VERIFICA DI EDIFICI ESISTENTI IN CEMENTO ARMATO

Catania, 25 giugno – 2 luglio 2019

14 – Giudizio sulla struttura (per schema assegnato, al variare delle formulazioni adottate)

Docente del corso

AURELIO GHERSI

Corso organizzato da: FONDAZIONE DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CATANIA

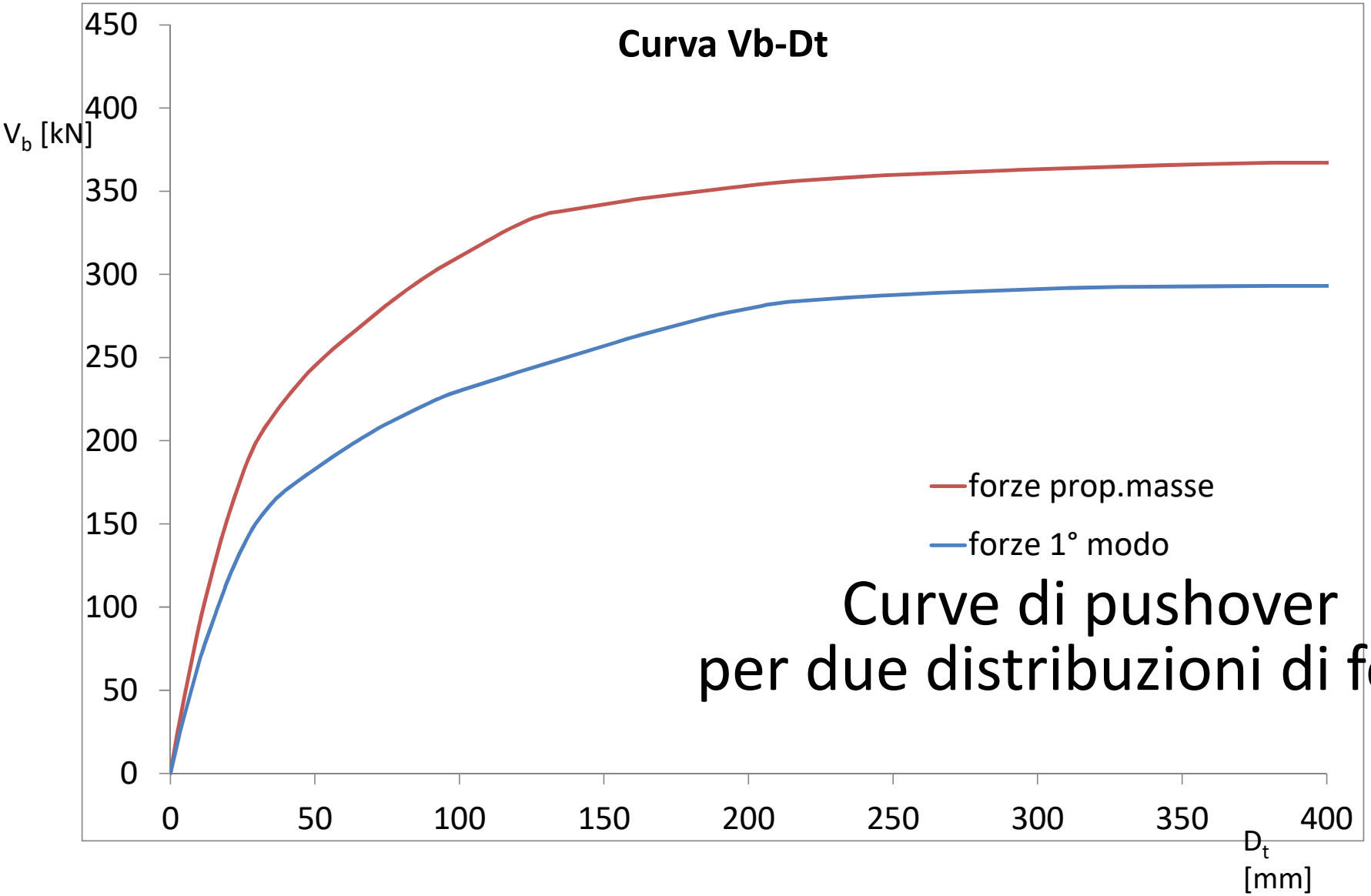
Come procedere?

Valutare come cambia la risposta per lo schema assegnato:

- Cambiando la distribuzione di forze applicate o il modo di effettuare la pushover
- Cambiando il criterio di correlazione tra spostamenti ed accelerazione sismica
- Cambiando la formulazione per valutare la rotazione alla corda ultima
- Cambiando la rigidezza delle aste per tener conto con maggior precisione dell'effetto della fessurazione e della presenza di tratti rigidi

