisuje równanie: $R_{rs} = 2 + 0,03 \cdot H$.

Określona laboratoryjnie wartość spójności badanej kredy piszącej również wzrasta wraz z głębokością i waha się od 4 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$ dla próbek z głębokości od 5 do 30 m i dochodzi do 43 $\text{kG} \cdot \text{cm}^{-2}$ na głębokości 600 m od powierzchni terenu. Zmienność spójności w profilu pionowym opisuje równanie: $C = 2,5 + 0,065 \cdot H$.

Podsumowując przedstawione tu wyniki badań można stwierdzić, że masyw kredowy wykształcony w facji kredy piszącej reprezentowany jest przez typową kredę piszącą i przez marglistą kredę piszącą. Skład mineralny wymienionych dwóch typów litologicznych kredy piszącej jest w przybliżeniu bardzo



Ryc. 2. Funkcyjne zależności pomiędzy średnimi wartościami ($\pm 20\%$): wytrzymałości na ściskanie próbek w stanie powietrzno suchym (R_{cs}) i próbek w stanie pełnego nasycenia wodą (R_{cs}), wytrzymałości na rozciąganie (R_{rs}), spójności (C) a głębokością (H) występowania próbek w masywie kredy piszącej (tkp — typowa kreda pisząca, mkp — marglista kreda pisząca).

Fig. 2. Functional dependences of mean values of strength of air-dry samples (R_{cs}) and fully saturated with water (R_{cs}) to compression, shearing strength (R_{rs}), cohesiveness (C) on depth of occurrence of samples in the chalk massif (H), tkp — typical chalk, mkp — marly chalk.

jednolity w obrębie wydzielonych typów, a to niewielkie zróżnicowanie w składzie mineralnym nie ujawnia się bezpośrednio we własnościach fizyczno-mechanicznych badanej kredy piszącej, gdyż jest maskowane przez czynnik głębokości występowania próbek w profilu pionowym. Wpływ głębokości jest wyraźnie widoczny i może być uznany jako podstawowy czynnik wpływający i kształtujący obecne wartości własności fizyczno-mechanicznych tak mało zróżnicowanego utworu, jakim jest lubelska kreda pisząca.

W tabeli IV przedstawiono funkcyjne zależności poszczególnych własności fizyczno-mechanicznych kredy piszącej oraz podano równania pozwalające na prognozowanie charakterystyki inżyniersko-geologicznej masywu kredowego. Należy przypuszczać, że posługiwanie się podanymi równaniami pozwoli na znaczne zmniejszenie zakresu badań laboratoryjnych w pracach dokumentacyjnych, a przede wszystkim pozwoli na prawidłowe, i w sposób uzasadniony, projektowanie zakresu oraz ilości badań poszczególnych własności fizyczno-mechanicznych lubelskiej kredy piszącej.

SUMMARY

The paper presents engineering-geological characteristics of the Upper Cretaceous deposits developed in the chalk facies. Two lithological types are distinguished: typical chalk yielding more than 90% of calcium carbonate and marly chalk yielding 80—90% of calcium carbonate. Mean values of physico-mechanical properties for these lithological types are given. The studies and the analysis of obtained values of the physico-mechanical properties have shown a regular change of the parameters along with depth of occurrence of rocks in chalk massif. This made it possible to establish functional dependences between these parameters and depth. Therefore it may be concluded that within deposit so weakly differentiated in mineral composition, structure and texture as the chalk studied the values of physico-mechanical properties mainly depend on the depth of occurrence of a sample within the chalk massif. This factor along with mineral composition, structure, texture and humidity have the essential influence on obtained values of parameters and reflect changes taking place already during sedimentogenesis and along with the action of di-, litho- and epigenetic processes.

РЕЗЮМЕ

В статье описана инженерно-геологическая характеристика верхнего мела, представленного фацией пишущего мела, вне которой можно выделить два литологических типа: типовой пишущий мел содержащий свыше 90% карбоната кальция и мергелистый пишущий мел содержащий 80—90% карбоната кальция. Для выделенных литологических типов приведены средние величины физико-механических параметров. Из проведенных исследований и анализа полученных физико-механических параметров видно, что отдельные параметры изменяются в вертикальном профиле вместе с увеличе-

нием глубины залегания пород в меловом массиве. Это позволило определить функциональные зависимости между этими параметрами и глубиной. Автор приходит к выводу, что в пределах мелового массива, который является относительно однородным по минеральному составу, структуре и текстуре, величины отдельных физико-механических свойств зависят прежде всего от глубины залегания пробы в массиве. Этот фактор, кроме известного влияния минерального состава, структуры, текстуры и влажности, имеет решающее значение для величины параметров и вызывает изменения происходящие в процессах седиментогенеза, диагенеза, литогенеза и эпигенеза.