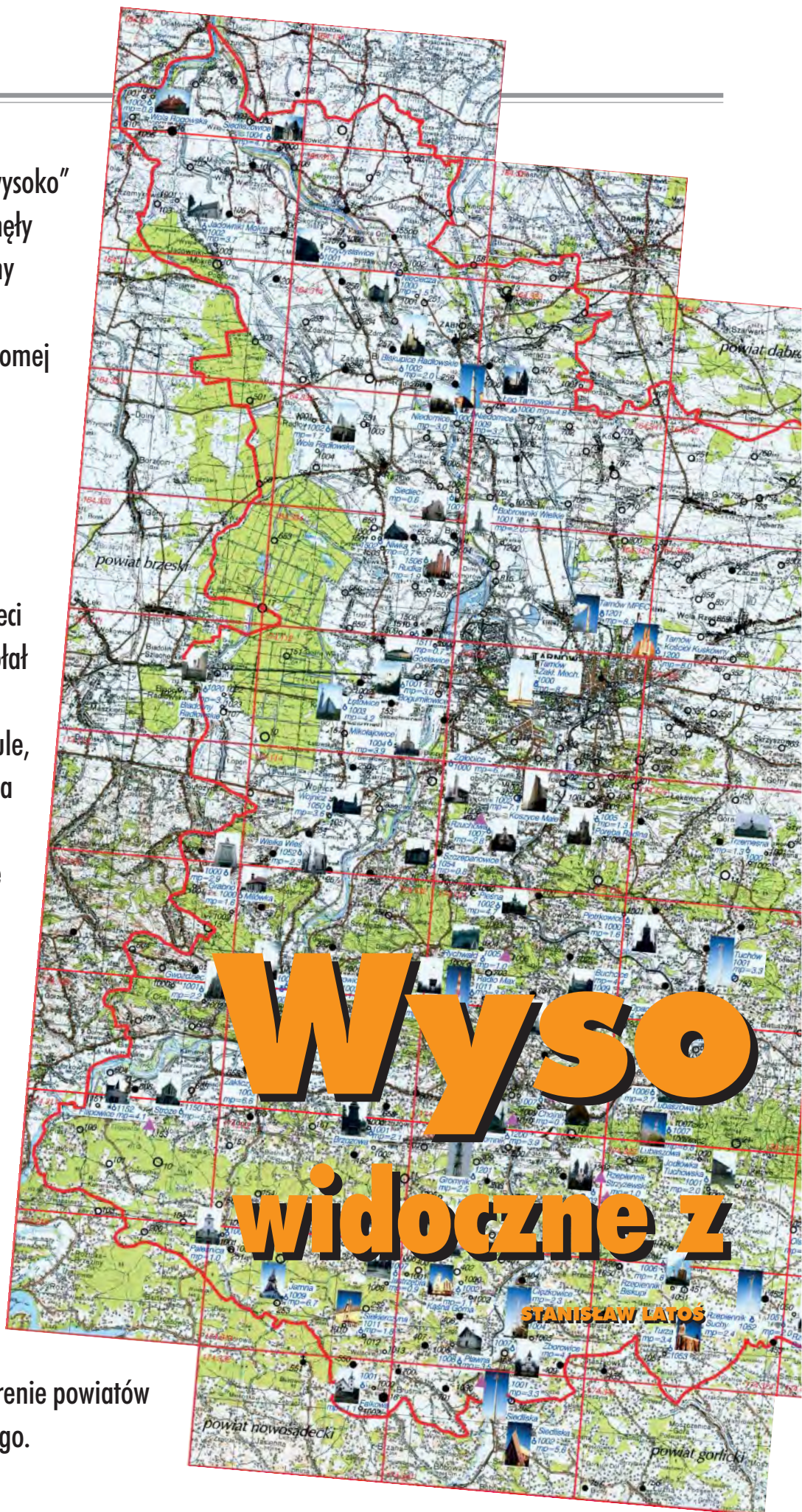


Od ukazania się artykułu „Czy warto mierzyć tak wysoko” (GEODETA 11/2001) minęły przeszło 2 lata. Poruszany w nim problem realizacji niekonwencjonalnej poziomej osnowy geodezyjnej o dokładności i funkcjonalności osnowy szczegółowej III klasy (rozwiązywanej dotąd powszechnie w postaci sieci powierzchniowych) wywołał spore zainteresowanie. We wspomnianym artykule, opisującym doświadczenia zebrane z pomiarów w powiecie brzeskim, nie podano jednak zasad zakładania i funkcjonowania takiej osnowy oraz warunkowań, jakie muszą spełniać tereny, na których technologię tę możemy zastosować. Czynimy to teraz, po zakończeniu serii pomiarów przeprowadzonych na terenie powiatów łańcuckiego i tarnowskiego.



