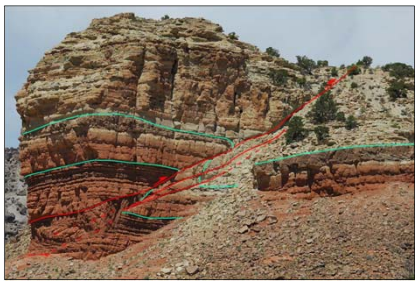
NARIVI

⇒ v kakšnih napetostnih razmerah nastajajo narivi?
⇒ kakšna je geometrija narivne ploskve?



Osnovne značilnosti narivov

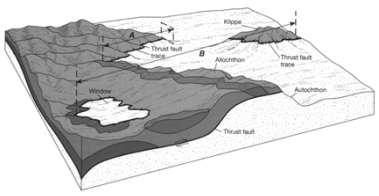
Učinki narivanja:

- značilni vzorec "starejše preko mlajšega"
- podvojitev stratigrafskega zaporedja
- možno tudi: krovna enota interno bolj deformirana kot talninska

Osnovne značilnosti narivov

Osnovni termini narivne tektonike

- **debelina narinjene enote** je običajno mnogo manjša od njenega lateralnega obsega ⇒ govorimo o **narivnem pokrovu**



Osnovne značilnosti narivov

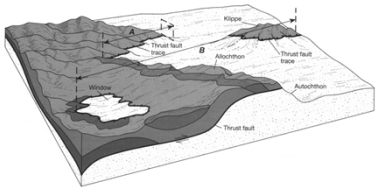
Osnovni termini narivne tektonike

- **debelina narinjene enote** je običajno mnogo manjša od njenega lateralnega obsega ⇒ govorimo o **narivnem pokrovu**

Osnovne značilnosti narivov

Osnovni termini narivne tektonike

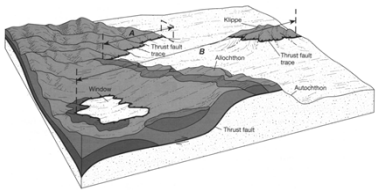
- narinjeno enoto imenujemo **alohton**, ker je premaknjena iz svoje prvotne lege, lahko za veliko razdaljo



Osnovne značilnosti narivov

Osnovni termini narivne tektonike

- talnino nariva imenujemo **avtohton** - enota, ki se med narivanjem ni premikala in leži (bolj ali manj) na prvotnem mestu

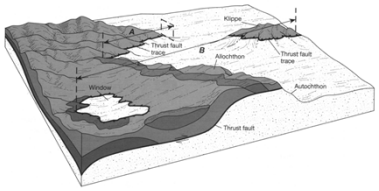


Osnovne značilnosti narivov

Osnovne značilnosti narivov

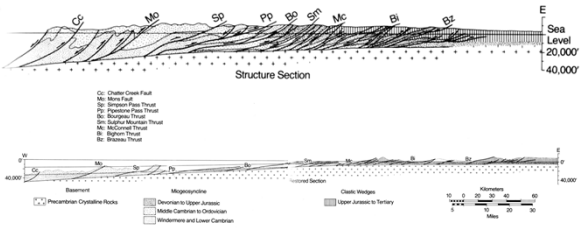
Osnovni termini narivne tektonike

- **tektonsko okno** je izdanek avtohtonih kamnin izpod narivnega pokrova (⇒ minimalno dolžino narivanja ocenimo z razdaljo med robom tektonskega okna in čelom nariva ali robom tektonske krpe)



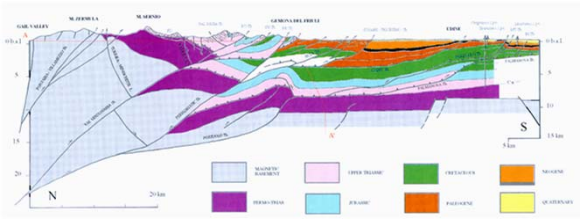
Osnovne značilnosti narivov

- deformacije v narivnih sistemih so tipično omejene na relativno tanek del skorje, ki je z bazalno ali **ločilno ploskvijo** (“*decollement*”, „*detachment*“) ločen od nedeformirane podlage
  ⇒ **tanki narivni sistemi** (“*thin-skinned tectonics*”).



