



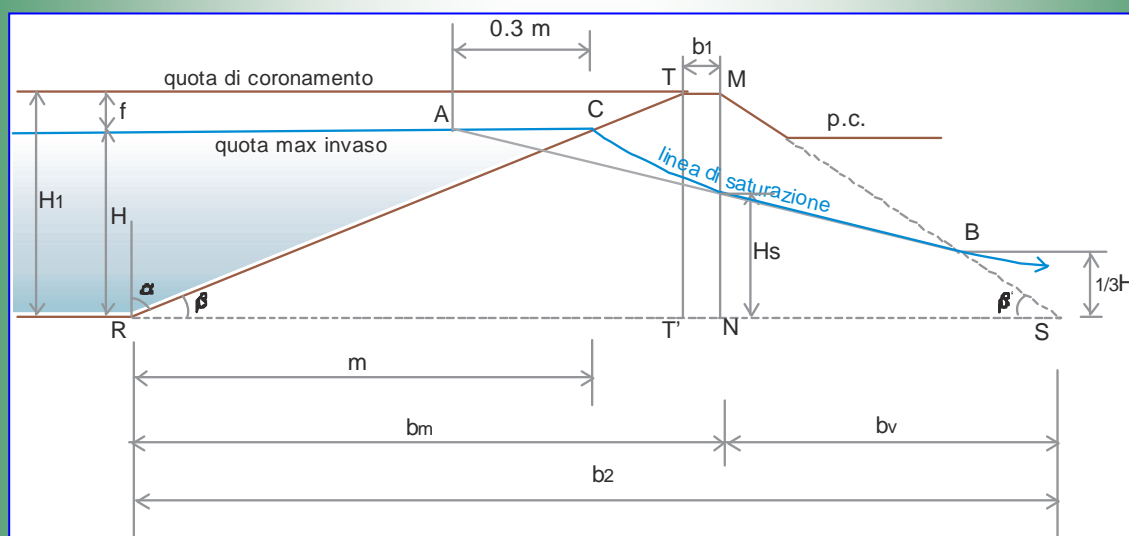
REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO LAVORI PUBBLICI
DIPARTIMENTO LL.PP.
UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI CATANIA

LINEE GUIDA

PER LA REALIZZAZIONE E L'ADEGUAMENTO

DI LAGHETTI COLLINARI ED INVASI

DI COMPETENZA DELL'UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI CATANIA



Dott. Geol. Vito Zingale
Funz. Direttivo Genio civile Catania

REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO LAVORI PUBBLICI
DIPARTIMENTO LL.PP.
UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI CATANIA

LINEE GUIDA
PER LA REALIZZAZIONE DI LAGHETTI COLLINARI ED INVASI DI
COMPETENZA DELL'UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI CATANIA

Lo scopo del Vademecum proposto da questo Ufficio è quello di venire incontro a tutti quei professionisti che si occupano di tale problematica, in assenza di una normativa specifica sui piccoli invasi e laghetti collinari che per evidenti aspetti, molto spesso non sono trattabili come se fossero delle dighe di sbarramento *tout court* e che quindi necessitano di calcoli di verifica degli argini relativamente più semplici.

Le linee guida proposte sono valide sia nel caso che si debba realizzare un nuovo invaso e sia che bisogna adeguare e/o ampliarne uno esistente.

Si farà, quindi, riferimento a quelle opere di sbarramento per laghi artificiali con altezza di ritenuta, ossia altezza d'acqua al di sopra del piano di fondazione non superiore a 15 metri e in ogni caso a quei laghetti che seppur interrati presentano problematiche simili rispetto alla stabilità degli argini in rilevato.

SCHEDA INFORMATIVA PER L'UTENZA

Caratteristiche dell'invaso:

1. altezza inferiore a 15 metri;
2. volume invaso <1.000.000 di mc;
3. piccole derivazioni (portata necessaria per l'irrigazione inferiore a 1000l/sec, superficie da irrigare inferiore a 500 Ha).

Documentazione richiesta:

Istanza in bollo (in carta semplice per tutti gli Enti pubblici) ove si evidenzia:

1. l'oggetto dell'intervento che si prevede di realizzare completo di richiesta di parere ai sensi del D.P.R. 1/11/1959 n. 1363;
2. estremi della Ditta richiedente (data e luogo di nascita se persona fisica, ragione sociale se Società, codice fiscale e/o partita I.V.A. , indirizzo, recapito telefonico);
3. estremi della Ditta esecutrice dei lavori (data e luogo di nascita se persona fisica, ragione sociale se Società, codice fiscale e/o partita I.V.A. , indirizzo, recapito telefonico).

