



Dr Tomasz Szot

Globalne Systemy Nawigacji Satelitarnej w działalności sportowo-rekreacyjno-turystycznej

maj 2024


Spis treści:

1. Wstęp
2. Obecnie dostępne GNSS
3. Działanie przykładowego GNSS
4. Zastosowania pozasportowe GNSS
5. Dlaczego monitoruje się lokomocję sportowca?
6. Odbiorniki GNSS kiedyś i dziś
7. Dokładność odbiorników sportowo-rekreacyjnych
8. Zastosowania


Lata 90-te w popkulturze

Wstęp

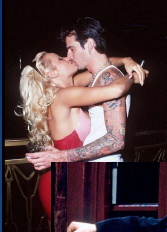
2




Kult Nirwany (+ Kurt Cobain) 1994




1994 Friends



Seksaśma Pameli Anderson i Tommyego Lee 1995




Harry Potter (JK Rowling) 1997




Titanic 1997


1990 Beverly Hills 90210



1996 Spice Girls



1997 Kult Lady Di



<https://www.vogue.pl/a/najwazniejsze-wydarzenia-w-swiatowej-popkulturze-lata-90-xx-wieku>

Lata 90-te w technologii

Wstęp 3



World Wide Web
The World Wide Web (WWW) is a system of interlinked hypertext documents using the Hypertext Transfer Protocol (HTTP) to traverse across the globe, connected by means of an abstract layer of protocols over a range of physical networking technologies.

1990

- Pierwsza wersja Adobe Photoshop
- Opublikowanie standardu World Wide Web
- Pierwsza strona WWW

1991

- 1991 powstaje darmowy system operacyjny Linux
- 1992 zostaje wysłana pierwsza wiadomość SMS
- 1993 pierwsza przeglądarka WWW - Mosaic

1994

- Pierwszy masowo produkowany telefon komórkowy - Nokia 1011
- Sony wprowadza PlayStation na rynek japoński
- 1995 debiut Windows 95 (pierwszy system "okienkowy")
- Powstaje Wirtualna Polska (wp.pl)

Pełne możliwości operacyjne (FOC) osiągnęły

- NAVSTAR GPS (lipiec 1995)
- GLONASS (grudzień 1995)*

* udostępniony użytkownikom cywilnym 4 lata później

1996

- Powstają standardy USB, CSS
- Debiutuje Palm (pierwszy Personal Digital Assistant)
- Na rynek wchodzi standard DVD
- W Polsce pojawia się dostęp do Internetu (poprzez TP S.A. i nr 0202122)

1998


- wystrzelenie pierwszego modułu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS), powstaje Google



GNSS


Obecnie dostępne GNSS 4

GPS-NAVSTAR



1993(IC)/1995(FOC)-teraz


BeiDou-3 (BDS)



2020-teraz


Global Navigation Satellite Systems

GLONASS



1995-2000, 2011-teraz

Galileo



2016-teraz

Ćwiczenie

(czas: 5 min)

Poszukaj w Internecie i dowiedz się:**Sygnaly jakich systemów satelitarnych odbiera Twój smartfon?**

(może odbiera też inne systemy, nie globalne? Jakie? Zapamiętaj nazwy)

Najszybciej: wpisz w google hasło **mgsm** oraz **swój model telefonu** i w znalezionym serwisie poszukaj **sekcji Transmisja danych**

Obecnie dostępne GNSS

5

NAVigation Satellite with Time And Ranging Global Positioning SystemSatelitarny, globalny, pozycyjny system nawigacyjny z pomiarem czasu i odległości

↓

Pozycjonowanie to proces określania współrzędnych obiektu w ustalonym układzie (a jeżeli mamy współrzędne zmieniające się w czasie, to jesteśmy w stanie wyliczyć odległość, prędkość itp.)

↓

Nawigacja to proces sterowania ruchem obiektu

↓

Dokładność nanosekund (10^{-9})
podawany w odniesieniu do UTC
(Coordinated Universal Time)

↓

GPS należy do grupy systemów stadiometrycznych, czyli takich systemów pozycyjnych, które wykorzystują pomiar odległości do wyznaczenia współrzędnych pozycji

Działanie systemu na przykładzie GPS

6

HOW GPS WORKS

GPS IS A CONSTELLATION OF 24 OR MORE SATELLITES FLYING 20,350 KM ABOVE THE SURFACE OF THE EARTH. EACH ONE CIRCLES THE PLANET TWICE A DAY IN ONE OF SIX ORBITS TO PROVIDE CONTINUOUS, WORLDWIDE COVERAGE.

