



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Budownictwo Drogowe II

ćwiczenia laboratoryjne

Ćwiczenia laboratoryjne nr 5

prowadzący: dr inż. Marcin Bilski

**Zakład Budownictwa Drogowego
Instytut Inżynierii Lądowej
pok. 324B (bud. A2)**

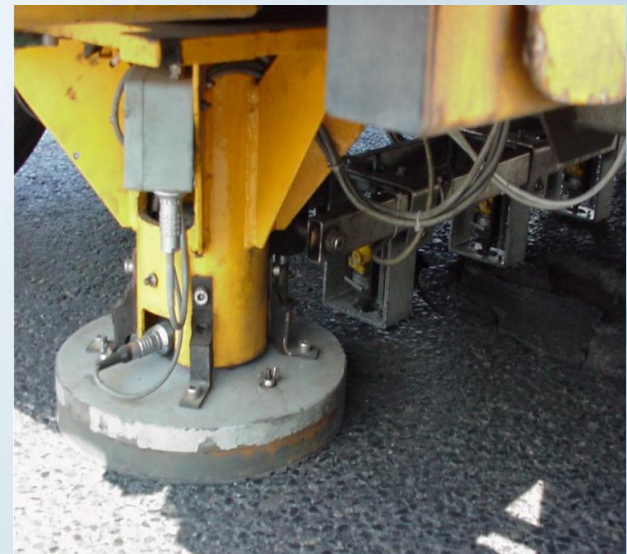
marcin.bilski@put.poznan.pl

marcin.bilski.pracownik.put.poznan.pl



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Oznaczanie nośności nawierzchni metodą ugięciomierza dynamicznego FWD



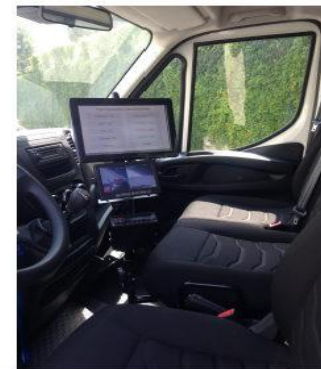


Aparat FWD (z ang. Falling Weight Deflectometer) to urządzenie nieinwazyjnego badania nawierzchni na podstawie jej ugięcia pod obciążeniem.

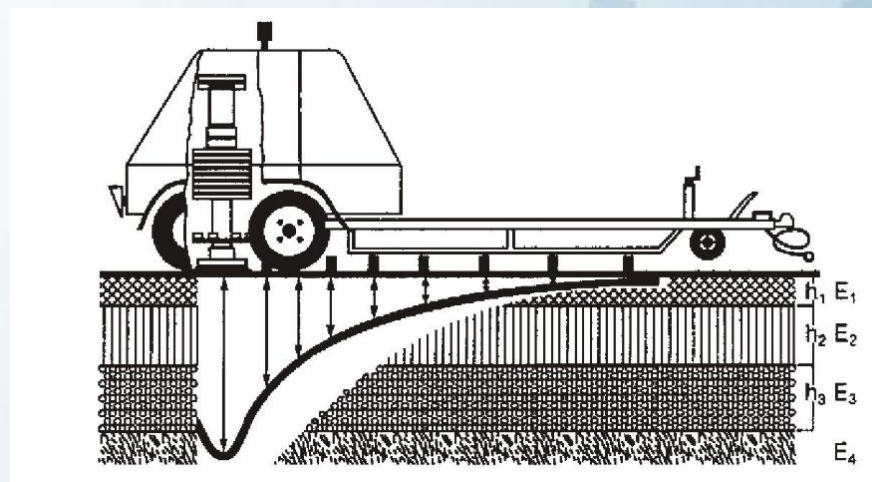
Badanie FWD jest wykorzystywane przede wszystkim do oszacowania nośności konstrukcji nawierzchni, wyznaczenia pozostałej trwałości zmęczeniowej oraz zaprojektowania ewentualnych wzmocnień.