**DOCUMENTAZIONE TECNICA DA ALLEGARE, A FIRMA DELLA DITTA
COMMITTENTE, DEL PROGETTISTA, DEL DIRETTORE DEI LAVORI E PER LE
PROPRIE COMPETENZE, DAL GEOLOGO**

1. n. 2 copie catastali dell'estratto di mappa e del certificato relativo alle particelle interessate;
2. n. 8 copie della tavoletta I.G.M.I. al 25.000 (anche stralcio), con l'esatta ubicazione dell'invaso ed indicazione delle coordinate U.T.M. (designazione del punto);
3. n. 2 copie di relazione tecnica descrittiva dell'opera comprendente l'indicazione sulla fonte di approvvigionamento idrico, compresi portata e titolo giuridico, il calcolo per il dimensionamento delle opere di sfioro ed indicazione del relativo recapito finale, la descrizione dei materiali e metodologia di posa in opera, infine, la valutazione dei rischi diretti ed indiretti per la pubblica incolumità indotti dal manufatto;
4. n. 2 copie del progetto esecutivo in opportuna scala, contenente:
 1. planimetria a curve di livello (in opportuna scala) con ubicazione dell'opera, debitamente quotata e con l'indicazione della distanza da altri manufatti: costruzioni, nonché strade, corsi d'acqua, canali di scolo, etc.;
 2. pianta contenente la larghezza del piano di coronamento;
 3. dispositivo di tenuta ed eventuali filtri;
 4. ubicazione sfioratore e successivo scarico di superficie;
 5. eventuale scarico di fondo, al di fuori del corpo del rilevato;
 6. eventuali fossi di guardia, recinzioni, etc.;
 7. n. 2 sezioni principali sufficientemente estese oltre l'opera;
 8. particolari esecutivi.

(Nel caso di adeguamento e/o ampliamento, occorre presentare anche il rilievo relativo allo stato di fatto)
5. Documentazione fotografica del sito e delle opere;
6. n. 2 copie relazione geologica, firmata da un Geologo, contenente la descrizione delle caratteristiche geologiche del sito e di un sufficiente intorno, condizioni geomorfologiche con riferimento alle forme ed ai processi attivi (con riferimento anche alle prescrizioni del P.A.I. Sicilia), condizione geolitologica di dettaglio dell'area di interesse del manufatto, condizione litologica del manufatto; corredata di idonea cartografia, in opportuna scala con allegate sezioni significative; idonea caratterizzazione idrogeologica con redazione della carta generale del reticolo idrografico relativo al bacino interessato dall'invaso, utile ad eventuali calcoli idrologici.
7. n. 2 copie relazione di calcolo, a firma di un Geologo per altezza di argine fuori terra fino a due metri e di un Ingegnere per tutti gli altri casi, con verifiche di stabilità degli argini nella sezione maestra ed estese alle fondazioni, eventualmente al pendio e ai fronti di scavo, tenendo conto delle azioni sismiche e delle sottospinte idrauliche.
8. n. 4 copie di scheda tecnica come da fac-simile allegato a firma del progettista.
9. n. 2 copie dell'ubicazione su mappa catastale dell'intero fondo, dell'invaso, del canale fugatore e del punto di recapito finale;

10. n. 2 copie dell'ubicazione dell'invaso su cartografia del P.A.I.

La Ditta proprietaria è tenuta all'osservanza di tutte le disposizioni di Legge vigenti in materia ed in particolare:

- all'osservanza delle norme urbanistiche;
- all'osservanza del T.U. n. 1775 dell'11/12/1933 (Acque ed impianti elettrici);
- all'osservanza del R.D. n. 523 del 25/07/1904 (Testo unico delle disposizioni di Legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie);
- all'osservanza della L. n. 183 del 19/05/1989 art. 10 c.4 (Metodo per la determinazione del rischio potenziale dei piccoli invasi esistenti);
- all'osservanza del Regolamento di cui al D.P.R. n. 1363 del 1/11/1959 (Norme generali per la progettazione, costruzione ed esercizio);
- all'osservanza del D.L. 507/1994;
- all'osservanza del D.M. 24/03/1982;
- all'osservanza del D.M. LL.PP. 11/03/1988 (Norme tecniche per terreni opere di sostegno e fondazioni);
- circolare P.C.M. 13/12/1995, n. DSTN/2/22806, punto F;
- all'osservanza della L. 03/08/1998 Piano Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (P.A.I.);
- al conseguimento del N.O. rilasciato dalla Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Catania, qualora l'opera ricada in area soggetta a specifica tutela.
- Al conseguimento degli eventuali nulla osta rilasciati da Enti che hanno imposto vincoli (idrogeologico, forestale, Anas, Comune, Provincia regionale, etc.)