● Koncepcja oraz warunki

Dzisiaj znane są różne sposoby realizacji osnów [11] – od bezpośrednich pomiarów geodezyjnych do technik satelitarnych. Metody te mogą być stosowane niezależnie, rozłącznie lub – obecnie najczęściej – łącznie. Wykorzystując zalety każdej z nich, dąży się do zakładania

osnów jako zintegrowanych sieci geodezyjno-satelitarnych. Możliwość i zasadność oraz efekty zastosowania wymienionych technik uzależnione są zawsze od:

- celu, dla jakiego punkty tej osnowy będą wykorzystywane,
 - warunków terenowych (i innych istniejących na obszarze zainteresowania),
 - wielkości nakładów finansowych.
- Główną rolę zarówno w projektowaniu, jak i funkcjonowaniu osnów zakła-

danych w sposób niekonwencjonalny odgrywać będą obiekty wysokie (budowle sakralne i zabytkowe, wieże telekomunikacyjne i obserwacyjne, oraz budowle przemysłowe), a ściślej ich wybrane elementy, łatwe do jednoznacznej identyfikacji i widoczne ze znacznej odległości. Osnowy te przypominać będą dawne sieci triangulacyjne, których punkty będą trwałe zaszyfrowane, ale nie będzie możliwe wykonywanie na nich pomiarów bezpośrednich. Stąd zarówno wyznaczanie współrzędnych punktów, jak i korzystanie z nich przy zakładaniu prostych konstrukcji pomiarowych, dokonywać się będzie technikami uwzględniającymi te uwarunkowania, czyli za pomocą:

- wielokrotnych kątowych wcięć w przód (z istniejących w terenie punktów osnowy I i II klasy lub wyznaczonych równocześnie metodą satelitarną punktów pośrednich),
 - wcięć wstecz (pojedynczych punktów lub kombinowanych wcięć niewielkich ich grup tworzących najczęściej sieci kątowno-liniowe).
- Konstrukcja obiektów, ich lokalizacja oraz wymienione wyżej zasady zakładania i wykorzystywania takich osnów określają warunki terenowe, jakie muszą być spełnione, aby można było taką sieć założyć. Itak:
- teren powinien być pokryty stosunkowo gęstą siecią obiektów wysokich (dobrze widocznych nawet z odległych od nich miejsc) oraz mieć odpowiednią liczbę korzystnie rozmieszczonych punktów osnowy I i II klasy,
 - niezbędna jest widoczność pomiędzy tymi obiektami i punktami, o którą łatwo w terenach pagórkowatych, słabo zurbanizowanych i niezalesionych lub słabo zalesionych.

Punkty tak założonej osnowy mogą być wykorzystane do:

- nawiązania kątowych pomiarów szczegółowych, prowadzonych z punktów istniejącej osnowy pomiarowej,
- kontroli dokładności wyznaczenia położenia punktów dawnych osnów wykorzystywanych do pomiarów szczegółowych,
- zakładania punktów nowej osnowy pomiarowej (pojedyncze punkty lub ich niewielkie grupy).

Należy zaznaczyć, że zaproponowana koncepcja włączenia obiektów wysokich do osnowy geodezyjnej pojawiła się w związku z trudnościami, jakie występują przy korzystaniu z punktów zdezaktualizowanych osnów na terenie województwa małopolskiego.

Całą procedurę postępowania (konstrukcję sieci, zasady pomiaru i opracowania

wyników) podporządkowano głównemu celowi przedsięwzięcia, czyli uzyskaniu współrzędnych punktów zlokalizowanych na obiektach wysokich. Pierwsze prace, jak już wspomniano, prowadzone były na obszarze powiatu brzeskiego [10].

Od 2001 roku w analogiczny sposób założono osnowę na terenie powiatów: łańcuckiego i tarnowskiego. Obecnie prowadzone są pomiary w powiatach gorlickim i bocheńskim. Do tego rozwiązania skłaniają się również starostowie z powiatów limanowskiego, nowosądeckiego i tatrzańskiego oraz dwóch powiatów województwa dolnośląskiego. Jest to istotne szczególnie ze względów finansowych, bowiem nie wszystkie powiaty stać na zakładanie osnów szczegółowych III klasy w sposób konwencjonalny. Aby przekonać tych, którzy do tej technologii nie mają jeszcze w pełni zaufania, w dalszej części przedstawiono efekty uzyskane przy jej zastosowaniu w powiecie łańcuckim i tarnowskim.

