

THE DIVERSITY OF SPONTANEOUS WOODLAND VEGETATION  
ON COALS MINE HEAPS OF UPPER-SILESIA  
INDUSTRIAL REGION

GABRIELA WOŹNIAK<sup>1</sup>, ANDRZEJ PASIERBIŃSKI<sup>2</sup>, ADAM ROSTAŃSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Silesia, Department of Geobotany and Nature Protection

<sup>2</sup>University of Silesia, Department of Plant Systematics  
ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

Keywords: woodland communities, post-industrial wasteland, spontaneous vegetation, primary succession.

ZRÓŻNICOWANIE SPONTANICZNEJ ROŚLINNOŚCI LEŚNEJ NA WYBRANYCH  
HAŁDACH GÓRNOŚLĄSKIEGO OKRĘGU PRZEMYSŁOWEGO

Działalność przemysłowa prowadzi do powstawania rozległych terenów będących nieużytkami przemysłowymi. Odpady powstające w związku z eksploatacją węgla kamiennego są gromadzone w postaci hałd. Podejmowano wiele prób by zazielenić podłoże hałd. Mimo wysokich kosztów zabiegi rekultywacyjne często kończą się niepowodzeniem, ponieważ ignorowane były i są zasady ekologii – ścisłych wzajemnych zależności między środowiskiem abiotycznym a biotycznym.

W krajach europejskich roślinnością klimaksową są lasy (które są końcowym stadium naturalnej sukcesji). W związku z tym na wielu europejskich nieużytkach prowadzono rekultywację poprzez zalesianie.

Wśród artykułów opisujących spontaniczną roślinność na terenach przemysłowych, jedynie kilka poświęconych jest roślinności leśnej.

Niniejsza praca prezentuje wyniki badań nad spontaniczną roślinnością leśną prowadzonych na wybranych hałdach porośniętych przez las. Analizowane zbiorowiska zaklasyfikowane zostały do zespołu *Quercus roboris-Pinetum* J. Mat. (mscr.). Warstwę drzew budują głównie *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris* i *Populus tremula*. W runie znaczący jest udział gatunków z klasy *Vaccinio-Piceetea*. Obecne są również gatunki łąkowe i ruderalne z klas: *Chenopodietea*, *Plantaginetea majoris*, *Artemisietea* oraz roślinny psammofilne z klasy *Sedo-Sclerantetea*.

S u m m a r y

Waste produced by deep coal mining is heaped up in the landscape, and remains there as foreign matter. Several attempts have been made to plant trees and shrubs on the soil substrate of post-industrial wastelands. But despite high financial expense reclamation often failed, because ecological principles were ignored. In European countries the optimum vegetation is represented by a forest (which is the final stage of natural succession) restoration was mainly done through forestation.

Natural plant communities represent a finally balanced system and it would be reasonable to take this into account, especially when reclamation is concerned. Botanists, phytosociologists and ecologists are aware that natural development of a plant cover, particularly on row soils starts with pioneer species. They are characterized by their low demand with respect to site conditions, especially water and nutrient supply. The biotops, which are the natural source of these species, have largely disappeared, and the so-called technosoils do not own a seedbank.

In this paper we present some woodland communities investigated on few coal mine heaps in Upper Silesia. The analyzed woodland vegetation patches are classified to the *Quercus roboris*-*Pinetum* J. Mat. (mscr.) plant community association. The tree layer is built by *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris* and *Populus tremula*. In the herb layer there is a remarkable number of species classified to the *Vaccinio-Piceetea* class. Apart from the meadow *Molinio-Arrhenatheretea* class species, in the herb layer there are also some species from the following ruderal phytosociological classes: *Chenopodietea*, *Plantaginetea majoris*, *Artemisietea* and psammophilous vegetation *Sedo-Sclerantetea*.

## INTRODUCTION

Human activity (urbanization and industrialization) leads to extensive areas becoming wastelands devoid of any vegetation. Waste produced by deep coal mining is heaped up in the landscape, and remains there as foreign matter. The creation of spontaneous plant cover on industrial wastelands has been of considerable interest for a long time. The types of wastelands which botanists, ecologists and phytosociologists have investigated include: pit-coal mining heaps [1, 6, 7, 12-14, 21, 23, 24, 26-33], iron and non-ferrous metallurgy heaps [25, 38], brown coal mining sedimentation pools [2, 3, 16], solvay process heaps [8, 36, 37, 39, 40] sand pits [15, 35]; uranium sedimentation pools [34], the power station ashes [10, 22] and coalmine sedimentation pools [41-50]. There are some papers describing the spontaneous vegetation of post-industrial waste sites and only a few describe the spontaneous woodland vegetation. The spontaneous woodland vegetation on coal mine heaps can provide a sustainable and balanced ecosystem, which will develop into a self-recovering forest, ecosystem best adjusted to the local resources.

In the Upper Silesian Industrial Region only some heaps are overgrown by woodlands. A few chosen were investigated (Fig. 1). In the first step of investigations the woodland communities of each object was characterized separately [51]. The aim of this study is to check to what extent the investigated woodland patches of all objects are similar, when the species composition is considered and to what extent the woodland records are specific in respect to a particular site (object). Try to ask the question: do the recorded vegetation spontaneously creates forest communities resembling those one can observe in the nature?

## METHODS

The surveys of the spontaneous woodland vegetation took place during the vegetation season 1998–2001 on six chosen coalmine heaps. The Braun-Blanquet [5] method was used to make the phytosociological releve. The recognition of plant communities was based on characteristic combination of species. The species in table were classified according to the „Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych” („A guidebook for determination of Polish plant communities”) [18]. The Latin names of species are used according to [19].