Risposta

al variare della distribuzione di forze



Curve di pushover
per due distribuzioni di forze

Risposta
al variare della distribuzione di forze

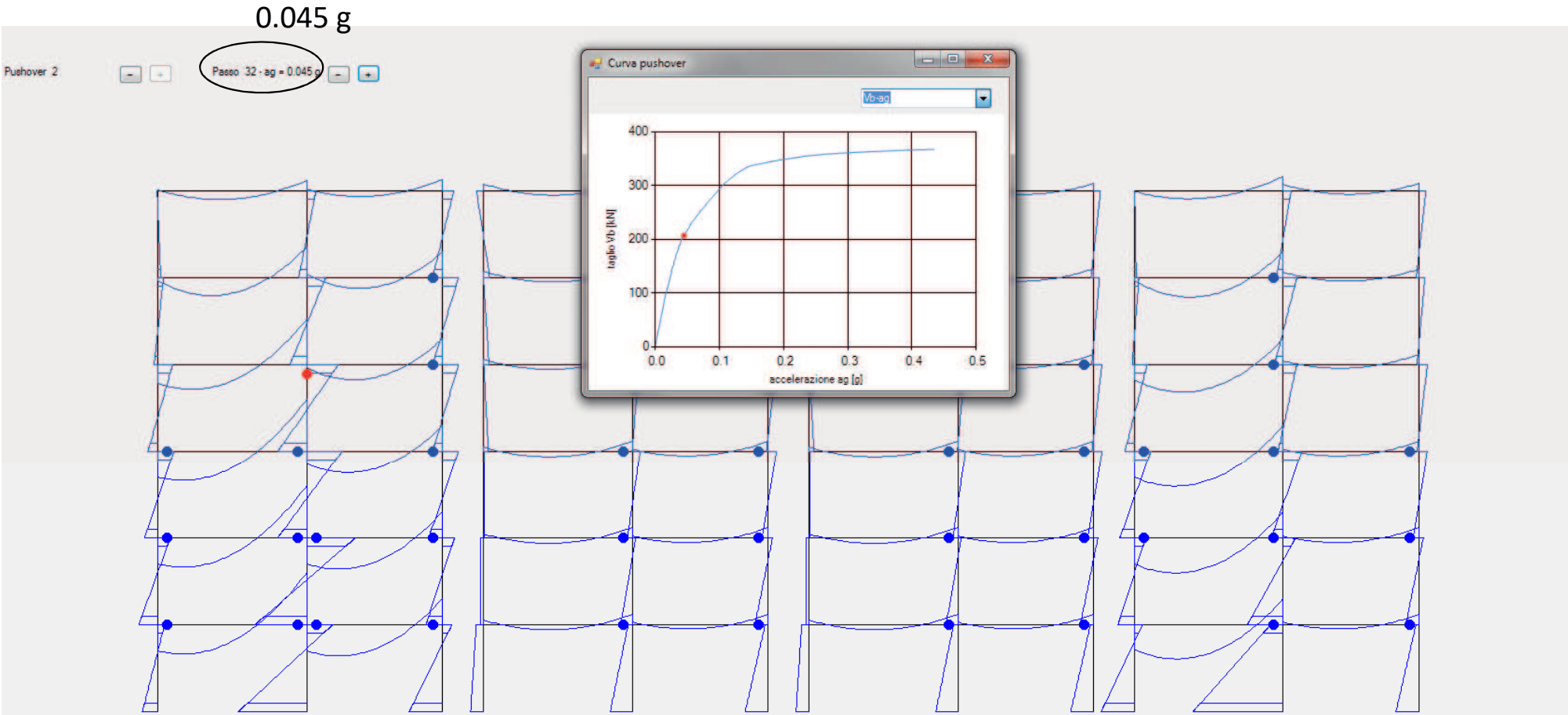
- Rilevanti differenze tra le curve di pushover
  - In genere la distribuzione proporzionale alle masse indica un maggior valore del taglio alla base, a parità di spostamento in testa

    … ma non è questo che ci interessa

  – Dobbiamo sempre valutare
    ordine progressivo di formazione delle cerniere,
    possibili rotture fragili,
    deformazioni plastiche (rotazioni alla corda ovvero spostamenti di interpiano)

Formazione progressiva

delle cerniere plastiche



La prima cerniera in un pilastro si forma per un'accelerazione maggiore che nel caso precedente (0.045 g anziché 0.035 g). Molte travi sono già plasticizzate

Formazione progressiva
delle cerniere plastiche

Commento

- La struttura ha resistenza molto bassa e quindi inizia a danneggiarsi per valori molto bassi di a_g

Non buono

- Si ha un danneggiamento diffuso delle travi, perché la loro resistenza è particolarmente bassa
- Non si hanno danneggiamenti concentrati in zone particolari
- I pilastri iniziano a danneggiarsi solo dopo che molte travi sono danneggiate

Buono

Tutto molto simile a quanto visto
con la distribuzione di forze modale

Comportamento delle aste

duttile o fragile

Commento

- La plasticizzazione delle travi indica un comportamento duttile

Buono

- La plasticizzazione nei pilastri è poco diffusa, ma ne andrebbe controllata la duttilità