SCHEDA RIEPILOGATIVA INVASI

1 LOCALIZZAZIONE									
REGIONE			Sicilia						
PROVINCIA REGIONALE			Catania						
COMUNE		Foglio di mappa			Particella				
TAVOLETTA I.G.M.I. (denominazione Foglio e quadrante)									
COORDINATE U.T.M. (designazione del punto)					Contrada				
2 GESTIONE INVASO									
PROPRIETARIO TERRENO									
GESTORE									
DESTINAZIONE D'USO									
3 ACCESSIBILITA' DELL'OPERA									
TRATTO DI ACCESSO PEDONALE									
TIPO DI STRADA DI AVVICINAMENTO									
4 RIFERIMENTI IDROGRAFICI									
DENOMINAZIONE CORSO D'ACQUA PIÙ VICINO									
DISTANZA DAL CORSO D'ACQUA									
5 CATEGORIA SISMICA									
CATEGORIA									
6 TIPOLOGIA INVASO									
OPERA CON SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO				SI			NO		
COMPLETAMENTE INTERRATO				SI			NO		
PARZIALMENTE INTERRATO				SI			NO		
IMPERMEABILIZZAZIONE				SI			NO		
7 ALIMENTAZIONE DELL'INVASO									
ALIMENTAZIONE									
8 ORGANI DI SCARICO									
SCARICO DI SUPERFICIE				SI			NO		
SCARICO DI FONDO				SI			NO		
9 VALUTAZIONE DELL'INVASO									
INCLINAZIONE VERSANTI (°)			° paramento di monte;			° paramento di valle			
FORMA GEOMETRICA DELL'INVASO									
SUPERFICIE SOMMITALE (mq)									
QUOTA DI CORONAMENTO (mslm)									
SVILUPPO CORONAMENTO (m)									
LARGHEZZA MEDIA DI CORONAMENTO (m)									
ALTEZZA MASSIMA (m)			(fuori terra);			(dal fondo invaso)			
VOLUME (mc)			Totale =			- Volume invasabile =			
RECINZIONE (TIPO)				SI			NO		
10 INSEDIAMENTI ED INFRASTRUTTURE TURISTICHE E SPORTIVE									
UNITÀ ABITATIVE									
DISTANZA DALL'INVASO E AZIMUT				Km			(°)		
ALBERGHI									
DISTANZA DALL'INVASO E AZIMUT				Km			(°)		
CAMPEGGI E VILLAGGI TURISTICI									
DISTANZA DALL'INVASO E AZIMUT				Km			(°)		
CENTRI SPORTIVI									
DISTANZA DALL'INVASO E AZIMUT				Km			(°)		
DISTANZA DALLA STRADA E TIPO DI STRADA				Km			Tipo		
11 INFRASTRUTTURE INDUSTRIALI, DI TRASPORTO E CONDUTTURE									

PARAMETRI GEOTECNICI

Ai fini del calcolo di verifica sulla stabilità degli argini di un invaso, occorrerà tenere conto di alcuni parametri fondamentali.

Dal momento che una struttura in terra per ritenuta d'acqua è costituita fondamentalmente da materiale discontinuo, composto da particelle di materia solida intercalate da spazio vuoto, il quale potrà essere occupato da aria o da acqua, presenta: sotto l'aspetto idraulico, una certa permeabilità ed è quindi sede di deflusso filtrante; dal punto di vista meccanico - siamo invece in presenza di un corpo che sarà capace di sopportare le azioni esterne in virtù di caratteristiche specifiche che sono la coesione e l'attrito interno.

E' evidente, quindi, che il calcolo della struttura in terra si divide in due ordini di problemi diversi.

Vi è un problema idraulico relativo al moto filtrante dell'acqua entro ammassi porosi e vi è il problema meccanico della stabilità.

In sede di progetto occorrerà, quindi, individuare i dettagli litostratigrafici e strutturali dei litotipi presenti nel corpo di fondazione degli argini.

Saranno determinate le proprietà meccaniche, con particolare riguardo alla resistenza e deformabilità, e la permeabilità del terreno, sia esso sciolto o lapideo, almeno fino alla profondità a cui potrà risultare apprezzabile l'influenza dei carichi esercitati dallo sbarramento e delle azioni esercitate dall'acqua nell'invaso.

Inoltre dovranno essere determinate le caratteristiche di circolazione idrica sotterranea.