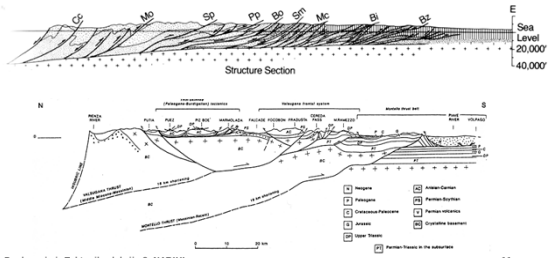
Osnovne značilnosti narivov

lahko pa v narivanju sodelujejo tudi bloki podlage
⇒ **"Thick-skinned tectonics"**



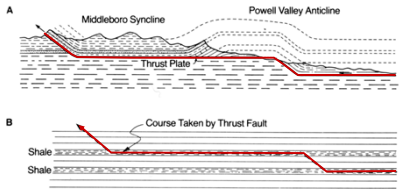
Geometrija narivne ploskve in kinematske posledice

Narivi so pogosto listrične oblike in se z globino ukrivijo v subhorizontalno lego (N.B.: narivi, povezani z zmičnimi prelomi v globini tipično postanejo subvertikalni!).



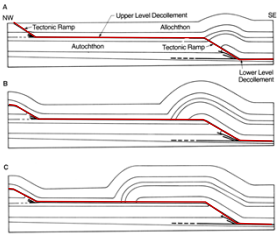
Geometrija narivne ploskve in kinematske posledice

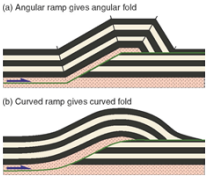
Narivna ploskev zelo pogosto ni ravna, ampak je **stopnjaste oblike** ("ramp-and-flat geometry"). Narivnica je često sestavljena iz dolgih subhorizontalnih odsekov ali **ravnin** ("flats"), kjer sledi plastnatosti (meji med različno kompetentnimi kamninami), ravnine pa vežejo kratki poševni preskoki iz ene formacije v drugo - **strmine** ("ramps").



Geometrija narivne ploskve in kinematske posledice

Pri napredovanju se mora oblika alohtona prilagajati konfiguraciji ravnin in strmin na narivni ploskvi, zaradi česar denimo nastanejo značilne spremljajoče gube ⇒ iz njihove geometrije je mogoče rekonstruirati geometrijo narivne ploskve, čeprav le-ta sploh ne izdanja.

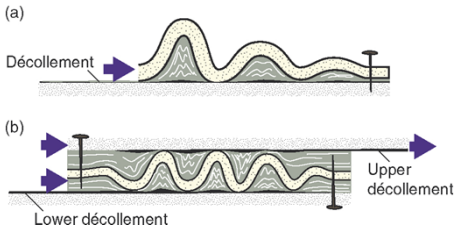


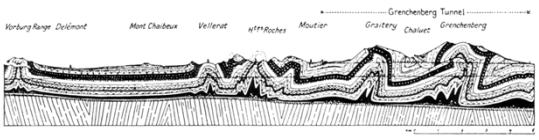


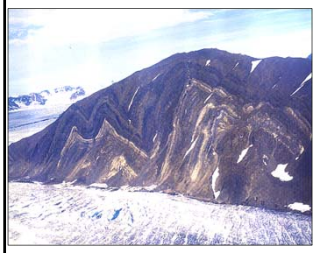
Spremljajoče strukture

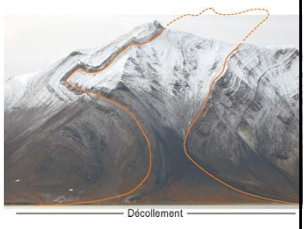
Gube, povezane z narivanjem

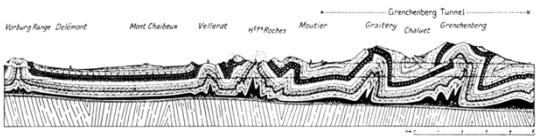
- **"detachment folds"** - nastajajo s krčenjem alohtona nad ravno narivno ploskvijo

