











their high density, was enough large to successfully establish valuable young-growth spruce stands.

The inventory of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland covered an area of more than 20,000 ha (while in 2012 – more than 26,000 ha) of seedlings, advance growth and underbrush of which at least 20% were of the highest quality. This area with spruce natural regeneration potentially useful for forest economy, is contrasted with the area of only 12.26 ha identified in the territory of the Gdansk RDSF in 1988–1998 (Tomczyk 1999).

Spruce in the Kaszuby Lakeland regenerates successfully both by side and top seeding. The natural regeneration also appears when spruce occasionally occurs in the composition of the mother stand. The macro-habitat of this region (as well as in the entire West Pomerania) can be compared to that of the lower montane zone of the Sudeten and Carpathian Mountains, where the growth conditions for spruce are close to its physiological optimum (Modrzyński 1998, 1999).

Pawłowski (1969), Szydłarski (1998), Szymański (1998) and Zajączkowski (2002) drew attention to the dynamic renewal of spruce stands in this area. Karpinski (1971) reports dense spruce regeneration by natural seeding in this region even in small gaps in beech stands. Brakowski and Świącieński (1969) proposed to introduce a shelterwood strip system developed by Wagner, especially for spruce stands to ensure optimal possibilities of its natural regeneration in this region. Gunia et al. (1982), however, believes that in the Kaszuby Lakeland, spruce regenerates naturally regardless of the applied cutting system.

## 5. Summary and conclusions

1. The decade 2002–2012 saw an increase in the area of spruce natural regeneration in spruce stands and stands with spruce older than 40 years in the Kaszuby Lakeland by 24.9% (from 20,834 ha to more than 26,000 ha of reduced area).

This increase is associated with a 23.6% decrease, both in the volume of spruce stands (and stands with the admixture of spruce) aged over 40 years, as well as with the expansion of spruce natural regeneration in pine stands (especially in Bśw and BMśw forest habitats) with a small admixture of spruce.

2. The presence of spruce natural regeneration on ca 58% of the area of spruce stands (and stands with the admixture of spruce) aged over 40 years indicates a widespread occurrence of spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland. Almost 100% of stands older than 60 years with dominant spruce regenerate there in a natural way.

3. Most spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland was found in the forest habitats of LMśw (52.5% of the total area of renewals in 2002 and 50.1% in 2012) and BMśw (30.4% in 2002 and 32.0 % in 2012). Noteworthy is

also the share of the natural regeneration in the forest habitats of Lśw (6.6% and 6.0%), Bśw (5.6% and 6.9%) and BMb (3.3% and 3.2%). A total of 98.4% of all renewals in 2002 and 98.2% in 2012 occurred in these habitats.

4. The highest quality of the natural regeneration of spruce in the Kaszuby Lakeland was found in the Lśw, LMśw and BMśw, while the lowest in the LMb and BMb forest habitats.

5. Most spruce renewals (63%) were inventoried in the central and northern part of the Kaszuby Lakeland characterised by the highest elevation above sea level, the highest share of fertile soils and wet habitats. The nature of the habitats in this part of the region resembles the mountain habitats in southern Poland and clearly favours the natural regeneration of spruce.

6. Most of the spruce natural regeneration in the Kaszuby Lakeland turned to underbrush, which was mainly due to the unfavourable light conditions below the canopy and excessive density of the regeneration. In spite of this, about 20% of the seedlings and advance growth inventoried in the region exhibited a very high silvicultural quality, allowing obtaining valuable forest stands. The good quality advance growth in the LMśw, BMśw and Lśw forest habitats should be exposed through late thinning and sanitation cuts. Improvement treatments should also be applied in advance to establish multi-species forest stands with the share of Norway spruce up to 30% in the future.

7. The lack of interference in the spontaneous regeneration of spruce, which today is a common case, leads, on the one hand, to the appearance of underbrush over large areas, and, on the other hand, to an excessive share of this species in the composition of some forest stands. In order to prevent the establishment of spruce monocultures by natural regeneration and obtain a more complex vertical structure of the stand, it is desirable to use other admixture species, mainly beech and pine. In the partial cutting systems used primarily for the sake of the process of beech natural regeneration, the natural regeneration of spruce and other species should be applied and promoted to a larger extent.

## Conflict of interest

The authors declare that they are free of potential conflicts of interest.

## Acknowledgement and financial support

The authors want to thank Michał Majewski M Sc.(Eng.), Krzysztof Maras M Sc.(Eng.) and Mateusz Stopiński M Sc.(Eng.) for their assistance in conducting fieldwork.

The research project was partly funded by the Committee for Scientific Research under the grant No. 6 P04F 068 21.