Ai fini della verifica di stabilità degli argini di un invaso, sarà necessario conoscere alcuni parametri fondamentali del terreno; essi sono:

- γ_t : peso di volume delle particelle solide costituenti il terreno;
- γ_a : peso di volume del terreno allo stato asciutto, cioè comprensivo del vuoto e del pieno (considerando il vuoto come riempito esclusivamente da aria);
- γ_s : peso di volume del terreno saturo (ossia con i vuoti riempiti di acqua);
- γ_u : peso di volume del terreno umido (ossia i vuoti parzialmente riempiti di acqua), esso può assumere un qualunque valore compreso tra gli estremi γ_a e γ_s ;
- γ_w : peso di volume dell'acqua;
- γ_g : peso specifico di galleggiamento o del terreno sommerso in acqua, esso sarà dato da $\gamma_g = \gamma_s - \gamma_w$;
- γ_m : peso di volume medio; la linea di saturazione taglia quasi sempre la verticale di separazione MN (vedi fig. 1) così che la parte a valle sotto esame comprende un prisma di terreno saturo di acqua. Occorre calcolare, per prima cosa, il peso di volume efficace del complesso, e ciò si otterrà a mezzo di una media pesata: al materiale sotto la linea di saturazione compete un peso di volume efficace uguale a quello di

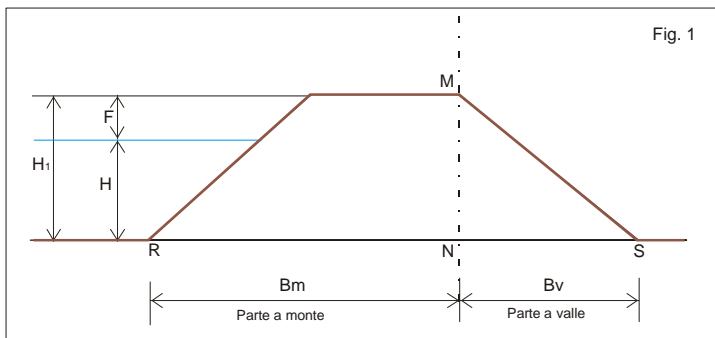
galleggiamento γ_g , mentre al materiale al di sopra si può attribuire il peso di volume allo stato asciutto γ_a di conseguenza:

$$\gamma_m = \sqrt{\gamma_g * \gamma_a}$$

- ϕ : angolo di attrito del terreno, dal quale dipende la spinta orizzontale esercitata contro le pareti degli argini in terra;
- C : coesione del materiale;
- K : coefficiente di permeabilità, che dovrebbe essere distinto in direzione verticale e in direzione orizzontale.

SCHEMA DI VERIFICA DEI PICCOLI INVASI

Le verifiche di sicurezza dovranno essere eseguite in ordine alle azioni di peso proprio della struttura e di spinta dell'acqua per livello del "serbatoio" alla quota di massimo invaso, nonché di sottopressioni.



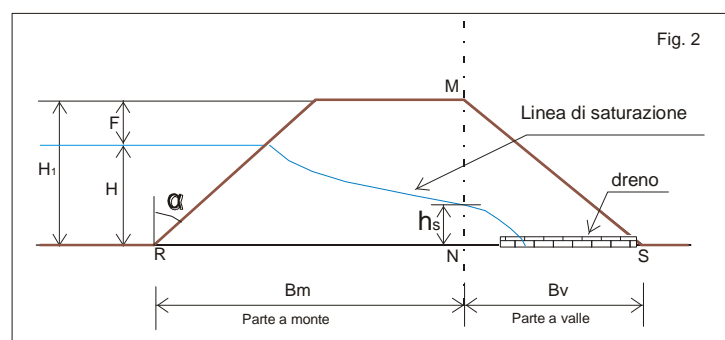
Un giudizio globale sulle condizioni di stabilità degli argini maggiormente sollecitati si potrà dedurre dividendo lo stesso in due parti, l'una di monte e l'altra di valle, ed esaminandole separatamente. La suddivisione è indicata nella fig. 1.

La parte anteriore RMN è divisa dalla parte posteriore MNS da un ideale piano verticale avente per traccia la retta MN.

Si avranno così due problemi parziali che saranno risolti facendo riferimento all'unità di spessore dell'argine; la parte a valle MNS agisce da sostegno della parte a monte spinta dall'acqua: la forza resistente che si oppone alla spinta trasmessa dalla parte a monte si manifesta in corrispondenza di ogni quota, come sforzo di taglio agente lungo la sezione orizzontale di base.

Normalmente la sezione più sollecitata è quella di fondazione e la situazione più pericolosa corrisponde al "serbatoio" pieno (fig. 2).

La linea di saturazione taglia quasi sempre la verticale di separazione MN, così che la parte a valle sotto esame comprende una parte di terreno saturo di acqua. Nella situazione di invaso con anche un solo argine fuori terra (come nel caso di invasi realizzati in pendio) occorre effettuare la verifica di



stabilità ad invaso pieno e ad invaso rapidamente svuotato. Nel caso, invece, di invaso totalmente incassato si effettuerà solo la verifica ad invaso vuoto.



Con l'entrata in vigore del D.M. 14 Gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s,30} > 800 \text{ m/sec}$), viene definita mediante un approccio dipendente dal sito e non più tramite un criterio "zona dipendente"; ossia la classificazione sismica del territorio, secondo la nuova normativa, non individua l'azione sismica di progetto in funzione delle zone.

