

Esercizio n° 9 : un trattore con motore da 90 kW traina un rimorchio monoasse su un appezzamento con terreno pesante e bagnato. Quali sono la massa limite M_{rim} (1) del rimorchio e la velocità massima di avanzamento V_{max} (2) ?

Data la condizione limite del terreno (pesante e bagnato), e dato che è richiesto comunque uno sforzo di trazione non trascurabile, è corretto ipotizzare l'utilizzo di un trattore 4RM.

I valori ragionevoli di C_a e C_r da considerare in questa condizione sono:

$$C_a = 0,4 \text{ e } C_r = 0,3$$

La condizione generale affinché un'operazione di traino sia possibile è che l'aderenza A che il trattore sviluppa sia sempre maggiore o, *al limite*, uguale allo sforzo di trazione T che l'operatrice richiede. Quindi:

$$A \geq T$$

Per ottimizzare però il treno trattore-operatrice, senza inutili sovradimensionamenti del trattore è proprio la condizione limite, cioè

$$A = T$$

(In altre parole, si dimensiona un trattore che sviluppi un'aderenza "giusta-giusta" per lo sforzo di trazione richiesto dell'operatrice)

Con il tipico rapporto massa/potenza dei trattori 4RM (50 kg/kW) si calcola il peso del trattore:

$$G_{tr} = 90 \text{ kW} * 50 \text{ kg/kW} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 44.145 \text{ N}$$

Ora si definisce qual è l'aderenza A del trattore 4RM, con la classica equazione:

$$A = G_{tr} * (C_a - C_r)$$

Nota importante: in questo caso, poiché l'operatrice è un rimorchio monoasse, il peso aderente è pari all'intero peso del trattore (condizione del 4RM) più il 25 % (un quarto) del peso del rimorchio, che è quella quota che tipicamente si scarica sul gancio di traino del trattore. Si rammenti che la massa del rimorchio (G_{rim}) è proprio l'incognita da calcolare. Quindi :

$$A = (G_{tr} + 0,25 G_{rim}) * (C_a - C_r) = (44.145 \text{ N} + 0,25 G_{rim}) * (0,4 - 0,3) = 4414,5 \text{ N} + 0,25 G_{rim} * 0,1 = \mathbf{4414,5 \text{ N} + 0,025 G_{rim}}$$

Lo sforzo di trazione richiesto viene calcolato con la classica equazione della resistenza al rotolamento R_r

$$R_r = G_{rim} * C_r$$

Non dimenticando che solo il 75 % (i tre quarti) della massa del rimorchio gravano sull'unico asse presente, T vale:

$$R_r = T = 0,75 * G_{rim} * C_r = 0,75 * G_{rim} * 0,3 = \mathbf{0,225 G_{rim}}$$

Ma ricordando che la condizione imposta è $A = T$, si ha:

$$4414,5 \text{ N} + 0,025 G_{\text{rim}} = 0,225 G_{\text{rim}}$$

$$(0,225 - 0,025) G_{\text{rim}} = 4414,5 \text{ N}$$

$$G_{\text{rim}} = 4414,5 \text{ N} / 0,2 = 22072 \text{ N}$$

(1) $M_{\text{rim}} = G_{\text{rim}} / 9,81 \text{ m/s}^2 = 2250 \text{ kg}$
--

$$P_m = 90 \text{ kW}$$

Calcolo del bilancio dinamico η_g (metodo degli impegni di potenza sommati):

1. autodislocamento = 15 % (maggiorato rispetto all' "usuale" 10 % perchè è prospettata una condizione limite, di terreno pesante e bagnato, e pertanto il trattore spende una quota parte di potenza superiore al normale per "trainare se stesso")
2. trasmissione = 10 %
3. presa di potenza = 0 %
4. idraulica = 4 %
5. slittamento = 10 % (è un valore decisamente superiore all'usuale date le condizioni di cui sopra, cioè un terreno a basso C_a)

impegni di potenza: 39 %

$$\eta_g = 1 - 0,39 = 0,61$$

$$P_u = P_m * \eta_g = 90 \text{ kW} * 0,61 = 54,9 \text{ kW}$$

In questo caso, non essendoci altri impieghi della potenza motore (oltre a quelli già computati con il bilancio dinamico), si può porre $P_u = P_{\text{lav}}$ e quindi:

$$P_u = P_{\text{lav}} = T * V_{\text{max}}$$

Da cui :

$$V_{\text{max}} = P_{\text{lav}} / T$$

$$T = 0,75 G_{\text{rim}} * C_r = 0,75 * 22072 \text{ N} * 0,3 = 4966,2 \text{ N}$$

(nota: T era già stato definito come $= 0,225 G_{\text{rim}}$; si è riportato il calcolo di cui sopra solo per maggior chiarezza)

(2) $V_{\text{max}} = 54900 \text{ W} / 4966,2 \text{ N} = 11,05 \text{ m/s} = 39,8 \text{ km/h}$

Commenti

Il trattore ipotizzato, nella condizione ottimale (ma comunque teorica...) di sfruttamento totale dell'aderenza, riesce a impegnare tutta la P_u solamente se riuscisse ad avanzare a 39,8 km/h.

In campo, e nelle condizioni prospettate, tale velocità non è evidentemente raggiungibile, per ragioni di sicurezza della guida e di resistenza meccanica del treno trattore-rimorchio.

Contrariamente alla maggior parte delle situazioni "normali" nelle operazioni di trasporto, in questo caso il fattore limitante non risulta essere la potenza del motore (qui sovrabbondante), ma la sua aderenza.

Pertanto, un miglior dimensionamento dell'operazione potrebbe prevedere un trattore adeguatamente zavorrato, comunque non raggiungendo i valori massimi consigliati (30 % del peso totale del trattore) poiché si aggraverebbero eccessivamente i problemi di affondamento. In caso di zavorratura, quindi, potrebbe essere indicato il contemporaneo utilizzo di pneumatici larghi e/o a bassa pressione di gonfiaggio, atti a migliorare la galleggiabilità, diminuire il compattamento e migliorare l'aderenza.