- GPS satellites broadcast radio signals providing their locations, status, and precise time (t_1) from on-board atomic clocks.
- The GPS radio signals travel through space at the speed of light (c), more than 299,792 km/second.
- A GPS device receives the radio signals, noting their exact time of arrival (t_2), and uses these to calculate its distance from each satellite in view.

To calculate its distance from a satellite, a GPS device applies this formula to the satellite's signal:

$$\text{distance} = \text{rate} \times \text{time}$$
 where rate is (c) and time is how long the signal traveled through space.

The signal's travel time is the difference between the time broadcast by the satellite (t_1) and the time the signal is received (t_2).
- Once a GPS device knows its distance from at least four satellites, it can use geometry to determine its location on Earth in three dimensions.

The GPS Master Control Station tracks the satellites via a global network of antennas and manages their hardware a day, 24/7. Ground antennas across the world send data, updates and operational commands to the satellites.

The Air Force launches new satellites to replace aging ones when needed. The newer satellites offer improved accuracy and durability.

How does GPS help farmers? Learn more about the Global Positioning System and its many applications at www.GPS.GOV

Zastosowania pozasportowe GNSS

7

Przykłady zastosowań GNSS:

- nawigacja lądowa, morska i powietrzna
- geodezja, kartografia
- **monitoring samochodów** (plus stany czujników)
- ochrona mienia i policja,
- integracja z systemem e-TOLL
- ratownictwo medyczne na wodzie i lądzie,
- **rolnictwo** (pozycja maszyny rolniczej)
- **lotnictwo** (pozycja samolotu, helikoptera itp.)

Z przyziemnych:

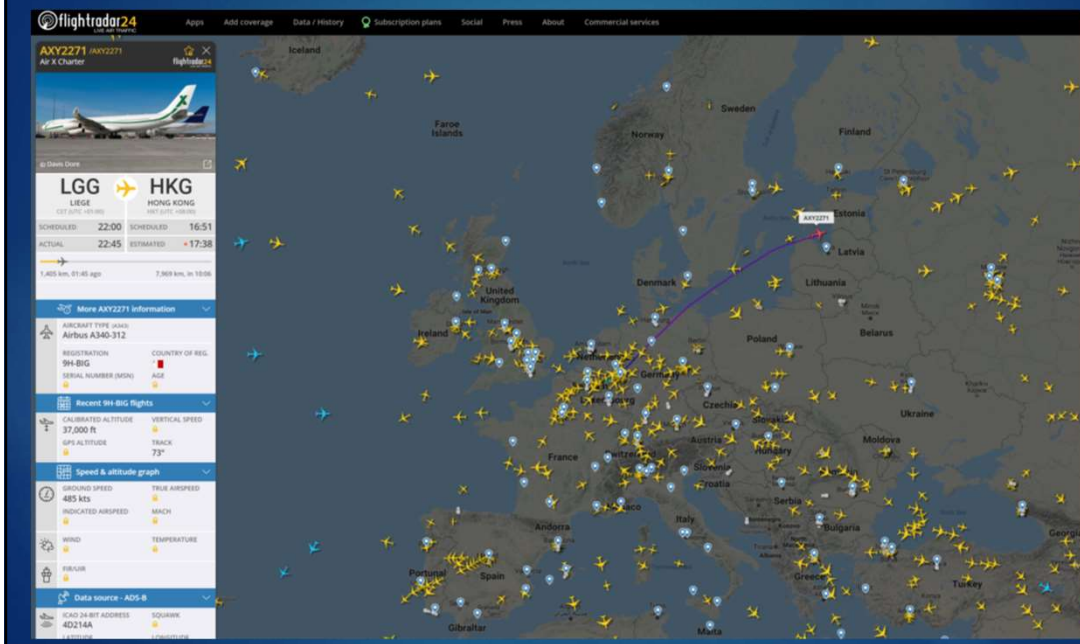
- monitoring dzieci, osób starszych (lokalizatory, geo-fence)
- monitoring zwierząt (od domowych po dzikie)



Monitoring przestrzeni powietrznej real-time (np. flightradar24.com)