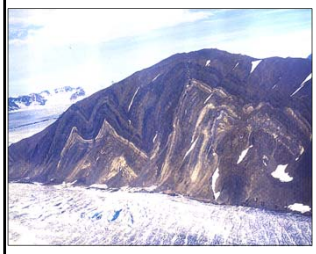


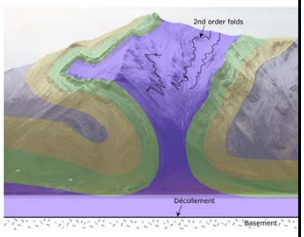








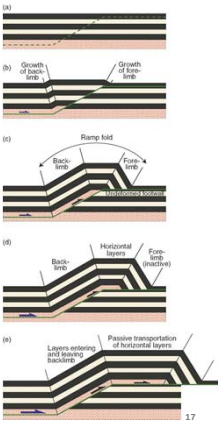




Spremljajoče strukture

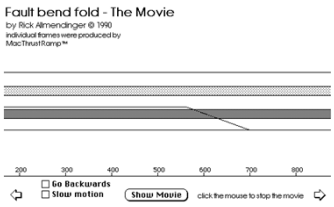
Gube, povezane z narivanjem

- **obprevojne gube** ("fault-bend folds") nastanejo na prehodih med ravninami in strminami na narivni ploskvi



DODATEK

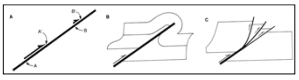
Razvoj obprevojne gube v narivni enoti

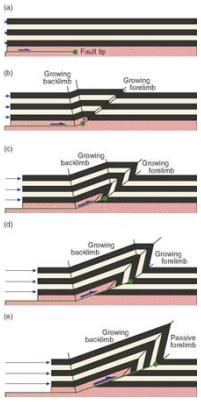


Spremljajoče strukture

Gube, povezane z narivanjem

- **gube napredovanja preloma** (“fault propagation folds”) nastajajo pred napredujočim narivom, ko se del premika ob narivni ploskvi kompenzira z gubanjem. Nariv, ki ne sega na površje, imenujemo **slepi nariv** (“blind thrust”).

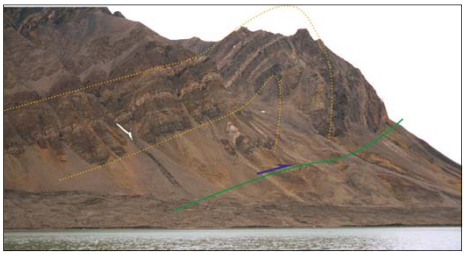




Spremljajoče strukture

Gube, povezane z narivanjem

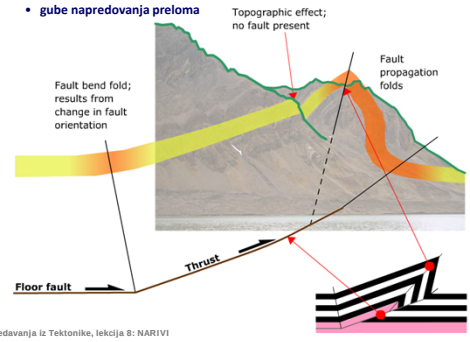
- **gube napredovanja preloma**



Spremljajoče strukture

Gube, povezane z narivanjem

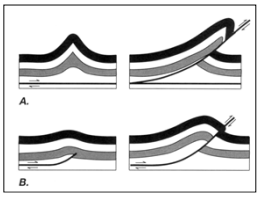
- **gube napredovanja preloma**



Spremljajoče strukture

Gube, povezane z narivanjem

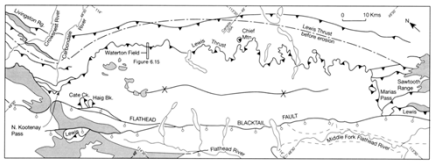
- narivi se lahko tudi razvijejo iz gub, kadar se krčenje ne more več izvršiti z zvezno deformacijo (gubanjem). Pozor: stara interpretacija razvoja narivov iz poleglih in prestriženih gub je večinoma napačna - tak proces je možen le v polduktilnih ali duktilnih razmerah, ne pa v zgornji skorji!