By using the traditional way of arranging the phytosociological table it is difficult to consider all the parameters of the complexity of the post-industrial waste sites vegetation [20]. The 50 collected releves were arranged in the Table 1 according to the computer cluster analysis. In order to estimate the homogeneity or site specifics of the woodland vegetation records the statistical agglomeration analysis was used (program Statistica). To measure the similarity (the distance measure), the square of Euclidean

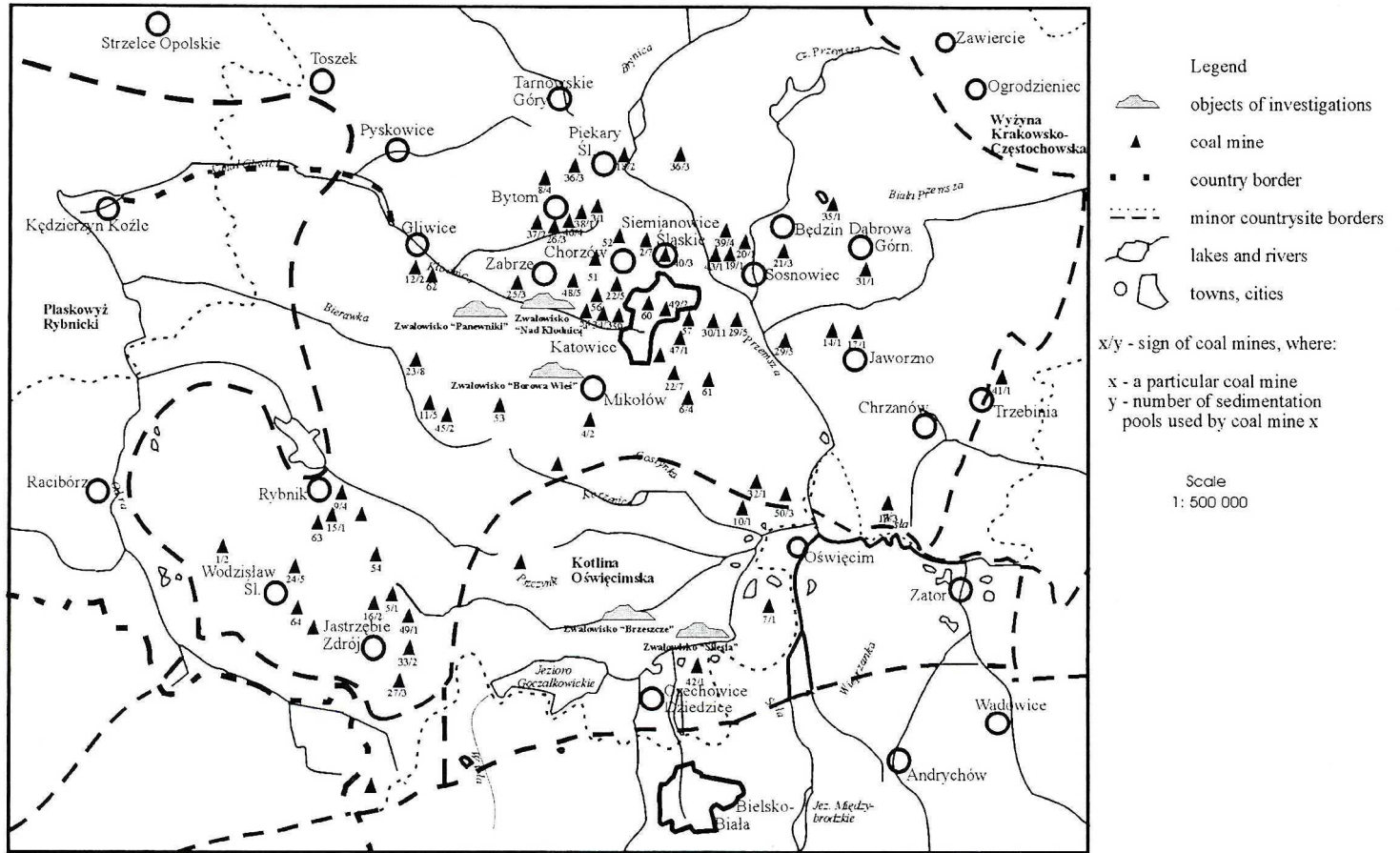


Fig. 1. Localisation of the investigated objects



Table 1. Phytosociological table describing the woodland vegetation on the investigated heaps

Number of releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Number of releve in the field	44	45	43	42	41	40	39	38	36	34	33	49	47	46	48	35	13	32	24	23	25	22
Date	d	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	06	06	06	06	20	11	30	30	30	30	30
	m	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	08	08	08	08	07	07	06	06	06	06	06
	y	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	01	01	01	01	01	01	01
Area of releve in m <sup>2</sup>		100	100	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	300	200	200	200	200	200
Exposure		S	S	.	.	.	.	NK	NK	E	S	.	N	.	.	S	.	SE	SW	NE	W	NW
Inclination		30	30	0	0	0	0	30	30	15	30	0	10	0	0	0	30	0	20	30	15	5
Locality		PA	PA	PA	PA	PA	PA	NK	NK	NK	NK	NK	NK	EW	EW	EW	NK	J	Si	Si	Si	Si
Number of species in releve		24	24	28	18	21	24	16	19	33	23	15	26	16	24	18	15	18	36	21	20	38
<b>C1. Vaccinio-Piceetea + forest species</b>																						
<i>Betula pendula</i>	a	1.1	.	1.1	.	.	.	2a.1	2a.1	2a.1	3.1	1.1	2b.1	3.1	2b.1	5.5	4.1	4.4	2.2	2.2	3.3	2.2
<i>Betula pendula</i>	b	1.1	1.1	+	1.1	.	1.1	.	.	.	.	+	.	+	.	2b.1	+	+	1.2	1.2	+	1.2
<i>Betula pendula</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Quercus robur</i>	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	2.2	2.2	2.2
<i>Quercus robur</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.
<i>Quercus robur</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1	1.1	1.1	.	1.1	.	.	1.2	1.2	1.2
<i>Pinus sylvestris</i>	b	.	1.1	1.1	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	+	.	.	+	+	.
<i>Pinus sylvestris</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Populus tremula</i>	a	1.1	.	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1	.	2b.1	.	3.1	2a.1	.	2.2	2.2	2.2	1.2	2.2
<i>Populus tremula</i>	b	.	1.1	+	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	+	2.2	1.2	+	.
<i>Populus tremula</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Frangula alnus</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1.2	1.2
<i>Frangula alnus</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Deschampsia flexuosa</i>	c	.	.	1.1	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	2.2	2.2
<i>Sorbus aucuparia</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.2	+	1.2
<i>Sorbus aucuparia</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	r
<i>Sambucus racemosa</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	1.2
<i>Sambucus racemosa</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Salix caprea</i>	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2
<i>Salix caprea</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	+
<i>Salix caprea</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Hieracium sabaudum</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	+	1.1	+	.	1.2	.	+	2	.
<i>Holcus mollis</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	2.2
<i>Ligustrum vulgare</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	+	3.1	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.
<i>Ligustrum vulgare</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i>	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.
<i>Tilia cordata</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	a	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	b	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix purpurea</i>	b	1.1	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix purpurea</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	+	.	.	1.2	.	.	1.2
<i>Pteridium aquilinum</i>	c	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.2	2.2	1.2
<i>Corylus avellana</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	+
<i>Rubus caesius</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	2b.4	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.
<i>Trifolium europaeum</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2
<i>Solanum dulcamara</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Alnus glutinosa</i>	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alnus glutinosa</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Larix decidua</i>	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	r	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Pyrola rotundifolia</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.
<i>Oxalis acetosella</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	2.2
<i>Orthilia secunda</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	+	.	.	.	.	.	.
<b>C1. Molinio-Arrhenatheretea:</b>																						
<i>Achillea millefolium</i>	c	.	.	+	.	.	.	+	r	.	.	r	+	.	.	.	.	r	.	+	.	+
<i>Agrostis capillaris</i>	c	1.2	1.2	2a.2	1.2	2a.2	1.2	1.2	2a.2	1.2	2a.2	2b.2	2a.2	2a.2	+	3.2	1.2	.	.	.	.	.
<i>Deschampsia caespitosa</i>	c	.	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	.	+	2	.	+	2	.	.	+	2	1.2	.	+	3	+
<i>Festuca rubra</i>	c	2a.2	1.2	2a.2	1.2	.	.	2a.3	.	.	2b.2	3.3	5.3	.	.	.	.	.	3.3	.	+	.
<i>Daucus carota</i>	c	1.1	.	+	.	.	.	1.1	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Taraxacum officinale</i>	c	.	.	1.1	.	.	.	.	.	2a.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	+
<i>Trifolium repens</i>	c	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.



