

Il "misterioso" RGBM

Corrado Bonuccelli

Nota: questa scheda è da considerarsi una bozza al momento; non punta al rigore scientifico ma solo all'evidenziare l'idea di fondo alla base del modello. Sono benvenuti commenti e osservazioni in vista della versione definitiva.

Il modello RGBM (*Reduced Gradient Bubble Model*) formulato dal dr. *Bruce Wienke* è al centro di una certa curiosità tra i subacquei; a mio parere questo è dovuto alla sua particolarissima posizione essendo l'unico - a mia conoscenza - modello decompressivo di cui sia stata promossa una versione commerciale con tanto di brevetti, accordi di "non disclosure", licenze e quant'altro. Questo fatto - sempre a mio parere - porta con sé le conseguenze del caso: c'è un palese interesse nel valorizzarlo quanto possibile, cosa del tutto comprensibile. Ma per quanto posso giudicare è stato steso una specie di velo sui dettagli del suo funzionamento al punto che non molti sanno cosa sia, come funziona, cosa fa e - soprattutto - quali siano i suoi limiti. Ecco quindi un breve "overview" che non pretende di essere una trattazione ma almeno dare un'idea di cosa ci sia dietro.

Premessa. Che cos'è mai questo *gradiente* che poi - indovina un po' - è fatalmente destinato a essere ridotto almeno in questa scheda? Ebbene, è un cugino stretto del fattore M di Haldane. Su quest'ultimo puoi trovare una quantità sterminata di materiale sulla rete e viene spesso trattato abbastanza a fondo nei corsi da intermedio in poi. Definizioni:

il fattore M è il **rapporto** tra tensione nel tessuto e pressione ambiente tollerabile, mentre il gradiente G è la **differenza** tra tensione nel tessuto e pressione ambiente tollerabile.

Tra parentesi, i famosi " a " e " b " dell'onnipresente prof. Bühlmann sono una "combinazione" di M e G nel senso che rappresentano una legge più complessa che comprende le definizioni di M e G come casi particolari. Quel che importa è che partendo dai valori di M , oppure G , oppure a e b si può calcolare un profilo decompressivo. Ti chiederai come si fa. Ovviamente non te lo spiegherò qui e ora; ogni volta - parlando di cose decompressive - si dovrebbe ricreare il contesto moltiplicando per dieci la lunghezza di ogni articolo. Vai a cercare materiale, chiedi al tuo istruttore se lo sa, fa' qualcosa; ma vai assolutamente a vederti come funziona il giocattolo. In linea di massima e limitandoci a quel che ci interessa, quanto più G è piccolo tanto più la deco è penalizzante. Ridurre G vuol dire una deco più lunga. Ridurre rispetto a che? Ai valori "normali" che vengono ricavati dall'esperienza e dall'analisi di profili risultati sicuri o meno.

Dico subito che a mio vedere il RGBM segue strettamente il modello VPM del prof. *David Yount* e collaboratori; al punto che sono molto tentato di definirlo un VPM con il nome cambiato, anche se da un altro punto di vista non è rigorosamente così. Per questo, la comprensione del RGBM dipende strettamente da quella del VPM che da ora in avanti considero noto.

Il modello VPM postula che esistano bolle nell'organismo (non è una cosa ovvia: di fatto i modelli usati in tabelle e computer postulano che in un certo senso le bolle non ci siano) e che l'organismo

possa tollerare un certo massimo volume di gas. Questo volume è *proporzionale* al prodotto di tre fattori:

- Il numero di bolle "attive";
- La differenza (gradiente) tra la tensione del determinato gas inerte nel tessuto e la pressione dello stesso nella bolla;
- Il tempo durante il quale il gradiente ha agito.

Ora, facciamo il classico conto della serva con un esperimento ideale. Abbiamo 5 bolle, in ognuna ci sono 2 *bar* d'azoto, nel tessuto sono dissolti 6 *bar* di azoto, e l'esperimento dura 50 secondi. Iniziamo col calcolare il gradiente che spinge il gas nelle bolle; sarà ovviamente pari a $(6 - 2) = 4$ *bar*. Allora:

Volume di azoto totale = $5 \times 4 \times 50 = 1000$.

