

# Dyneema® i jej zastosowanie w działalności jaskiniowej

Tekst i zdjęcia:

**Judicaël Arnaud**  
**Sylvain Borie**  
**Nicolas Clément**  
**José Mulot**



Grupa Badań Technicznych  
Ecole Française  
de Spéléologie (EFS)

„Spelunca” 97, marzec 2005, pp. 36-40

W 1999 roku, w 32 numerze magazynu ‘Spéléo’, Georges Marbach publikuje tekst ‘Poker d’AS!’ (Poker asów). Opisuje w nim zasadę budowy AS-a, czyli kotwy, w której śruba jest otoczona pętlą z Dyneemy (zdjęcie poniżej). Chociaż sama koncepcja ma już ponad 20 lat!



Dzisiaj Dyneema jest coraz powszechniej używana przez grotolazów. Wypiera z jaskiń pętle z taśmy i umożliwia budowę AS-ów czyli punktów giętkich. Podczas testów, które wykonaliśmy w laboratorium Ecole Nationale de Ski et d’Alpinisme (ENSA) w Chamonix, EFS chciała sprawdzić czy obecne sposoby używania Dyneemy nie wiążą się z zagrożeniami. Ta seria testów była częścią pracy badawczej Judicaëla Arnaud, wymaganej do uzyskania stopnia starszego instruktora federacji. Sylvain Borie, Nicola Clément i José Mulot towarzyszyli mu przez tydzień w laboratorium ENSA. Przedstawiają oni tutaj wnioski, które można z tych testów wyciągnąć.

Więcej informacji znajduje się w pracy badawczej Judicaëla Arnaud.

## Procedury

Do testów używaliśmy Dyneemy nowej, pozbawionej impregnatu (namoczonej tak, jak liny półstatyczne), pociętej przez nas na odcinki 1,5 m, na których starannie wiązaliśmy węzły. Pojedyncze odcinki i pętle poddawaliśmy działaniu:

- siły wytworzonej za pomocą układu hydraulicznego poruszającego się z prędkością 720 mm/min. (obciążenie statyczne),
- siły wytworzonej przez spadającą masę 80 kg (rwanie).

Przy każdym teście wykonywaliśmy 5 powtórzeń. Jeśli otrzymane rezultaty cząstkowe były zbliżone (odchylenie standardowe <10%), uznawaliśmy, że test był przeprowadzony prawidłowo. Wynikiem testu była średnia wyciągnięta z rezultatów cząstkowych.

Część testów powtórzyliśmy dla Dyneemy 3-letniej, żeby ocenić jej starzenie się.

Po 400 testach dysponujemy danymi, które pozwolą nam w sposób obiektywny

choć częściowo odpowiedzieć na pytania dotyczące Dyneemy.

## 1. Jaka jest wytrzymałość nominalna Dyneemy?

Dystrybutor podaje wytrzymałość nominalną 1200 daN dla pojedynczego odcinka bez węzła i 1400 daN dla odcinka związanego w pętlę. Zmierzona przez nas wytrzymałość pojedynczego odcinka bez węzła wynosi 900 daN. Wytrzymałość pętli zależy od użytego węzła i wynosi około 1200 daN.

## 2. Czy Dyneema wytrzyma obciążenia dynamiczne?

Wyobraźmy sobie sytuację najgorszą z możliwych, czyli że grotolaz wpięty jest zablokowaną rolką w linę, tuż pod węzłem wpiętym w punkt główny. Punkt ten jest połączony z punktem zabezpieczającym za pomocą luźnej Dyneemy. W naszym teście przyjęliśmy, że w razie zerwania punktu głównego, skrajną sytuacją będzie lot o współczynniku około 0,2.

Przy tym współczynniku zarejestrowaliśmy wiele zerwań Dyneemy w pojedynczych odcinkach i Dyneemy związanej w pętlę 3 lata temu. Zrywania następowały już przy pierwszej lub drugiej próbie.