Zastosowania pozasportowe GNSS

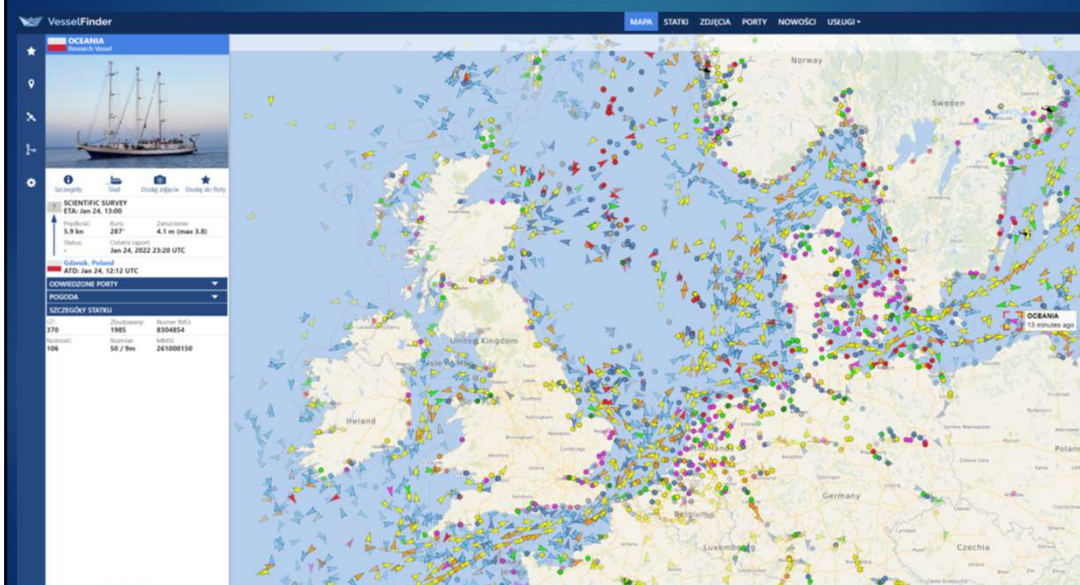
8



Monitoring morski real-time (np. vesselfinder.com)

Zastosowania pozasportowe GNSS

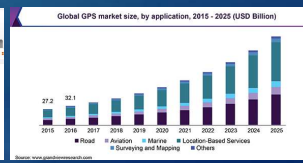
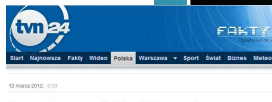
9



Nie zawsze potrafimy z technologii korzystać...

Zastosowania pozasportowe GNSS

10



Dlaczego monitoruje się lokomocję sportowca?

11

INFORMACJE (dane)

opisujące ruch
(na dużym obszarze)



Dystans (m, km, miles)

Prędkość (km/h, mph, m/s)

Tempo (min/km)

Przyspieszenie/hamowanie (m/s²)

Liczba ruchów (np. schodów, przyspieszeń)

Kierunek (podawany jako kąt względem północy)

Lokalizacja (współrzędne geograficzne)

Taktyka (np. tempo biegu na maratonie)

Zwyczaje

...etc.



Lokomocja (def.):
Przemieszczanie z jednego miejsca w inne

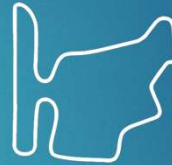
Dlaczego monitoruje się lokomocję sportowca?

12

ŚLADY (trasy) SPORTOWCÓW

poruszających się samodzielnie

używających dodatkowego sprzętu/mechanizmów

Berlin Marathon (bieg)
(42,2 km)Bieg na orientację
(7,4 km)Mecz piłki nożnej, napastnik,
(7 km, 1. poł.)Wyścig F1 GP Węgry
(4,4 km, pętla)

Lot paralotnią (73,1 km)

Kolarstwo, wyścig MTB XC
Leogang (4,5 km, pętla)

Przenośne odbiorniki GNSS kiedyś i dziś

13



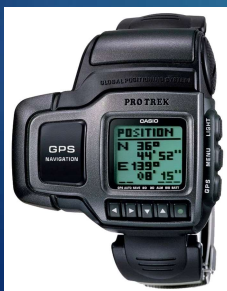
Rockwell Manpack AN/PSN-8 (1980)

Pierwszy przenośny (man-portable) odbiornik GPS

1 kanałowy (praca sekwencyjna)