● Powiat łańcucki

Powiat łańcucki zajmuje obszar około 452 km². Tworzy go 6 gmin zamieszkałych przez około 77 tysięcy osób. Zabudowa wiosek tworzących te gminy rozlokowana jest wzdłuż istniejącej gęstej sieci komunikacyjnej.

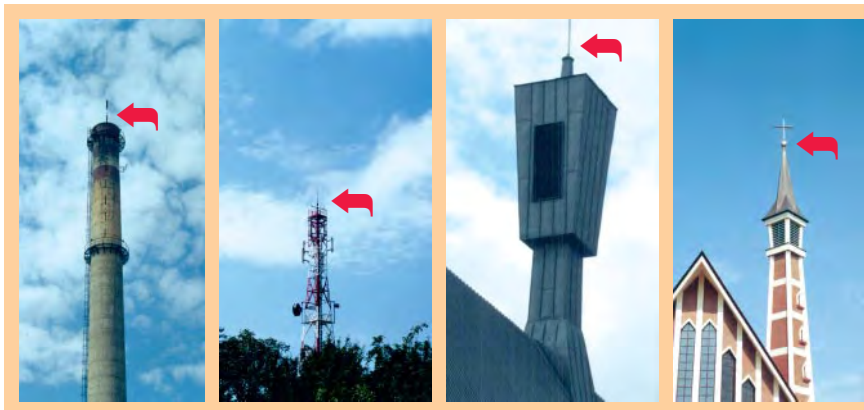
Powiat położony jest w dwóch odmiennych krainach geograficznych i fizjograficznych, a mianowicie: na terenie Płaskowyżu Kolbuszowskiego (na północy) i Pradoliny Podkarpackiej (na południu). Część północna ma charakter równinny i lekko falisty (200–250 m n.p.m.), zaś południowa – falisty i pagórkowaty (200–400 m n.p.m.).

Niektóre obszary, szczególnie w części północnej, zajmują lasy. Pozostałe to tereny rolnicze dość gęsto zabudowane. Mimo to dzięki korzystnemu ukształtowaniu pionowemu są to tereny w miarę otwarte.

Rozwój gospodarczy tych obszarów wymaga prowadzenia różnego rodzaju prac geodezyjnych, których realizacja jest utrudniona z uwagi na brak uzbrojenia w punkty poziomej osnowy geodezyjnej. Na terenie powiatu łańcuckiego i w bezpośrednim jego sąsiedztwie istnieje około 100 punktów osnowy I i II klasy, z których część jest trudna lub wręcz niemożliwa do wykorzystania oraz około 100 punktów klasy III. W ostatnich latach wybudowano tu 19 kościołów, 4 maszty RTV i telefonii komórkowej oraz 2 kominy.

Ich włączenie do istniejącej osnowy mogłoby w sposób zasadniczy polepszyć jej funkcjonalność. W pomiarach szczegóło-





wych na tym obszarze wykorzystuje się powszechnie ok. 8500 punktów dawnych osnów (założonych przed 1978 r.), lecz o trudnej do oszacowania dokładności i jednorodności. W praktyce bardzo często występują kłopoty w nawiązywaniu pomiarów szczegółowych wykonywanych z tych punktów. Dlatego też geodeta powiatowy podjął decyzję o włączeniu do dotychczasowej osnowy wszystkich istniejących na tym terenie i w jego bezpośrednim sąsiedztwie, dobrze widocznych wysokich obiektów i potraktowanie ich jak punktów osnowy III klasy.