## References

- Augustowski B., Sylwestrzak J. 1979. Zarys budowy geologicznej i rzeźba terenu, in: Augustowski B. (eds.). Pojezierze Kaszubskie. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 49–72. ISBN 83-04-00363-5.
- Boratyńska K. 1998. Rozmieszczenie geograficzne, in: Boratyński A., Bugała W. (eds.) *Biologia świerka pospolitego*. Poznań, Wyd. Nauk. Bogucki, 63–79. ISBN 83-86001-48-8.
- Borusiewicz B. 1998. Świerk pospolity w północnej części Pomorza Zachodniego. *Las Polski* 15/16: 27.
- Brakowski W., Świeciński J. 1969. Zagospodarowanie lasów świerkowych na terenie Okręgowego Zarządu lasów Państwowych w Gdańsku ze szczególnym uwzględnieniem dzielnicy przyrodniczo leśnej Pojezierza Kartuskiego. Materiały na Konferencję Naukowo-Techniczną w 1969 r.
- BULiGL 2002. Elektroniczna baza danych RDLP w Gdańsku. Plany urządzenia lasu nadleśnictw położonych w regionie Pojezierza Kaszubskiego. Oddział Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Gdyni.
- Czerw M. 1969. Ocena hodowlana odnowień naturalnych świerka na terenie Pojezierza Kartuskiego w zależności od siedliska. Praca dyplomowa SGGW–AR, Instytut Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa i Hodowli Lasu. Maszynopis.
- Głaz J., Zajączkowski G. 2002. Występowanie nalotów w lasach Państwowego Gospodarstwa leśnego. *Sylvan* 146 (5): 73–82.
- Gunia S., Kowalski M., Żybura H. 1982. Informacja dotycząca możliwości uprawy i hodowli świerka pospolitego i jodły pospolitej w Krainie Przyrodniczo Leśnej Bałtyckiej. SGGW Warszawa.
- Herbich J. 1982. Zróżnicowanie i antropogeniczne przemiany roślinności Wysoczyzny Staniszewskiej na Pojezierzu Kaszubskim. *Monographiae Botanicae*. 63: 1–162.
- Karpiński Z. 1971. Świerczyny na Pojezierzu Kartuskim. *Sylvan* 115 (5): 75–79.
- Kondracki J. 2001. Regiony fizycznogeograficzne Polski. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa: 74-78. ISBN 83-01-13050-4.
- Kukuła J., Magnuski K., Miś R., Ważyński B., Żółciak E. 1997: *Zagadnienia praktyczne z urządzania lasu*. Cz. I: Inwentaryzacja lasu i plany urządzania lasu. Wyd. Akad. Roln. im. A.Cieszkowskiego, Poznań. ISBN 83-7160-060-7.
- Kwiecień K. 1979. Warunki klimatyczne, in: Augustowski B. (ed.) *Pojezierze Kaszubskie*. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 95–120. ISBN 83-04-00363-5.
- Modrzyński J. 1998. Zarys ekologii świerka, in: Boratyński A., Bugała W. (eds.). *Biologia świerka pospolitego*: 303–359. Wyd. Nauk. Bogucki, Poznań. ISBN 83-86001-48-8.
- Modrzyński J. 1999. Potencjalny naturalny zasięg świerka uzasadnia jego hodowlę na Pomorzu Zachodnim. *Sylvan* 143 (7): 63–67.
- Nowosielski N. 1973. Próba hodowlanego wykorzystania odnowień naturalnych świerka w dwu nadleśnictwach OZLP w Gdańsku. Maszynopis. SGGW Warszawa.
- Pawłowski W. 1969. Ocena zdrowotności świerka występującego w drzewostanach czystych i mieszanych w dzielnicy Pojezierza Kartuskiego. Materiały na konferencję Polskiego Towarzystwa Leśnego. Gdańsk.
- Szydłarski M. 1998. Zagospodarowanie lasów świerkowych na Pojezierzu Kaszubskim na przykładzie Nadleśnictwa Kartuzy. Materiały na konferencję terenową, in: Aktualny stan świerka i perspektywy jego dalszej hodowli poza naturalnym zasięgiem występowania na przykładzie RDLP w Gdańsku. Sulęcyno.
- Szydłarski M. 1999. Zagospodarowanie lasów świerkowych na Pojezierzu Kaszubskim na przykładzie Nadleśnictwa Kartuzy. *Sylvan* 143 (5): 47–54
- Szymański T. 1998. Występowanie świerka w Lasach państwowych na terenie RDLP w Gdańsku w świetle III rewizji urządzania lasu. Materiały na konferencję terenową, in: Aktualny stan świerka i perspektywy jego dalszej hodowli poza naturalnym zasięgiem występowania na przykładzie RDLP w Gdańsku. Sulęcyno.
- Tomczyk S. 1999. Odnowienia naturalne w lasach. Stan obecny i perspektywy rozwoju. Warszawa. ISSN 1232-8111.
- Zajączkowski J. 1998. Siedliskowe uwarunkowania występowania odnowień podokapowych głównych gatunków lasotwórczych w Polsce. Maszynopis. SGGW Warszawa.
- Zajączkowski J. 2002. Świerk pospolity w ekosystemowej hodowli lasu na Pojezierzu Kaszubskim. *Sylvan* 146 (10): 25–30.
- Żybura H. 1983. Wpływ drzewostanu osłaniającego na dynamikę odnowień podokapowych świerka w drzewostanach z udziałem sosny i świerka w północno– wschodniej Polski. *Sylvan* 127 (9/10): 41–52.

## Authors' contribution

M. S. – literature review, methods, data collection and processing, manuscript preparation. J. M. – concept and supervision of the research project, participation in the interpretation of results, manuscript preparation.