Masa: antena 0.32 kg,
odbiornik właściwy 7.9 kg,
Control Display Unit 0.6 kg,
razem..... ;-)

Magellan NAV 1000 (1988)

pierwszy komercyjny ręczny
(handheld) odbiornik GPS

Casio PRT-1GP (1999)

Pierwszy komercyjny
naręczny odbiornik GPS

Garmin Forerunner (od lewej): 101 (pierwszy w serii, 2003), 910xt (2011) i 965 (2023)

Przenośne odbiorniki GNSS w sporcie i rekreacji dziś - rodzaje 14

Rejestratory (dataloggers)

Garmin 100 Pro Data Logger	Garmin 100 Pro Data Logger	Garmin 100 Pro Data Logger	Garmin 100 Pro Data Logger
\$239,99	\$239,99	\$134,99	\$189,99

Zalety: małe rozmiary, duży czas pracy (do 50 godzin), tanie, * gatunek wymierający

Odbiorniki do poszczególnych aktywności



Zalety: bardzo dokładnie dopasowane do specyfiki danej aktywności

Lokalizatory, główna cecha: zapewnienie bezpieczeństwa



Smartfony, Zaleta: każdy je ma



Smartwatche, pozycjonowane między monitorem aktywności a smartfonem



[Sprawdź systemy GNSS odbierane przez Twój model telefonu. Wpisz w Google model i słowo mgsm. Kliknij pierwszy wynik i znajdź dział Transmisja danych.](#)

Zróżnicowanie sportowo-rekreacyjnych odbiorników GNSS 15

Komunikatory satelitarne



InReach® Mini 2
Lekki komunikator satelitarne

\$449,99

Bieganie



Fenix™ 7 Pro
Inteligentny zegarek sportowy GPS z zintegrowanym planerem treningowym Garmin Coach

\$459,99

Kolarstwo



Edge® 830
Lekki inteligentny zegarek GPS z mapami i ekranem dotykowym

\$399,99

Turystyka



eTrex™ 22x/22c
Najnowsze urządzenie terenowe GPS do długich wypraw

\$199,99

Łącznie około 100 modeli odbiorników GNSS dedykowanych do wielu aktywności

Golf



Approach™ S62
Inteligentny zegarek sportowy GPS z funkcją wyszukiwania i zapisu doświadczeń. Partycypuje w programie Garmin Golf i oferuje dodatkowe funkcje.

\$499,99

Multisport



Fenix™ 7 Pro
Inteligentny zegarek sportowy GPS dla długich wypraw

\$459,99

Trening psów sportowych



Pakset Alpha™ 200-K
System obsłogi i lokalizacji psów z technologią infraczerwonej

\$999,99

...a to są tylko odbiorniki sportowo-rekreacyjne! Oprócz tego oferta tego wiodącego producenta obejmuje odbiorniki GNSS lotnicze, żeglarskie i motoryzacyjne.

Biegowy odbiornik GNSS dziś, czy tylko „odbiornik”?

16

**Garmin Forerunner 965 (2023.03)**

Najnowszy multisportowy odbiornik GNSS

wielokanałowy (praca ciągła/śledzenie wielu satelitów różnych systemów naraz, na wielu częstotliwościach)

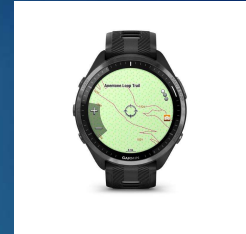
Masa: 53 g

Czas pracy: 31 godz. (tryb ciągły, tylko GPS)

Cena: ok. 2.8 tys zł.

Czujniki

GPS	✓
GLONASS	✓
GALILEO	✓
TECHNOLOGIA SATIQ™	✓
NADGARSTKOWY POMIAR TĘTNA GARMIN ELEVATE™	✓
PULSOKSYMETR DO MONITOROWANIA STOPNIA AKLIMATYZACJI	✓
WYSOKOŚCIOMIERNICZ BAROMETRYCZNY	✓
KOMPAS	✓
ZYROSKOP	✓
AKCELEROMETR	✓
TERMOMETR	✓
CZUJNIK OŚWIETLENIA OTOCZENIA	✓