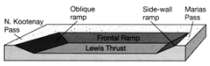


Spremljajoče strukture

Bočne strmine (rampe)

- Nekateri narivi so tudi bočno omejeni s strmimi rampami, ki jih imenujemo **bočne** ali **lateralne strmine**. Tudi pri premikanju pokrova preko bočnih strmin nastajajo značilne gube.

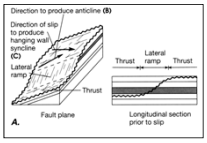


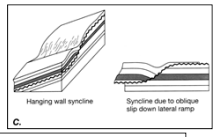


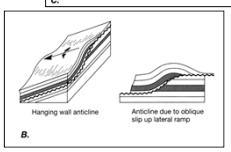
Spremljajoče strukture

Bočne strmine (rampe)

- Nekateri narivi so tudi bočno omejeni s strmimi rampami, ki jih imenujemo **bočne** ali **lateralne strmine**. Tudi pri premikanju pokrova preko bočnih strmin nastajajo značilne gube.



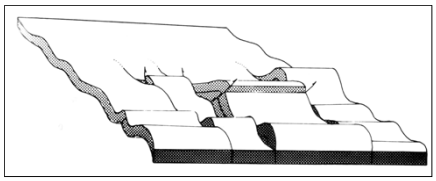




Spremljajoče strukture

Transferne cone

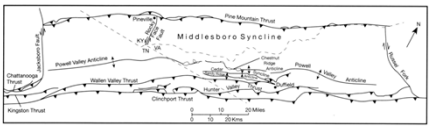
- Premik je redko enak vzdolž celotnega nariva, saj se pokrov zaradi svojega obsega le težko premika "v enem kosu". Tudi posamezne strukture v narivnem sistemu (gube, sekundarni narivi) absorbirajo različno količino deformacije.



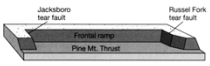
Spremljajoče strukture

Transferne cone

- **Transferni** ali **"tržni" prelomi** ("tear faults") so zmični prelomi, ki omogočajo diferencialno premikanje in deformacijo znotraj narivne enote. Transferni prelomi delijo narivno enoto na posamezna območja, ki se lahko deformirajo samostojno ⇒ **kompartmentalizacija**.



C.

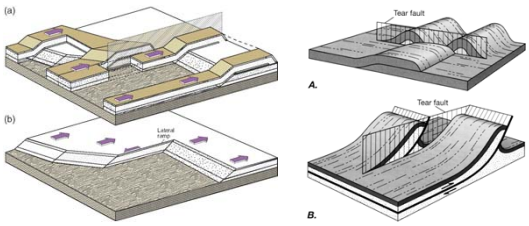


D.

Spremljajoče strukture

Transferne cone

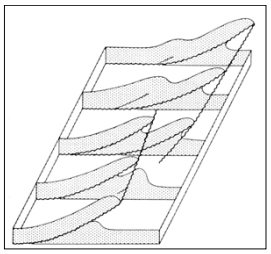
- **Transferni** ali **"tržni" prelomi** ("tear faults") so zmični prelomi, ki omogočajo diferencialno premikanje in deformacijo znotraj narivne enote. Transferni prelomi delijo narivno enoto na posamezna območja, ki se lahko deformirajo samostojno ⇒ **kompartmentalizacija**.

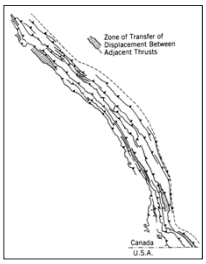


Spremljajoče strukture

Transferne cone

- **Transferne cone** so območja v narivni enoti, kjer se zamirajoči premik ob enem narivu počasi kompenzira z gubanjem in premikanjem ob sosednjem narivu.