Żeby więc ograniczyć ryzyko, Dyneemę trzeba stosować związaną w pętlę i nie zostawiać jej luźnej, tylko napinać między punktem głównym i zabezpieczającym.

Jeśli natomiast zerwanie punktu nastąpi w momencie, gdy grotolaz będzie się znajdował niżej na linie, to współczynnik odpadnięcia będzie mniejszy i lina pochłonie wystarzającą dużo energii, by Dyneema nie została zerwana.

## 3. W jaki sposób napiąć Dyneemę przy zakładaniu punktu zabezpieczającego?

Metoda pierwsza:

- na jednym końcu odcinka Dyneemy związać kluczkę,
- przepleść Dyneemę przez plakiety obu punktów, które chcemy połączyć! Następnie połączyć obie końcówki węzłem podwójnym tkackim i zabezpieczyć go podwójnym stoperem (patrz schemat 1).

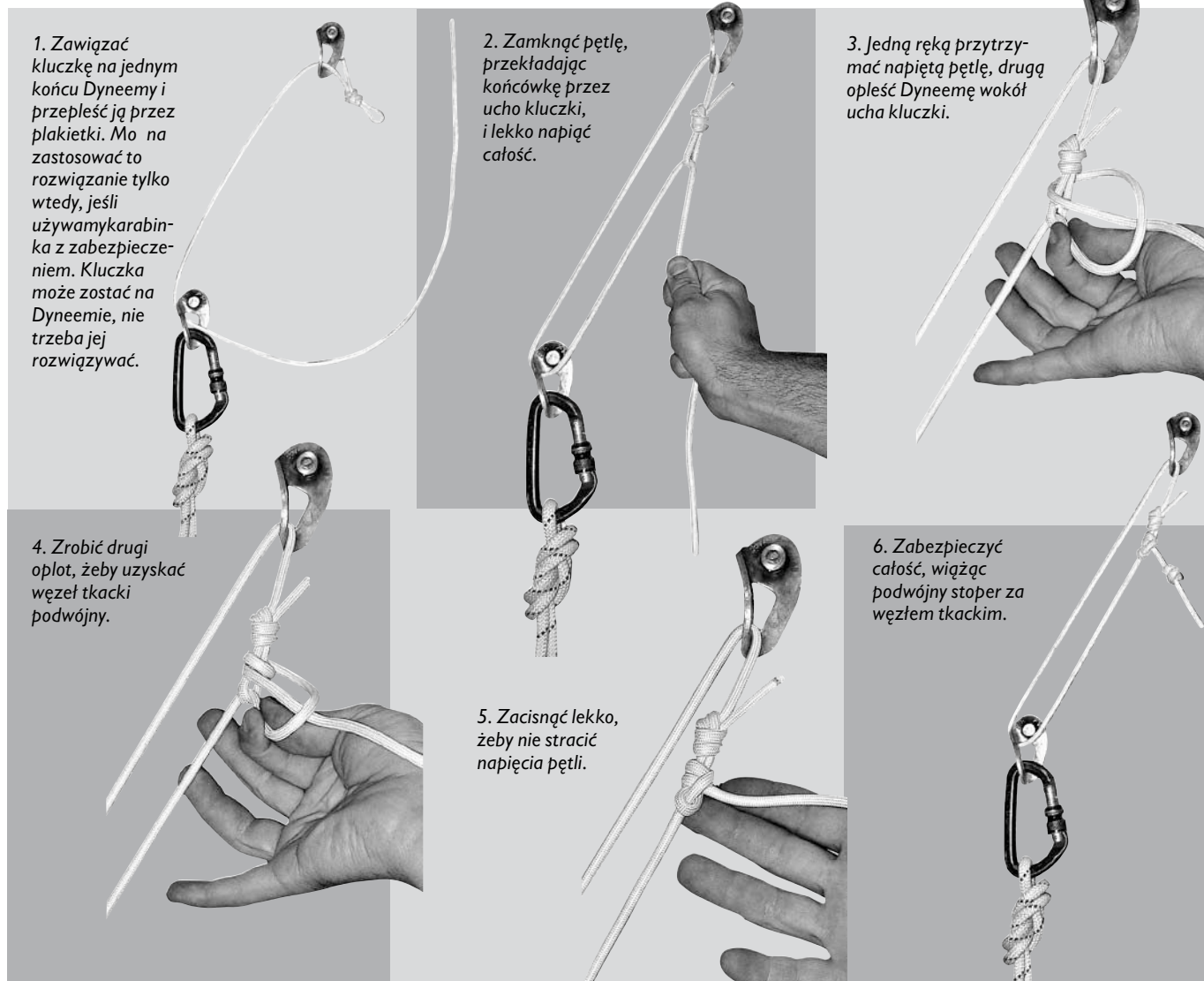
Metoda druga:

Przepleść Dyneemę przez karabinek punktu głównego i plakiety punktu zabezpieczającego a następnie związać oba końce ósemką na rozrywanie. Aby naciągnąć pętlę, wystarczy przed związaniem ósemki podnieść karabinek. Gdy go opuścimy, Dyneema napnie się.

## 4. Czy można stosować Dyneemę w pojedynczych odcinkach?

Schemat 1.

## Jak zabezpieczyć punkt główny za pomocą Dyneemy?



Kilkucentymetrowa pętla z Dyneemy może z powodzeniem zastąpić szpejarkę przy upręży

Aby odpowiedzieć na to pytanie, zwróćmy uwagę na 4 rzeczy:

- niezależnie od zastosowanych węzłów, wytrzymałość pojedynczego odcinka nowej Dyneemy z węzłem nie przekracza 500 daN,
- wiadomo, że przy zerwaniu przepinki może powstać siła uderzenia rzędu 470 daN<sup>2</sup>, co nie pozostawia nam dużo zapasu,
- testy Dyneemy używanej pokazały, że zrywa się ona już przy pierwszym odpadnięciu o współczynniku 0,2,
- jeśli nie zadamy o napięcie Dyneemy między punktami, będziemy blisko współczynnika 0,2.

Gdy weźmiemy to wszystko pod uwagę, zdrowy rozsądek podpowie nam, że **używanie pojedynczej Dyneemy jest niebezpieczne**. Wyjątkiem są takie zastosowania jak odciąż i stopka.

### 5. Czy można stosować Dyneemę związaną w pętlę?

Wytrzymałość pętli jest ograniczona przez węzeł. Przy stosowaniu niektórych węzłów wytrzymałość pętli z Dyneemy przekra-

cza 1000 daN i pętla nie zrywa się przy 3 kolejnych rwanach o współczynniku 0,2. Te wyniki pozwalają stwierdzić, że stosowanie Dyneemy w pętlach nie jest niebezpieczne, jeśli ustalimy próg bezpieczeństwa na około 1000 daN (jest to ten sam rząd wielkości, co dla większości pętli związanych z taśm).

Węzły, które spełniają te wymagania, to podwójny zderzakowy, ósemka równoległa, ósemka na rozrywaniu zawiązana 10 cm od końcówek, podwójny tkacki zabezpieczony podwójnym stoperem (patrz schemat 2). Podwójny stoper jest kluczowy dla wytrzymałości węzła tkackiego. Trzeba go mocno zaciśnąć. Węzeł tkacki ślizga się począwszy od 400 daN i właśnie stoper zapobiega jego rozwiązaniu.

Warto zaznaczyć, że kluczka na rozrywaniu nie może być stosowana do wiązania pętli z Dyneemy, ponieważ ślizga się już przy niskich wartościach siły uderzenia (500 daN).

Ósemka na rozrywaniu wydaje się najlepszym węzłem do robienia pętli z Dyneemy, ponieważ łatwo ją później rozwiązać. Z kolei zaletą tkackiego jest łatwość regulacji, będzie się on więc nadawał do łączenia dwóch plakietek.