Number of releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
<i>Dactylis glomerata</i>	c																					+		
<i>Lysimachia vulgaris</i>	c																+2	+						
<i>Holcus lanatus</i>	c																+2							
<i>Leontodon autumnalis</i>	c																							
<i>Vicia cracca</i>	c																					+		
<i>Trifolium pratense</i>	c					+											12							
<i>Aegopodium podagraria</i>	c																							
<b>Cl. Artemisietea:</b>																								
<i>Artemisia vulgaris</i>	c	+	+		+													+		+		r		
<i>Eupatorium cannabinum</i>	c				+												12						+2	
<i>Melilotus alba</i>	c	+			r	+					r													
<i>Oenothera biennis</i>	c	1.1		1.1	1.1	1.1	1.1			+		r			r									
<i>Echium vulgare</i>	c	1.1	+	1.1			+			2a.1														
<i>Polygonum aviculare</i>	c	1.1				1.1	+																	
<i>Solidago canadensis</i>	c	1.1	1.1							2a.1				1.1										
<i>Cirsium vulgare</i>	c						r			r													+2	
<i>Tanacetum vulgare</i>	c			1.1																				
<i>Reseda lutea</i>	c	1.1	+															+						
<i>Saponaria officinalis</i>	c																						+	
<i>Oenothera rubricaulis</i>	c																						+	
<i>Melandrium album</i>	c									r			r										+	
<b>Cl. Sedo-Scleranthetea:</b>																								
<i>Hieracium pilosella</i>	c	r		+		r	r							1.1	2a.1		r						1.2	
<i>Festuca ovina</i>	c	2a.2	1.2	2a.2	1.2					2b.2	3.3			3.2	3.2	3.2	3.3	3.3						
<i>Trifolium arvense</i>	c	+		+	r	+	+			1.1														
<i>Corynephorus canescens</i>	c		2a.2			2	1.2			+			1.2											
<i>Jasione montana</i>	c		+							r	f						r							
<i>Hypericum perforatum</i>	c			1.1																			+	
<i>Thymus pulegioides</i>	c									+			1.2		1.3								+	
<b>Acompaning species:</b>																								
<i>Quercus rubra</i>	a							r	+	2a.1			1.1	4.1	2a.1	1.1							1.2	2.2
<i>Quercus rubra</i>	b													1.1	1.1			+						
<i>Quercus rubra</i>	c													1.1				+						
<i>Robinia pseudaccacia</i>	a							r	+	2a.1	1.1	r	+		1.1		+							1.2
<i>Robinia pseudaccacia</i>	b								+						+		+							
<i>Calamagrostis epigeios</i>	c	2a.2	2a.2	2b.2	4.2	2a.2	3.2			3.2	2a.2	2b.2	2b.2	2b.2	3.2		1.2	2.2	+		+			1.2
<i>Padus serotina</i>	a							2a.1	1.1					1.1										
<i>Padus serotina</i>	b							1.1	1.1			2a.1		1.1	+	2a.1	1.1							+
<i>Padus serotina</i>	c							1.1	2b.1			+		1.1			1.1							
<i>Cirsium arvense</i>	c			+		+				r														+2
<i>Medicago lupulina</i>	c																							+2
<i>Tussilago farfara</i>	c	2a.1		r	+		r			2a.1														
<i>Symphoricarpos albus</i>	b							2b.1	2b.1	2b.1	2a.1	+	1.1				+							
<i>Lupinus polyphyllus</i>	c		+		r		+		r	1.1				1.1	+	r								
<i>Lysimachia nummularia</i>	c																							1.2
<i>Caragana arborescens</i>	b							3.2		3.2	4.2	2a.1												1.2
<i>Chamaenerion palustre</i>	c			+	3.1	2a.1	2b.1						r											+
<i>Conyza canadensis</i>	c			1.1		1.1	r								1.1									
<i>Ceratodon purpureum</i>	d																							
<i>Poa annua</i>	c		+							2b.2														+2
<i>Calluna vulgaris</i>	c											2a.3	1.3				2a.3							
<i>Carex hirta</i>	c																							1.2
<i>Plantago maior</i>	c			r		+	+		r															
<i>Ranunculus repens</i>	c																							
<i>Scleranthus annuus</i>	c	+	r			1.1					+													
<i>Senecio viscosus</i>	c					r	r					r												
<i>Silene vulgaris</i>	c																							+
<i>Verbascum phlomoides</i>	c	+			+	r	r					+												+
<i>Erigeron annuus</i>	c	+	r									+												
<i>Poa compressa</i>	c																							
<i>Acer negundo</i>	a																							1.2
<i>Acer negundo</i>	b																							
<i>Acer negundo</i>	c																							+
<i>Glechoma hederacea</i>	c																							
<i>Potentilla anserina</i>	c																							+
<i>Bryum argenteum</i>	d																							