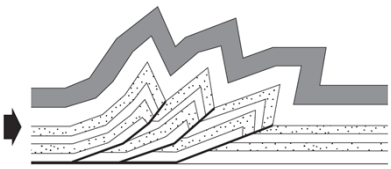


Narivni sistemi

Narivi najpogosteje ne nastopajo samostojno, ampak so združeni v narivne sisteme. Tako je skupni premik narivnega sistema lahko velik, tudi če so premiki ob individuanih narivih majhni. Pri tem nastanejo bloki kamnine, ki so z vseh strani obdani z narivi
⇨ **luske**. Ločimo dva glavna luskasta narivna sistema:

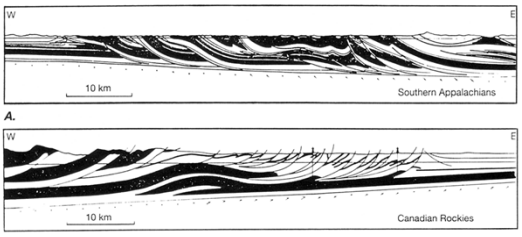
Narivni sistemi

- **pahljačasta luskasta struktura** ("imbricate fan") - iz ločilne ploskve narivi "izraščajo" navzgor; sekundarni narivi so običajno listrične oblike ⇒ širina lusk se veča proti površju



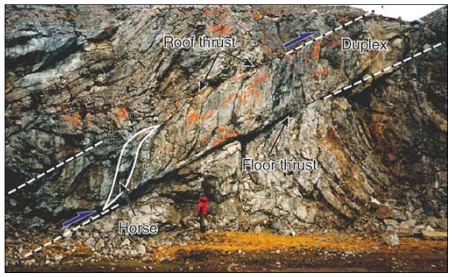
Narivni sistemi

- **pahljačasta luskasta struktura** (“imbricate fan”) - iz ločilne ploskve narivi “izraščajo” navzgor; sekundarni narivi so običajno listrične oblike ⇒ širina lusk se veča proti površju



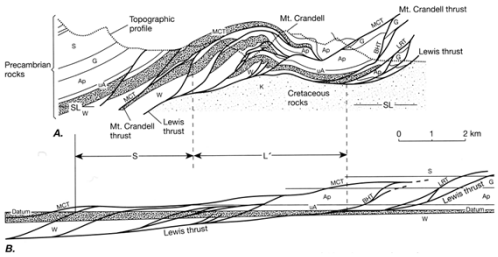
Narivni sistemi

- **dupleks** je naluskana struktura, kjer so luske spodaj omejene s **talnim narivom**, prekriva pa jih **krovni nariv**. Plasti pod talnim narivom in nad krovnim narivom niso naluskane.



Narivni sistemi

- **dupleks** je naluskana struktura, kjer so luske spodaj omejene s **talnim narivom**, prekriva pa jih **krovni nariv**. Plasti pod talnim narivom in nad krovnim narivom niso naluskane.

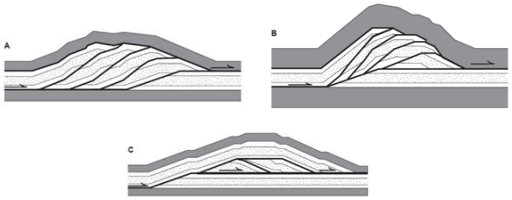


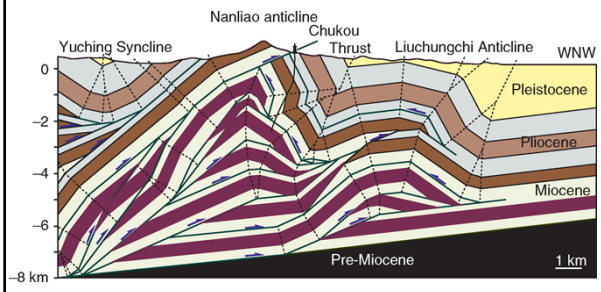
Narivni sistemi

Luske v dupleksu ne nastanejo sočasno, ampak zaporedoma druga za drugo. Premikanje novonastale luske hkrati deformira starejše luske, ki ležijo na njej.