Mille, OK: ma mille che? Bar, metri, frittelle, biglie, millilitri o cosa? Ebbene, non preoccupartene; manca quella che si chiama "costante di proporzionalità" che trasformerebbe il numero 1000 in qualcosa di fisicamente coerente, ma possiamo tranquillamente disinteressarci della faccenda. Ora, immaginiamo di emergere da una prima immersione e pensiamo a cosa accade, secondo il VPM, a due tessuti: uno veloce e uno lento. Il primo tessuto si scarica, appunto, velocemente quindi sarà in grado di tollerare un gradiente elevato; il tessuto lento, affinché si mantenga costante il volume di gas, potrà tollerare un gradiente minore perché questo agirà più a lungo rispetto al tessuto veloce. Non solo; siccome nel corso del tempo i tessuti si scaricano, dopo le canoniche 48 ore, tutto sarà come dire "resettato".

Qual'è dunque l'idea di base del RGBM? Eccola qui: non mi interessa quale sia il volume di gas tollerabile (anche perché non essendo un concetto con solide basi fisiologiche non abbiamo la minima idea di quale ne sia il valore) ma faccio questo ragionamento: se il volume di gas deve rimanere costante, allora:

- Se uno dei tre fattori sopra elencati - ad esempio - dimezza, uno dei due restanti può raddoppiare e l'altro deve rimanere invariato. [Nell'esempio: se il gradiente passa da 4 a 2 *bar*, le bolle possono diventare 10 perché $10 \times 2 \times 50$ fa ancora 1000];
- Se uno dei tre fattori - ad esempio - raddoppia, uno dei due restanti deve dimezzare e l'altro rimanere invariato. [Nell'esempio: se il gradiente agisce per 100 secondi e ho sempre 5 bolle, allora il gradiente deve dimezzare perché $5 \times 2 \times 100$ fa ancora 1000].
- ...eccetera) E così via per tutte le infinite combinazioni che ci possiamo inventare.

Tramite considerazioni che ricalcano da vicinissimo la teoria del VPM (anzi, sono proprio le stesse identiche) **il RGBM agisce modificando il gradiente in funzione delle variazioni di certi fattori in modo che il prodotto di cui sopra (prodotto che si traduce nel volume di gas libero) si mantenga costante**. L'aggettivo "costante" vale rispetto alla situazione dei gradienti all'equilibrio; per intenderci, la prima immersione (e non una ripetuta), e si considera inoltre che non siano state fatte immersioni per tempi dell'ordine delle settimane, non solo nelle 48 ore precedenti. In questa situazione ideale si immagina di conoscere i gradienti tollerati dall'organismo e quelli vengono ridotti opportunamente, come andiamo a vedere. La riduzione del gradiente si fa allora dipendere da:

- ***L'intervallo di superficie tra un'immersione e la successiva***, il tutto a sua volta in dipendenza dal tessuto che si considera (il perché lo abbiamo visto: i tessuti veloci possono tollerare gradienti più elevati a parità del resto).
- ***La rigenerazione della popolazione delle bolle;***
- ***La differenza tra la massima profondità tra la immersione attuale e quella precedente.***

Sono consapevole di aver saltato un sacco di passaggi nell'elencazione dei tre punti precedenti e che quindi il tutto sia poco se non per nulla chiaro; non posso far altro che rimandarti alla mia (o altra) esposizione del VPM una volta compreso il quale modello le cose dovrebbero essere almeno meno oscure. Ma quel che importa è aver compreso l'idea di massima che al variare dei parametri pertinenti al modello VPM il gradiente viene "aggiustato" nel modo che abbiamo visto. Nelle figure 1-3 (alla fine della scheda) sono rispettivamente rappresentati i fattori di riduzione relativi rispettivamente ai punti 1-3 precedenti. Sono tutti numeri compresi tra zero e uno essendo, appunto, fattori di riduzione. Il fattore finale si ottiene come prodotto dei singoli tre ciascuno indipendentemente dagli altri, e nella figura 4 possiamo vedere l'effetto combinato dell'intervallo di superficie e della differenza tra le massime profondità di due immersioni ripetute (ogni superficie corrisponde a un tessuto di cui è indicato il relativo gradiente iniziale, ovvero non ridotto). Quest'ultima figura richiede parecchio occhio e una certa capacità immaginativa e di rappresentazione; ma se la si guarda e ci si riflette un poco, mi piace pensare che possa rivelarsi abbastanza espressiva.