Sporadic species: *Acer platanoides* b 24 (+); *Acer platanoides* c 47 (r); *Agropyron repens* 24 (2+); *Agrostis alba* 23 (2+); *Agrostis gigantea* 22 (+); *Agrostis stolonifera* 38 (+); *Anthoxanthum odoratum* 35 1.2; *Arenatherum elatius* 18 1.2; *Aster novi-belgii* 9 (+); *Athyrium filix-femina* 33 1.2; *Bidens frondosa* 18 (+); *Brachypodium sylvaticum* 19 (+); *Brachydesmum rutabulum* d 18 (2.2), 20 (2.2); *Bromus mollis* 20 (+), 35 (2.2); *Bromus tectorum* 25 (2+); *Calamagrostis villosa* 33 (1.2); *Calysetegia sepium* 22 (1.2), 29 (1.2); *Caragana arborecens* 7 (1.1), 11 (+); *Cardamine pratensis* 46 (1.20), 50 (+); *Cardaminopsis arenosa* 27 (+), 38 (2+); *Cardaminopsis halleri* 21 (+); *Carpinus betulus* a 33 (1.2); *Centaurea jacea* 17 (1.2), 42 (1.1), 45 (1.2); *Centaurea oxylepis* 41 (+); *Centaureum erythraea* ssp. *erythraea* 6 (+), 9 (r), 10 (+); *Cerastium arvense* 24 (+); *Cerastium vulgare* 17 (+), 49 (+); *Cerastium avium* 28 (+); *Chaenorrhium minus* 23 (+); *Chamaenerion angustifolium* 12 (r), 38 (1.2); *Chenopodium album* 30 (+), 38 (+); *Chenopodium bonus-henricus* 24 (+); *Cichorium intybus* 44 (+); *Coronilla varia* 37 (1.2), 44 (2+); *Corylus avellana* 41 (2+), 46 (2+); *Dianthus deltoides* 9 (+), 12 (1.1), 44 (2+); *Echinocloa crus-galli* 24 (2+); *Epilobium adenocaulum* 18 (+), 44 (1.2); *Epilobium angustifolium* 24 (2+), 43 (2+); *Epilobium hirsutum* 44 (1.2); *Epilobium palustre* 27 (2.2); *Epipactis helleborum* 18 (1.2); *Equisetum arvense* 18 (+), 37 (2+), 40 (1.2); *Equise - tum sylvaticum* 33 (1.2); *Euonymus europaea* 23 (+); *Euonymus verrucosus* 21 (+); *Euphorbia helioscopia* 2 (+); *Euphrasia rostkoviana* 14 (+), 30 (+); *Festuca gigantea* 33 (2+); *Festuca pratensis* 17 (3.3), 34 (1.2); *Galium aparine* 8 (+), 13 (+), 30 (1.2); *Galium mollugo* 15 (2a.2), 18 (1.2), 19 (+); *Geranium robertianum* 18 (1.2), 21 (+); *Heracleum sphondylium* 44 (1.2); *Hieracium lachenalii* 36 (1.2), 38 (+), 41 (2+); *Hippophae rhamnoides* 24 (r); *Humulus lupulus* 2 (r), 30 (1.2); *Hypochaeris radicata* 21 (+); *Juncus articulatus* 22(+); *Juncus tenuis* 7 (1.2), 8 (1.2); *Lathyrus pratensis* 21 (+), 25 (2+), 26 (2+); *Leontodon hispidus* 44 (1.2); *Lepidium rederule* 28 (2+); *Linaria vulgaris* 45 (+); *Lotus corniculatus* 23 (2+), 35 (1.2), 40 (+); *Luzula multiflora* 44 (2+); *Lysimachia nemorum* 21 (1.2), 46 (+), 48 (+); *Majanthemum bifolium* 22 (1.2); *Malus domestica* 18 (r); *Matricaria discoidea* 45 (+); *Matricaria maritima* ssp. *inodora* 3 (+), 9 (+); *Medicago falcata* 34 (2+); *Melampyrum sylvaticum* 12 (+), 14 (+), 15 (+); *Melilotus officinalis* 34 (1.2); *Mentha arvensis* 18 (+); *Molinia caerulea* 24 (1.2), 26 (2+), 44 (2+); *Myosoton aquaticum* 15 (1.1); *Odonites rubra* 21 (+), 24 (r), 25 (2+); *Odonites verna* ssp. *verna* 22 (+), 41 (+); *Pastinaca sativa* 22 (+), 41 (1.2), 42 (2+); *Phyladelphus coronarius* 7 (3.2), 8 (2b.1), 9 (r); *Phleum pratense* 12 (+), 30 (+); *Phragmites australis* 45 (+); *Physocarpus opulifolius* 15 (+); *Picris hieracioides* 24 (+), 28 (1.2), 38 (+); *Pimpinella saxifraga* 45 (2+); *Plantago lanceolata* 1 (+), 24 (1.2), 40 (+); *Poa palustris* 22 (+), 23 (+); *Equisetum sylvaticum* 33 (1.2); *Euonymus europaea* 23 (+); *Euonymus verrucosus* 21 (+); *Euphorbia helioscopia* 2 (+); *Euphrasia rostkoviana* 14 (+), 30 (+); *Festuca gigantea* 33 (2+); *Festuca pratensis* 17 (3.3), 34 (1.2); *Galium aparine* 8 (+), 13 (+), 30 (1.2); *Galium mollugo* 15 (2a.2), 18 (2.2), 19 (+); *Geranium robertianum* 18 (1.2), 21 (+); *Heracleum sphondylium* 44 (1.2); *Hieracium lachenalii* 36 (1.2), 38 (+), 41 (2+); *Hippophae rhamnoides* 24 (r); *Humulus lupulus* 2 (r), 30 (1.2); *Hypochaeris radicata* 21(+); *Juncus articulatus* 22(+); *Juncus tenuis* 7 (1.2), 8(1.2); *Lathyrus pratensis* 21 (+), 25 (2+), 26 (2+); *Leontodon hispidus* 44 (1.2); *Lepidium rederule* 28 (2+); *Linaria vulgaris* 45 (+); *Lotus corniculatus* 23 (2+), 35 (1.2), 40 (+); *Luzula multiflora* 44 (2+); *Lysimachia nemorum* 21 (1.2), 46 (+), 48 (+); *Majanthemum bifolium* 22 (1.2); *Malus domestica* 18 (r); *Matricaria discoidea* 45 (+); *Matricaria maritima* ssp. *inodora* 3 (+), 9 (+); *Medicago falcata* 34 (2+); *Melampyrum sylvaticum* 12 (+), 14 (+), 15 (+); *Melilotus officinalis* 34 1.2; *Mentha arvensis* 18 (+); *Molinia caerulea* 24 1.2, 26 (2+), 44 (2+); *Myosoton aquaticum* 15 (1.1); *Odonites rubra* 21 (+), 24 (r), 25 (2+); *Odonites verna* ssp. *verna* 22 (+), 41 (+); *Pastinaca sativa* 22 (2+), 41 1.2, 42 (2+); *Phyladelphus coronarius* 7 3.1, 8 2b.1, 9 (r); *Phleum pratense* 12 (+), 30 (+); *Phragmites australis* 45 (+); *Physocarpus opulifolius* 15 (+); *Picris hieracioides* 24 (+), 28 1.2, 38 (+); *Pimpinella saxifraga* 45 (2+); *Plantago lanceolata* 1 (+), 24 1.2, 40 (2+); *Poa palustris* 22 (+), 23 (+); *Poa trivialis* 19 (+), 38 (+), 41 (+); *Polygonum persicaria* 6 (r); *Populus* sp. 26 (1.2), 29 (+); *Populus balsamifera* 7 (4.4), 8 (2a.1), 17 (1.2); *Potentilla norvegica* 1 (r); *Potentilla repens* 27 (1.2); *Primula elatior* 46 (2+), 48 (2+); *Prunella vulgaris* 20 (+), 21 (+); *Quercus petraea* 16 (+), 32 (+); *Ranunculus acris* 21 (+), 45 (2+), 48 (+); *Reynoutria japonica* 18 (2+), 21 (2+), 24 (2+); *Robinia pseudacacia* 24 (r), 27 (1.2), 49 (r); *Rubus idaeus* 20 (2+); *Rubus plicatus* 3 (+); *Rumex acetosella* 44 (2+), 45 (+); *Salix alba* 12 (r), 29 (+), 35 (+); *Salix aurita* 34 (1.2); *Salix caprea* x *aurea* 26 (r); *Salix cinerea* 26 (r); *Salix fragilis* 25 (1.2); *Salix purpurea* x *fragilis* 34 (1.2); *Senecio vulgaris* 24 (+), 29 (2+); *Sedum acre* 29 (+); *Senecio fuchsii* 18 (1.2), 19 (1.20), 21 (1.2); *Solidago serotina* 35 (1.2); *Robinia pseudacacia* 24 (r), 27 1.2, 49 (r); *Rubus idaeus* 20 (2+); *Rubus plicatus* 3 (+); *Rumex acetosella* 44 (2+), 45 (+); *Salix alba* 12 (r), 29 (+), 35 (+); *Salix aurita* 34 (1.2); *Salix caprea* x *aurea* 26 (r); *Salix cinerea* 26 (r); *Salix fragilis* 25 (1.2); *Salix purpurea* x *fragilis* 34 (1.2); *Senecio vulgaris* 24 (+), 29 (2+); *Sedum acre* 29 (+); *Senecio fuchsii* 18 (1.2), 19 (1.2), 21 (1.2); *Solidago serotina* 35 (1.2); *Sonchus arvensis* 25 (2+); *Sonchus asper* 21 (+), 24 (+); *Sonchus oleraceus* 3 (+), 5 (r); *Sorbaria sorbifolia* 26 (+), 35 (2+); *Spiraea japonica* 11 (r); *Stellaria media* 19 (+), 21 (+); *Symphoricarpos albus* 7 (1.1), 11 (+); *Tilia platyphyllos* 7 (2b.1), 8 (1.1); *Torilis japonica* 18 (1.2); *Tripleurospermum inodorum* 24 (+); *Urtica dioica* 46 (2+), 47 (+), 48 (+); *Vaccinium vitis-idaea* 2 (r); *Valeriana officinalis* 24 (2+); *Verbasicum densiflorum* 22 (2+), 41 (2+); *Verbasicum lychnitis* 21 (2+), 28 (2+); *Verbasicum thapsus* 3 (+); *Veronica chamaedrys* 12 (1.1), 18 (2+); *Vitica minor* 22 (1.2).