● Koncepcja i projekt techniczny osnowy¹⁾

W wyniku przeprowadzonego wywiadu terenowego opracowano projekt techniczny osnowy. Ustalono, że zaprojektowaną sieć tworzyć będzie: 35 punktów I i II klasy, 48 punktów pośrednich do wyznaczenia metodą satelitarną oraz 25 punktów na obiektach wysokich. Wszystkie nowo zakładane punkty pośrednie utrwalono znakami naziemnymi typu 42b. Przewidziano, że obserwacje na punktach pośrednich wykonane zostaną metodą statyczną w nawiązaniu do 13 wybranych punktów osnowy państwowej I i II klasy (z których utworzono tak zwaną sieć bazową). Punkty na obiektach wysokich postanowiono wyznaczać metodą wielokrotnych wcięć kątowych w przód z wybranych punktów I i II klasy oraz (wyznaczonych wcześniej metodą satelitarną) punktów pośrednich, w liczbie zapewniającej uzyskanie obserwacji nadliczbowych. Pomiar kierunków w sieci należało wykonać metodą kierunkową w dwóch seriach, instrumentem o dokładności odczytu 1" (2^{cc}), a centrowanie przyrządów – przy zastosowaniu sprawdzonych pionów optycznych. Wyniki pomiarów powinny być wyrównane w sposób ścisły w układzie 1965 (strefa I).

● Realizacja projektu

Zgodnie z założeniami pomiar kierunków wykonano instrumentem o nominalnej dokładności odczytu 1^{cc} (Sokkia F5) z błędem średnim, określonym na podstawie wyrównania stacyjnego na poszczególnych stanowiskach 4-20^{cc}. Pomiar satelitarny przeprowadzono przy 60-minutowych sesjach pomiarowych pięcioma odbiornikami GPS (Geotracer 2102 firmy Geotronics). Wszystkie obserwacje wykonano przy przeciętnych warunkach pogodowych. Dla punktów wyznaczonych metodą satelitarną uzyskano średni błąd wyznaczenia ich położenia na poziomie ±2 cm, zaś dla punktów na obiektach wysokich analogiczny błąd waha się od 1 do 8 cm (przeciętnie 3 cm). Wartości tych błędów, wyznaczone dla punktów znajdujących się na poszczególnych obiektach wysokich, łącznie z charakterystyką konstrukcyjną tych obiektów, podano w poniższej tabeli. Uzyskano dokładność wyznaczenia położenia wszystkich punktów sieci (zgodną z kryterium podanym w [2]), co pozwala zaliczyć je do poziomej osnowy szczegółowej III klasy. W roku 2002 do sieci tej dołączono dodatkowo 3 maszty telefonii komórkowej wybudowane na terenie gminy Żońlnia. Ich współrzędne określono z 6 punktów pośrednich,

pomierzonych techniką satelitarną. Błędy średnie wyznaczenia położenia wszystkich tych punktów nie przekraczają 3 cm.

● Powiat tarnowski

Powiat tarnowski obejmuje obszar o powierzchni 1334 km² i leży w Kotlinie Sandomierskiej (na północy) i na Pogórzu Ciężkowickim (na południu) i charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem ukształtowania pionowego (od ok. 170 do 500 m n.p.m.). Sporą jego część (ok. 21%) zajmują lasy, 66% to tereny rolnicze, dość intensywnie zabudowane. Resztę obszaru stanowią tereny budowlane, komunikacyjne i nieużytki. Podobnie jak w powiecie łańcuckim prowadzenie prac geodezyjnych wymaga uzbrojenia terenu w punkty poziomej osnowy geodezyjnej. Na terenie powiatu tarnowskiego i w bezpośrednim jego sąsiedztwie istnieje około 300 punktów osnowy I i II klasy, z których większości nie można wykorzystać (obszary leśne lub zadrzewione) oraz ponad tysiąc punktów klasy III (założonych w latach 1997-99 w rejonie Tarnowa i Skrzyszowa). Z tego względu w pomiarach szczegółowych na pozostałym obszarze wykorzystuje się ciągle punkty osnowy założonych przed 1980 r. Mimo braku możliwości ich kąтового nawiązania i trudności z tym związanych zaliczane są one dziś do osnowy pomiarowej

● Zmodyfikowana idea osnowy²⁾

Zebrane doświadczenia pozwoliły na stwierdzenie, że dokładność punktów proponowanej przez nas sieci odpowiada wymaganiom stawianym osnowie szczegółowej III klasy [2]. Do tej pory przyjmowano, że punkty tych osnowy powinny być wykorzystywane głównie jako punkty nawiązań kierunkowych w przypadkach prowadzenia pomiarów szczegółowych