Siamo in grado però di comprendere intuitivamente almeno la prima figura. Vediamo che il gradiente viene maggiormente ridotto verso l'inizio dell'intervallo di superficie mentre più o meno dopo tre ore il fattore è praticamente tornato a uno. Siccome a gradiente basso corrisponde deco lunga, ritroviamo quel che già sappiamo a proposito del tempo di azoto residuo: la seconda immersione è maggiormente penalizzata quanto più è vicina alla prima. Per le altre due figure, vai a vederti come funziona il VPM.

Ora, una valutazione del tutto. L'esposizione che ho dato segue da vicinissimo quella della pubblicazione originaria del dr Wienke e - c'è poco da fare - stando ad essa il RGBM è praticamente il VPM con un nome diverso, ferma restando l'idea molto valida di rendere il VPM praticamente utilizzabile. Apro infatti una parentesi: laddove l'uso diretto del VPM si traduce in calcoli laboriosi e software complessi, il RGBM lo rende facilissimamente implementabile e questo non è poco. Ma il VPM è un modello che ha un sacco di limiti e viene reso valido nella pratica "tarandolo" in modo che calcolandoci la deco i profili siano verificati sicuri dalla pratica. Insomma, nulla di diverso sotto il sole rispetto alle metodologie usuali. In questo senso il RGBM non può assicurare nulla di più rispetto al VPM. Per motivare la mia perplessità ti aspetterai, immagino, una disamina dei limiti del VPM: ebbene, non è questa la sede ma posso assicurarti che si possono trovare tonnellate di argomenti contro qualsiasi modello decompressivo, VPM compreso quindi. Ad esempio, il VPM/RGBM prevede bolle sferiche (ma de' che?) ferme (lo sono solo in un cadavere) in un tessuto omogeneo e ideale (non esiste nell'organismo), che il volume del gas sia il prodotto dei tre fattori elencati sopra (non c'è prova che sia così, è solo un'ipotesi di calcolo) e così via. A quanto sembra sono state apportate significative modifiche alla formulazione originaria, facendo dipendere la riduzione del gradiente da altri fattori (oltre i tre visti) per rendere il RGBM più "realistico" e - sono stati fatti i necessari riscontri e tarature su un ampio database. Personalmente non ho trovato materiale su riviste scientifiche al riguardo né ho trovato notizie su tale database; quindi non posso confermare o smentire tutto ciò, né entrare maggiormente in merito. In varie sedi (si vedano ad esempio gli archivi di decompression.org pubblicamente accessibili) il dr Wienke ha opposto un comprensibilissimo riserbo su molte questioni generali e di dettaglio a causa - immagino - della natura commerciale del modello, almeno dei suoi sviluppi posteriori alla pubblicazione originaria. Lascio dunque la questione aperta e lascio a te, lettore, le opinioni del caso. Con l'occasione, se qualcuno ne sa di più e me lo fa sapere gliene sarò grato così modificherò sia le mie idee in merito che questa scheda di conseguenza, fermo restando che faccio mia l'affermazione di lord Kelvin sulla

necessità di misurare una grandezza affinché abbia senso parlare di scienza. Di articoli qualitativi (non quantitativi) sul RGBM è strapiena la rete; a mio parere la maggioranza è roba che lascia un po' il tempo che trova. Restano i punti seguenti:

- Il RGBM non ha nulla di misterioso; è una conseguenza diretta e "logica" del VPM che a sua volta non è difficile da capire se lo si digerisce con calma e riflettendoci sopra ripetutamente. Una persona maliziosa potrebbe pensare che il RGBM venga circondato di tecnicismi e parole difficili per mantenere un senso di mistero e di dipendenza dal Sapere che di tanto in tanto viene centellinato ai comuni mortali. Ebbene lo ammetto, sono malizioso ed è più o meno quel che penso.
- Il punto precedente non vuol dire che quanto ruota attorno al RGBM sia da considerare male, al contrario. L'idea alla base del RGBM è molto intelligente, feconda, merita di essere conosciuta e valutata con attenzione, e l'autore del modello è uno stimabile e rispettato scienziato. Penso che cercare di propinare cose semplici come complesse per mettersi su un piano di superiorità non sia il massimo; per essere chiari, personalmente trovo molto faticosa la lettura delle pubblicazioni del dr Wienke. Ma trovo anche sacrosantamente giusto cercare di curare la propria immagine e guadagnare denaro a fronte di anni di studio, considerato che negli USA studiare costa tantissimo ed è più difficile vivere di scienza piuttosto che - ad esempio - svaligiare banche o molto altro.