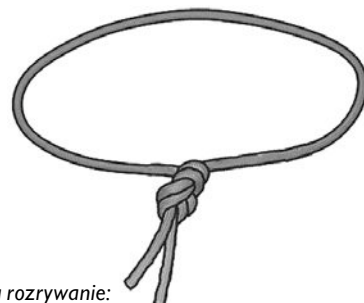
Schemat 2.

## Jak wiązać pętle z Dyneemy?



1. Podwójnym tkackim (zabezpieczonym podwójnym stoperem) zawiązanym na klucze:

- kluczka może zostać na Dyneemie, nie trzeba jej rozwiązywać,
- zalety: łatwość regulacji, napięcia i rozwiązywania,
- ślizganie węzła (do stopera) czyni układ bardziej dynamicznym.



2. Ósemką na rozrywanie:

- węzeł ten potrafi przeskoczyć, trzeba go więc wiązać dość daleko od końcówek (8-10 cm),
- zalety: rozwiązywanie węzła po każdym użyciu powoduje, że gdy zaciska się w momencie działania siły, to pochłania część energii,
- uwaga: użycie kluczki na rozrywanie nie zapewnia w tym przypadku bezpieczeństwa.

## Jaki łączyć Dyneemę z liną?



1. Pojedynczym tkackim zawiązanym na podwójnie złożonej Dyneemie, zabezpieczonym podwójnym stoperem.



2. Węzłem tkackim zrobionym na podwójnie złożonej Dyneemie, zabezpieczonym kluczem „Serfati”:

- ten klucz może się przydać, jeśli mamy zbyt mało luzu, żeby zawiązać podwójny stoper,
- trzeba go jednak zawiązać przed założeniem AS-a (lub plakietki).

3. Węzłem płaskim (specyficznym złożoną główką skowronka).

Dobłą praktyką może być stosowanie na linie węzła „Diju”, który umożliwia wpięcie się lonych (w ucho u dołu). Wiąże się go, robiąc ósemkę z dwoma uchami, a następnie przekładając jedno z uszu pod trzema przepłotami na dole.



Podwójna stopka z Dyneemy wwiązana na główkę skowronka do karabinka przy poignée – łatwo ją rozwiązać, bez problemu mieści się w kieszeni i w razie potrzeby dysponujemy ponad metrowym odcinkiem Dyneemy bez węzła

### 6. Czy można zrobić pętle z Dyneemy wcześniej i zostawić je związane?

Bezpieczniej jest zrobić pętle dopiero w momencie, gdy chcemy ich użyć, ponie-

waż węzły, zaciskając się, spowodują pochłonięcie większej ilości energii. Przygotowana wcześniej pętla, zawiązana za pomocą podwójnego zderzakowego, może zerwać się przy pierwszym locie ze współczynnikiem 0,2. Pętla zrobiona dopiero w chwili przeprowadzenia testu, zawiązana ósemką na rozrywanie, wytrzymuje 4 uderzenia o  $WO=0,2$ . Do porównania wykorzystano używaną Dyneemę z tego samego odcinka.

### 7. Czy można skrócić pętlę z Dyneemy?

Można skrócić pętlę, związując ją. Jej wytrzymałość będzie wtedy ograniczona wytrzymałością węzła.

### 8. Czy można przedłużyć pętlę z Dyneemy?

Można połączyć dwie pętle węzłem płaskim (inne ustawienie główki skowronka) (zdjęcie poniżej). Wytrzymałość całości wyniesie około 1000 daN.



### 9. Jak skrócić AS-a?

Wiąząc kluczkę na rozrywanie powyżej duraluminiowej główki.