Zasadą działania FWD przekazywania impulsu obciążeniowego na powierzchni nawierzchni, który symuluje obciążenie wytwarzane przez toczące się koło pojazdu. Impuls generowany jest przez zrzucenie ciężaru o określonej masie i jest przenoszone na nawierzchnię za pomocą okrągłej płyty obciążeniowej. Za pomocą umieszczonych geofonów dokonuje się pomiaru ugięć konstrukcji.



**ZiSPON – Zintegrowany System Precyzyjnej Oceny Nawierzchni
(urządzenie pomiarowe opracowane na Politechnice Poznańskiej)**





Zadanie - badanie powykonawcze FWD

Sprawdzenie powykonawcze nośności nawierzchni - analiza danych uzyskanych z pomiaru wykonanego ugięciomierzem dynamicznym FWD na zadanym odcinku drogi o nawierzchni odpowiadającej KR3.

Na dane niezbędne do przeprowadzenia analizy składają się wyniki zawierające informacje o:

- ugięciach standaryzowanych,
- grubościach warstw.



Dane zebrane z pomiarów terenowych (in-situ) i zestawione w udostępnionych materiałach do analizy dotyczą:

- wartości ugięć standaryzowanych z 7 geofonów,
- pomiarów wykonywanych co 25 m na odcinku od 0+000,00 do 1+975,00,
- ugięcia standaryzowanego opisanego jako U1 zlokalizowanego bezpośrednio w sąsiedztwie spadającego obciążenia wywołującego ugięcia, a kolejne numery oznaczają odpowiednio dalej umieszczone geofony.

Ugięcie standaryzowane – wartość ugięcia oznaczona dla określonych warunków pomiaru (temperatura, obciążenie)



Przykładowe dane (plik U.xls):

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Dist	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
2	0	623,9	564,9	494,1	424,8	362,5	309,1	264,5
3	25	669,7	605,1	526,2	449,6	381,5	323,7	275,7
4	50	632,4	572,3	499,7	428,5	364,7	310	264,4
5	75	657,4	593,3	515,4	440,1	373,3	316,7	269,8
6	100	665,4	602,3	524,6	448,8	381,2	323,6	275,8
7	125	663,9	595,7	511,9	432,1	362,7	304,8	257,7
8	150	662,1	598,6	520,7	445,1	377,8	320,5	273,1
9	175	662,7	598,1	519,3	442,8	375	317,5	270
10	200	687,9	622,8	542,2	463,4	393	333,1	283,5
11	225	625,5	565,2	493	422,5	359,3	305,4	260,5
12	250	633,2	570,4	494,3	421	356,3	301,6	256,5
13	275	685,5	617,5	533,1	452	380,9	321,1	272,2



Obliczenia rozpoczyna się od obliczenia miarodajnego wskaźnika ugięcia
co umożliwia na wykonanie **oceny całego odcinka pomiarowego**:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n us_i}{n} + Du$$

, gdzie:

U – wskaźnik ugięcia (miarodajne ugięcie standaryzowane),

us – standaryzowana wartość pojedynczego pomiaru ugięcia,

n – liczba ugięć standaryzowanych na odcinku,

Du – odchylenie standardowe standaryzowanych wartości pojedynczych pomiarów ugięć na odcinku miarodajnym.



Następnie dla uzyskanych danych, zgodnie z tabelą 1.1 załącznika B do DSN 2019 można określić klasę nośności konstrukcji:

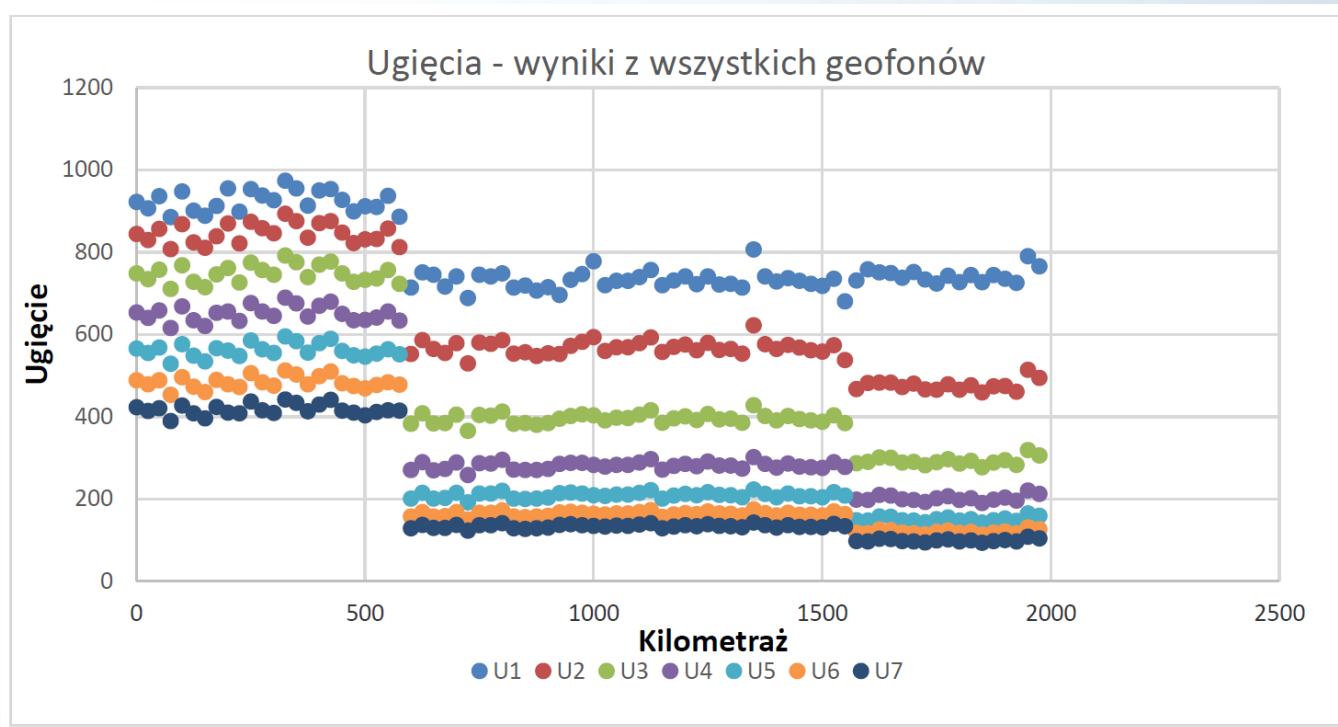
Tabela 1.1. Granice klas nośności konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu dla miarodajnego wskaźnika ugięcia

Lp.	Kategoria ruchu	Miarodajny wskaźnik ugięć		
		μm		
		Granice klas		
		A/B	B/C	C/D
1	KR1–KR2	550	790	1100
2	KR3	390	550	710
3	KR4	300	390	470
4	KR5	250	310	360
5	KR6–KR7	205	265	340

Dla poprawnej oceny klasy, należy przedmiotowy odcinek podzielić na odcinki jednorodne



Odcinki jednorodne - odcinki o podobnych ugięciach



Nr odcinka	Kilometraż
1	0+000,00 – 0+575,00
2	0+575,00 – 1+550,00
3	1+550,00 – 1+975,00