The abbreviations used in table 1.: BW - heap localized in Borowa Wieś, Brz - the "Brzeszcze" coal mine heap in Brzeszcze; J - the "Jaworzno" coal mine heap in Jaworzno; NK - heap localized "Nad Klodnica"; PA - heap localized in Panewniki; SI - the "Silesia" coal mine heap in Czechowice Dziedzice.

distance was used. From variety of cluster algorithms the Ward's method has been chosen. In the Ward's method the cluster membership is assessed by calculating the total sum of squared deviations from the mean of a cluster. The criterion for fusion is that it should produce the smallest possible increase in the error sum of square [17].

## RESULTS

Table 1 summarises the woodland vegetation records from six coals mine heaps localized in Upper Silesia (Fig.1). The soil substratum on which the woodlands are growing is extraordinary. The vegetation patches hardly resemble any of the unchanged or less changed forest or woodland vegetation. So the authors decided to arrange the phytosociological table following the Ward's method cluster (Fig. 2). The woodland vegetation of all the investigated objects are at the beginning of woodland development. The species composition is very diverse (251 vascular plants and moss species). However, the heaps are relatively new and the forest species are the most numerous in the species composition.

*Betula pendula* is the main element of the tree layer. *Quercus robur*, *Pinus silvestris*, and *Populus tremula* are also abundant. The less frequent tree species are *Salix caprea*, *Tilia cordata*, *Sambucus nigra* *Alnus glutinosa* and *Larix decidua*. Apart from the native tree species some neophytes are recorded, such as *Quercus rubra*, *Robinia pseudacacia*, *Padus serotina* and *Acer negundo*.