### 10. Jak połączyć Dyneemą dwa punkty?

Od strony punktu zabezpieczającego:

- przez AS-a wkręconego w spita,
  - wwiązując ją do plakietki na główkę skowronka. Wytrzymałość układu wynosi wtedy około 1200 daN,
  - wiążąc ją wokół punktu naturalnego w pętlę lub za pomocą główki skowronka,
  - przewlekając Dyneemę przez plakietkę lub przez dziurkę w nacieku i związując ją w pętlę (patrz schemat 1).
- Od strony punktu głównego:
- przewlekając pętlę z napiętej Dyneemy przez karabinek,
  - wwiązując podwójnie złożoną Dyneemę bezpośrednio do liny za pomocą węzła pojedynczego tkackiego zabezpieczonego podwójnym stoperem,
  - wwiązując Dyneemę na główkę skowronka albo węzłem płaskim w ucho węzła zawiązanego na linie.

Można także zbudować stanowisko samonastawne z Dyneemą zawiązaną w pętlę. Będzie miało wytrzymałość rzędu 1600 daN. Często będzie trudne do rozwiązania.

### 11. W jaki sposób połączyć Dyneemę bezpośrednio z liną?

Wchodzi tu w grę wiele węzłów:

- pojedynczy tkacki z podwójnym stoperem (patrz schemat 2),
- pojedynczy tkacki z kluczem „Serfati” (patrz schemat 2),
- główka skowronka,
- płaski.

Wytrzymałość takiego połączenia będzie rzędu 1000 daN i Dyneema nie uszkodzi liny, bez względu na to, jaka będzie jej średnica. Sprawdziliśmy to przy 5 rwaniach o WO=1 z liną o średnicy 10 mm oraz przy 5 rwaniach o WO=0,5 z liną typu L.

### 12. Czy można wpinać się lonżą w Dyneemę?

Nie wpinamy się do pętli z Dyneemy z tych samych powodów, z jakich nie wpinamy się do pętli z taśmy.

### 13. Jak wpinać się lonżą w połączenie lina – Dyneema?

W węzle skrajnym tatrzańskim<sup>3</sup> jest sporo miejsca na wpięcie się lonżą, w przeciwieństwie do ósemki.

Węzeł „Diju” (powstaje na bazie ósemki z dwoma uchami, przez przełożenie jednego z uszu pod trzema przepłotami) umożliwia wpinanie się lonżą bezpośrednio w linę (patrz schemat 2). Testowaliśmy „Diju” przez tydzień i spełnił on całkowicie nasze oczekiwania.

### 14. Czy można robić odciąg z pojedynczej Dyneemy?

Tak, można nadal stosować pojedynczą Dyneemę do odciągów, ponieważ nie występują tam duże siły.

### 15. W jaki sposób starzeje się Dyneema?

Liczba testów dotyczących Dyneemy używanej (rocznik 2001) wyniosła 50 i była zdecydowanie niższa od ilości testów Dyneemy nowej. Stwierdziliśmy jednak, że pętla z wcześniej zawiązanymi, mocno zaciśniętymi węzłami nie wytrzymała żadnego rwania o WO=0,2. Z kolei wytrzymałość pętli na działanie obciążenia statycznego zmniejszyła się niewiele. Wydaje się, że przyczyną zerwania nie było więc starzenie się Dyneemy, lecz to, że węzeł był już zaciśnięty i nie pochłaniał części energii (zdzięcie 5).

### 16. Czy trzeba namoczyć Dyneemę przed pierwszym użyciem, tak jak inne liny?

Odpowiedź brzmi: zdecydowanie tak. Tak naprawdę wszystkie węzły zawiązane na Dyneemie odwinętej prosto z bębna ślizgały się (podwójny zderzakowy także). Po 24 godzinach moczenia i kilkakrotnym płukaniu węzły przestały się ślizgać, tylko zaciskały się i wytrzymały powyżej 1000 daN.

Kilkuletnia, nieużywana Dyneema, której nigdy nie namoczono i nie pozbawiono impregnatu, ślizga się jak nowa.