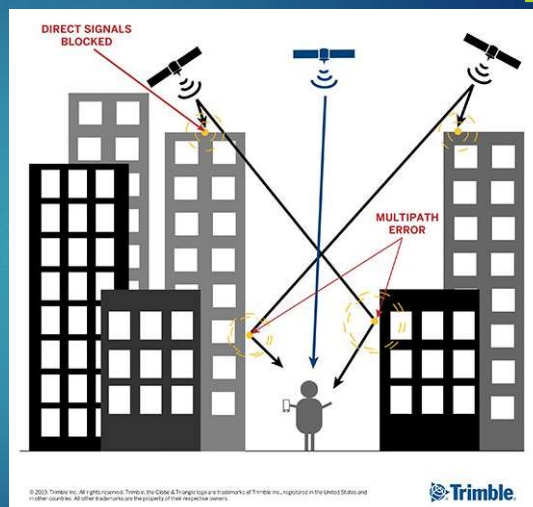

<https://www.garmin.com/pl-PL/p/886725#specs>

Dokładność sportowo-rekreacyjnych odbiorników GNSS

17

Błędy pomiarów – podział: *

- **Błędy segmentu kosmicznego** (spowodowane przez wzorec czasu satelity, prognozę perturbacji orbit)
- **Błędy propagacji sygnału z satelity do użytkownika** (wynikające z właściwości jonosfery, troposfery i z problemu wielotorowości)
- **Błędy segmentu użytkownika** (szumy odbiornika, ograniczenia sprzętu)



* dotyczą każdego rodzaju odbiorników bez względu na zastosowanie

Ćwiczenie

(czas: 5 min)

Poszukaj w Internecie i dowiedz się:

Jaka jest dokładność systemu GPS?

Dokładność sportowo-rekreacyjnych odbiorników GNSS

18

Co zrobić, by odbiornik sportowo-rekreacyjny dobrze zapisywał Twój ruch (śląd)?

- Stosować odbiorniki przynajmniej dwusystemowe (GPS+GLONASS)
- Uruchamiać odbiornik po wyjściu z budynków
- Dać szansę odbiornikowi na odnalezienie właściwej liczby satelitów (sygnalizowane) zanim zacznie się ruch
- Unikać „kanionów urbanistycznych”
- Nie chować odbiornika głęboko pod ubraniem

W OPTYMALNYCH WARUNKACH DOKŁADNOŚĆ TWOJEGO ODBIORNIKA DEDYKOWANEGO DO DANEJ AKTYWNOŚCI WYNIESIE KILKA METRÓW, A SMARTFONA 5-10 M.





SMARTFON jako ODBIORNIK NAWIGACJI SATELITARNEJ DZIAŁA RÓWNIEŻ BEZ ZASIĘGU GSM! Aby to wykorzystać musisz mieć zainstalowaną appkę działającą również w trybie offline.

To naturalne, że Twój ślad będzie niedokładny, gdy:

- Będziesz biegł w tunelu
- Będziesz poruszał się wzdłuż wysokiego budynku (przez dłuższą chwilę zasłonisz część satelitów),
- Jesteś w głębokiej dolinie (satelity o wysokim kącie są gorszym punktem odniesienia)
- Jesteś w gęstym lesie (pod gęstym listowiem)

Ćwiczenie

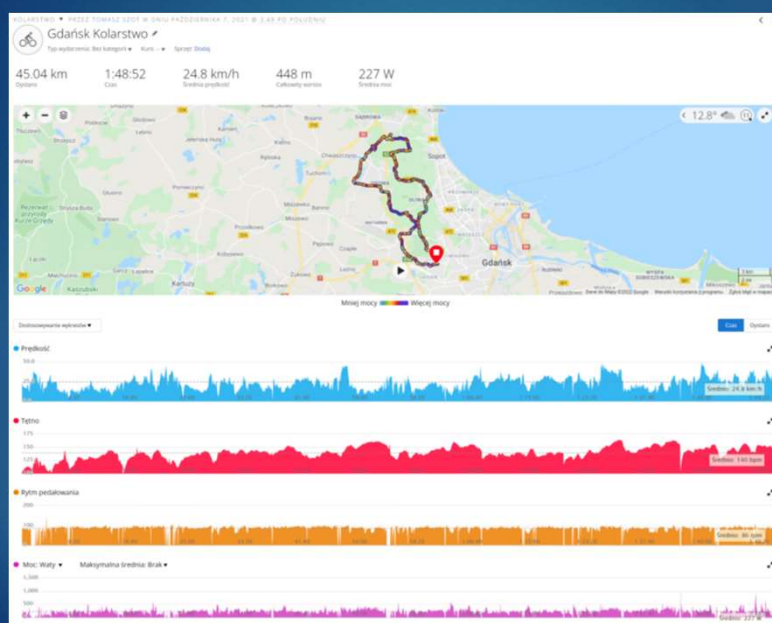
(czas: 10-15 min)

Jaka jest Twoja pozycja geograficzna?