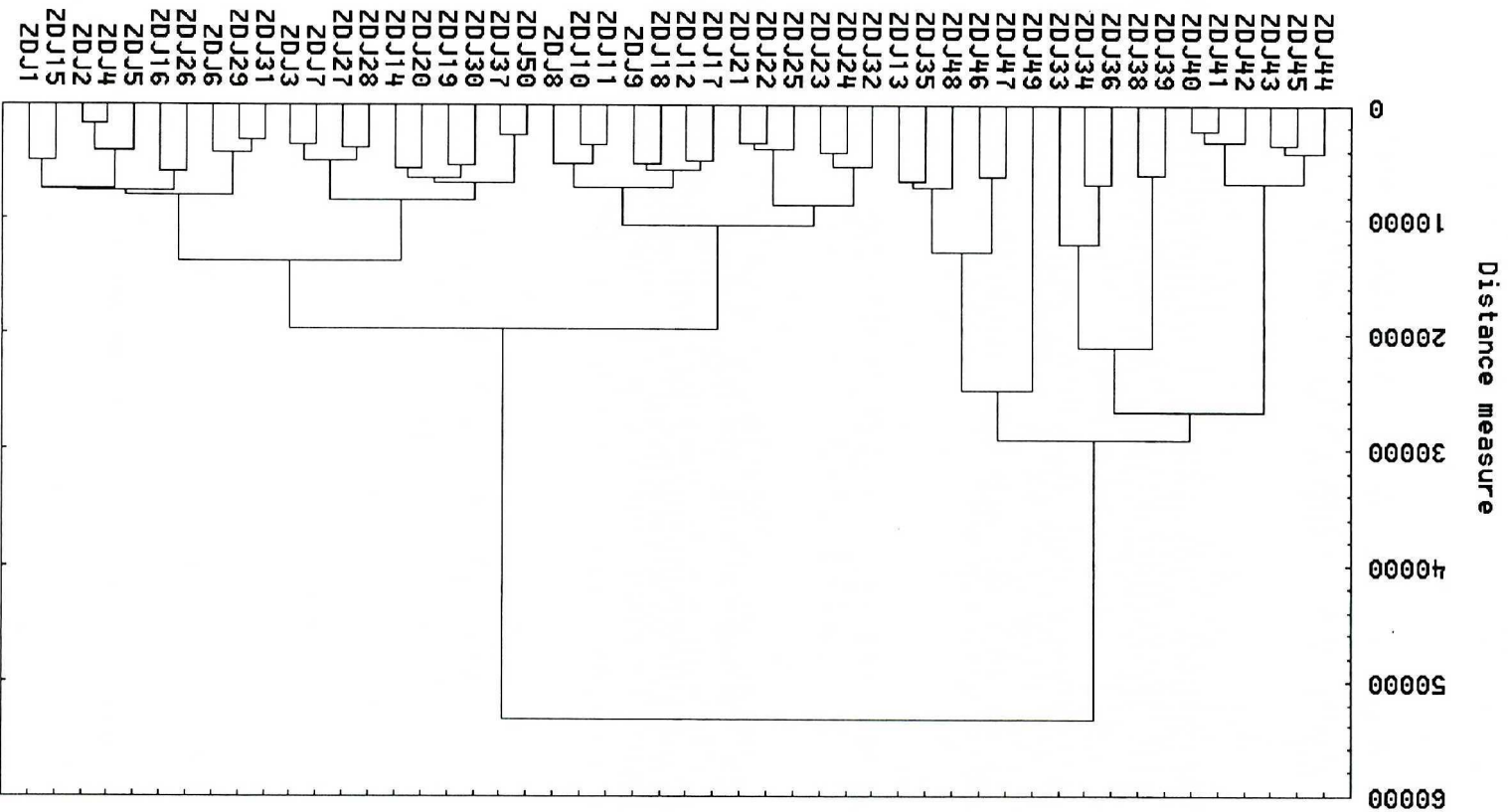


Fig. 2. The result of vegetation records arranged by statistical agglomeration analysis - the Ward's method cluster algorithm by using the square of Euclidean distance (the distance measure)

Neither frequent nor abundant but remarkable is the participation of forest species in the bush and herb layer such as: *Ligustrum vulgare*, *Salix purpurea*, *Mycelis muralis*, *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium myrtillus*, *Corylus avellana*, *Rubus ceasius*, *Trientalis europaea* and *Solanum dulcamara*. The spontaneous occurrence of forest species in the herb layer can suggest that the structure of the studied vegetation patches is undergoing changes similar to those that can be observed in unchanged forests. At the moment many meadow and ruderal species participate in the herb layer structure. The most frequent are the meadow species such as: *Achillea millefolium*, *Agrostis capillaris*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca rubra*, *Daucus carota*, *Taraxacum officinale* and *Trifolium repens*. Among the ruderal species the most frequent are *Artemisia vulgaris*, *Eupatorium cannabinum*, *Melilotus alba*, *Oenothera biennis*, *Polygonum aviculare* and *Solidago canadensis*. The presence of the last, neophyte species is especially interesting. It is abundant on some heaps and sedimentation pools. It covers exclusively the whole object and shows extraordinary expansiveness [4, 9, 11]. The psammophilous species are present in many recorded patches. The class *Sedo-Scleranthetea* is represented by such species as: *Hieracium pilosella*, *Festuca ovina*, *Trifolium arvense* and *Corynephorus canescens*.

Among the accompanying species the most frequent are such as: *Calamagrostis epigeios*, *Cirsium arvense*, *Medicago lupulina*, *Tussilago farfara*, *Symphoricarpos albus*, *Lupinus polyphyllus*, *Lysimachia nummularia*, *Chamaenerion palustre*, *Conyza canadensis* and *Poa annua*. Particular abundant is also one moss species *Ceratodon purpureum*.

## CONCLUSIONS

1. The analyzed woodland vegetation patches (they are quite initial and the phytosociological classification is very difficult) resembling mostly the *Quercus roboris-Pinetum* J. Mat. (mscr.) plant community association. *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Pinus sylvestris* and *Populus tremula* build the tree layer. In the herb layer there is a remarkable number of species classified to the *Vaccinio-Piceetea* class.
2. Apart from the meadow species in the herb layer there are also some species from the following ruderal phytosociological classes: *Chenopodietea*, *Plantaginetea majoris*, *Artemisietea* and psammophilous vegetation of *Sedo-Sclerantetea* class.
3. The vegetation is not very site specific. The species composition is in general similar on all the investigated objects.
4. Further investigation on the spontaneous woodland vegetation developing on coal mine heaps and other post-industrial wastelands should be continued not only for scientific, but also for economic reasons. The spontaneous development of vegetation takes a long time but the results are permanent and ecologically most appropriate.