Insomma lettore, come vedi c'è tantissima roba su entrambi i piatti della bilancia. A te formarti le tue idee.

Ringraziamenti - Devo a *Kees Hofwegen*, l'autore del programma GAP, la chiave di lettura che poi mi ha aperto la comprensione dei dettagli tecnici del RGBM. Mentre impazzivo da settimane con formule complesse e notazioni matematiche pesantissime, mi giunse una graditissima mail che iniziava più o meno "non puoi immaginare quanto in realtà sia semplice, ecco qui...". C'è veramente voluta una bella capacità di intuizione per rivelare la semplicità nascosta sotto la complicazione e, per quanto mi riguarda, Kees è stato davvero bravo. Grazie come sempre a chi mi permette di apprendere cose nuove.

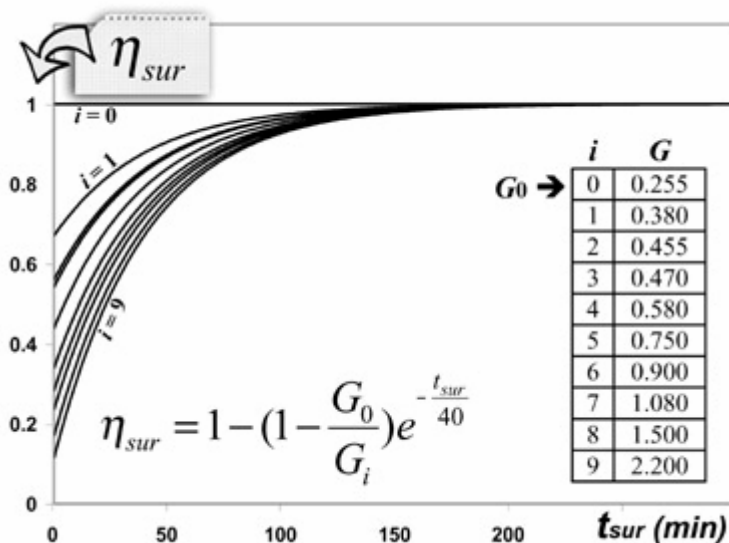


fig. 1 - l'effetto dell'intervallo di superficie (fattore 1)

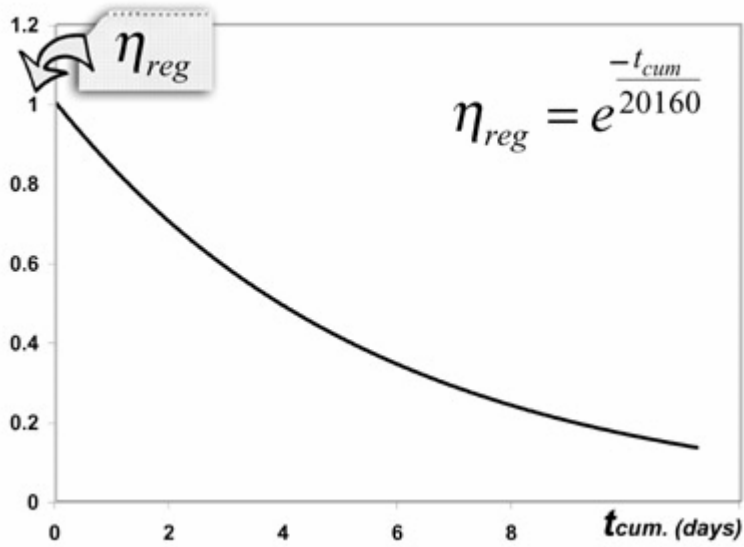


fig. 2 - l'effetto della rigenerazione della popolazione di bolle (fattore 2)