Nell'allegato A del decreto 14/01/2008 viene descritta la procedura per il calcolo delle strutture e la determinazione di tre parametri fondamentali, calcolati in funzione del reticolo di riferimento (allegato B delle NTC 2008).

Sul territorio italiano è stata individuata una maglia di circa 5.5 chilometri di lato, associando a ciascun nodo la definizione dei parametri.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (vedi tabella sotto).

– Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).

Occorrerà, quindi, procedere all'acquisizione della categoria topografica "T" che darà il valore massimo del coefficiente di amplificazione " S_T "

Relativamente ai calcoli di verifica si dovrà considerare per il calcolo dell'azione sismica orizzontale della massa strutturale il seguente algoritmo:

$$K_h = \beta s^* a_{\max} / g \quad (\text{cap. 7.11.3.5.2 del D.M. 14/01/2008})$$

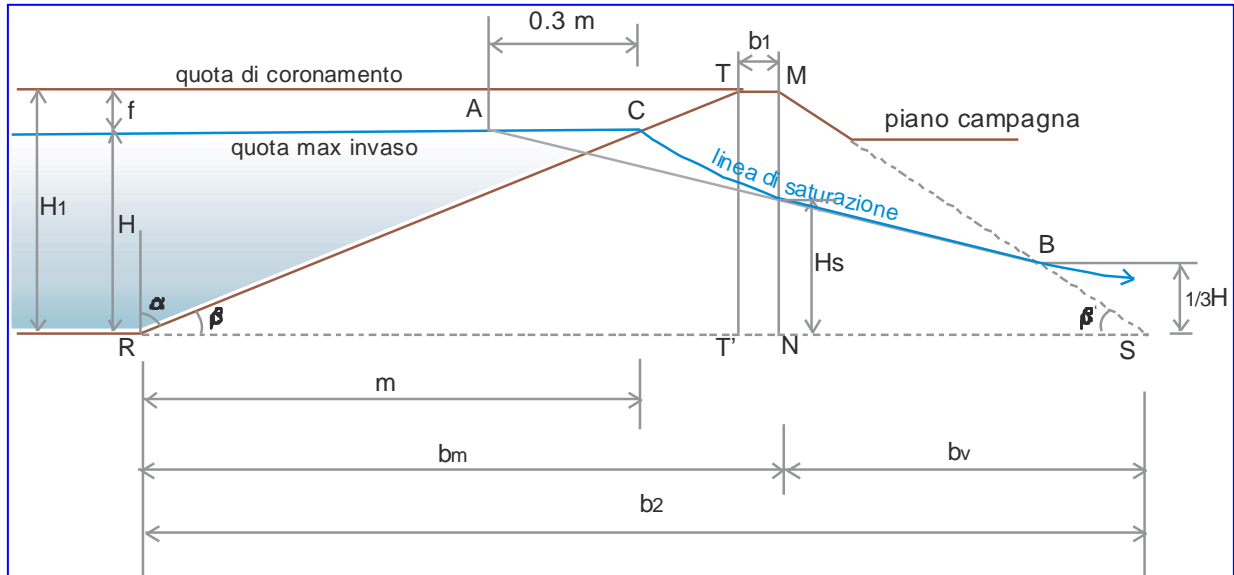
nel caso che il valore di K_h fosse minore di 0.07 si userà comunque 0.07, invece nel caso che fosse maggiore si adotterà il valore calcolato.

VERIFICA A SERBATOIO PIENO

(a livello di massimo invaso - H - “verifica approssimata”)

_ VERIFICA A STRISCIA UNITARIA – ZONA SISMICA _

Si considera a vantaggio della sicurezza la porzione di ammasso a valle MNS (verifica a valle) – (fig. 3)



Lo sforzo totale di taglio T_v agente sulla base $NS = bv$ è dato dalla somma di tali forze:

- 1) **Spinta idrostatica dell'acqua invasata:** $S = \frac{1}{2} \gamma_w H^2$
- 2) **Azione sismica orizzontale della massa strutturale**
(riferita a tutto il corpo del rilevato) $F_o = K_h * W_{(RTMSR)}$
- 3) **Azione sismica verticale della massa strutturale**
(con m non inferiore a 0.5) $F_v = m * F_o$
- 4) **Azione inerziale dell'acqua invasata**
(le azioni di inerzia dell'acqua, i cui effetti sono da aggiungere a quelli d'inerzia della massa muraria dell'argine, saranno assimilate ad una distribuzione continua di pressione normale al paramento di monte e riferito alla striscia unitaria F_s) $F_s = K_h * \gamma_w * c * Y_0 * As$

As = area della striscia unitaria relativa alla fascia RT

K_h = coefficiente sismico orizzontale;