### Acknowledgement:

The authors would like to thank everyone who helped during the fieldwork and the writing the paper. Particularly we would like to thank Dr Edyta Sieka for help with the statistical analyses.

## REFERENCES

- [1] Buszman B., J.B. Parusel, J. Świerad: *Przyrodnicze wartości leśnych stawów w Tychach Czulowie przeznaczonych na zwałowisko odpadów kopalń węgla kamiennego*, Kształtowanie Środowiska Geograficznego i Ochrona Przyrody na Obszarach Uprzemysłowionych i Zurbanizowanych, WBiOŚ, WNOZ, UŚ, Katowice – Sosnowiec, **8**, 9–15 (1993).
- [2] Balcerkiewicz S., G. Pawlak: *Zbiorowiska roślinne zwałowiska zewnętrznego Pątnów-Józwin w Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego*, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria Botanika, **40**, 57–106 (1990).
- [3] Balcerkiewicz S., G. Pawlak: *Zarastanie zwałowiska zewnętrznego kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w aspekcie analizy florystyczno-ekologicznej występujących tam zbiorowisk roślinnych*, Archiwum Ochrony Środowiska, **2**, 7–20 (1991).
- [4] Botta-Dukat Z., I. Dancza: *Effect of weather conditions on the growth of *Solidago gigantea**, [in:] G. Brundt, J. Brock, I. Camarda, L. Child, M. Wade (eds.): *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*, Backhuys Publishers, Leiden 2001, 47–54.
- [5] Braun-Blanquet J.: *Pflanzensoziologie*, Springer Verlag, Wien 1951, 457–515.
- [6] Cabała S., Z. Jarząbek: *Szata roślinna zwałowisk poprzemysłowych Chorzowa, cz. I: Analiza flory*, Archiwum Ochrony Środowiska, **25** (1), 133–153 (1999).
- [7] Cabała S., Z. Jarząbek: *Szata roślinna zwałowisk poprzemysłowych Chorzowa, cz. II: Roślinność zielna*, Archiwum Ochrony Środowiska, **25** (2), 131–148 (1999).
- [8] Cohn V.J., A. Rostański, B. Tokarska-Guzik, I.C. Trueman, G. Woźniak: *The flora and vegetation of an old solvay process tip in Jaworzno (Upper Silesia, Poland)*, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, **70**(1), 47–60 (2001).
- [9] Cornelius R.: *The strategies of *Solidago canadensis* L. in relation to urban habitats III. Conformity to habitat dynamics*, Acta Oecologia, **11**, 301 (1990).
- [10] Drużkowski M., A. Górski, S. Loster, A. Medwecka-Kornaś: *Warunki siedliskowe i flora zwałowiska popiołu w Skawinie*, Zeszyty Naukowe UJ Prace Botaniczne, **5**, 31–69 (1977).
- [11] Ellenberg H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner, D. Paulißen: *Indicator values of plants in Central Europe*, Scripta Geobotanica, **18**, Universität Göttingen, 1992.
- [12] Jochimsen M.E.A.: *Vegetationsökologische Gesichtspunkte zur Begrünung von Bergematerial*, [in:] H. Wiggering, M. Kerth (eds.): *Bergehalden im Ruhrgebiet, Beanspruchung und Veränderung eines industriellen Ballungsraumes*, Vieweg, Braunschweig - Wiesbaden 1991, 155–162.
- [13] Jochimsen M.E.A.: *Reclamation of degraded sites by ecological means*, [in:] R.W. Sarsby, T. Meggyes (eds.), Green 3. The exploitation of natural resources and the consequences, Thomas Telford, London 2001, 543–549.
- [14] Jochimsen M.E.A., J. Hartung, I. Fischer: *Spontane und künstliche Begrünung der Abrauhalden des Stein- und Braunkohlenbergbaus*, Ber. d. Rienh. Tuxen-Gesellschaft, **7**, 69–88 (1995).
- [15] Kompała A.: *Spontaniczne procesy sukcesji na terenach po eksploatacji piasku na obszarze województwa katowickiego*, Przegląd Przyrodniczy, **7**(1/2), 163–168 (1997).
- [16] Krzaklewski W.: *Fitosocjologiczna metoda oceny warunków rekultywacji i zagospodarowania leśnego nieużytków na przykładzie skarp zwałowiska Kopalni Węgla Brunatnego Adamów*, Archiwum Ochrony Środowiska, 3-4, 121–165 (1979).
- [17] Lance G.N., W.T. Williams: *A general theory of classificatory sorting strategies*, Computer Journal, **9**, 373–380 (1967).
- [18] Matuszkiewicz W.: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, PWN, Warszawa 1984.
- [19] Mirek Z., H. Piękoś-Mirek, A. Zając, M. Zając: *Vascular plants of Poland. A checklist*, Polish Botanical Studies, No 15, Kraków 1995.
- [20] Mueller-Dombois D. H. Ellenberg: *Aims and methods of vegetation ecology*, John Wiley & Sons, New York – London – Sydney – Toronto 1974.
- [21] Pasierbiński A., A. Rostański: *Zróznicowanie flory naczyniowej zwałowisk pogórnich zlokalizowanych na terenach leśnych aglomeracji katowickiej*, Natura Silesiae Superioris, suplement, 19–31 (2001).
- [22] Pawlak G.: *Flora i zbiorowiska roślinne osadników popiołu przy elektrowniach Konińskiego Zagłębia Węglowego*, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Botanika Seria B, **26**, 75–92 (1985).



