$x_3 < x_5$ (BLAND)

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	z	b
	0	0	−1	0	−5	0	−1	7
x_2	0	1	23	1	2	0	0	23
x_6	0	0	1	2	16	1	0	15
x_1	1	0	46	2	1	0	0	46

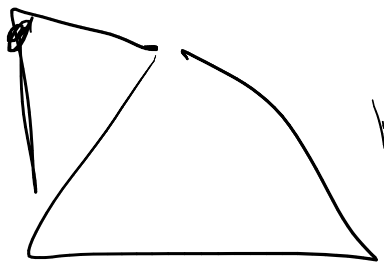
$B = [x_2, x_6, x_1]$

$\downarrow$

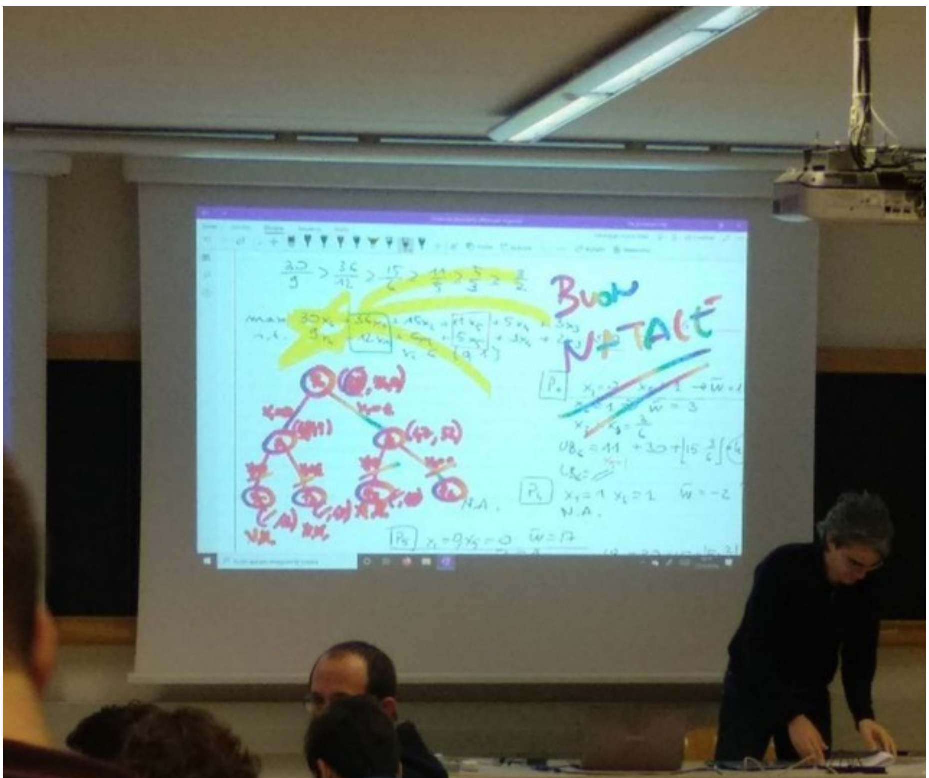
$B = [x_2, x_6, x_3]$

$$\bar{B} = \operatorname{argmin} \left\{ \frac{x_i}{\bar{B}_i} \right\} = \left\{ \underset{x_2}{\frac{23}{23}}, \underset{x_6}{\frac{1}{15}}, \underset{x_1}{\frac{46}{46}} \right\} = \left\{ 1, \frac{1}{15}, 1 \right\}$$

$x_2, x_1 \rightarrow$ USCIRE (STESSO RAPP. MINIMO)

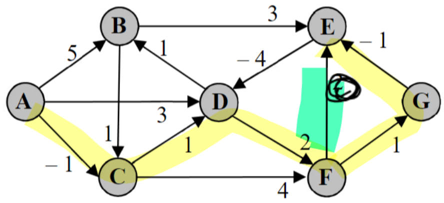


$\swarrow$ DEGENERE (NO 2 PUNTI PER SPOSTARSI...)



3. Nel seguente grafo, calcolare i cammini minimi dal nodo A verso **tutti** gli altri nodi.

Albero = Giallo (per problema)
Grafo = Verde (comprende anche Giallo)



a. si scelga l'algoritmo da utilizzare e si motivi la scelta;
b. si applichi l'algoritmo scelto (riportare e **giustificare** i passi dell'algoritmo in una tabella);
c. si utilizzi la tabella del punto b per riportare, se possibile, l'albero e il grafo dei cammini minimi oppure, se esiste, un ciclo di costo negativo (descrivere il procedimento);
d. è possibile, con l'algoritmo scelto, ottenere un cammino minimo da A a E con al più 5 archi? Se sì, qual è? come si ottiene?

6. Si vuole risolvere con **AMPL** un problema di trasporto di alberi da un insieme di origini I a un insieme di destinazioni J. Ciascuna origine i mette a disposizione O_i alberi e ciascuna destinazione richiede D_j alberi. Il costo unitario di trasporto da i a j è C_{ij} e si ha un costo fisso F_i per l'organizzazione dei trasporti da ciascuna origine i. Non è inoltre possibile organizzare il trasporto in più di N origini. Il modello per la minimizzazione dei costi è riportato affianco e utilizza le variabili x_{ij} per indicare il numero di alberi trasportati da i a j, e y_i che vale 1 se si organizza il trasporto da i, 0 altrimenti.

$$\min \sum_{i\in I, j\in J} C_{ij}\, x_{ij} - \sum_{i\in I} F_i\, y_i$$

$$\text{s.t.} \sum_{i\in I} x_{ij} \ge D_j \quad , \quad \forall\, j \in J$$

$$\sum_{j\in J} x_{ij} \le O_i\, y_i \quad , \quad \forall\, i \in I$$

$$\sum_{i\in I} y_i \le N$$

$$x_{ij} \in \mathbb{Z}_+,\ \ y_i \in \{0,1\},\ \ \forall\, i \in I,\ \ j \in J$$

a. Si traduca nel linguaggio **AMPL** il modello proposto (**file .mod**).

b. Si produca il **file .dat** per l'istanza con origini Croazia, Svezia, Gran Bretagna e Canada (disponibilità di 1000, 2000, 3000 e 4000 alberi rispettivamente), destinazioni Italia, Francia e Germania (con richieste di 5000, 3000 e 2000 rispettivamente), $N = 3$, costi fissi F_i di 1000 euro per tutte le origini, e costi di trasporto verso Italia, Francia e Germania (nell'ordine) pari a: dalla Croazia 10, 20 e 30 euro; dalla Svezia 40, 50 e 60 euro; dalla Gran Bretagna 70, 80 e 90 euro; dal Canada 100, 110 e 120 euro.

c. Si scriva uno script di AMPL (**file .run**) che risolve l'istanza specificata e visualizza il valore della funzione obiettivo e delle variabili per una soluzione ottima.