γ_w = peso di volume dell'acqua;

Y_0 = differenza tra la quota di massimo invaso e la quota del punto più depresso dell'invaso in corrispondenza del paramento di monte della struttura;

Y = differenza fra la quota di massimo invaso e la quota del punto generico del paramento a cui è associata la pressione F_S

$$c = cm/2 [Y/Y_0 (2 - Y/Y_0) + \sqrt{Y/Y_0 * (2 - Y/Y_0)}]$$

[cm varia al variare dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale (vedi D.M. 24/03/82)]

α	0°	5°	10°	20°	40°	$\geq 60^\circ$
cm	0.74	0.70	0.67	0.60	0.45	0.30

5) Spinta del terrapieno a monte della sezione MN: $F_T = [\gamma_m H_1^2 \text{tg}^2 (45 - \phi/2) / 2]$

dalla somma delle forze ricavate si ottiene lo sforzo totale T_v

$$T_v = S + F_o + F_v + F_s + F_T \quad (1)$$

Di fronte allo sforzo T_v sta la resistenza R_v allo scorrimento che il materiale è capace di sviluppare. Essa si compone di due parti: la parte dovuta all'attrito (uguale al peso P_v del materiale che grava sopra la sezione in esame moltiplicato per la tangente dell'angolo di attrito, e la parte dovuta alla coesione $P_v = A_{(SMNS)} * \gamma_s$ (3) .

La resistenza R_v offerta dall'ammasso MNS vale:

$$R_v = P_v * \text{tg}\phi = A_{SMNS} * \gamma_s * \text{tg}\phi \quad (2)$$

e nel caso si sia in condizioni drenate si tenga conto della coesione, quindi si ha:

$$R_v = P_v * \text{tg}\phi + c_u * b_v \quad (3) \quad (\text{in termini di coesione totale})$$

$$R_v = P_v * \text{tg}\phi + c' * b_v \quad (3) \quad (\text{in termini di coesione efficace})$$

Il rapporto η fra la capacità di resistenza e il carico da sopportare dovrà essere maggiore o uguale a 1.4 (4)

$$\eta = R_v/T_v \geq 1.4 \quad (4)$$

esso rappresenta il margine medio di resistenza offerto dalla struttura e rappresenta il coefficiente di sicurezza medio della parte a valle della "diga".

VERIFICA A SERBATOIO VUOTO O A FINE COSTRUZIONE (verifica a monte approssimata)

- 1) Spinta del terrapieno a monte della sezione MN: $F_T = [\gamma_u H_1^2 \operatorname{tg}^2 (45 - \varphi/2) / 2]$
- 2) Somma delle Forze agenti: $T_m = F_o + F_v + F_T$
- 3) Resistenza a monte: $R_m = A_{(RTMNR)} * \gamma_u * \operatorname{tg}\varphi + c' * b_m$

Il rapporto η fra la capacità di resistenza e il carico da sopportare dovrà essere maggiore o uguale a 1.3 (5)

$$\eta = R_m/T_m \geq 1.3 \quad (5)$$

VERIFICA A SERBATOIO RAPIDAMENTE SVUOTATO DAL LIV. MAX AL LIV. MIN (verifica a monte approssimata)

La situazione più pericolosa si presenta quando l'invaso resta per lungo tempo pieno, e quindi viene rapidamente svuotato (situazione molto realistica nel caso di invasi per uso agricolo) in tal modo viene a mancare l'azione di sostegno esercitata dalla spinta idrostatica contro il paramento a monte, mentre il corpo arginale, che non ha avuto tempo di svuotarsi per filtrazione, resta imbevuto d'acqua.

VERIFICA PER STRISCIA UNITARIA

Si considera a vantaggio della sicurezza la porzione di ammasso RTMNR .
Lo sforzo totale di taglio T_m agente sulla base RN approssimativamente, assume il valore:

$$T_m = [\gamma_s * H_1^2 * \operatorname{tg}^2(45 - \varphi/2)] / 2 + \gamma_w (2/3H)^2 / 2 + K_h * A_{RTMNR} * \gamma_g$$