Da approfondire

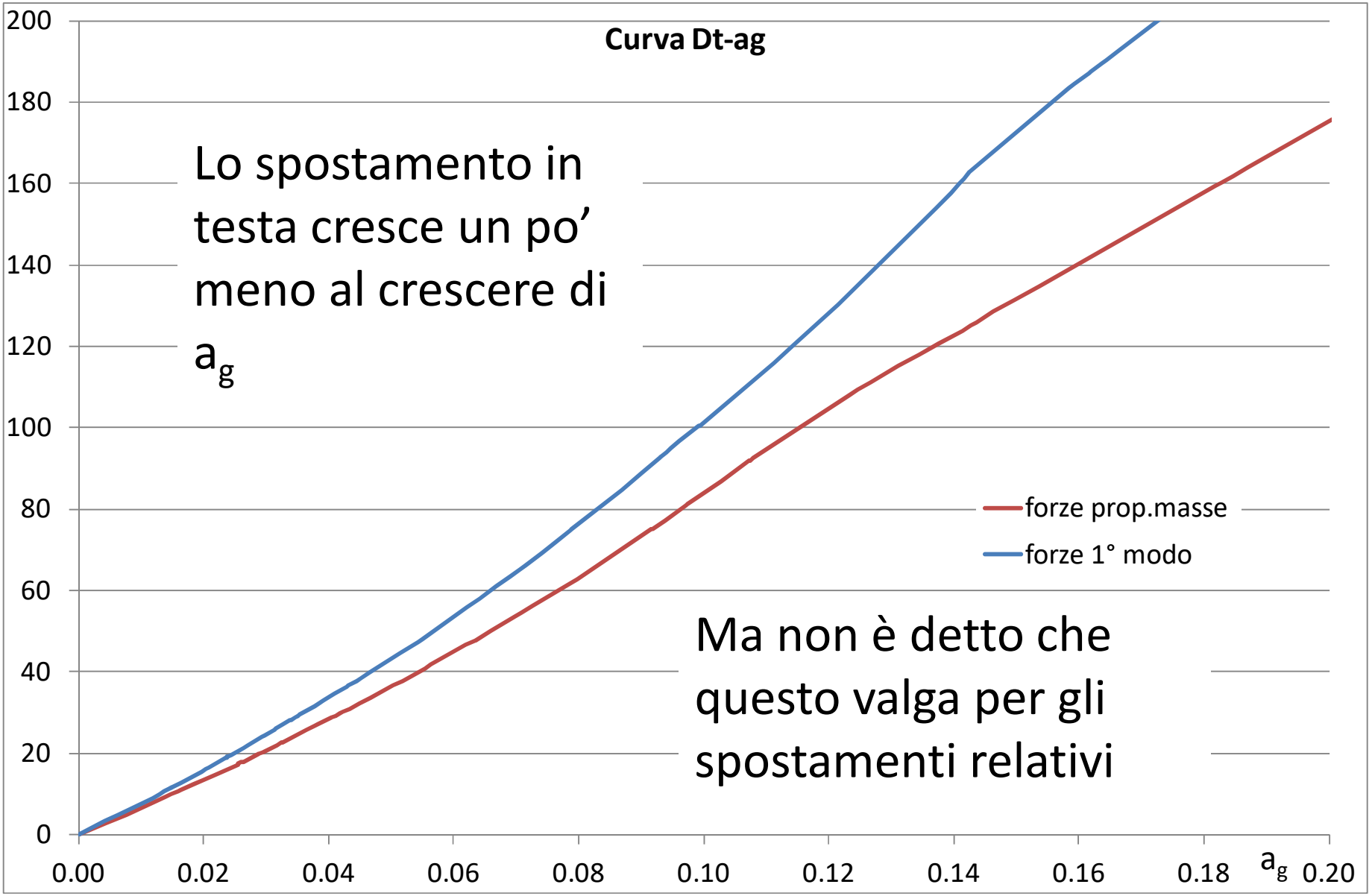
- Non si sono avute rotture a taglio nei pilastri