Nr punktu	1652431137	1654121061	1654121066	1654141316	1654141320
Rodzaj obiektu	kościół	kościół	kościół	kościół	kościół
błąd m _p [m]	0,014	0,012	0,010	0,009	0,014
Nr punktu	1654211015	1654231012	1654321530	1654321533	1654321536
Rodzaj obiektu	kościół	kościół	kościół	komin	kościół
błąd m _p [m]	0,022	0,013	0,007	0,069	0,012
Nr punktu	1654321539	1654341000	1654341003	1654341004	1654411003
Rodzaj obiektu	kościół	maszt	maszt	kościół	kościół
błąd m _p [m]	0,033	0,070	0,052	0,064	0,014
Nr punktu	1654411007	1654411008	1654421001	1654421004	1752121045
Rodzaj obiektu	kościół	maszt	kościół	kościół	kościół
błąd m _p [m]	0,027	0,036	0,011	0,043	0,055
Nr punktu	1752121046	1752121048	1752121049	1752121052	1752231182
Rodzaj obiektu	kościół	maszt	komin	kościół	kościół
błąd m _p [m]	0,016	0,028	0,084	0,015	0,011

z punktów istniejącej osnowy pomiarowej. Zbyt mała liczba obiektów wysokich ograniczała jednak możliwość wykorzystania ich jako punktów bazowych przy zakładaniu osnowy pomiarowej wcięciami geodezyjnymi. Z kolei liczba istniejących punktów osnowy I i II klasy była zbyt mała do wyznaczenia współrzędnych wybranych elementów na obiektach wysokich. Dlatego też metodą satelitarną mierzono punkty pośrednie najczęściej lokalizowane w ich sąsiedztwie. Zatem przy niewielkich nakładach finansowych oraz umiejętnym rozlokowaniu punktów pośrednich oraz trwałym zasygnalizowaniu niektórych z nich za pomocą prostych sygnałów, liczbę punktów takiej osnowy można w sposób znaczny powiększyć i uczynić przydatną dla drugiego zadania, czyli do wyznaczenia punktów osnowy pomiarowych za pomocą wcięć.

Takiemu sposobowi rozwiązywania rozpatrywanego zadania sprzyja również obecna tendencja w zakresie zakładania geodezyjnych osnow szczegółowych III klasy, dyktowana rodzajem i charakterem prowadzonych szczegółowych pomiarów geodezyjnych. O ile w przeszłości pomiary takie obejmowały dość znaczne obszary i wymagały istnienia osnowy powierzchniowej o odpowiednim zasięgu i standardzie jej zagęszczenia, o tyle w chwili obecnej pomiary dotyczą z reguły drobnych prac prowadzonych najczęściej na niewielkich obszarach (pojedyncze działki lub niewielkie ich zespoły), których wykonanie wymaga założenia osnowy obejmującej najwyżej kilka zlokalizowanych tylko dla tego celu punktów.

Funkcjonalność i przydatność tak realizowanej osnowy można jeszcze znacząco zwiększyć, stabilizując trwałymi sygnałami lub rekonstruując dawne sygnały betonowe (rys. powyżej) istniejące jeszcze do dziś na wielu punktach dawnych sieci triangulacyjnych.

Realizacja i rezultaty

Szczególną uwagę poświęcono lokalizacji punktów pośrednich oraz wyborowi tych, które powinny być zastabilizowane w sposób trwały. W tym samym aspekcie dokonano wyboru punktów stałych (I i II klasy). Po uwzględnieniu wyników wywiadu terenowego zdecydowano, że osnowę tworzyć będą:

- 103 punkty nawiązania I i II klasy,
- 137 punktów pośrednich,
- 85 punktów zlokalizowanych na obiektach wysokich.

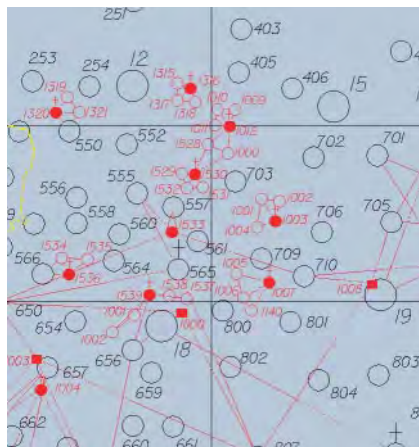
Biorąc pod uwagę powierzchnię obszaru objętego projektem (1050 km²) i liczbę pro-

jektowanych punktów (325), otrzymano zagęszczenie osnowy na poziomie 1 punkt na około 320 ha.