La resistenza R_m offerta dall'ammasso RTMNR vale:

$$R_m = P_m * \operatorname{tg}\varphi = A_{RTMNR} * \gamma_g * \operatorname{tg}\varphi$$

$$\eta = R_m/T_m \geq 1.3$$

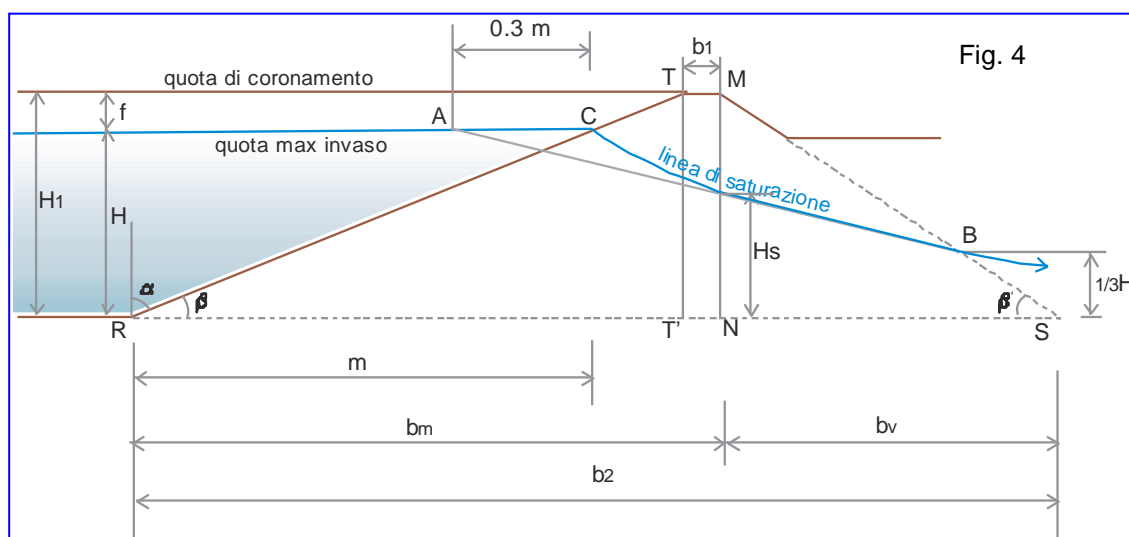
Gli schemi di calcolo esposti sopra valgono, oltre che per la base della "diga", anche per ogni sezione orizzontale più alta, e possono quindi utilizzarsi, all'occorrenza, per indagare l'intera struttura.

CALCOLI IDRAULICI

I problemi da risolvere nella progettazione o nell'adeguamento di un invaso sono fondamentalmente di tre tipi e riguardano gli argini:

1. andamento della linea di saturazione;
2. valore della portata di filtrazione attraverso l'opera;
3. sicurezza contro il pericolo di sifonamenti.

Se osserviamo la sezione trasversale dell'argine (considerato in terra) (fig. 4), la linea di saturazione è la più alta linea di flusso del moto filtrante.



In tutti i punti al di sotto di tale linea il materiale è saturo d'acqua e quindi soggetto alla pressione idrostatica, mentre al di sopra della linea, la pressione manca.

ANDAMENTO DELLA LINEA DI SATURAZIONE

La linea di permeazione nell'interno dell'argine è una curva convessa verso l'alto, che senza incorrere in grave errore, può considerarsi rettilinea con costruzione relativamente semplice.

Si consideri omogeneo il materiale che costituisce la "diga", e considerati:

- H : altezza dell'acqua nell'invaso al di sopra del piano di fondazione;
- m : lunghezza della proiezione del paramento bagnato sopra il piano di fondazione, supposto orizzontale;
- f : distanza verticale fra il pelo d'acqua e la sommità dell'argine (franco);
- b_1 : larghezza del piano di coronamento;
- b_2 : larghezza dell'argine alla base;
- β' : angolo fra il paramento a valle e il piano di fondazione;
- L : lunghezza media del percorso di filtrazione.

Si segnino i due punti A e B : il primo è situato sul pelo d'acqua nell'invaso, alla distanza orizzontale dal paramento a monte dell'argine uguale a $0.3m$; il secondo si trova sul paramento a valle alla quota di $1/3H$ sopra il piano di fondazione. Si tracci la retta AB e si congiunga, con un breve raccordo a sentimento, questa retta col punto C , intersezione del pelo d'acqua nell'invaso col paramento a monte: La linea BC può essere assunta come linea di permeazione.

La lunghezza media di filtrazione " L_f " si potrà calcolare con la seguente formula

$$L_f = (1.13 H + 2f) \operatorname{ctg}\beta + b_1$$

Determinata L_f , la portata di filtrazione Q per unità di spessore d'argine ha il seguente valore:

$$Q = 4/9K * (H^2/L)$$

La fig. 4 dimostra che nelle dighe di materiale in terra omogeneo il paramento a valle è intersecato dalla linea di permeazione ed è quindi portato a trapelare acqua nella sua porzione inferiore; inutile dire che questa è una situazione pericolosa che si dovrà cercare di evitare. In questi casi è raccomandabile inserire alla base della parte a valle del corpo arginale uno strato di materiale più permeabile, con funzione di dreno

atto ad abbattere la linea di saturazione (fig. 2). Nella pratica comune il corpo arginale è costituito da materiale disomogeneo, anche per effetto delle costipazioni di posa in opera per cui la permeabilità verticale è inferiore a quella orizzontale. Si potrà allora considerare un valore di permeabilità ideale dato dalla media geometrica dei due valori:

$$k = \sqrt{k_v * k_o}$$

SICUREZZA CONTRO IL PERICOLO DI SIFONAMENTI

Infine il problema del sifonamento in fondazione, che causa l'asportazione di materiale da parte del flusso d'acqua, si potrà studiare con una regola empirica: la regola di Bligh; ossia il complessivo sviluppo perimetrale $L_a = b_2$ del profilo di fondazione deve soddisfare alla disuguaglianza

$$L_a > K * H$$

Dove K è un coefficiente che dipende dalla natura del terreno, che può assumere valori compresi fra un massimo di 20 per materiale incoerente finissimo (fango e limo) e un minimo di 4 per le argille molto dure e compatte ed H è l'altezza di massimo invaso.

VERIFICHE DELLE PORTATE DI DEFLUSSO DELLE OPERE SFIORANTI

Ai fini del progetto dell'invaso occorrerà dimensionare le opere di sfioro (sfioratore s.l.; canale fugatore, etc.).

Allo scopo si dovrà tenere conto della piovosità media dell'area su cui insiste l'opera e determinare la portata di deflusso dall'invaso tenendo conto anche dell'acqua che vi viene inserita artificialmente.

Fatto ciò sarà importate effettuare le verifiche idrauliche delle sezioni dei canali fugatori utilizzati e del punto di recapito finale.

ULTIMAZIONE DEI LAVORI

All'ottenimento di tutti i Nulla Osta necessari e al completamento delle opere autorizzate, l'istante dovrà depositare all'Ufficio del Genio civile, con lettera di accompagnamento, una **RELAZIONE DI REGOLARE ESECUZIONE**, in doppia copia, firmata dal Direttore dei Lavori.

In essa dovranno essere descritte le opere realizzate e la conformità al progetto approvato e si dovrà allegare, inoltre:

- Copia dei N.O. militari ottenuti;
- Eventuale bonifica da ordigni bellici effettuata, quando ordinata dalle Autorità militari competenti;
- Documentazione fotografica delle opere d'arte realizzate.

NOTE

- ❖ **altezza** : Con il termine di altezza si intende la differenza tra la quota del piano di coronamento, e quelle del punto più depresso dei paramenti da individuare su una delle due linee di intersezione tra paramenti e piano di campagna;
- ❖ **volume di invaso**: si considera la cubatura invasabile compresa tra la quota più elevata della soglia di scarico dallo sfioratore, e la quota del punto più depresso del paramento di monte da individuare sulla linea di intersezione tra detto paramento e il piano di campagna;
- ❖ il **Franco netto** (differenza tra la quota di coronamento ed il massimo livello di acqua invasabile) deve essere maggiore o uguale a m. 1.00 ad esclusione delle opere assimilabili a dighe o traverse, per le quali il franco netto deve essere non inferiore a m. 1.50;
- ❖ lo **sfioratore** deve essere previsto a cielo aperto e rivestito di calcestruzzo. Le sue dimensioni dovranno essere desunte da calcoli idraulici determinando la portata di massimo deflusso e verificando il libero deflusso dallo sfioratore, calcolato come luce a stramazzo a larga soglia, fermo restando che nel caso in cui l'alimentazione avvenga esclusivamente a gravità, lo sfioratore dovrà essere dimensionato per smaltire una portata doppia di quella massima convogliabile dal canale di adduzione; nel caso che l'immissione di acqua nell'invaso avvenga esclusivamente tramite pompa, lo sfioratore potrà essere costituito da un tubo, opportunamente dimensionato, avente diametro, comunque, non inferiore a mm 300;
- ❖ il **canale fuggatore** (di collegamento tra lo sfioro ed il recapito finale delle acque di esubero) dovrà essere dimensionato opportunamente per essere in grado di fare defluire la portata massima di sfioro e dovrà scaricare le acque di esubero nell'incisione o fosso più vicino ed in ogni caso distante dal piede dei rilevati dell'invaso;
- ❖ l'invaso dovrà essere provvisto di **recinzione** con altezza non minore di m 1.50, posta a non meno di cm 30 dal ciglio interno del piano di coronamento;

Riferimenti bibliografici: D.M. 24/03/82 - D.M. 14/01/2008 - "Il calcolo delle piccole dighe in terra" - G. Evangelisti .

In allegato (formato Word): - Scheda tecnica; - Schema di domanda.

per eventuali chiarimenti ed in formazioni è possibile rivolgersi al Funzionario Direttivo

dott. Geol. Vito Zingale - piano T, stanza 10,- Genio civile CT

Realizzazione a cura del Dott. Geol. Vito Zingale – Funzionario Direttivo Genio civile di Catania