## Porównanie wytrzymałości pojedynczych odcinków Dyneemy (bez impregnatu) w zależności od użytych węzłów

węzeł	obciążenie statyczne: zerwanie lub ślizganie (daN)	liczba rwań o WO=0,2	uwagi*
skrajny tatrzański bez zabezpieczenia	464	3,2*	węzeł ślizga się, dzięki czemu pochłania część energii. w chwili gdy oprze się o karabinek, następuje zerwanie
skrajny tatrzański zabezpieczony węzłem Yosemite	582	3,4*	
kluczka	585	1	
ósemka	720	1,67	
dziewiątka	677		
wyblinka bez zabezpieczenia	140		
wyblinka z zabezpieczeniem	654	3,6*	

## Porównanie wytrzymałości pętli z Dyneemy (bez impregnatu) w zależności od konfiguracji

konfiguracja	obciążenie statyczne (daN), początek przeskakiwania (P) lub ślizgania (S)	obciążenie statyczne (daN), zerwanie (Z) lub wysunięcie się końcówki (W)	liczba rwań o WO=0,2
<i>pętla utworzona za pomocą węzła:</i>			
kluczka na rozrywanie	200 P / S	498 W	0,6
ósemka na rozrywanie	638 P / 805 S	1054 W	2
ósemka równoległa		1195 Z	5,2
podwójny zderzakowy		1282 Z	3,8
podwójny tkacki zawiązany na kluczce	495 S	1212 Z	–
<i>inne konfiguracje:</i>			
główka skowronka na plakietce		1211 Z	
pętla połączona węzłem płaskim		1050 Z (połączenie)	
pętla skrócona przez zawiązanie ósemki		1069 Z	
pętla skrócona przez zawiązanie kluczki		1053 Z (kluczka)	

## Rola podwójnego stopera

węzeł	obciążenie statyczne (daN), początek ślizgania (S)	obciążenie statyczne (daN), zerwanie (Z) lub wysunięcie się końcówki (W)
pojedynczy tkacki na pojedynczym odcinku z pojedynczym stoperem	100 S	866 W
pojedynczy tkacki na pojedynczym odcinku z podwójnym stoperem	100 S	1268 Z



Dublowanie punktu za pomocą Dyneemy: wystarczy mała dziurka w nacieku

może interesujące spróbować wpłynąć na sposób splatania Dyneemy w nadziei zwiększenia jej wytrzymałości. Zobaczmy...

## Zapamiętajmy najważniejsze:

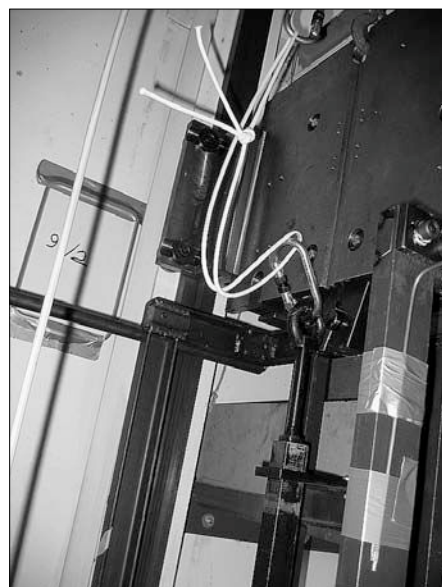
- jeśli Dyneema ma pracować pod obciążeniem, trzeba ją zawsze zawiązać w pętlę lub złożyć podwójnie,
- Dyneema musi zawsze być napięta, żeby uniknąć dynamicznych obciążeń
- pętle z Dyneemy trzeba rozwiązywać po każdym użyciu.