Położenie punktów pośrednich wyznaczono tym razem za pomocą odbiorników GPS (Leica SR 399 i SR 399E), natomiast kierunki wcinające do punktów zlokalizowanych na obiektach wysokich oraz długości wybranych boków sieci pomierzono w czterech seriach tachimetrem elektronicznym (Wild TC 1600). Wyniki obserwacji uzgodniono łącznie, uzyskując wartości współrzędnych wszystkich punktów osnowy oraz błędów wyznaczenia ich położenia, od 0,01 m do 0,07 m – przeciętnie 0,03 m³⁾. Rozmieszczenie obiektów wysokich oraz ich wygląd wraz z uzyskaną charakterystyką dokładnościową przedstawia rysunek na s. 8.

Wnioski

Prace eksperymentalne przeprowadzone na obszarze powiatów brzeskiego, łańcuckiego i tarnowskiego wskazują, że dokładności wyznaczenia położenia punktów zakładanych w ten sposób sieci mieszczą się w granicy określonej w instrukcji G-2 dla osnowy III klasy. Problemem jest jednak zapewnienie tym osnowom wymaganego dla tej klasy standardu ich zagęszczenia. Wydaje się jednak, że nie wolno przeceniać znaczenia tego kryterium. Okazuje się bowiem, że stosunkowo mała liczba takich punktów, lecz dobrze widocznych nawet z dużych odległości, może spełniać zadanie kilkakrotnie większej liczby punktów stabilizowanych znakami naziemnymi. Punkty te mogą być z dużym powodzeniem wykorzystywane przede wszystkim do nawiązania kąтового podczas prowadzenia pomiarów szczegółowych oraz jako punkty bazowe przy wyznaczaniu pozycji instrumentu metodą wcięć geodezyjnych. Należy zauważyć, że funkcjonalność ta wzrosła, gdy w najprostszym sposobie zasygnalizuje się w terenie niektóre wybrane punkty pośrednie oraz punkty osnowy



I i II klasy zlokalizowane nawet poza granicami powiatu.

O ich przydatności najlepiej świadczą pozytywne opinie wykonawców robót geodezyjnych.

¹⁾ prace wykonała firma GEOKART-INTERNATIONAL Sp. z o.o. w Rzeszowie z inicjatywy starosty łańcuckiego,

²⁾ prace związane zosnową wykonała firma WPG GEOIDA Sp. z o.o. z Torunia,

³⁾ tylko jeden z nich osiągnął wartość 0,08 m oraz jeden 0,09 m.

Literatura

- [1] *Instrukcja B-III*, Warszawa 1968;
- [2] *Instrukcja techniczna G-1*, Warszawa 1986;
- [3] *Instrukcja techniczna G-2*, Warszawa 2001;
- [4] *Instrukcja techniczna O-1*, Warszawa 1969;
- [5] *Instrukcja techniczna O-1*, Warszawa 1978;
- [6] **Latoś S.**, *Geodezyjne osnowy poziome – stan obecny, kierunki i tendencje rozwoju oraz nowe koncepcje rozwiązań*, ZN AGH, Geodezja z. 63, Kraków 1981;
- [7] **Latoś S., Maślanka J.**, *Kierunki i tendencje prac nad modernizacją poziomych osnow geodezyjnych i wykonywania pomiaru szczegółów w aspekcie systemów informacji o terenie*, VIII Sesja Naukowo-Techniczna pt. Aktualne problemy naukowe i techniczne prac geodezyjnych, Olsztyn 1995;
- [8] **Latoś S., Preweda E.**, *Badania nad ustaleniem metod i kryteriów zakładania geodezyjnych, poziomych osnow pomiarowych*, Wyd. AGH, Geodezja t. 4, Kraków 1998;
- [9] **Latoś S., Preweda E.**, *Kryteria zakładania poziomych osnow pomiarowych w dobie powszechnego stosowania tachimetrów elektronicznych*, Biuletyn Naukowy nr 6, 1999 (Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis), Olsztyn 1999;
- [10] **Latoś S.**, *Czy warto mierzyć tak wysoko*, Magazyn Geoinformacyjny GEODETA nr 11 (78), Warszawa 2001;
- [11] **Latoś S.**, *Szczegółowe poziome osnowy geodezyjne – przeszłość, stan aktualny i przyszłość w zakresie ich zakładania i funkcjonowania*, praca w druku;
- [12] *Operaty techniczne z zakładania poziomych szczegółowych osnow geodezyjnych metodą niekonwencjonalną dla powiatów: brzeskiego, łańcuckiego i tarnowskiego*, prace niepublikowane.