Dla U1 widoczne 2 odcinki jednorodne
łącznie 3 odcinki jednorodne

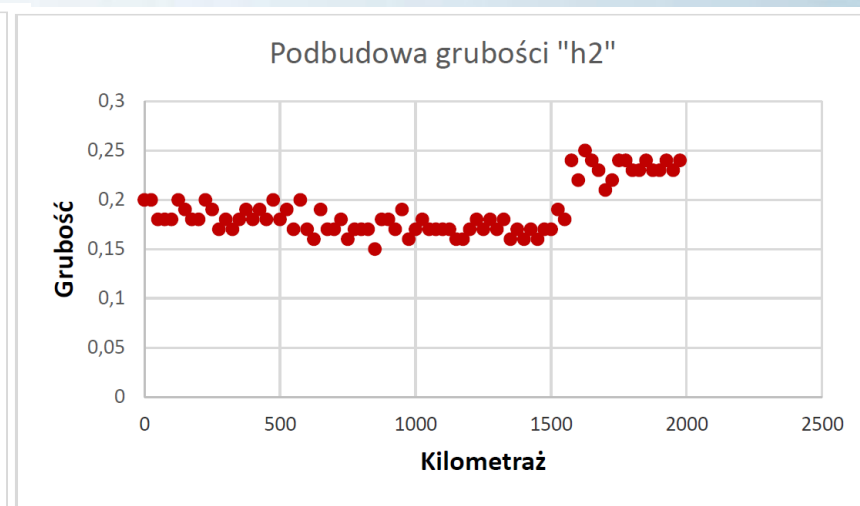
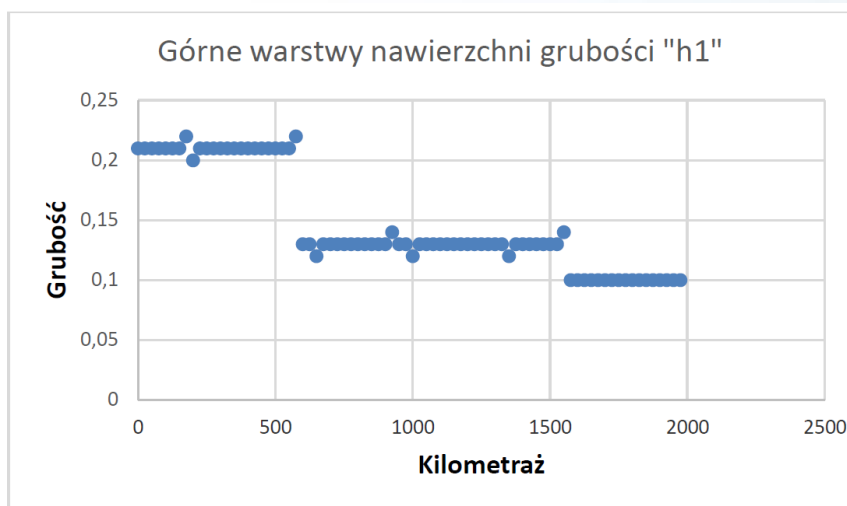


Po wyznaczeniu odcinków jednorodnych – ocena poszczególnych odcinków drogi:

	1	2	3
Średnia	924,413	730,408	743,228
Odchylenie standardowe	25,445	22,297	17,031
U	949,857	752,704	760,319
Klasa	D	D	D



Analizując wyniki uzyskane za pomocą badania FWD, można określić z dużym prawdopodobieństwem grubość warstw bitumicznych oraz warstw podbudowy.





Przykładowe dane (plik h.xls):

	A	B	C	D	E	F	G
1	Dist	h1	h2				
2	0	0,23	0,22				
3	25	0,23	0,23				
4	50	0,23	0,21				
5	75	0,22	0,25				
6	100	0,23	0,21				
7	125	0,23	0,24				
8	150	0,24	0,25				
9	175	0,23	0,23				
10	200	0,23	0,22				
11	225	0,22	0,2				
12	250	0,23	0,21				
13	275	0,24	0,23				
14	300	0,23	0,2				
15	325	0,22	0,22				
16	350	0,23	0,22				
17	375	0,23	0,24				
18	400	0,23	0,23				
19	425	0,22	0,22				