Buono

Tutto molto simile a quanto visto
con la distribuzione di forze modale

Spostamento in testa

al variare di a_g

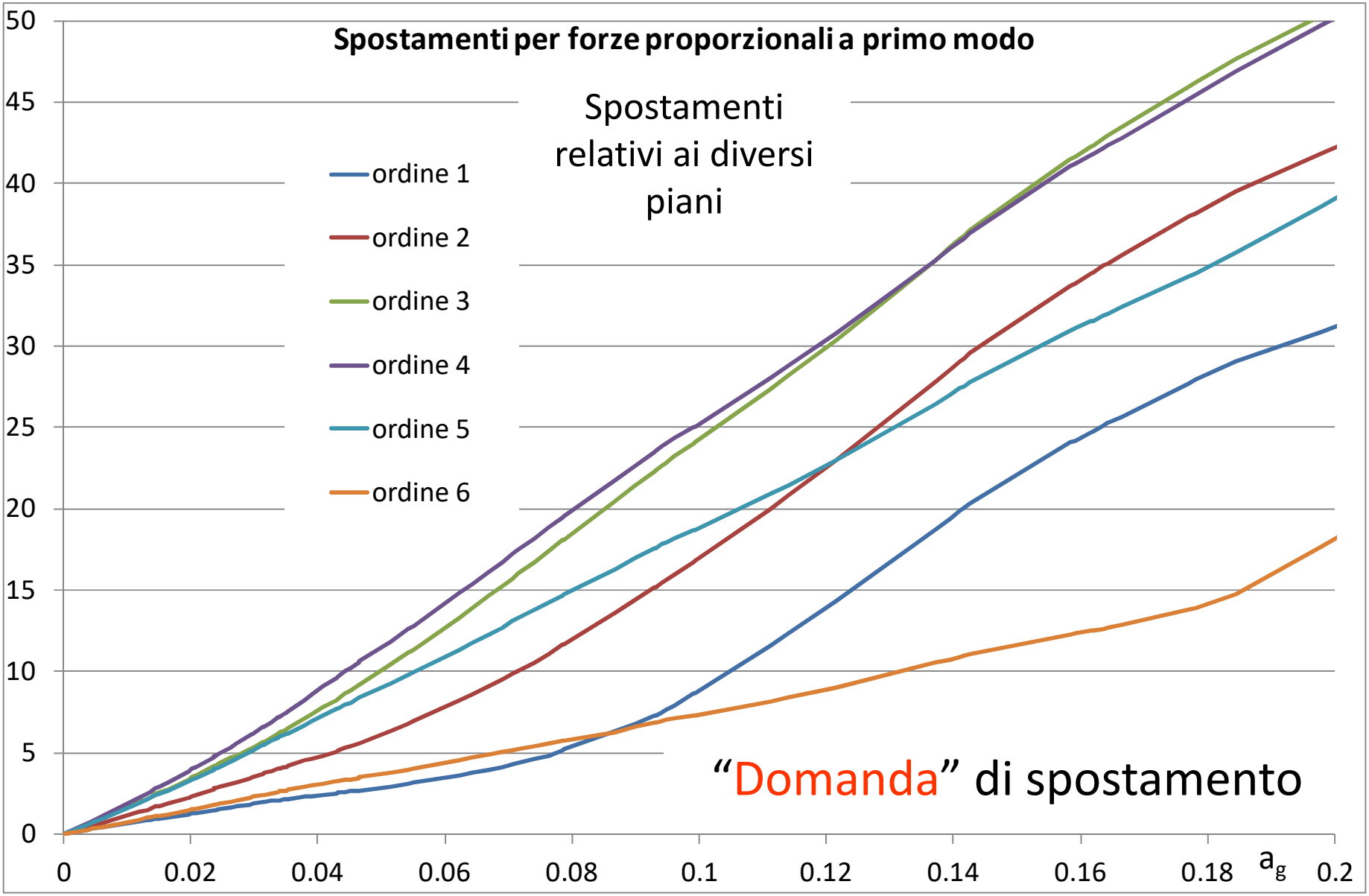


Lo spostamento in testa cresce un po' meno al crescere di a_g

Ma non è detto che questo valga per gli spostamenti relativi

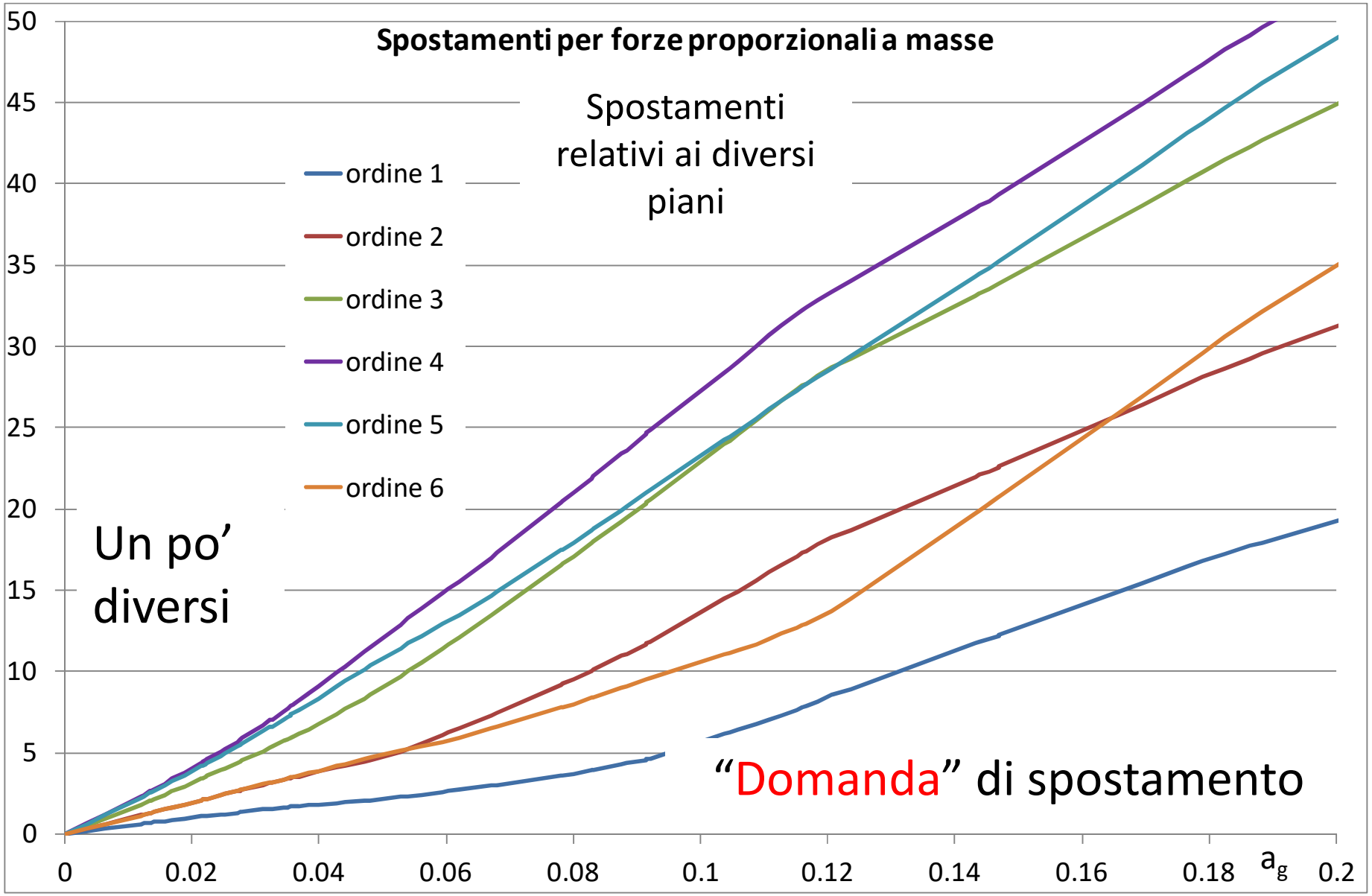
Spostamenti relativi

al crescere di a_g – distribuzione forze modale