1. Zainstaluj na telefonie dowolny programik do ustalania współrzędnych geograficznych (typowe hasło w Sklepie Play/AppStore: moja lokalizacja, moja lokalizacja gps, współrzędne geograficzne; Android – mnóstwo darmowych; IOS – darmowy np. Commander Compass GO)
2. Wyjdź z budynku (na dowolną stronę: plac przy stołówce, „rondo” przy wejściu głównym, przestrzeń pomiędzy salą kongresową a budynkiem szkoły) i stosując przed chwilą omawiane zasady postępowania się odbiornikiem ustal za pomocą tego programiku współrzędne, zrób zrzut ekranowy (!).
3. Wróć do sali, podaj uzyskane współrzędne
(uwaga na formaty! Są dwa różne!)

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

20



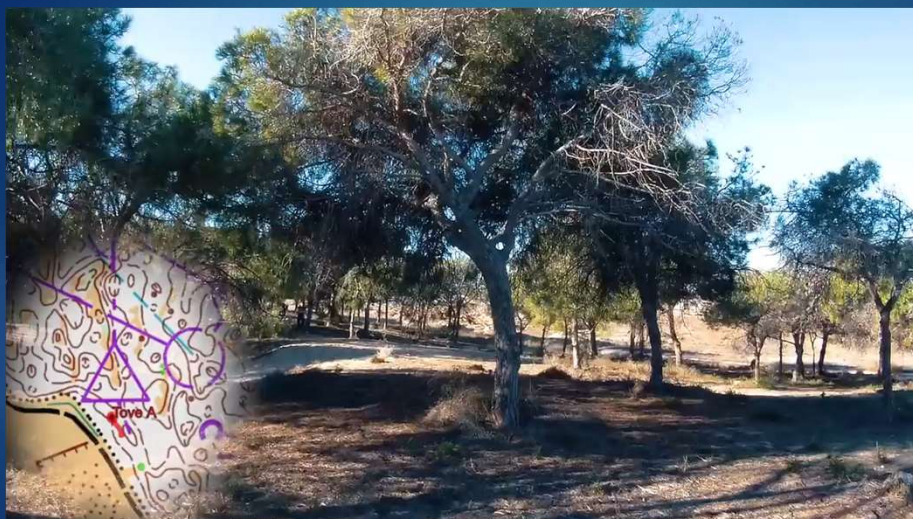
Przykład: Garmin Connect - program do rejestracji aktywności za pomocą odbiorników GNSS

Zapis przejazdu rowerzysty

Część informacji osiągnięta z zewnętrznych czujników (HR, pomiar mocy z kadencją)

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

21



Przykład: analiza śladu w orientacji sportowej, zsynchronizowana z rejestracją video i mapą

Źródło filmu:

https://youtu.be/Q_yitVOdKOM

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

22



Przykład. Analiza meczowa
piłkarzy nożnych przy pomocy
Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA
PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU
SPORTOWEGO „GEDANIA
1922 GDAŃSK” W MECZU
TOWARZYSKIM

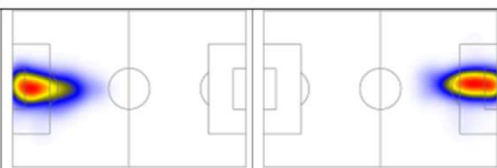
Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

23

Bartosz [imię] (B)

		I połowa	II połowa	Razem
Czas gry (min)		45	45	90
Dystans w przedziałach [m]	Stanie	81	64	145
	Marsz	1407	1557	2964
	Trucht	215	123	338
	Wolny bieg	537	285	822
	Średni bieg	178	71	249
	Szybki bieg	68	24	92
	Sprint	2	17	19
	Razem	2488	2141	4629