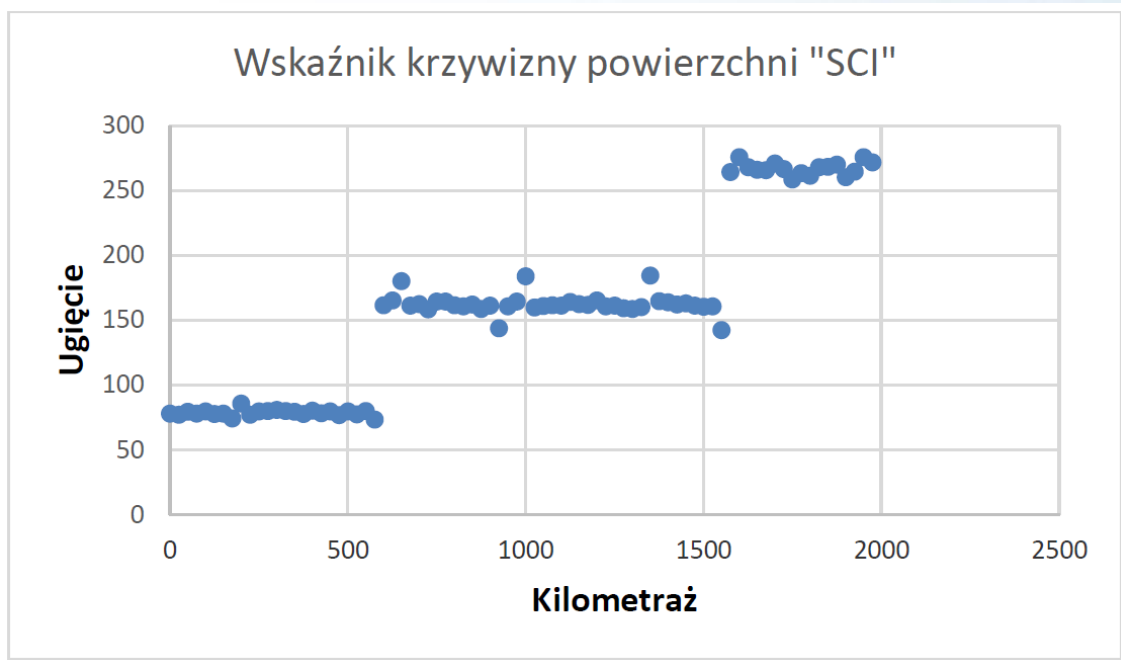
Przybliżone grubości górnych warstw nawierzchni oraz warstw podbudowy na poszczególnych odcinkach jednorodnych:

Odcinek	Górne warstwy nawierzchni „h1”	Warstwy podbudowy „h2”
1	0,21	0,18
2	0,13	0,17
3	0,1	0,23



Obliczanie wartości wskaźnika SCI

SCI – wskaźnik krzywizny powierzchni (różnica ugięć $U_1 - U_2$), który określa stan górnych warstw konstrukcji nawierzchni





Na podstawie miarodajnego wskaźnika krzywizny ugięcia oraz tabeli 1.2 załącznika B do DSN 2019 określona została klasa nośności konstrukcji nawierzchni

Tabela 1.2. Granice klas nośności konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu dla miarodajnego wskaźnika krzywizny ugięcia

Lp.	Kategoria ruchu	Miarodajny wskaźnik krzywizny ugięcia nawierzchni		
		μm		
		Granice klas		
		A/B	B/C	C/D
1	KR1–KR2	115	165	240
2	KR3	70	110	190
3	KR4	50	80	140
4	KR5	40	60	100
5	KR6–KR7	30	50	80



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wyniki obliczeń SCI miarodajnego do określenia klasy nośności:

Odcinek	Cały	1	2	3
Średnia	159,60	78,69	162,51	267,16
Odchylenie Standardowe	67,20	2,36	7,51	4,91
SCIP	226,80	81,05	170,01	272,07
Klasa	D	B	C	D



W sprawozdaniu należy zamieścić:

- obliczenia miarodajnego wskaźnika ugięcia
- odcinki jednorodne
- wykres ugięć standaryzowanych
- sprawdzenie klasy nośności konstrukcji tab. 1.1
- wykres grubości nawierzchni i wykonać analizę wyników wg odcinków jednorodnych
- wartości SCI i ich wykres
- sprawdzenie klasy nośności konstrukcji tab. 1.2



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

A faint, light blue background graphic consisting of several interlocking gears of different sizes, located in the lower right quadrant of the slide.