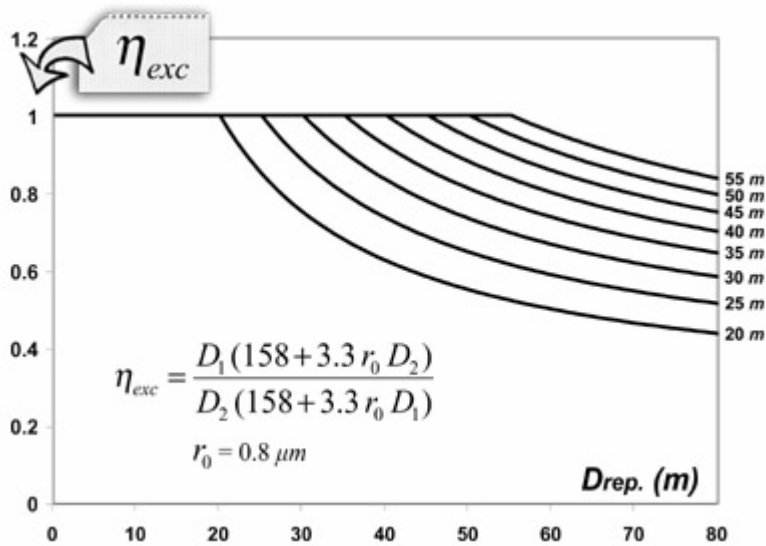


fig. 3 - L'effetto della "seconda più profonda della prima" (fattore 3)

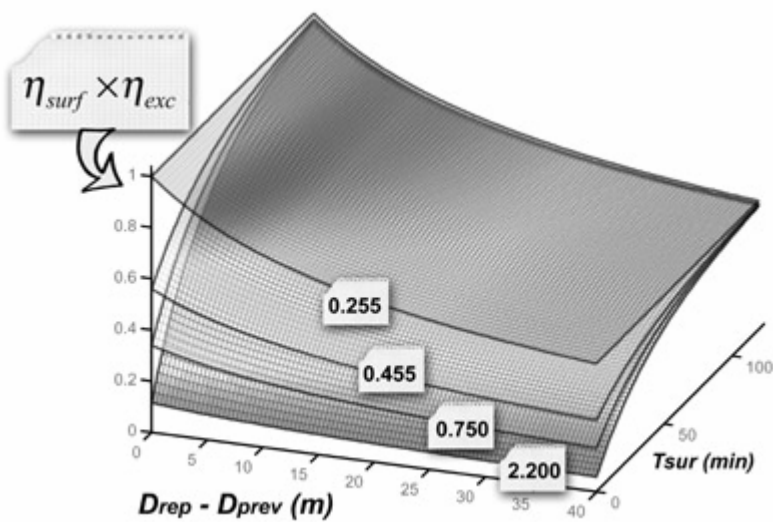


fig. 4 - L'effetto combinato dei fattori 1 e 3

Post Scriptum tecnico - Nelle figure compaiono anche le formule ricavate dalla pubblicazione originale. Se sai come si calcola un profilo decompressivo puoi implementare facilmente il modello RGBM nel programma che tu abbia eventualmente scritto. Se lavori con il solo gradiente non devi far altro che moltiplicarlo per il prodotto dei tre fattori *eta*. Se, invece, lavori con i parametri di Bühlmann ti mancano - posso azzardare - solo le formule che danno i valori "a" e "b" ridotti e qualche altro dettaglio che lascio a te scoprire (trovi tutto sulla pubblicazione citata oltre). Eccole qui (anche in questo caso, *eta* è il prodotto dei tre *eta* che compaiono nelle formule in figure):

Ricordo che il modello è "proprietario" e non sono in grado di dire alcunché sulle implicazioni relative al suo uso. Tutti i dati riportati sono presi dalla pubblicazione **Wienke B.R. Reduced Gradient Bubble Model. Int. J. Biomed Comput 26, 237-256**. Trattandosi di una pubblicazione scientifica sarei sorpreso se i risultati in essa contenuti non fossero considerabili di uso libero, perlomeno in software per uso personale e/o non commerciali; azzardo l'opinione che nella formulazione originaria e di "pubblico dominio" (di nuovo, a questa ho costantemente fatto riferimento eccetto le formule degli "a" e "b" ridotti che si ricavano in base alle definizioni e non compaiono nella pubblicazione citata) non ci dovrebbero essere problemi per un uso "personale". Inoltre, nulla so riguardo l'eventuale pubblicazione di risultati relativi a successive versioni del modello, quelle probabilmente implementate in tabelle, computer e software, per intenderci. Comunque, per evitare problemi, ci si può, anzi, ci si **deve** rivolgere ai diretti interessati per maggiori informazioni ed eventuali accordi.