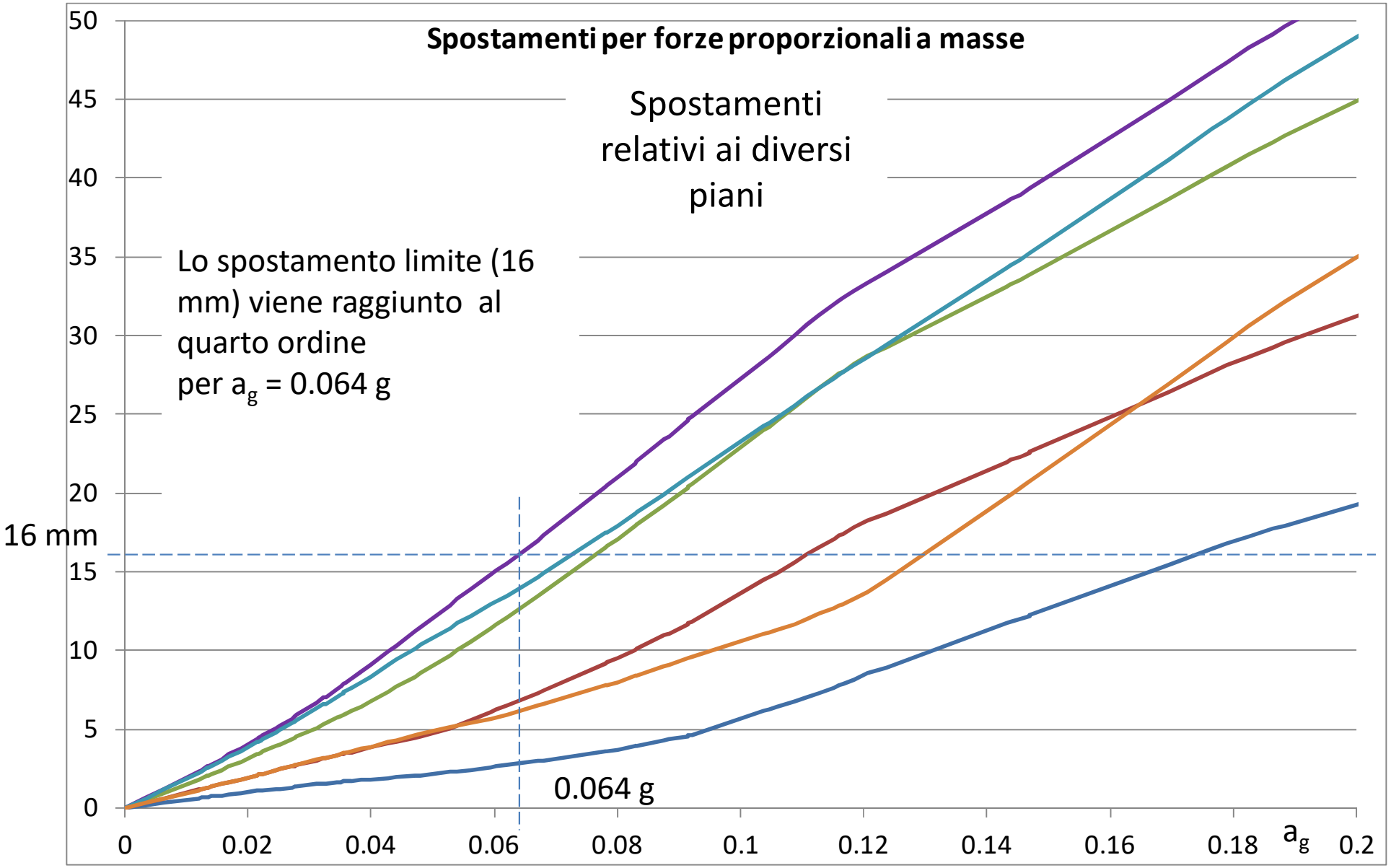
Spostamenti relativi

al crescere di a_g – distribuzione prop. masse



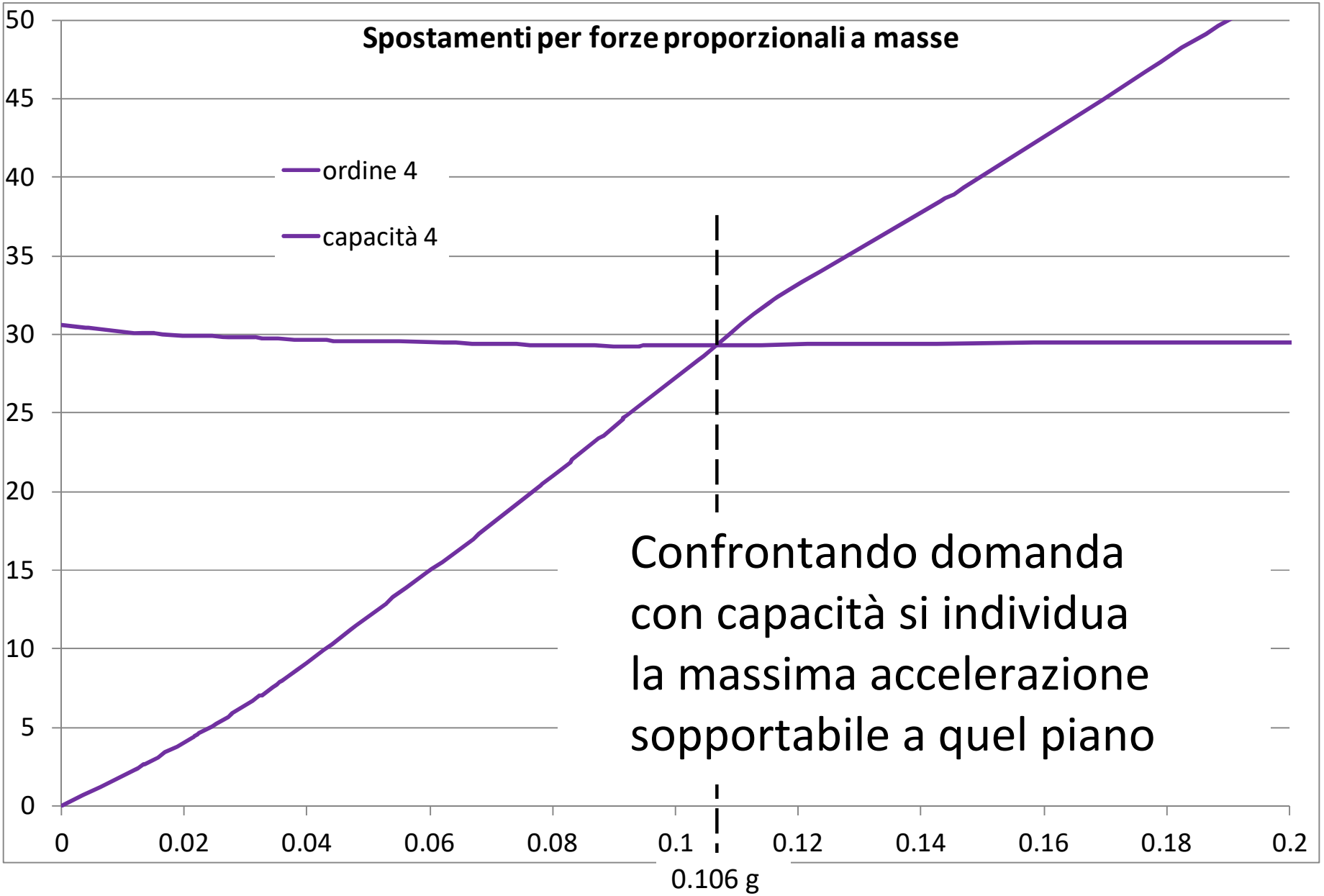
Comportamento della struttura

Stato Limite di Danno SLD



Domanda e Capacità

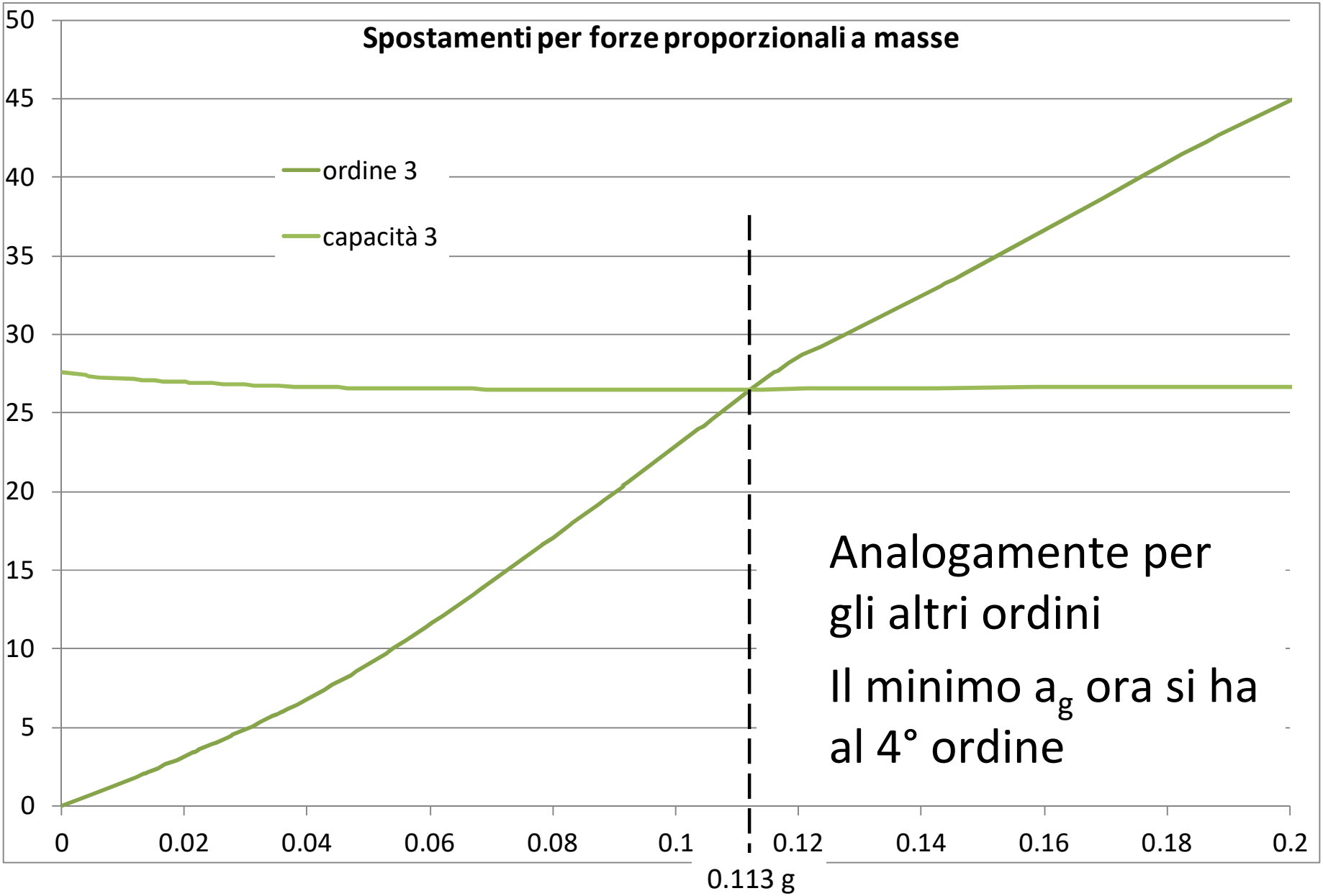
al variare di N – 4° ordine



Confrontando domanda con capacità si individua la massima accelerazione sopportabile a quel piano

Domanda e Capacità

al variare di N – 3° ordine



Analogamente per gli altri ordini

Il minimo a_g ora si ha al 4° ordine

Confronto

al variare della distribuzione di forze

- Almeno in questo caso il giudizio è sostanzialmente identico per le due distribuzioni
- Il raggiungimento del limite SLD si ha per $a_g = 0.064\,g$ (era 0.066 g per distribuzione primo modo)
- Il raggiungimento del limite SLV si ha per $a_g = 0.106\,g$ (era 0.105 g per distribuzione primo modo)

- Sarebbero da analizzare anche altri procedimenti, come le analisi adattive …

Risposta

cambiando il modo di calcolare a_g

- Se si usa il metodo di Freeman si ottengono, per ciascun punto della pushover, accelerazioni un po' più grandi
- Si troverebbe di conseguenza che sia lo SLD che lo SLV si ottengono per accelerazioni un po' più grandi