- [23] Rostański A.: *Spontaniczna sukcesja roślinności na wybranych zwalach przemysłowych w województwie katowickim*, Kształtowanie Środowiska Geograficznego i Ochrona Przyrody na Obszarach Przemysłowych i Zurbanizowanych, WBiOŚ, WNoZ, UŚ, **3**, 35–38 (1991).
- [24] Rostański A.: *Hałdy przemysłowe – uciążliwe, a zarazem interesujący element krajobrazu Górnego Śląska*, Przegląd Przyrodniczy, **7** (3-4), 259–262 (1996).
- [25] Rostański A.: *Rośliny naczyniowe terenów o wysokim stopniu skażenia metalami ciężkimi*, Acta Biologica Silesiana, **30** (47), 56–85 (1997).
- [26] Rostański A.: *Flora spontaniczna hałd Górnego Śląska*, Archiwum Ochrony Środowiska, **23** (3-4), 159–165 (1997).
- [27] Rostański A.: *Anthropophytes and apophytes in colonization process on the post-industrial heaps in Upper Silesia Region*, Phytocoenosis, **10** (9), 199–202 (1998).
- [28] Rostański A.: *Spontaneous flora on coal spoil heaps in Upper Silesia (Poland)*, [in:] R.W. Sarsby (ed.) Green 2. Contaminated and derelict land, Thomas Telford, London 1998, 488–491.
- [29] Rostański A.: *Rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków przemysłowych – rozwiązania alternatywne*, Inżynieria ekologiczna, Ochrona i rekultywacja gruntów, Wydawnictwo Ekoinżynieria, Lublin 2000, 81–86.
- [30] Rostański A.: *Podsumowanie badań flory terenów przemysłowych na Górnym Śląsku (1989–1999)*, Acta Biologica Silesiana, **35** (52), 131–154 (2000).
- [31] Rostański A.: *Trawy spontanicznie zasiedlające nieużytki przemysłowe w aglomeracji katowickiej*, Łąkarstwo w Polsce, **3**, 141–150 (2000).
- [32] Rostański A.: *Rola lokalnych zasobów genowych w zagospodarowaniu nieużytków przemysłowych*, Materiały Sympozjum Warsztaty 2000 nt. Zagrożeń Naturalnych w Górnictwie, Druk-Rol, Kraków 2001, 163–172.
- [33] Rostański A., I. Trueman: *A comparison of the spontaneous floras of coal mine heaps in two European industrial regions – Upper Silesia (Southern Poland) and the Black Country (UK)*, [in:] R.W. Sarsby, T. Meggyes (eds.), Green 3. The exploitation of natural resources and the consequences, Thomas Telford, London 2001, 561–566.
- [34] Sanger H.: *Flora and vegetation on dumps of uranium mining in the southern part of the former GDR*, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, **4**, 409–418 (1995).
- [35] Szwedo J., G. Woźniak, A. Kubajak, H. Wypało, W. Rak: *Ścieżki dydaktyczne – Po terenach rekultywowanych kopalnia piasku Szczakowa S.A.*, Planta, Jaworzno-Szczakowa 1995.
- [36] Tokarska-Guzik B.: *Hałda huty szkła w Jaworznie-Szczakowej jako ostoja zanikających gatunków w obrębie miasta*, Kształtowanie Środowiska Geograficznego i Ochrona Przyrody na Obszarach Przemysłowych i Zurbanizowanych, WBiOŚ, WNoZ, UŚ, Katowice – Sosnowiec, **3**, 39–42 (1991).
- [37] Tokarska-Guzik B.: *Rola hałd zasadowych w utrzymaniu lokalnej bioróżnorodności*, Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodniczego Świebodzin, Przegląd Przyrodniczy, VII, **3-4**, 261–266 (1996).
- [38] Tokarska-Guzik B., A. Rostański, F. Klötz: *Roślinność hałdy pocynkowej w Katowicach-Welnowcu*, Acta Biologica Silesiana, **19**(36), 94–102 (1991).
- [39] Trzcńska-Taciak H.: *Flora i roślinność zwalów Krakowskich Zakładów Sodowych*, Fragmenta Floristica et Geobotanica, **3**, 243–318 (1966).
- [40] Wilkoń-Michalska J., M. Sokół: *Flora zwalów wapiennych Inowrocławskich i Janikowskich Zakładów Sodowych*, Zeszyty Naukowe UMK, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, **21**, Biologia, **11**, 173–208 (1969).
- [41] Woźniak G.: *Osadniki wód kopalnianych jako słabo poznany element środowiska przyrodniczo-geograficznego Śląska*, (Coal mine sedimentation pools as a unknown element of geographical environment in Upper Silesia), Kształtowanie Środowiska Geograficznego i Ochrona Przyrody na Obszarach Przemysłowych i Zurbanizowanych, Katowice – Sosnowiec, **6**, 18–25 (1992).
- [42] Woźniak G.: *Uwarunkowania sukcesji na osadnikach ziemnych wód kopalnianych na Górnym Śląsku*, praca doktorska, Katowice 1998.
- [43] Woźniak G.: *Plant succession on sedimentation pools in Upper Silesia*, [in:] R. W. Sarsby (ed.) Green 2. Contaminated and derelict land, Thomas Telford, London 1998, 60–62.
- [44] Woźniak G.: *Primary succession on the sedimentation pools of coal mine*, [in:] J.B. Faliński, W. Adamowski, B. Jackowiak (eds.), Synanthropization of plant cover in new Polish research, Phytocoenosis, **10** (N.S.), Supplementum Cartographiae Geobotanicae, **9**, 189–198 (1998).
- [45] Woźniak G.: *Rola procesów naturalnych w rekultywacji nieużytków przemysłowych*, Inżynieria ekologiczna I, Wyd. Ekoinżynieria, Lublin 2000, 87–93.

- [46] Woźniak G.: *Flora roślin naczyniowych osadników ziemnych wód kopalnianych – nieużytków po-eksploatacyjnych na terenie Górnego Śląska*, Materiały i Opracowania, 6 Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska, 2001, s. 48.
- [47] Woźniak G.: *Invasive plants involved in primary succession on post-industrial areas Upper Silesia (Poland)*, [in:] G. Brundu, J. Brock, I. Camarda, L. Child, M. Wade (eds.): *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*, Backhuys Publishers, Leiden 2001, 263–270.
- [48] Woźniak G., A. Kompała: *Gatunki chronione i rzadkie na nieużytkach przemysłowych*, Problemy środowiska i jego ochrony, 8. Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem UŚ, 2000, 101–109.
- [49] Woźniak G., A. Kompała: *Ecology of spontaneous vegetation on post-industrial waste lands (Upper Silesia – Poland)*, [in:] R.W. Sarsby, T. Meggyes (eds), *Green 3. The exploitation of natural resources and the consequences*, Thomas Telford, London 2001, 567–573.
- [50] Woźniak G., A. Kompała: *Ekologiczny potencjał nieużytków przemysłowych jako podstawa ich biologicznej regeneracji*, [in:] *Przywracanie Wartości Użytkowych Terenom Górniczym*, Wieliczka 2001, 223–233.
- [51] Woźniak G., A. Pasierbiński, A. Rostański: *Spontaneous woodland vegetation on coal mine heaps of Silesian Industry Region (Upper Silesia Poland)*, in press.

Received: July 30, 2002, accepted: December 2, 2002.