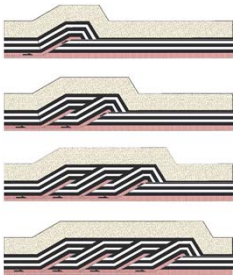
Geometrija dupleksa je odvisna od razmerja med dolžino lusk in dolžino njihovega premika. Tako ločimo:

- nazaj viseči dupleks (“hinterland dipping duplex”)
- antiformno kopico (“antiformal stack”)
- naprej viseči dupleks (“foreland dipping duplex”)





Narivni sistemi



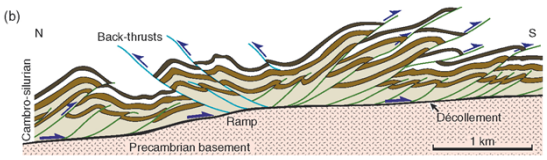
Luske najpogosteje nastajajo v smeri narivanja (**"in-sequence thrusting"**, "narivanje v zaporedju"). Kasneje so ugotovili, da ponekod luske nastajajo tudi v obratni smeri, kot potuje narivna enota (**"out-of-sequence thrusting"**, "narivanje izven zaporedja").

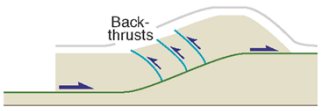
V današnji terminologiji za oba opisana sistema pravimo, da sta "in-sequence", le da prvega imenujemo **"forward breaking"** ("rastoči naprej"), drugega pa **"backward breaking"** ("rastoči nazaj").

"Out-of-sequence" narivi pa so po novem tisti narivi, ki (običajno) nastanejo v mlajših tektonskih fazah in sekaj starejše narivne strukture. "Out-of-sequence" narivanje je ena od možnih razlag za narive, kjer so *mlajše* kamnine narinjene na *starejše*.

Narivni sistemi

Povratni nariv ("backthrust") je nariv, ki je usmerjen v nasprotno smer kot narivni sistem.

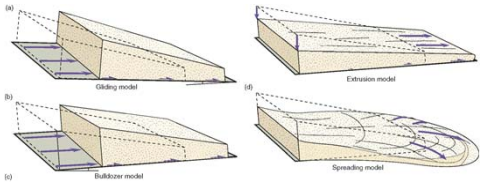




Mehanski paradoks narivanja

Poenostavljen izračun kaže, da narivanje, daljše od dobrih 15 km ni možno: pri tej dolžini je sila, ki bi bila potrebna, da bi premagali trenje ob narivni poskvi, večja od trdnosti kamnine. Vendar poznamo preko 100 km dolge narive, kako je to mogoče?

- gravitacijski narivi (drsenje nariva po narivni ploskvi navzdol zaradi gravitacije; ekstruzija; gravitacijsko razlezenje)

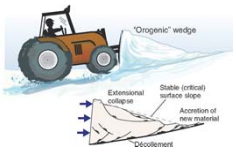


Mehanski paradoks narivanja

Poenostavljen izračun kaže, da narivanje, daljše od dobrih 15 km ni možno: pri tej dolžini je sila, ki bi bila potrebna, da bi premagali trenje ob narivni poskvi, večja od trdnosti kamnine. Vendar poznamo preko 100 km dolge narive, kako je to mogoče?

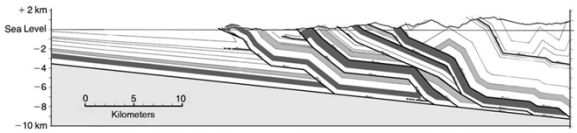
- gravitacijski narivi
- zmanjšanje trenja na narivni ploskvi (visok porni tlak)
- "gosenčasto" premikanje nariva (pri narivanju ni aktivna cela narivna ploskev naenkrat)
- **klinasto narivanje** orogenov

Klinasto narivanje



Narivni pasovi so *klinaste oblike*. Mehanska analogija: rinjenje snega ali zemlje pred buldožerjem:

- rinjena masa se ne premakne, dokler se ne nabere pod določenim kotom
- **kritični naklon** ("critical taper") je odvisen od trdnosti rinjenega materiala, trenja ob bazalni ploskvi in naklona bazalne ploskve
- kritični naklon se vzpostavi z internim deformiranjem rinjene enote ⇒ gubanje in narivanje
- ko je kritični naklon vzpostavljen, se premika cela rinjena masa naenkrat



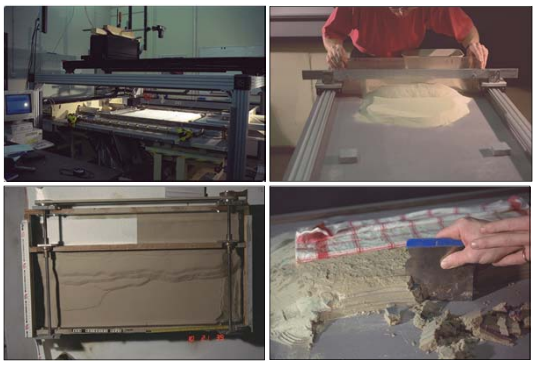
Klinasto narivanje

Geološke implikacije mehanizma klinastega narivanja

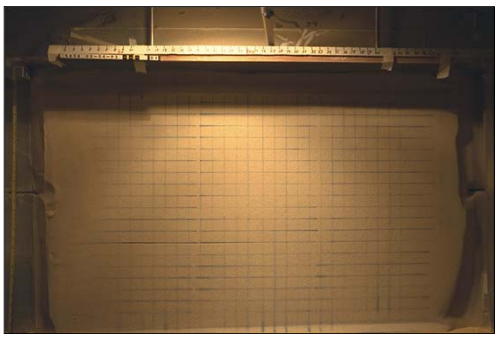
Sprememba katerega od vplivajočih dejavnikov (porni tlak, trenje, topografija narivne enote zaradi erozije,...) zahteva prilagoditev oblike narive enote novemu kritičnemu kotu ⇒ "out of sequence thrusting", povratno narivanje, itd.

⇒ problem velikih pokrovnih ("tankih") narivov - kako so se lahko premikali ob tako majhnem naklonu narivne enote?

Laboratorijsko analogno modeliranje narivanja



Laboratorijsko analogno modeliranje narivanja



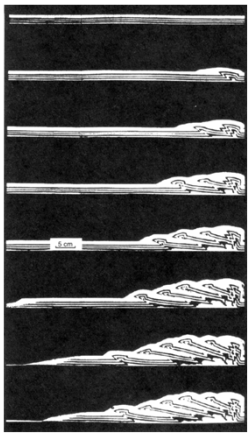
Laboratorijsko analogno modeliranje narivanja

Laboratorijsko analogno modeliranje narivanja

Klinasto narivanje

Primer 1

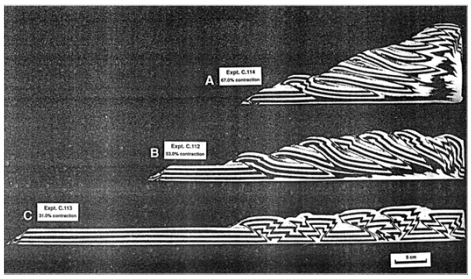
Razvoj narivnega sistema z luskanjem.
Naklonski kot sistema je konstanten!



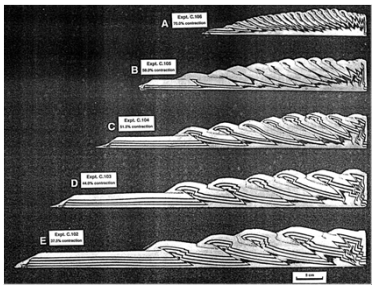
Klinasto narivanje

Primer 2

Vpliv trenja vzdolž bazalne (ločilne) ploskve narivnega sistema.



Klinasto narivanje

Primer 3

Vpliv debeline narivnega sistema.