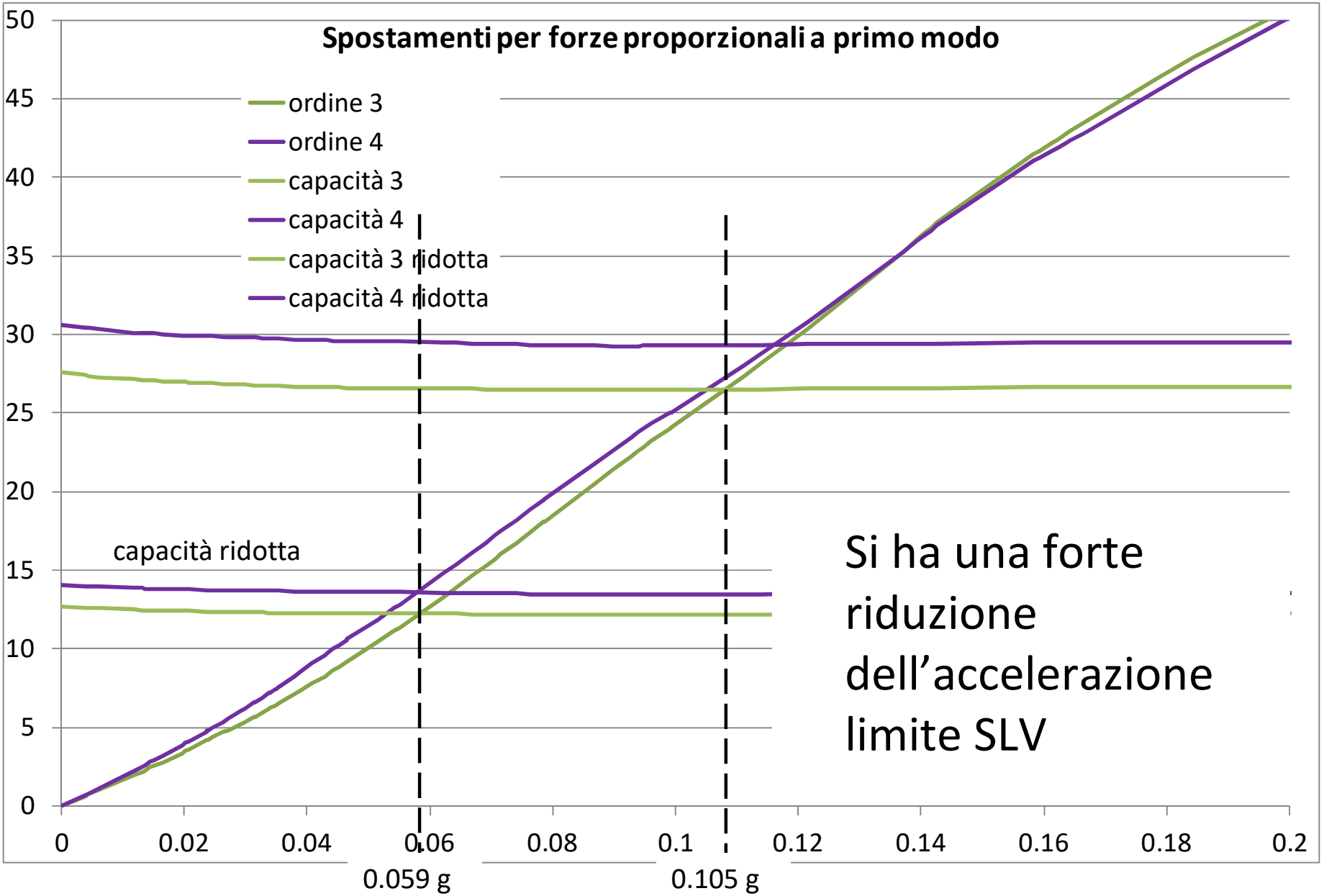
Risposta

cambiando il calcolo di θ_u

- Valutando la rotazione alla corda ultima con la formulazione analitica, anziché quella sperimentale, si ottengono valori nettamente inferiori (circa la metà o anche meno)
- Non cambia nulla per SLD

Domanda e Capacità

al variare di N – 4° ordine



Risposta

cambiando il calcolo di θ_u

- Valutando la rotazione alla corda ultima con la formulazione analitica, anziché quella sperimentale, si ottengono valori nettamente inferiori (circa la metà o anche meno)

- Sono convinto che sia preferibile utilizzare i valori forniti dal programma RC_NL, intermedi tra i due per sforzi normali medi e alti, ed usare i valori della formulazione sperimentale solo come limite in caso di sforzi normali bassi

Risposta

cambiando la rigidezza delle aste

- Si è già visto dall'analisi lineare che usando rigidezza ridotte per tener conto della fessurazione si ha una (non elevata) riduzione del valore di a_g che porta al raggiungimento di SLD
- Ho effettuato l'analisi non lineare, usando per semplicità le stesse rigidezze valutate forfetariamente (tutto il resto come per schema base)
  - L'analisi non lineare ha mostrato che il limite SLD si raggiunge per a_g = 0.063 g
  - Ha mostrato inoltre che il limite SLV si raggiunge per a_g = 0.102 g

Considerazioni finali

anche se relative solo al caso esaminato

- Cambiando la distribuzione di forze
  - Il risultato è cambiato in misura minima
- Cambiando la correlazione spostamento–accelerazione
  - Il metodo di Freeman fornisce valori maggiori per SLV (ma non è quello indicato dalle NTC)
- Cambiando formule per rotazione alla corda
  - La formulazione analitica fornisce valori molto inferiori (per valori di N medi o alti)
  - Ritengo opportuno usare un modello a fibre come RC_NL
- Cambiando la rigidezza delle aste
  - L'accelerazione che porta al limite SLD si abbassa
  - Probabilmente anche quella per SLV

Considerazioni finali

anche se relative solo al caso esaminato

- Cambiando la distribuzione di forze
  - Poco rilevante
- Cambiando la correlazione spostamento–accelerazione
  - Da approfondire, ma nei limiti della normativa
- Cambiando formule per rotazione alla corda
  - Opportuno utilizzare un modello a fibre come RC_NL, mantenendo le formule P&F come limite per valori bassi di N
- Cambiando la rigidezza delle aste
  - Opportuno tener conto della fessurazione e dei tratti rigidi, usando anche sommariamente modelli a fibre come riferimento (eventualmente fare la media tra approccio tradizionale e approccio con rigidezza fessurata)