## Podziękowania

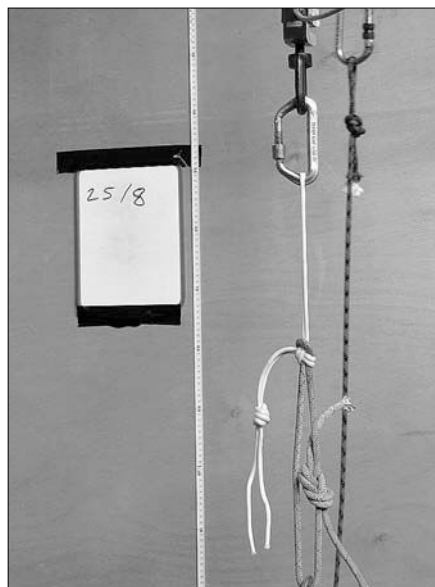
Dla laboratorium testów ENSA i szczególnie dla Jean-Francka Charlet za ciepłe przyjęcie, zainteresowanie dla naszych testów, dyspozycyjność i zaufanie.

Dziękujemy również firmie Beal za pomoc w postaci 500 m Dyneemy, dla Georges Marbacha za świetne porady oraz dla CREPS (Centre régional d'éducation physique et sportive) z Franche-Comté za „pożyczenie” nam na tydzień Nicolasa Clément. □

Tłumaczenie: Kasia Biernacka  
Konsultacja: Marcin Gala



Test przy  $WO=0,2$  pętli zawiązanej kluczką na rozrywanie



Obciążenie statyczne węzła pojedynczego tkackiego z podwójnym stoperem, łączącego Dyneemę z liną

## Wnioski

Ta seria testów pozwoliła na określenie najlepszych metod bezpiecznego używania Dyneemy i jednocześnie pokazała jej ograniczenia. Dodatkowe testy umożliwiłyby uszczegółowienie naszych wyników. Jednak już teraz możemy zapamiętać kilka istotnych wniosków:

- stosowanie pojedynczej Dyneemy poza odciągami jest niebezpieczne, czyli zakazane. Trzeba ją zawsze złożyć podwójnie lub zawiązać w pętlę,
- nie wolno zostawiać pętli z Dyneemy zawiązanych na stałe, za każdym razem trzeba je wiązać na nowo. Dotyczy to zwłaszcza dublowania punktu głównego przepinki,
- AS może pozostać zmontowany, jeśli jest używany w punkcie głównym,

- kluczka na rozrywanie jest zakazana jako węzeł do wiązania Dyneemy w pętlę,
  - odcinek Dyneemy, poddany obciążeniu dynamicznemu (nawet niewielkiemu), musi zostać skasowany,
  - bezpośrednie połączenie liny z Dyneemą nie wpływa na obniżenie wytrzymałości układu,
  - podwójny stoper zawiązany za węzłem tkackim jest jedynym węzłem, który się ślizga i zapewnia wytrzymałość węzła,
  - Dyneema musi być namoczona i wypłukana przed pierwszym użyciem. Niestety nie jesteśmy w stanie podać wyczerpujących informacji na temat starzenia się Dyneemy.
- Perspektywy na przyszłość: byłoby

## Bibliografia:

- Cazes Gérard, 2003, Tests de matériels réalisés au CREPS de Chalain, Info EFS n°44, p 18-20.
- Dyneema, 1988, Dyneema SK60 High performance fibres in composites.
- Marbach Georges, Rocourt Jean-Louis, 1986, Amarrage de la corde sans mousqueton, Techniques de la Spéléologie Alpine, p 102.
- Marbach Georges, Tourte Bernard, 2000, Anneaux Dyneema, Techniques de la Spéléologie Alpine, p 208 à 210.
- Marbach Georges, 1999, Poker d'AS!, Spéléo Magazine n°32, p 30.

<sup>1</sup> Jeżeli plakietka ma ostre krawędzie, bezpośrednie przełożenie repsznurka może być niebezpieczne. Takie rozwiązanie może być stosowane wyłącznie z plakietkami o łagodnych krawędziach, np. z duraluminiowymi firmy Petzl.

<sup>2</sup> By dowiedzieć się więcej, zajrzyj do „Dossier d'études et de recherche du Spéléo Secours Français”.

<sup>3</sup> Uznaje się, że wpięcie lonży w pętlę skrajnego tatrzańskiego zabezpieczonego podwójnym stoperem jest bezpieczne.