Obszar poruszania się



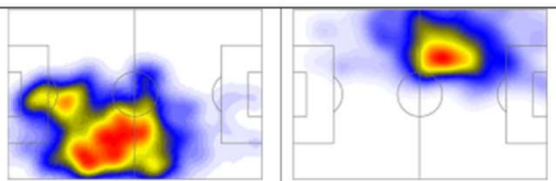
Przykład. Analiza meczowa
piłkarzy nożnych przy pomocy
Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA
PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU
SPORTOWEGO „GEDANIA
1922 GDAŃSK” W MECZU
TOWARZYSKIM

Rafał [imię] (BO)

		I połowa	II połowa	Razem
Czas gry (min)		45	45	90
Dystans w przedziałach [m]	Stanie	33	33	66
	Marsz	1828	1824	3652
	Trucht	605	446	1051
	Wolny bieg	1426	1149	2575
	Średni bieg	545	439	984
	Szybki bieg	375	295	670
	Sprint	296	361	657
	Razem	5108	4547	9655

Obszar poruszania się



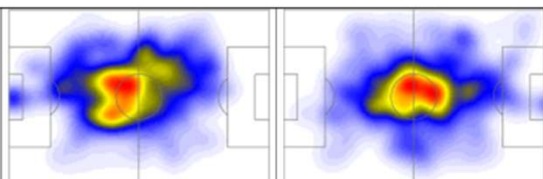
Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Maciej [imię] (ŚP)

		I połowa	II połowa	Razem
Czas gry (min)		31	27	58
Dystans w przedziałach [m]	Stanie	14	18	32
	Marsz	1076	914	1990
	Trucht	330	310	640
	Wolny bieg	1142	998	2140
	Średni bieg	758	581	1339
	Szybki bieg	397	376	773
	Sprint	148	207	355
	Razem	3865	3404	7269

Obszar poruszania się



Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

Zastosowanie odbiorników GNSS w sporcie i rekreacji

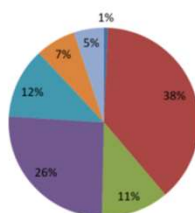
26

Tab. 20 Dystans pokonany przez cały zespół w I i II połowie wg. przyjętych przedziałów prędkości

ZESPÓŁ	Dystans [m]			Różnica	
	I połowa	II połowa	Razem	Dystans [m] (2 poł. - 1 poł.)	% (2 poł. * 100/1 poł.)
Stanie	366	317	683	-49	86,61
Marsz	19237	19258	38495	21	100,11
Trucht	6140	5421	11561	-719	88,29
Wolny bieg	13592	12288	25880	-1304	90,41
Średni bieg	6684	5488	12172	-1196	82,11
Szybki bieg	3870	2991	6861	-879	77,29
Sprint	2788	2378	5166	-410	85,29
Razem	52677	48141	100818	-4536	91,39

Dystans razem

■ Stanie ■ Marsz ■ Trucht ■ Wolny bieg ■ Średni bieg ■ Szybki bieg ■ Sprint



Tab. 21 Różnice w średnim dystansie pokonywanym w ciągu minuty podczas meczu w zależności od pozycji zajmowanej na boisku.

ZESPÓŁ	Dystans łączny [m]						
	Przedział	B	BO	ŚO	BP	ŚP	N
Dystans razem [m]	4629	19895	16957	20222	20173	18942	
Czas gry [min]	90	180	180	180	180	180	
Aktywność [m/min]	51,43	110,53	94,21	112,34	112,07	105,23	

Przykład. Analiza meczowa piłkarzy nożnych przy pomocy Catapult Sports

Praca magisterska
ANALIZA KINEMATYCZNA PIŁKARZY NOŻNYCH KLUBU SPORTOWEGO „GEDANIA 1922 GDAŃSK” W MECZU TOWARZYSKIM

PRACA DOMOWA



1. Zainstaluj na smartfonie darmową aplikację Strava *

2. Przed następnymi zajęciami zarejestruj i zapisz dowolny ślad o długości dłuższej niż 1 km (dowolna aktywność)

3. Przeanalizuj zapis (wyświetl go na telefonie, zapoznaj się ze śladem)

*aplikacja ta będzie potrzebna do drugiej części zajęć z tego tematu (za tydzień).

Musisz potrafić ją obsługiwać

Następne zajęcia: spotkanie w sali komputerowej, ale same zajęcia odbędą się poza salą – bądź przygotowany na warunki pogodowe (marsz z przerwami)